



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued



Faculté de Technologie

Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : technologie

Filière : Génie électrique

Spécialité : Réseaux électriques

Présenté par :

AYADI Elhadg lakhdar

BAHRI Youcef

HAMDI Hocine

MOUMEN Messaoud nacer

Thème

**Utilisation les techniques métaheuristiques pour
résoudre le problème de dispatching économique en
présence d'énergies renouvelables**

Soutenu le 27/06/2022

Devant le Jury :

Dr. LABBI YACINE	Président	Université d'El Oued.
Dr. MAMMERI OUSSAMA	Examineur	Université d'El Oued.
Dr. BERKA NORDIN	Examineur	Université d'El Oued.
Dr. GACEM ABDELMALEK	Rapporteur	Université d'El Oued.

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah qui nous a donné la volonté et le courage pour accomplir ce travail.

Nous exprimons nos remerciements les plus chaleureux à monsieur G. ABDELMALEK, professeur à université Echahid Hamma Lakhdar, pour leurs orientations, encouragements, leur assistance et sa disponibilité permanente durant la période du travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Monsieur le Président et à tous les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail et de participer au jury de thèse.

Aussi tous nos remerciements à tous les enseignants du département Génie électrique.

À toute personne ayant gagné de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste projet Veuillez accepter notre profonde gratitude et notre estime.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à nos parents, à tous les membres de nos familles et à tous ceux qui ont nous encouragé à mener à bien ce projet.

À tous nos chers professeurs

À tous ceux qui ont nous soutenu de près ou de loin

Merci à tous

Elhadg lakhidar , Youcef, Hocine , Nacer masoud.

Resumé

Dans cette mémoire, on va étudier le dispatching économique de la puissance active afin d'assurer la qualité et la continuité de la puissance au consommateur tout en réduisant le coût de production et les pertes dans le réseau électrique. Dans notre étude, nous sommes appuyés sur l'algorithme Vautour africain et l'Optimisation par les essaims de particules (PSO) qui permettent la recherche de fonctions objectives l'optimum ou un quasi-optimum, sur lesquelles il n'y a pas besoin de faire d'hypothèse particulière, l'avons appliqué par programmation sur des réseaux (3 unités et 6 unités et 10 unités) et comparé les résultats avec ceux des références.

Key words: AVOA: African vultures optimization algorithm – PSO: Optimisation par les essaims de particules.

ملخص

هذه المذكرة تدرس الارسال الاقتصادي للطاقة النشطة بحيث نضمن جودة واستمرارية الطاقة للمستهلك في نفس الوقت خفض تكلفة الإنتاج والضياع في الشبكة الكهربائية. اعتمدنا في دراستنا على خوارزمية النسور الافريقي وطريقة تحسين سرب الطيور والتي تسمح بالبحث عن الوظائف الموضوعية المثالية أو شبه المثالية، والتي لا داعي لعمل فرضية معينة عليها، وتطبيقها على شبكة مكونة من (3 محطات و6 محطات و10 محطات) ومقارنة النتائج مع تلك الموجودة في المراجع.

الكلمات المفتاحية: AVOA: خوارزمية تحسين النسور الأفريقية – PSO: طريقة تحسين سرب الطيور

Sommaire

Remercîments	I
Dédicace	II
Resumé	III
Sommaire	IV
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	IX
Introduction générale	1

Chapitre I : Ecoulement de puissance active

I-1-Introduction :	4
I-2-Objectifs des d'étude d'écoulement de puissance:	4
I-3-Modélisation des éléments du réseau électrique :	4
I-3-1-Modèle de Générateur :	4
I-3-2-Modèle du transformateur :	5
I-3-3- Modèle de la ligne de transmission :	6
I-3-4-Modèle de Charge électrique :	6
I-3-5-Modèle des éléments shunt :	6
I-4-Energie renouvelable : [05]	7
I-4-1-Les centrales hydrauliques :	7
I-4-2-Les centrales solaires ou photovoltaïque :	7
I-4-3-Les centrales eoliennes :	8
I-4-4-Les Centrales Biomasse :	9
I-5-Ecoulement de puissance:	10
I-5-1-Formulation des équations de l'écoulement de puissance :	11
I-5-2-Equations de l'écoulement de puissances dans les lignes :	14
I-5-3-Calcul de la puissance au niveau du jeu de barres :	14
I-6-L'écoulement de puissance par la méthode de Newton-Raphson :	15
I-6-1-Principe de la méthode de Newton-Raphson :	15
I-6-2-Application à la solution des équations de l'écoulement de puissance :	16
I-6-3-Les inconvénients de la méthode de Newton:	19
I-7-Conclusion	20

Chapitre II : dispatching économique

I-1-Introduction	22
I-2-dispatching économique :	22
I-2-1-La fonction coût	22
I-2-2-Incrémentation du coût	23
I-2-3-les contraintes :	24
I-2-3-1-les contraintes d'égalités :	24
I-2-3-2-Contraintes d'inégalité :	25
I-3-Formulation mathématique du problème du Dispatching Economique:	25
I-3-1-dispatching économique sans pertes :	25
I-3-1-1-Méthode analytique de lagrangien:	26
I-3-1-2-Méthode graphique:	27
I-3-2-Dispatching économique avec pertes :	29
I-3-2-1-Calcule les pertes :	29
I-3-2-2-Incrémentation des pertes de transmission:	30
I-3-2-3-la résolution du problème:	30
II-3-3-Dispatching économique dynamique :	32
II-3-4-Ramp up et Ramp down :	33
II-4-la méthode itérative de lambda :	33
II-5-Conclusion	36

Chapitre III : Les méthodes métaheuristiques

III-1-Introduction :	38
III-2-Définition D'optimisation :	38
III-3-Les méthodes métaheuristiques :	38
III-4-Classification des Méthodes Métaheuristiques :	39
III-4-1-Méthodes métaheuristiques à population :	39
III-4-2-Méthodes Métaheuristiques à solution unique (Parcours) :	39
III-5-Optimisation par les essaims de particules(PSO) :	39
III-6-Algorithmes Evolutionnaires:	40
III-7-Algorithmes génétiques:	41
III-7-1-Présentation des algorithmes génétiques :	42
III-7-2-Le Codage :	43

Sommaire

III-7-2-1-Codage binaire :	43
III-7-2-2-Codage réel :	43
III-7-2-3-Codage en base n:	43
III-7-3-Sélection:	44
III-7-3-1-Méthode de la roulette de loterie :	44
III-7-3-2-Méthode du tournoi :	45
III-7-4-Le croisement:	45
III-7-4-1-Le croisement en un point :	46
III-7-4-2-Croisement en deux Points :	46
III-7-4-3-Le croisement uniforme:	46
III-7-5-Mutation:	47
III-7-6-Organigramme d'un algorithme génétique :	48
III-8-Les avantages des algorithmes génétiques:	48
III-9-African vultures optimization algorithm (AVOA):	49
III-10-Conclusion :	53

Chapitre IV: Résultats et Interprétation

IV-1-Introduction:	55
IV-2-L'objectif de chapitre :	55
IV-3-Comparaison entre Gauss-Seidel et Newton-Raphson :	56
IV-4-Paramètres l'algorithme Génétique:	57
IV-5-Résultats Obtenues:	58
IV-5-1-Réseau 6 unités:	58
IV-5-1-1-Optimisation du coût de production	58
IV-5-1-2-Convergence du coût de production	59
IV-5-2-Réseau 3 unités :	60
IV-5-2-1-Optimisation du coût de production :	60
IV-5-2-2-Convergence du coût de production :	61
IV-5-3-Réseau 10unités :	62
IV-5-3-1-Optimisation du coût de production :	62
IV-5-3-2-Optimisation du coût d'émission :	65
IV-5-3-2-1-Convergence du coût d'émission :	67
IV-6-Optimisation multi-objectifs :	68
IV-6-1-Minimisation de la fonction (coût de combustible et l'émission de gaz) :..	68

Sommaire

IV-7-Dispatching économique dynamique :	70
IV-7-1-Ramp up et Ramp down:.....	70
IV-8-Conclusion :	73
Conclusion générale	74
Références	76
Annexe.....	81

Liste des figures

Figure I.1: Modèle d'un générateur	5
Figure I.2: Modèle de transformateur de puissance	5
Figure I.3: Schéma équivalent en π d'une ligne de transmission.....	6
Figure I.4: charge électrique.....	6
Figure I.5: l'élément shunt.	7
Figure I.6 : Schéma de principe de fonctionnement d'un parc cellule photovoltaïque.....	7
Figure I.7 : Schéma de principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique	8
Figure I.8 : Schéma de principe de fonctionnement d'un parc éolien.....	9
Figure I.9 : Schéma de principe de fonctionnement d'un parc de centrale Biomasse.....	9
Figure II.1: Le coût de carburant en fonction de la puissance générée.	23
Figure II-2: Courbe typique de l'accroissement du coût de combustible.....	24
Figure II-3 : Méthode graphique pour la solution du dispatching économique de trois générateurs.....	28
Figure II-4 : l'organigramme de méthode de lagrangien avec pertes	32
Figure II-5: L'explication graphique de la méthode Itératif de la lambda.....	33
Figure II-6 : Organigramme de la méthode lambda.....	35
Figure III.1: Schéma de principe du déplacement d'une particule.....	40
Figure III-2: Principales catégories des Algorithmes Evolutionnaires.....	41
Figure III-3: Organigramme d'un algorithme génétique.....	42
figure III-4: Représentation schématique du fonctionnement de notre algorithme.....	44
Figure III-5: sélection par la méthode de la roue de loterie.....	45
Figure III-6: Le tournoi entre deux individus avec rééligibilité	45
Figure III-7: Représentation schématique du croisement en un point.....	46
Figure III-8: Représentation schématique du croisement en deux points.....	46
Figure III-9: Croisement uniforme en codage binaire.....	47
Figure III-10 : Principe de la mutation.....	47
Figure III-11: Organigramme de l'algorithme génétique.....	48
Figure III-12: Comportements de recherche la nourriture et des vautours africains.....	49
Figure III-13: Organigramme de l'algorithme African vultures	52
Figure IV.1: Schéma unifilaire du réseau électrique à 6 générateurs.....	56
Figure IV.2: Tensions du réseau électrique IEEE30 à 30 J.D.B (GS ,NR).....	56
Figure IV.3: Convergence de la méthode Gauss-Seidel et la Newton-Raphson	57

Figure IV.4: Evolution du coût de production pour le réseau électrique à 6 unités par AVOA.	59
Figure IV.5: Puissances actives générées du réseau électrique à 6 unités par AVOA.....	59
Figure IV.6 : Evolution du coût de production pour le réseau électrique à 3unités par PSO...	61
Figure IV.7: Puissances actives générées du réseau électrique à 3 unités par PSO.	62
Figure IV.8 : Evolution du coût de production pour le réseau électrique à 10unités par PSO.	64
Figure VI.9 : Puissances actives générées du réseau électrique à 10 unités par PSO.	64
Figure IV.10 : Evolution du coût d'émission pour le réseau électrique à 10 unités par PSO...	67
Figure IV.11 : Puissances actives générées du réseau électrique à 10 unités par PSO.	67
Figure IV.12 : Puissances actives générées du réseau électrique à 10 unités par PSO (multi objectif).....	70

Liste des tableaux

Tableau I.1. Types des jeux de barres dans un réseau électrique	11
Tableau IV.1: les opérateurs de l'AG – Binaire.	57
Tableau IV.2: Les données des fonctions de coût des 6 unités	58
Tableau IV.3: Puissances et coûts de production du réseau électrique à 6unités.....	58
Tableau IV.4 : Les données coûts de production des du réseau électrique à 3unités.....	60
Tableau IV.5 : Puissances et coûts de production du réseau électrique à 3unités.....	60
Tableau IV.6 : Les données coûts de production du réseau électrique à 10 unités.	63
Tableau IV.7 : Puissances et coûts de production du réseau électrique à 10unités.....	63
Tableau IV.8 : Les données coûts d'émission du réseau électrique à 10 unités.....	65
Tableau IV.9 : Puissance et coûts d'émission du réseau électrique 10unités.....	66
Tableau IV.10: Les données (coût combustible et l'émission) du réseau électrique 10 unités.	68
Tableau IV.11 : Puissance et coût combustible et l'émission du réseau électrique à 10unités.	69
Tableau IV.12: Comparaison entre les résultats finals coût combustible et l'émission du réseau électrique à 10unités.	69
Tableau IV.13 : Puissance et coût combustible et l'émission avec Ramp up et Ramp down du réseau électrique à 10unités.....	71
Tableau IV.14 : Comparaison entre les résultats finals Ramp up et Ramp down du réseau électrique à 10unités.	71

Introduction générale

Le rôle principal de toute entreprise chargée de la production d'énergie électrique est d'assurer à tout moment, et en tout lieu, la couverture des demandes des utilisateurs en puissances actives et réactives. L'entreprise doit en outre garantir une qualité acceptable de la puissance avec un coût d'exploitation réduit. Pour bien exploiter un réseau électrique donné, il faut tout d'abord résoudre les problèmes d'ordre technique et économique. Souvent, on se trouve confronté à un problème, qui est celui de la répartition économique des puissances. Au début, la solution est de changer l'utilisateur ou des unités de production maximale avec la meilleure rendement des coûts. Cette solution n'est pas rentable puisque l'abus de fonctionnement des machines diminue leurs durées de vie et par conséquent, les frais d'entretien et de maintenance augmentent considérablement. L'extension et la complexité du réseau, laisse le choix aux chercheurs pour le développement de nouvelles méthodes afin de contribuer à l'allègement de ce problème. Le problème de la répartition économique d'énergie a pris une importance considérable avec l'apparition de la crise d'énergie nécessitant des combustibles de plus en plus chers. Il faut donc planifier les puissances actives et réactives de chaque centrale électrique, de telle sorte que le coût total de fonctionnement du réseau entier soit minimal. D'une autre façon, il faut varier les puissances actives et réactives des générateurs dans certaines limites afin de satisfaire la demande particulière de la charge avec un coût minimal du combustible. Ce processus est appelé l'écoulement de puissance optimal, et parfois, il est connu comme le problème du dispatching économique. L'exploitation du grand développement du domaine informatique et l'apparition des nouvelles générations d'ordinateurs plus rapides et plus puissants, ont conduit à une étude plus profonde et un calcul plus précis et rigoureux du réseau électrique, en général cette étude est divisée en quatre chapitres :

Le premier chapitre : L'étude de l'écoulement de puissance qui consiste à coordonné l'exploitation de toutes les sources d'énergie et la répartition de la production entre les différents utilisateurs, et ce qui nous permettra de calculer les puissances transitées et générées et les pertes.

Le deuxième chapitre : donne une idée générale sur le dispatching économique, son objectif, mode d'exploitation des unités des génération, le dispatching économique dans les réseau sans pertes ou avec pertes, et quelques définitions et donne une démonstration intuitive et mathématique du critère à incrémentation égale utilisé dans les réseaux sans pertes, ainsi que la technique du facteur de pénalité.

Le troisième chapitre : fournit une initiation de base aux «les méthodes métaheuristiques » notamment les méthodes les plus récentes telles que la algorithmes

génétiques (AG) et algorithmes voutours africains (AVOA) ainsi que l'application des ces derniers au problème de dispatching économique optimales.

Le quatrième chapitre : donne ou expose des simulations sur des systèmes génériques de 30 jeux de barres. Les résultats obtenus sont aussi analysés.

Finalement nous terminerons ce mémoire par une conclusion et différentes perspectives de recherche qui nous semblent intéressantes pour la continuité de ce travail.

Chapitre I : Ecoulement de puissance active

I-1-Introduction :

L'exploitation des réseaux électriques pose de 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.

Dans ce chapitre, nous rappelons d'abord les notions des réseaux électriques ; puis nous présentons l'analyse de l'écoulement de puissance en décrivant les méthodes numériques utilisées pour l'étude de la répartition de charge dans un réseau électrique

I-2-Objectifs d'étude d'écoulement de puissance:

- L'équilibre entre la production et la demande de l'énergie électrique.
- le maintien des tensions aux J.d.B entre les limites tolérées ($V_{min} < V < V_{max}$), pour éviter l'endommagement de certains récepteurs et l'excès des pertes de puissance dans les lignes et les transformateurs ...etc.
- Le contrôle de la puissance réactive c'est-à-dire, le maintien de cette puissance entre deux limites ($Q_{min} < Q < Q_{max}$), pour éviter l'excès des coutes d'utilisation de la puissance réactive
- L'interconnexion entre les centrales et les réseaux qui permet d'améliorer la qualité d'énergie fournit en tension et fréquence.
- La planification des réseaux (étude prévisionnelle répandant à la demande des usager dans l'avenir).

I-3-Modélisation des éléments du réseau électrique :

I-3-1-Modèle de Générateur :

Le générateur est considéré comme le coeur du réseau électrique. Il assure la production de l'énergie électrique demandée par le consommateur. Dans l'analyse de l'écoulement de puissance, le générateur est modélisé comme une source de tension constante V_g qui injecte de la puissance active P_g et réactive Q_g (figure I.1). La puissance réactive du générateur s'adapte de façon à maintenir la tension au nœud i constante. Aussi, le générateur est caractérisé par deux limites de puissance réactive $P_g \max$ et $Q_g \max$.Lorsque l'une de ces limites est atteinte, la puissance Q_S reste inchangée et la tension au noeud n'est plus fixe.

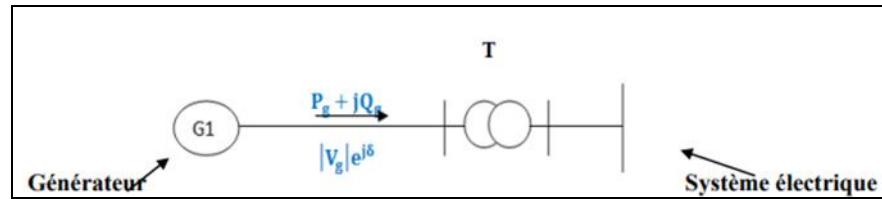


Figure I.1: Modèle d'un générateur

I-3-2-Modèle du transformateur :

Il ya deux types de transformateur à modéliser: le transformateur régulateur de tension à changeur de prises de charges et le transformateur déphaseur. Dans la modélisation des systèmes électriques, les rapports de déviations et les décalages de phase sont typiquement représentés comme des modifications à la matrice admittance. La figure (I.2) présente le schéma unifilaire équivalent d'un transformateur triphasé symétrique à changeur de prises de charge et/déphaseur[01]

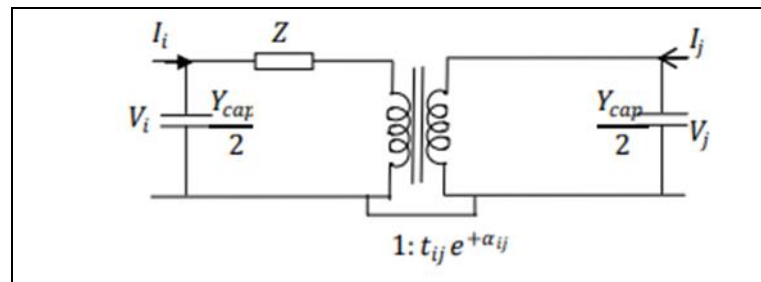


Figure I.2: Modèle de transformateur de puissance

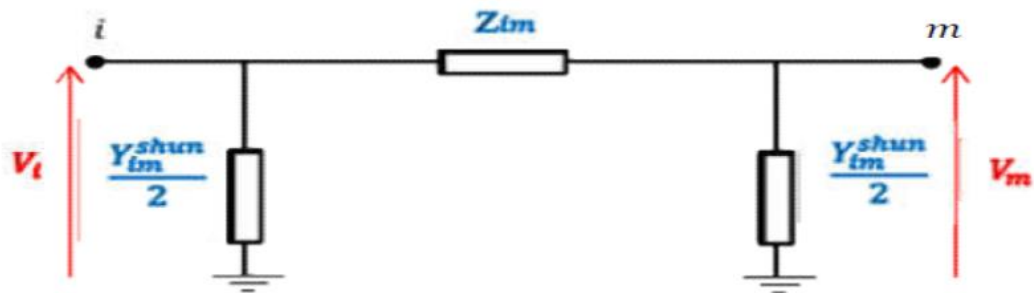
Z : représente les pertes par effet joule et les inductances de fuite de transformateur ramenées au secondaire.

La modélisation retenue suppose que les pertes sont séparées pour moitié au primaire et pour l'autre moitié au secondaire. Le paramètre t_{ij} symbolise la ration de réglage de tension en charge. Le paramètre α_{ij} symbolise le déphasage introduit par le transformateur entre les jeux de barres i et j . Il est important de noter que la matrice admittance du réseau électrique qui prend en considération ces variables va être donc ajustée à chaque itération. Y : c'est la matrice admittance du transformateur qui s'écrit comme suit:

$$I = Y * V \Rightarrow \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y + \frac{Y_{cap}}{2} & -\frac{e^{-j\alpha_{ij}}}{t_{ij}} y \\ -\frac{e^{+j\alpha_{ij}}}{t_{ij}} y & \frac{1}{t_{ij}^2} y + \frac{Y_{cap}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (I.1)$$

I-3-3- Modèle de la ligne de transmission :

La ligne de transmission de l'énergie électrique située entre les nœuds i et m est généralement représentée par le schéma équivalent par phase de type (π) comme indiqué sur la figure I.3.



Z_m : Impédance série par phase : $Z_m = R + jX$

R et X sont respectivement, la résistance et la réactance série de la ligne entre les jeux de barres i et m .

y_{im}^{shunt} : L'admittance shunt

Figure I.3: Schéma équivalent en π d'une ligne de transmission

I-3-4-Modèle de Charge électrique :

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 où, le niveau de tension de la charge est maintenu Figure I. 4 [03]

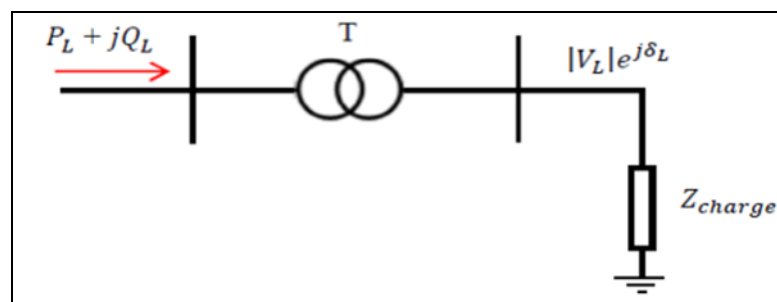


Figure I.4: charge électrique

I-3-5-Modèle des éléments 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 fixes, compensateurs synchrones ou compensateurs statiques

(SVC). Chaque élément connecté au réseau sera modélisé, suivant le cas, par une admittance équivalente ou une injection de puissance. [04]

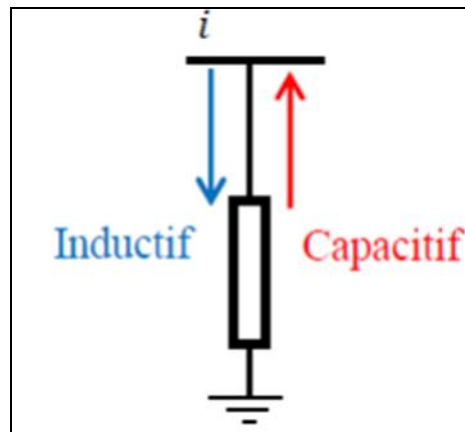


Figure I.5: l'élément shunt.

I-4-Energie renouvelable : [05]

I-4-1-Les centrales hydrauliques :

Dans les centrales hydraulique, l'énergie cinétique de chute de l'eau est utilisée pour tourner la turbine et générateur qui produisent l'énergie électrique. Le schéma de principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique est montré dans la figure I. 6

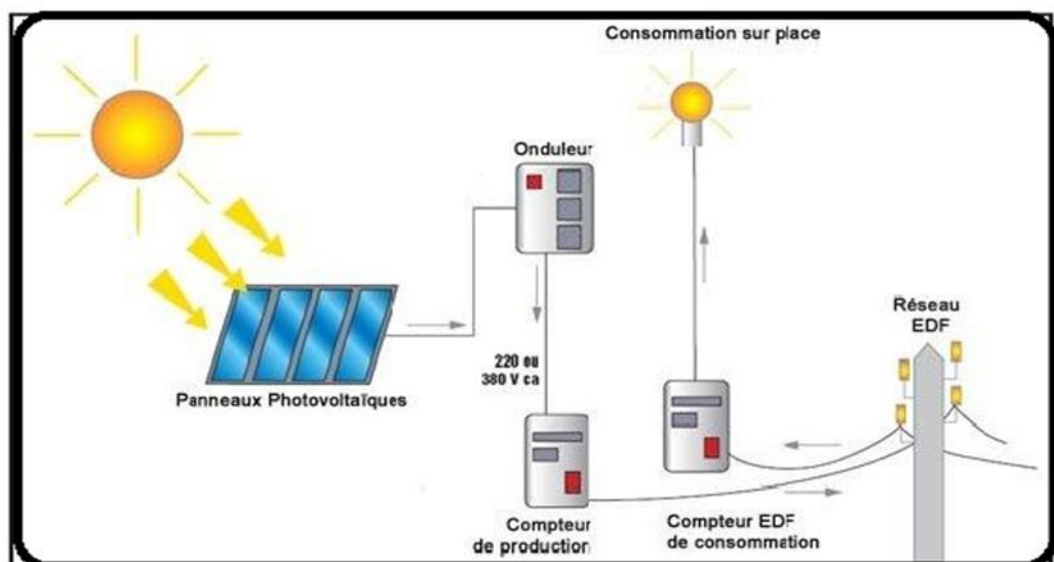


Figure I.6 : Schéma de principe de fonctionnement d'un parc cellulaire photovoltaïque.

I-4-2-Les centrales solaires ou photovoltaïque :

L'énergie électrique est produite directement par la transformation du rayonnement solaire au niveau des panneaux photovoltaïques qui sont à base de cellules regroupées. Ce phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à produire une force

électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière, le courant résultant est continu ce qui exige une intégration des onduleurs pour avoir un courant alternatif ainsi des batteries d'accumulation pour emmagasiner l'énergie électrique. Cette technologie pratiquement n'existe plus en Algérie à l'exception de quelques recherches au niveau des universités ou des centres de recherche .

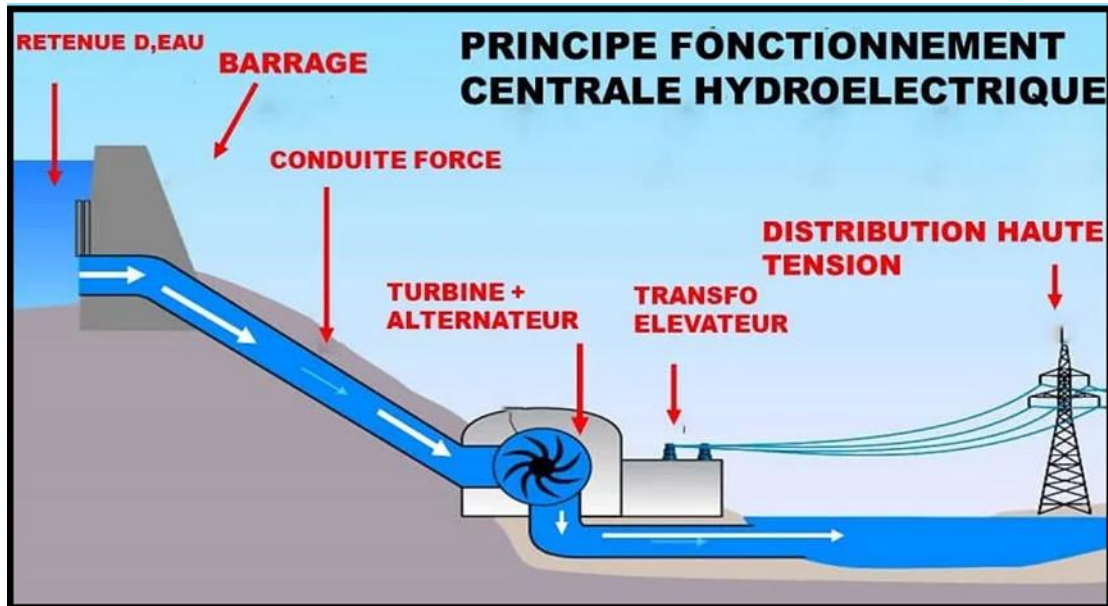


Figure I.7 : Schéma de principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique

I-4-3-Les centrales éoliennes :

L'énergie primaire est le vent. Une éolienne se compose essentiellement d'une hélice, en général à 3 pâles, placée au-dessus d'un mât. Sous l'effet du vent l'hélice de l'éolienne (appelée aérogénérateur dans d'autres documentations) se met en rotation. À l'intérieur de la nacelle sur l'axe existe un multiplicateur de vitesse qui a pour but d'augmenter la vitesse de rotation disponible pour l'alternateur. À l'échelle mondiale, l'énergie éolienne a connu une croissance importante de 30% par an. L'Europe, principalement sous l'impulsion allemande, scandinave et espagnole, comptait environ 15000 MW de puissance installée en 2000. Ce chiffre a presque doublé en 2003, soit environ 27000 MW pour 40000 MW de puissance installée dans le monde. La figure I.8 montre le schéma de principe de fonctionnement d'un parc éolien.

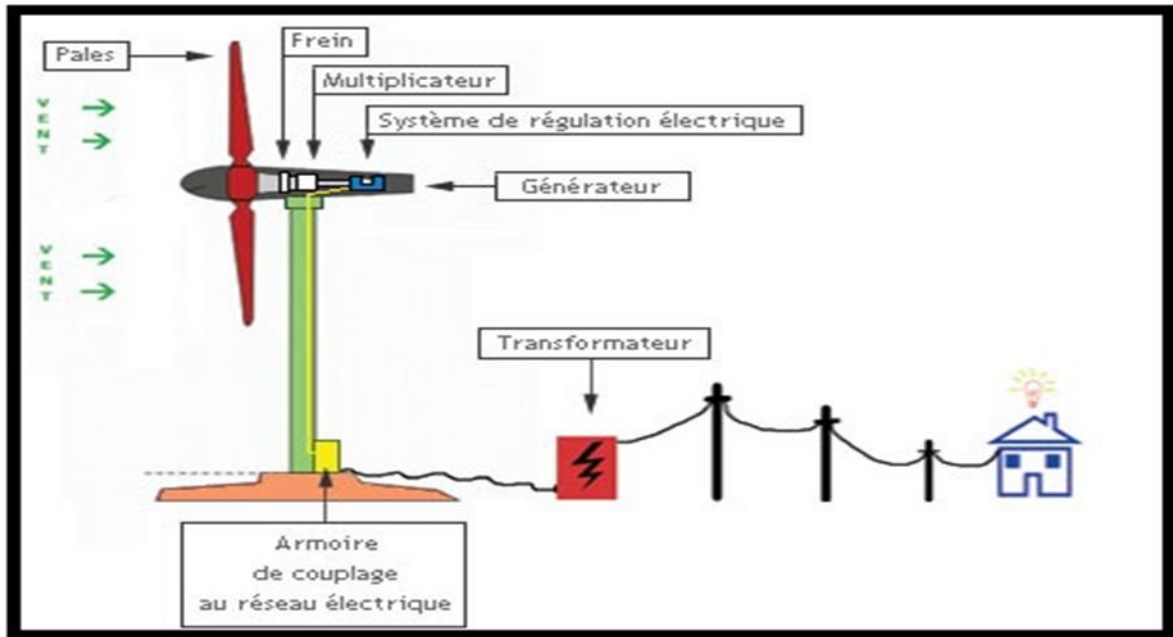


Figure I.8 : Schéma de principe de fonctionnement d'un parc éolien.

I-4-4-Les Centrales Biomasse :

Une centrale biomasse produit de l'électricité et de la chaleur en utilisant des sources d'énergie renouvelable comme combustibles. En brûlant, la matière organique génère de la vapeur qui active une turbine. La figure I.9 présente le schéma de principe de fonctionnement d'un parc de centrale Biomasse.

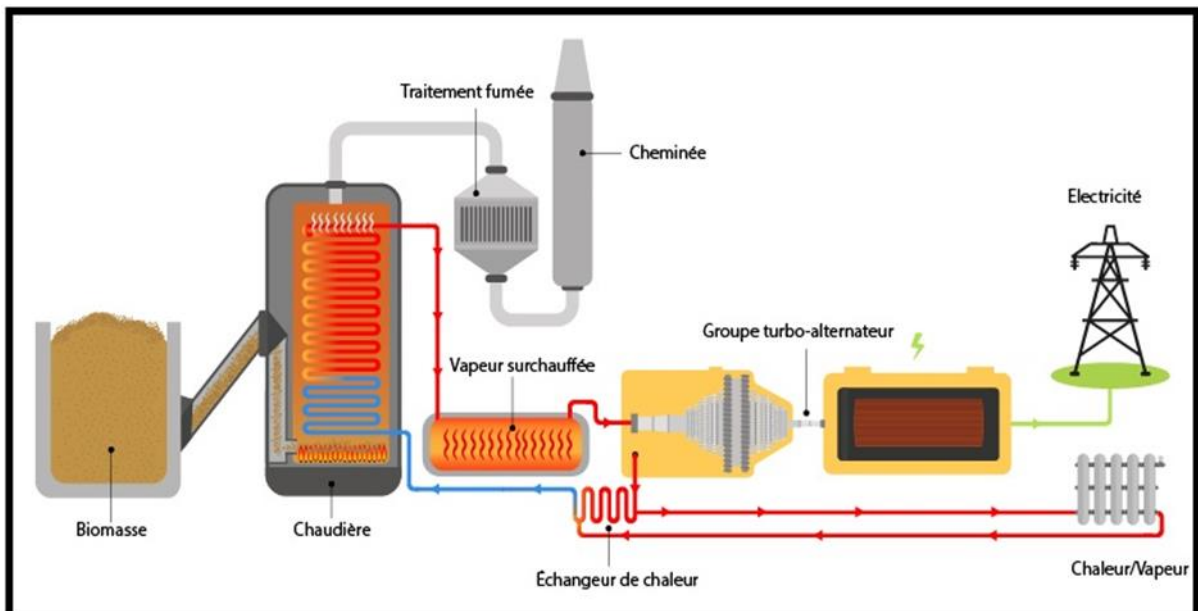


Figure I.9 : Schéma de principe de fonctionnement d'un parc de centrale Biomasse.

I-5-Écoulement de puissance:

Nous avons une série de charges à alimenter à partir de générateurs dispersés et reliés entre eux par un réseau de liaison maillé. Les capacités de production des différents générateurs étant connues, comment calculer l'état électrique complet du réseau?, c'est à dire les courants, tensions et puissances. Ce problème est connu sous le nom de calcul de l'écoulement de puissance ou load flow.

L'écoulement de puissance est une étude en régime permanent du réseau électrique qui permet d'obtenir à chaque jeu de barres i du réseau quatre grandeurs fondamentales: amplitude de tension V , phase de tension, puissance active injectée P et puissance réactive injectée Q . Pour chaque jeu de barres deux variables doivent être spécifiées au préalable et les deux autres sont calculés. Les modules et les phases des tensions inconnues sont appelés variables d'état. L'état du système n'est déterminé qu'après avoir calculer ces valeurs.

Dans l'analyse de l'écoulement de puissance, les jeux de barres du système sont classés en trois catégories: jeu de barres de référence, jeu de barres de charge (PQ) et jeu de barres de génération (PV).

- **Jeu de barres référence :** Ce jeu de barres connu aussi par le jeu de barres balancier ou bilan, est choisi parmi ceux où un générateur est connecté. Le rôle de ce jeu de barres est de fournir la puissance supplémentaire nécessaire pour composer les pertes de transmission, car celles-ci ne sont pas connues d'avance. En plus, ce jeu de barres sert de référence pour les phases des tensions. Par convention, ce jeu de barres est identifiée par le jeu de barres no 1, dont le module et la phase de tension sont toujours spécifiés ($V-1$ p.u. et $= 0$). Donc, les puissances P et Q , sont inconnues, du fait que P , et Q_i ne sont pas spécifiées d'avance. Par conséquent, les équations d'équilibre de puissance pour le jeu de barres de référence ne sont pas explicitement incluses dans la formulation du problème de l'écoulement de puissance. Cependant, P , et Q peuvent être calculées d'après (1.9) et (1.10) après avoir obtenu la solution du problème.

- **Jeu de barres de contrôle :** Chaque jeu de barres du système dont le module de tension est maintenue constant, est considéré comme un jeu de barres à tension contrôlée ou jeu de barres générateur. Ce type de jeux de barres peut inclure des jeux de barres auxquels les générateurs, des batteries de condensateurs, des compensateurs statiques (SVC) ou des transformateurs avec prises réglables sont raccordés. Au niveau de ce jeu de barres, P , et V sont des grandeurs spécifiées. Donc, Q n'est pas connue à l'avance étant donné que Q_{gest} est inconnue. Par conséquent, seule l'équation d'équilibre de puissance active est incluse dans la

formulation du problème, la valeur correspondante de m est calculée par l'algorithme de l'écoulement de puissance. Une fois la solution du problème est obtenue,

- **Jeu de barres de charge** : Chaque jeu de barres du système dont l'injection des puissances actives et réactives sont données, est considéré comme un jeu de barres de charge. Donc, il est évident que deux équations d'équilibre de puissance pour chaque jeu de barres de charge sont explicitement considérées dans la formulation du problème. La procédure de l'écoulement de puissance donne les valeurs de V_i et δ_i .

On note que pour un réseau de n jeux de barres avec n_g jeux de barres à tension contrôlée (ou générateur), le problème de l'écoulement de puissance implique la solution d'un système de $2n-n_g-2$ équations. Le nombre de variables d'état (V_i et δ_i) est aussi $2n-n_g-2$. Dans

ces conditions, le système d'équation est bien posé. Toutefois, cela ne garantit pas qu'une solution existe en raison de la non-linearité des équations. Il peut alors y avoir une solution unique, des solutions multiples ou aucune solution.

Tableau I.1. Types des jeux de barres dans un réseau électrique

Type du jeu de barres	Variables Connues	Variables inconnues
Référence (slack/swing bus)	$ V , \delta$	P, Q
Contrôle (P, V)	P, $ V $	Q, δ
Charge (P, Q)	P, Q	$ V , \delta$

L'écoulement de puissance au niveau des J.d.B dans un système de puissance est comme la suite :

1% J.d.B de référence.

80% à 90% J.d.B de charge.

Le reste J.d.B sont de contrôle

I-5-1-Formulation des équations de l'écoulement de puissance : [02]

L'étude de l'écoulement de puissance consiste à calculer les tensions du réseau électrique pour des extrémités spécifiées, et des conditions données aux jeux de barres, telles que les charges capacitatives ou inductives qui doivent être alimentées, les puissances générées et les modules de tensions dans tous les jeux de barres, qui à partir desquelles les courants dans les lignes de transport, les puissances et les pertes de puissances peuvent être obtenus. Les

équations des tensions nodales d'un réseau électrique de N jeux de barres sont écrites sous la forme matricielle suivante:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1N} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{N1} & Y_{N2} & \dots & Y_{NN} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_N \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

Où $I_{Bus} = Y_{Bus} + V_{Bus}$

$I_{Bus} = [I_1, I_2 \dots I_N]^T$ Le vecteur des courants injectés dans chaque jeu de barres

(courant de source extérieur).

Le courant écoulé du jeu de barres i vers le jeu de barres j est positif et négatif dans le sens inverse.

$V_{Bus} = [V_1, V_2 \dots V_N]^T$ Le vecteur des tensions complexes de chaque jeu de Barres et

c'est la $V_{BUS} = [V_1, V_2 \dots V_N]$ Le vecteur des tensions complexes de chaque jeu de barres

et matrice admittance nodale du système de taille $(N * N)$

Y_{ii} : L'élément diagonal de la matrice admittance. C'est la somme de tous les composants connectés à ce jeu de barres, traduit par l'Equation mathématique suivante :

$$Y_{ii} = \sum_{i=0, i \neq k}^N y_{ik} \quad (1.3)$$

Y_{ik} L'élément hors diagonal (i, k) , C'est la somme négative de tous les composants connectés entre les jeux de barres i et j . c'est-à-dire :

$$Y_{ii} = - \sum_{\substack{i=0 \\ i \neq k}} Y_{ik} \quad (1.4)$$

D'après l'équation (1.2), le courant net à injecter à un jeu de barres i est écrit comme suit:

$$I_i = \sum_{k=1}^N Y_{ik} * V_k \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1.5)$$

Où:

$$\bar{Y}_{ik} = G_{ik} + j * B_{ik} = Y_{ik} (\cos \theta_{ik} + j \sin \theta_{ik}) \quad (1.6)$$

$$\bar{V}_k = Re_k + j * Im_k = V_k (\cos \theta_k + j \sin \theta_k) \quad (1.7)$$

G_{ik}, B_{ik} : sont respectivement la conductance et la susceptance de Y_{ik} ;

Re_k, Im_k : sont respectivement la partie réel et imaginaire de V_k ;

θ_k : la phase de la tension au jeu de barres k ;

θ_{ik} : la phase de l'élément ik ;

L'expression de la puissance apparente S_i injectée à un jeu de barres peut s'écrire comme suit :

$$S_i^* = P_i - Q_i = V_i^* * I_i = V_i^* * \sum_{k=1}^N \bar{Y}_{ik} * \bar{V}_k \quad (1.8)$$

\bar{P}_i, \bar{Q}_i : sont respectivement les puissances active et réactive au jeu de barres i . En

remplaçant les équations (1.6) et (1.7) dans l'équation (1.8), on obtient:

$$P_i = \sum_{k=1}^N V_i V_k Y_{ik} \cos(\theta_{ik} + \theta_k - \theta_i) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1.9)$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^N V_i V_k Y_{ik} \sin(\theta_{ik} + \theta_k - \theta_i) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1.10)$$

Les équations (1.9), (1.10) représentent les équations de l'écoulement de puissance tels que:

$$P_i = PG_i + PDi \quad (1.11)$$

$$Q_i = QGi + QDi \quad (1.12)$$

Où, sont respectivement les puissances active et réactive générées PDi , QDi sont respectivement les puissances active et réactive demandées au jeu de barres i . Dans le calcul de l'écoulement de puissance, un jeu de barres est défini par quatre paramètres: module de tension, angle de tension θ_i , puissance active P_i et puissance réactive Q_i injectée. Pour

chaque jeu de barres deux grandeurs sont spécifiées et les deux autres grandeurs restent à calculer. Selon ces grandeurs.

I-5-2-Equations de l'écoulement de puissances dans les lignes :

La détermination des valeurs des puissances réparties dans les lignes de transport est indispensable afin de localiser les lignes électriques surchargées, de calculer la valeur de pertes de puissance et de déterminer les contraintes qui sont forcées.

Le courant de la branche entre les deux jeux de barres i et k , qui a le sens positif de i vers k est donné par :

$$I_{ik} = (V_i - V_k)Y_{ik} + V_i Y_p \quad (I.13)$$

Avec Y_{ik} : l'admittance de la ligne entre les deux jeux de barres i et k

Y_p : l'admittance shunt au jeu de barres i

V_i : la contribution shunt du courant au jeu de barres i .

$$P_{ik} - jQ_{ik} = V_i^* I_{ik} \quad (I.14)$$

$$P_{ik} - jQ_{ik} = V_i^* (V_i - V_k) Y_{ik} + V_i^* V_i Y_p \quad (I.15)$$

$$P_{ki} - jQ_{ki} = V_k^* (V_k - V_i) Y_{ik} + V_k^* V_k Y_p \quad (I.16)$$

La valeur des pertes de puissance dans la ligne entre les deux jeux de barres i et k est la somme algébrique de la répartition des puissances déterminées à partir des relations (I.15) et (I.16).

I-5-3-Calcul de la puissance au niveau du jeu de barres :

L'expression de la puissance apparente S_i injectée au jeu de barres i est donnée par l'équation:

$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = \bar{V}_i \bar{I}_i^* = \bar{V}_i \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij}^* \bar{V}_j^* \quad (I.17)$$

Séparons les parties réelle et imaginaire de l'équation (I.8) on aura les équations (I.9) et (I.10) qui expriment respectivement des puissances actives et réactives injectées au jeu de barres i :

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_i - \theta_j - \varpi_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{I.18})$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_i - \theta_j - \varpi_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{I.19})$$

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 donnée, ces équations donnent les injections de la puissance active P_i et la puissance réactive Q_i au niveau d'un jeu de barres i . Ces dernières sont décrits par les relations:

$$P_i = P_{g^i} - P_{D^i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{I.20})$$

$$Q_i = Q_{g^i} - Q_{D^i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{I.21})$$

où P_{g^i} , P_{D^i} , Q_{g^i} et Q_{D^i} 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:

$$P_{g^i} = P_{D^i} + \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_i - \theta_j - \varpi_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{I.22})$$

$$Q_{g^i} = Q_{D^i} + \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_i - \theta_j - \varpi_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{I.23})$$

I-6-L'écoulement de puissance par la méthode de Newton-Raphson :

I-6-1-Principe de la méthode de Newton-Raphson :

D'après le développement de Taylor, l'algorithme de Newton-Raphson est

$$X^{k+1} = X^k - [J(X^k)]^{-1} * F(X^k) \quad (\text{I.24})$$

$J(x)$: matrice du Jacobien

$$J(x) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_1} & \dots & \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n(x)}{\partial x_1} & \dots & \frac{\partial f_n(x)}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (2); \quad \text{avec } F(x) = \begin{bmatrix} f_1(x) \\ \vdots \\ f_n(x) \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (\text{I.25})$$

Parmi les inconvénients de la méthode Newton-Raphson c'est le besoin d'actualiser $J(X)$ à chaque itération, également le calcul de l'inverse de $J(X)$ nécessite un temps de calcul supplémentaire

Ainsi, on va utiliser: $\Delta X^k = X^{k+1} - X^k$, et on aura : $-J^k \Delta X^k = F(X^k)$ (I.26)

I-6-2-Application à la solution des équations de l'écoulement de puissance :

Prenons le système d'équations sous la forme suivante

$$\left\{ P_1 = |V_1| \sum_{j=1}^n |V_j| (G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)) \right. \quad (I.27)$$

$$\left\{ Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |V_j| (G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)) \right. \quad (I.28)$$

Où θ_i est l'argument de V_j ; $i = 1, 2, \dots, n$; n : taille du réseau (nombre de jeux de barres).

Nous supposons que le module de V_i est connu et $\theta_f = 0$, d'où il reste à savoir:

$$\theta = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \vdots \\ \theta_n \end{bmatrix}; |V| = \begin{bmatrix} |V_1| \\ \vdots \\ |V_n| \end{bmatrix} \text{ et } X = \begin{bmatrix} \theta \\ |V| \end{bmatrix} \quad (I.29)$$

En introduisant le vecteur X dans le système d'équations précédent :

$$\text{Ainsi } P_i = P_i(X); \quad \text{Et } Q_i = Q_i(X); \quad \text{Pour } i = 2, 3 \dots, n \quad (I.30)$$

Dans ces équations P_i et Q_i sont des constantes connues préalablement, cependant

$P_a(X)$ et $Q_i(X)$ sont des fonctions dont la variable est le vecteur (X) .

En cherchant, une fonction de la forme $F(X) = 0$, on peut avoir :

$$\begin{cases} P_i(X) - P_i = 0 \\ Q_i(X) - Q_i = 0 \end{cases} \quad \text{Pour } i = 2, 3 \dots n \quad (I.31)$$

donc:

$$F(X) = \begin{bmatrix} P_2(X) - P_2 \\ \vdots \\ P_n(X) - P_n \\ Q_2(X) - Q_2 \\ \vdots \\ Q_n(X) - Q_n \end{bmatrix} = 0 \quad (I.32)$$

On considère $\kappa J \rightsquigarrow$ le Jacobien de F , il est convenable de le répartir comme suit :

$$J = \begin{bmatrix} J_{11} & \vdots & J_{12} \\ \dots & \vdots & \dots \\ J_{21} & \vdots & J_{22} \end{bmatrix} \quad J_{11}, J_{12}, J_{21}, J_{22} \text{ sont des sub-}$$

matrices

$$J_{11} = \frac{Pi(x)}{\partial \theta_j}; \quad J_{21} = \frac{Qi(x)}{\partial \theta_j}; \quad J_{12} = \frac{Pi(x)}{\partial |V_j|}; \quad J_{22} = \frac{Qi(x)}{\partial |V_j|} \quad (I.33)$$

Il est commode de s'exprimer ainsi $j^k \Delta X^k = F(X^k)$

Pour se débarrasser de signe (-), on écrit

$$\Delta P(X) = \begin{bmatrix} P_2 - P_2(X) \\ \vdots \\ P_n - P_n(X) \end{bmatrix} \quad (11) \quad ; \quad \Delta Q(X) = \begin{bmatrix} Q_2 - Q_2(X) \\ \vdots \\ Q_n - Q_n(X) \end{bmatrix} \quad (I.34)$$

On remplace $F(X)$ par sa valeur dans l'équation (11) on aura:

$$\begin{bmatrix} \int_{11}^k & \int_{12}^k \\ \int_{21}^k & \int_{23}^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta^k \\ \Delta |V|^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P(X^k) \\ \Delta Q(X^k) \end{bmatrix} \quad (I.35)$$

Prenons comme notion :

J_{pq}^{11} : Désigne l'élément (pq) de la sub-matrice Jacobienne J_{11} et cela est vrai pour toutes

les matrices.

$$\text{Et: } \theta_{pq} = \theta_p - \theta_q \quad (I.36)$$

X^{kk} est connu grâce à $X = \begin{bmatrix} \theta \\ |V| \end{bmatrix}$ et on résoud pour ΔX^k en utilisant $X^{k+1} = X^k + \Delta X^k$,

nous pouvons actualiser la matrice du Jacobien $\begin{bmatrix} \Delta P(X^k) \\ \Delta Q(X^k) \end{bmatrix}$, et on continue les

itérations jusqu'à la convergence du $\begin{bmatrix} \Delta P(X^k) \\ \Delta Q(X^k) \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

Avec une tolérance donnée préalablement.

- Pour $P + q$

$$\begin{aligned}
 J_{pq}^{11} &= \frac{\partial P_p(X)}{\partial \theta_p} = |V_p| |V_q| (G_{pq} \sin \theta_{pq} - B_{pq} \cos \theta_{pq}) \\
 J_{pq}^{12} &= \frac{\partial Q_p(X)}{\partial \theta_p} = -|V_p| |V_q| (G_{pq} \cos \theta_{pq} + B_{pq} \sin \theta_{pq}) \\
 J_{pq}^{21} &= \frac{\partial p_p(x)}{\partial |V_q|} = |V_p| (G_{pq} \cos \theta_{pq} + B_{pq} \sin \theta_{pq}) \\
 J_{pq}^{22} &= \frac{\partial o_p(X)}{\partial |V_q|} = |V_p| (G_{pq} \sin \theta_{pq} - B_{pq} \cos \theta_{pq})
 \end{aligned} \tag{I.37}$$

- Pour $p = q$ (diagonale)

$$\begin{aligned}
 J_{pp}^{11} &= \frac{\partial p_p(x)}{\partial \theta_p} = -Q_p - B_{pq} |V_p|^2 & J_{pp}^{12} &= \frac{\partial Q_p(x)}{\partial \theta_p} = P_p - G_{pq} |V_p|^2 \\
 J_{pp}^{21} &= \frac{\partial P_p(x)}{\partial |V_p|} = \frac{P_p}{|V_p|} + G_{pp} |V_p| & J_{pp}^{22} &= \frac{\partial Q_p(x)}{\partial |V_p|} = \frac{Q_p}{|V_p|} + B_{pp} |V_p|
 \end{aligned} \tag{I.38}$$

On va refaire la même procédure avec la 2^{ème} forme des équations de l'écoulement de puissance :

$$\frac{\partial \Delta P_i(X)}{\partial \delta_i} = V_i \sum_{j=1}^n V_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) + V_i^2 Y_{ii} \sin \theta_{ii} \tag{I.39}$$

$$\frac{\partial \Delta P_i(X)}{\partial \delta_j} = -V_i V_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \tag{I.40}$$

$$\frac{\partial \Delta P_i}{\partial |V_i|} = -\sum_{j=1}^n V_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) - V_i Y_{ii} \cos \theta_{ii} \tag{I.41}$$

$$\frac{\partial \Delta P_i}{\partial |V_j|} = -V_i Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \tag{I.42}$$

$$\frac{\partial \Delta Q_i}{\partial \delta_i} = -V_i \sum_{j=1}^n V_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) + V_i^2 Y_{ii} \cos \theta_{ii} \tag{I.43}$$

$$\frac{\partial \Delta Q_i}{\partial \delta_j} = V_i V_j Y_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \tag{I.44}$$

$$\frac{\partial \Delta Q_i}{\partial |V_i|} = -\sum_{j=1}^n V_j Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) + V_i Y_{ii} \sin \theta_{ii} \tag{I.45}$$

$$\frac{\partial \Delta Q_i}{\partial |V_j|} = -V_i Y_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \tag{I.46}$$

I-6-3-Les inconvénients de la méthode de Newton:

Les inconvénients de la méthode de Newton sont bien connus :

1. L'algorithme n'est pas globalement convergent
2. L'algorithme n'est pas défini aux points x où $\nabla^2 f(x)$ est singulière
3. Si F n'est pas strictement convexe, l'algorithme ne génère pas nécessairement des directions de descente de F . Dans la littérature, diverses modifications de la méthode Newton ont été faites de manière à améliorer ses aspects défavorables

I-7-Conclusion

Dans ce première chapitre, nous avons donné dans un premier temps une description générale des réseaux électriques. En suite la deuxième partie a été réservée à Les équations et Formulation de l'écoulement de puissance. Par suite, la dernière partie est donné des exemples.

Chapitre II : dispatching économique

I-1-Introduction

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

travers ce chapitre, nous présentons les notions de base de la dispatching économique telles que les contraintes et les méthodes de résolution, ainsi que les méthodes de résolution de calcul de coût de production total. [06]

I-2-dispatching économique :

Le dispatching économique est un problème d'optimisation statique qui consiste à répartir la production de la puissance active demandée entre les différentes centrales du réseau, de sorte à exploiter ce dernier de la manière la plus économique possible. Cette distribution doit évidemment respecter les limites de production des centrales. La variable à optimiser est donc le coût de production.

Les générateurs à combustibles distincts possèdent différents coûts pour fournir le même montant d'énergie électrique. C'est important de se rendre compte que le générateur le plus efficace du système ne peut pas produire de l'électricité au plus bas coût et qu'un générateur bon marché ne peut pas être le plus rentable. Puisqu'un générateur qui se trouve trop loin du centre de la charge donne des pertes de transmission énormes, et donc le rend peu économique de fonctionner . [07]

I-2-1-La fonction coût

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

La fonction cout est polynomiale du second ordre en terme de P_g sous la forme suivante:

$$C(P_g) = \alpha + \beta P_g + \gamma P_g^2 \quad (II.1)$$

Où P_g est la puissance générée (en Mw) par la centrale considérée et α , β et γ des coefficients constants propres de la centrale qui sont obtenu par l'expérience. [08]

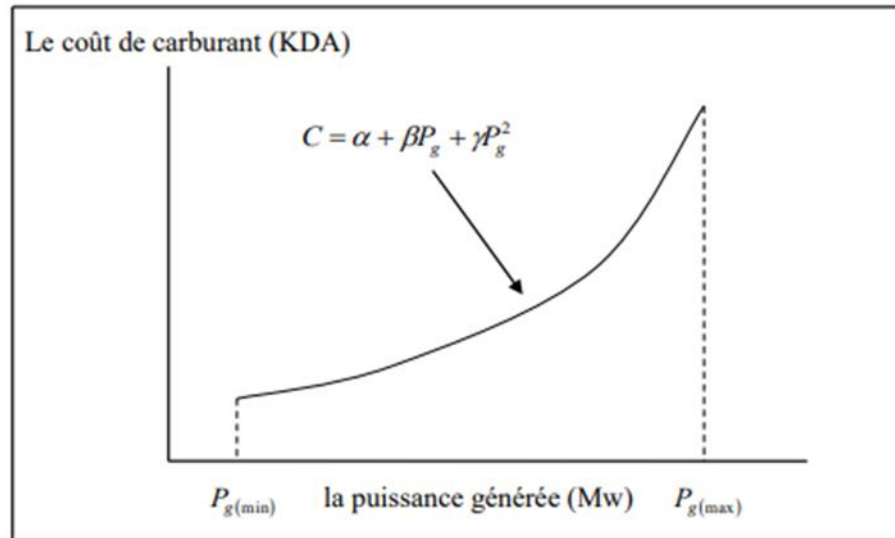


Figure II.1: Le coût de carburant en fonction de la puissance générée.

I-2-2-Incrémentation du coût

La dérivée partielle dc_i/dP_{gi} avec $(i = 1, 2, \dots, n)$ de la fonction de cout s'appelle l'incrémentation du coût du générateur i . Elle représente la tangente de la courbe qui lie le coût et la puissance générée comme elle est montrée sur la (Figure II.2). Son unité s'exprime en ($\$/KWh$), pour les grands générateurs l'unité est ($\$/MWh$)

$$\frac{dc_i}{dP_{gi}} = \beta + 2\gamma P_{gi} \quad (II.2)$$

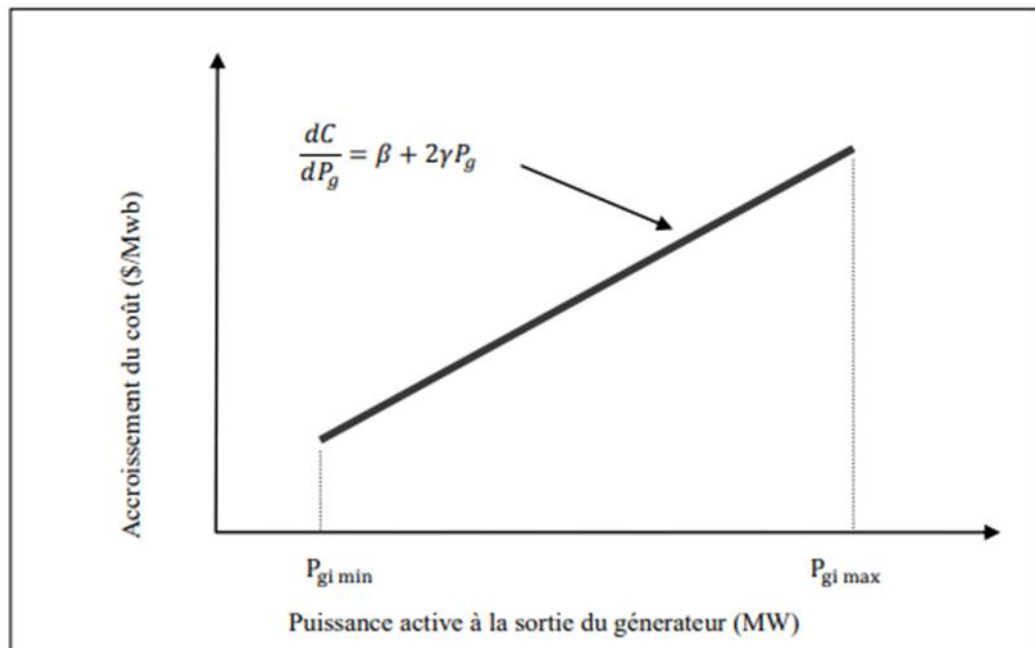


Figure II-2: Courbe typique de l'accroissement du coût de combustible

I-2-3-les contraintes :**I-2-3-1-les contraintes d'égalités :**

Dans le dispatching économique, la fonction objectif à minimiser est le coût total de production de générateurs, de telle sorte que la charge électrique du système soit entièrement satisfaite.

On peut dire que les contraintes d'égalités vérifient la lois de Kirchhoff, bilans d'énergie .

***Cas de pertes négligeables :**

Dans ce cas, la seule contrainte est que la somme de toutes les puissances actives générées, soit égale à la charge totale de système.

$$\sum_{i=1}^K P_{gi} = P_d \quad (\text{II.3})$$

***Cas de pertes considérables :**

Dans ce cas. La somme de toutes les puissances actives générées, soit égale à la somme de la puissance demandé par la charge de système et les pertes de transmission de cette puissance.

$$\sum_{i=1}^n P_{gi} = P_d + P_L \quad (\text{II.4})$$

I-2-3-2-Contraintes d'inégalité :

Dans la pratique, chaque puissance générée (P_{gi}) est limitée par une limite inférieure (P_{gimin}) et une autre supérieure (P_{gimax}), ce qui donne la contrainte d'inégalité suivante

$$P_{gi \min} \leq P_{gi} \leq P_{gi \max} \quad i = 1, 2, \dots, ng$$

I-3-Formulation mathématique du problème du Dispatching Economique:

Le problème du dispatching économique consiste à minimiser le coût total du combustible

(C),n sujet à une seule contrainte d'égalité qui est la somme de toute les puissances générées est égale à la puissance totale demandée (Pd).

Mathématiquement on peut écrire

Minimiser :

$$C = \sum_{i=1}^{ng} C_i(P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} (\alpha_i + \beta_i \cdot P_{gi} + \gamma_i \cdot P_{gi}^2) \quad (\text{II} - 5)$$

Sujet à la contrainte :

$$\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = P_D \quad (\text{II} - 6)$$

Dans la pratique, chaque puissance générée (P_{gi}) est limitée par une limite inférieure (P_{gimin}) et une autre supérieure (P_{gimax}), ce qui donne la contrainte d'inégalité suivante

$$P_{gi \min} \leq P_{gi} \leq P_{gi \max} \quad i = 1, 2, \dots, ng \quad (\text{II} - 7)$$

I-3-1-dispatching économique sans pertes :

Le dispatching économique statique sans perte est plus simple, seul la puissance active générée par la centrale influence le coût, la résolution est faite pour un instant précis.

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

- La méthode de Kuhn-Tucker et la méthode du gradient utilisant le gradient (fonction de Lagrange)
- La méthode d'itération de Lambda qui utilise les itérations (minimisation sans gradient).

Dans certains cas on peut considérer le problème de dispatching comme linéaire par

parties, on utilise alors la programmation linéaire.

I-3-1-1-Méthode analytique de lagrangien:

Elle est encore appelée la méthode de «Kunt Tucker » qui utilise la fonction de coût comme la fonction objectif de lagrangien.

$$F = C_{tot}(P_{g1}, P_{g2}, \dots, P_{gn}) = \sum_{i=1}^{ng} C_1(P_{gi})$$

Pour résoudre le problème du dispatching économique, on peut formuler le lagrangien
Où :

$$L = F(P_{gi}) + \lambda \cdot H(P_{gi})$$

H représente la contrainte d'égalité

$$H(P_{gi}) = P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} \quad (\text{II} - 8)$$

λ est le multiplicateur de Lagrange. Il est approximativement le coût en KAD/h nécessaire pour augmenter la charge délivrée totale par 1Mw.

Donc:

$$L = \sum_{i=1}^{ng} (\alpha_1 + \beta_i P_{gi} + \gamma_i P_{gi}^2) + \lambda (P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi}) \quad (\text{II} - 9)$$

les conditions nécessaires pour un minimum sont données par:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial P_{gi}} = \beta_i + 2\gamma_i P_{gi} - \lambda = 0 & P_{gi(m)} \leq P_{gi} \leq P_{gi(M)} \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} & i = 1, 2, \dots, ng \end{cases} \quad (\text{II} - 10)$$

Donc, à l'optimum le coût de production total sera minimal si tous les accroissements des coûts de centrales sont égaux et égal à la valeur de λ .

De la première équation on trouve que:

$$P_{gi} = \frac{\lambda - \beta_i}{2\gamma_i} \quad (\text{II} - 11)$$

En remplaçant l'équation (II-11) en (II-3) :

$$P_d = \lambda \sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{1}{2\gamma_i} \right) - \sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{\beta_i}{2\gamma_i} \right)$$

Donc λ optimal est :

$$\lambda = \lambda^* = \frac{P_d + \sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{\beta_i}{2\gamma_i} \right)}{\sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{1}{2\gamma_i} \right)} \quad (\text{II} - 12)$$

$$\lambda = \lambda^* = \frac{P_d + \sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{\beta_i}{2\gamma_i} \right)}{\sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{1}{2\gamma_i} \right)}$$

En remplaçant la valeur de λ^* dans l'équation (II-11) on trouve :

$$P_{gi} = \frac{1}{2\gamma_i} \left[\frac{P_d + \sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{\beta_i}{2\gamma_i} \right)}{\sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{1}{2\gamma_i} \right)} - \beta_i \right] \quad (\text{II} - 13)$$

Ces valeur de puissance générée de centrales représentent la solution optimale de problème de dispatching économique qui permet d'obtenir le coût de production minimal. D'après l'équation (II-11), chaque générateur participant au dispatching économique doit avoir la même valeur de coût incrémental à l'optimum. Le dispatching économique sans pertes est alors aussi appelé le dispatching d'accroissement du coût égal. [09]

• Prise en compte des contraintes d'inégalités

Si dans le processus un générateur bute sur une contrainte une contrainte d'inégalité on le sort du problème en fixant sa production à la contrainte.

Et en cours d'itération on surveille que les conditions suivantes restent vérifiées pour tous les générateurs en contrainte.

$$\begin{cases} P_{gi(m)} \leq P_{gi} \leq P_{gi(m)} \Rightarrow \frac{dC_i}{dP_{gi}} = \lambda \\ P_{gi} = P_{gi(m)} \Rightarrow \frac{dC_i}{dP_{gi}} \leq \lambda \\ P_{gi} = P_{gi(m)} \Rightarrow \frac{dC_i}{dP_{gi}} \geq \lambda \end{cases} \quad (\text{II} - 14)$$

I-3-1-2-Méthode graphique:

Le problème du dispatching économique peut être résolu par une méthode graphique, en traçant la courbe d'accroissement du coût pour chaque générateur et sur le même plan figure (II.3)

$$\frac{dC_i}{dP_{gi}} = \beta_i + 2\gamma_i P_{gi} \quad (\text{II} - 15)$$

D'après la relation (II – 10) on trouve :

$$\lambda = \frac{dC_i}{dP_{gi}} \quad (\text{II} - 16)$$

Ensuit, on trace la courbe d'accroissement du cout total de production la figure suivant illustré cette méthode sur un réseau de 3 centrales de productions. [10]

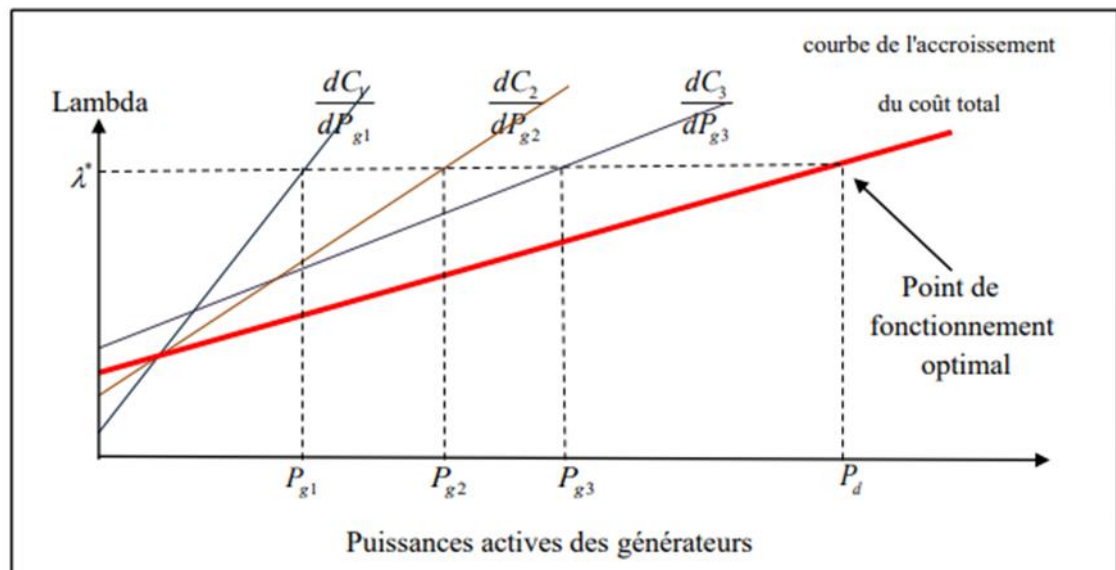


Figure II-3 : Méthode graphique pour la solution du dispatching économique de trois générateurs

Cette méthode s'appuyer sur la détermination du point qui correspond la puissance générée égale à la puissance demandé par la charge qui peut être tirée jusqu'à l'intersection de la courbe du coût in incrémental total. Ce point d'intersection est pris comme point de début d'une ligne horizontale allant vers la gauche. Cette ligne indique la valeur optimale de lambda pour toutes les puissance active des générateurs et elle représente le point de fonctionnement optimale.

$$\lambda^* = C'_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^{ng} \frac{\partial C_{\text{tot}}}{\partial P_{gi}} \quad (\text{II} - 17)$$

Où :

$$\sum_{i=1}^n P_{gi} = P_d$$

Les point d'intersection de cette ligne avec les courbes du cout d'accroissement originale de ces centrales sont les valeurs optimales de la solution.

I-3-2-Dispatching économique avec pertes :

Dans les systèmes réels, le transport de l'énergie électrique vers les jeux de barres de charge est souvent accompagné par des pertes de transmission. Le problème du dispatching économique devient un peu compliqué par rapport au cas précédant où les pertes ont été négligées. D'abord, la topologie du réseau aura une incidence sur la répartition optimale de la production. Cependant pour pénaliser les centrales qui produisent de la puissance dont le transit provoque des pertes importantes, nous multiplierons les coefficients de leur coût par un facteur de pénalité.

Il existe deux approches générales pour résoudre le problème du dispatching économique avec pertes de puissance :

- **considération des pertes constant** : Dans ce cas, la valeur de pertes se rassembler avec la puissance demandée totale et le problème sera étudié comme le cas sans pertes.
- **pertes variables** : Nous devons à développer une expression mathématique des pertes de puissances actives, en fonction des puissances actives des générateurs. [11]

I-3-2-1-Calculer les pertes :

Il existe deux approches générales pour calculer les pertes : on calcule les pertes de transmission par les méthodes de calcul de l'écoulement de puissance N-R ou G-S.

la méthode de "formule des pertes" est basée sur l'approximation des pertes totales de puissance active par une fonction directe des puissances actives des générateurs (P_{gi}), donnée par l'équation suivante

$$P_i = \sum_{i=1}^{ng} \sum_{jj=1}^{ng} B_{ij} P_{gi} P_{gj} + \sum_{i=1}^{ng} B_{io} P_{gi} + B_{oo} \quad (\text{II} - 18)$$

Où, P_{gi} : puissance active du générateur i .

B_{ij} , B_{io} et B_{oo} : coefficients de pertes (constantes réelles).

les coefficients de pertes sont des constantes réelles spécifiques au réseau étudié, et sont calculés en fonction de la matrice impédance du réseau, des puissances actives et réactives demandées et des tensions. Dans la littérature, il existe beaucoup de formules pour le calcul des coefficients de pertes.

I-3-2-2-Incrémentation des pertes de transmission:

Soit P_L Les pertes totales dans les lignes de transmission. La dérivée partielle $\delta P_L / \delta P_{Gi}$ Sont appelées l'incrémentation des pertes de transmission (ITL), elle représente la variation des pertes totales liée à la variation de la puissance générée par le générateur i

I-3-2-3-la résolution du problème:

pour résoudre le problème du dispatching économique avec pertes, on peut formulée le lagrangien avec pertes comme suit:

$$L = F(P_{gi}) + \lambda \cdot H(P_{gi})$$

Où: $H(P_{gi}^x)$: est la contrainte d'égalité

$$H(P_{gi}) = P_d + P_L(P_{g1}, P_{g2}, P_{g3}, \dots, P_{gn}) - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = 0 \quad (\text{II} - 19)$$

$$L = \sum_{j=1}^{ng} C_i(P_{gi}) + \lambda \left(P_d + P_L(P_{g1}, P_{g2}, \dots, P_{gn}) - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} \right) \quad (\text{II} - 20)$$

Pour Minimisé la fonction de lagrangien il faut que :

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial P_{gi}} = \beta_i + 2\gamma_i - \lambda \left(\frac{\partial P_L}{\partial P_{gi}} - 1 \right) = 0 & P_{ig(\min)} \leq P_{gi} \leq P_{gi(\max)} \quad (\text{II} - 21) \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = P_d + P_L(P_{g1}, P_{g2}, P_{g3}, \dots, P_{gn}) - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} & i = 1, 2, 3, \dots, ng \end{cases}$$

$$\frac{dC_i}{dP_{gi}} = \lambda \cdot \left(1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_{gi}} \right) \Rightarrow \lambda = \left(1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_{gi}} \right)^{-1} \frac{dC_i}{dP_{gi}}$$

$$\lambda = f_i \left(\frac{dC_i}{dP_{gi}} \right) \quad (\text{II} - 22)$$

Où :

$$f_i = \left(1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_{gi}} \right)^{-1} \quad (\text{II-23})$$

f_i : représente la facteur de pénalité de central i .

Donc, pour pénaliser les centrales qui produisent de la puissance dont le transit provoque des pertes importantes, nous multiplierons les coefficients de leur fonction de coût par un facteur de pénalité f_i .

Par les mêmes étapes du dispatching sans pertes on trouve que :

$$P_{gi} = \frac{\lambda \cdot f_i^{-1} - \beta_i}{2\gamma_i} \tag{II-24}$$

En remplaçant l'équation (II-24) dans l'équation (II-19) :

$$P_d + P_L(P_{g1}, P_{g2}, P_{g3}, \dots, P_{gn}) - \lambda \sum_{i=1}^{ng} \frac{f_i^{-1}}{2\gamma_i} + \sum_{i=1}^{ng} \frac{\beta_i}{2\gamma_i} = 0 \tag{II-25}$$

$$\lambda = \frac{P_d + P_L(P_{g1}, P_{g2}, P_{g3}, \dots, P_{gn}) + \sum_{i=1}^{ng} \frac{\beta_i}{2\gamma_i}}{\sum_{i=1}^{ng} \frac{f_i^{-1}}{2\gamma_i}}$$

$$P_{gi} = \left[\frac{1}{2\gamma_i} \left(\frac{P_d + P_L(P_{g1}, P_{g2}, P_{g3}, \dots, P_{gn}) + \sum_{i=1}^{ng} \frac{\beta_i}{2\gamma_i}}{\sum_{i=1}^{ng} \frac{f_i^{-1}}{2\gamma_i}} \right) f_i^{-1} - \beta_i \right] \tag{II-26}$$

Le problème devient plus difficile à résoudre car, suite à l'introduction du terme de pertes les équation de stationnarité du lagrangien deviennent des équations couplées .

$$P_L = F(P_{g1}, P_{g2}, P_{g3}, \dots, P_{gn})$$

Donc, il faut utiliser une méthode itérative pour calculer chaque puissance sous les étapes suivants :

- **L'étape 1** : calculer de valeurs initiales des puissance générées par la méthode de lagrangien sans pertes.

- **L'étape 2** : remplacement des puissance générées dans la formule des pertes.

- **L'étape 3** : calcule des coefficients $\frac{\partial P_L}{\partial P_{gi}}$ ensuite, l'évaluation des facteur de pénalités

de tous le générateurs

- **L'étape 4** : calculer $\lambda^{(K)}$ correspondant.

- **L'étape 5** : mise à jour des P_{gi}

- **L'étape 6**: vérifier que : $(\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} - P_d - P_L \leq \varepsilon)$

Si oui : on passe à l'étape (7)

Si non: on retourne à l'étape (2)#

L'étape 7 : on calcule le coût de chaque central puis le coût total qui représente la solution optimale du problème.

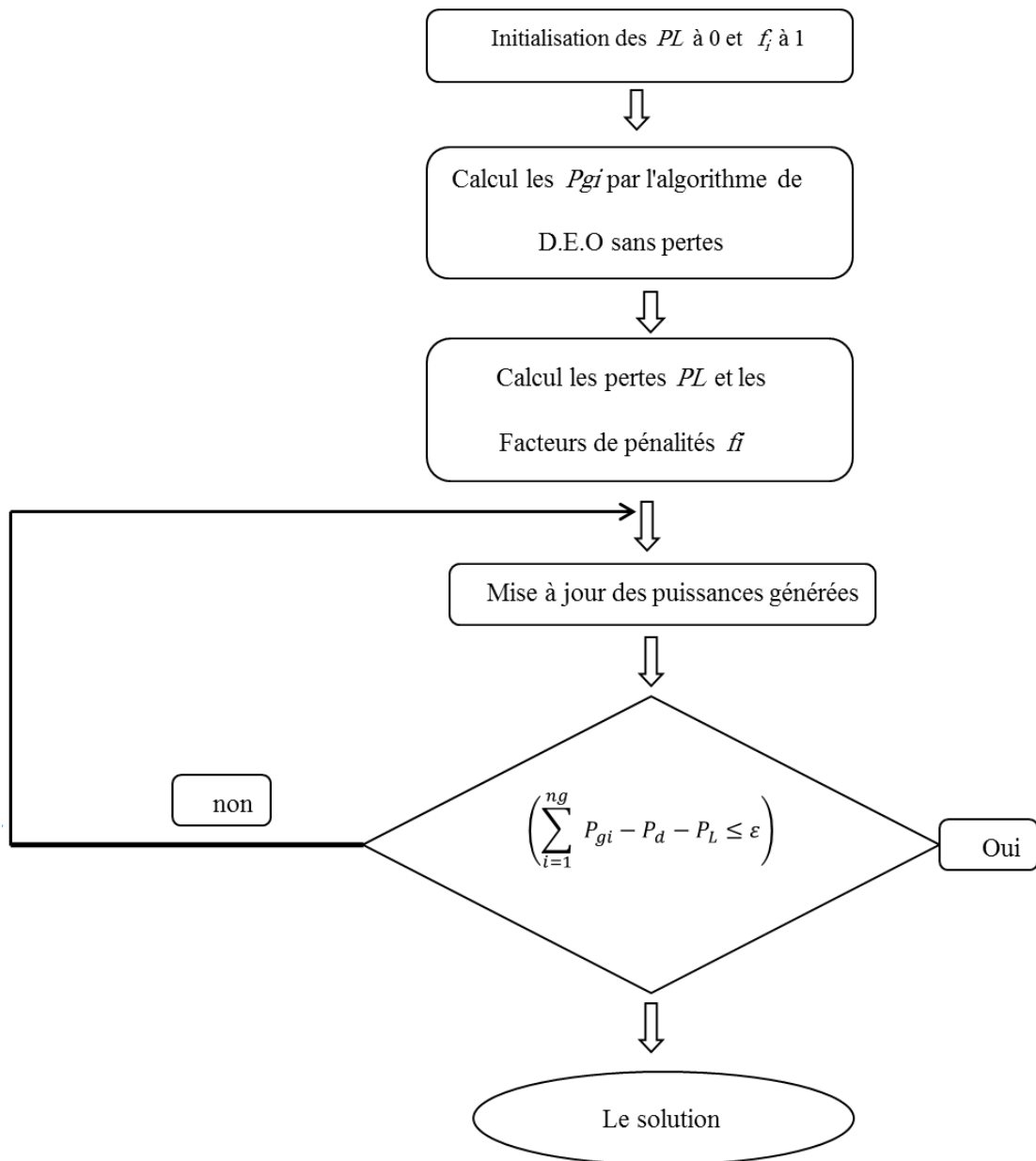


Figure II-4 : l'organigramme de méthode de lagrangien avec pertes

II-3-3-Dispatching économique dynamique :

Le dispatching économique dynamique consiste à trouver la meilleure configuration des puissances produites à chaque variation de charge dans un intervalle du temps (heure) pour la minimisation du cout de production avec satisfaction des contraintes d'égalités et d'inégalités.

[12]

II-3-4-Ramp up et Ramp down :

Chaque centrale de production doit avoir une marge ou des limites de génération de la puissance (PG), et plus la centrale de production fonctionne avec sa puissance maximale plus on aura un risque de perdre la stabilité du réseau suite à une panne ou une défaillance ; et par conséquent on aura un risque d'avoir un Blackout partielle ou globale. C'est pour cela dans cette partie de notre travail on a essayé de trouver une solution pour éviter ces risques et garder l'état de stabilité du réseau, où une autre condition d'inégalité est imposé qui sert à limiter le fonctionnement de toutes les centrales de production intégré au réseau avec des valeurs Ramp up et Ramp down admissible. [13]

II-4-la méthode itérative de lambda :

La méthode de lambda est utilisée lorsque la fonction de coût n'est pas quadratique, dont elle est polynôme de degré supérieur à 2, cette méthode s'appuie sur la fonction d'erreur qui suppose une fonction continue, pour appliquer le théorème de la valeur moyenne.

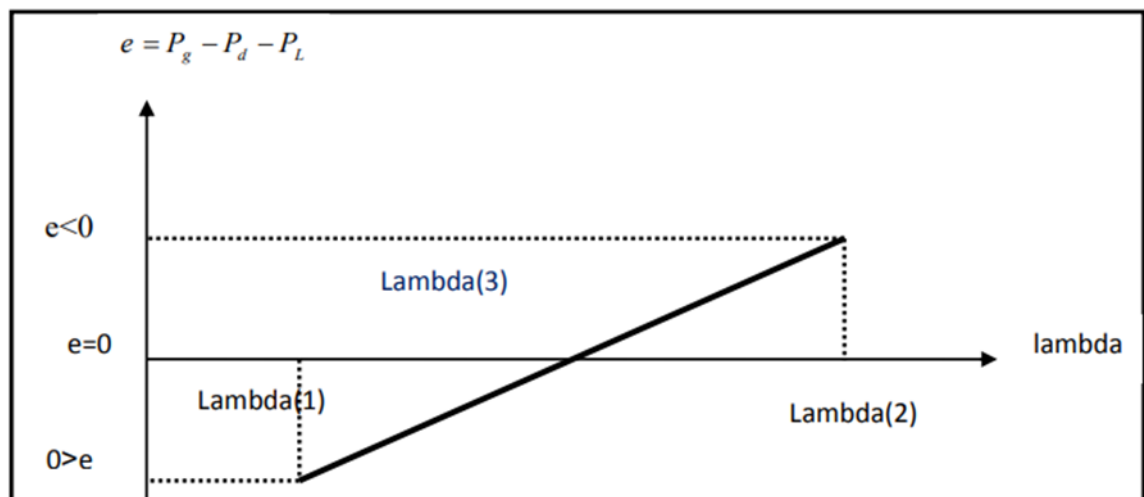


Figure II-5: L'explication graphique de la méthode itérative de lambda.

Où les étapes de cette méthode sont :

Où les étapes de cette méthode sont :

- **L'étape 1** : Estimation de $\lambda^{(1)}$.
- **L'étape 2** : on calcule les puissances générées par la méthode lagrangien et les pertes par leurs relations.

$$\frac{\partial C_i}{\partial P_{gi}} = \lambda \left(1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_{gi}} \right)$$

- **L'étape 3** : calculer l'erreur : $e_1 = \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} - P_d - P_L$
- -Si $e_1 = 0$: afficher les résultats (solution finale).
- -Sinon, on passe à l'étape 4
- **L'étape 4** : Nouvelle valeur de λ

Où :

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$$

$$-(10\%\lambda_1) \leq \Delta\lambda \leq +(10\%\lambda_1)$$

-Si $e_2 = 0$, les résultats représente la solution optimale

-Sinon:

$$\begin{cases} \text{Si } e_1 \cdot e_2 < 0 \text{ on passe à l'étape 5} \\ \text{Sinon, on retourne à l'étape 4} \end{cases}$$

- **L'étape 5** : on fait le calcul suivante :

$$\frac{|e_2|}{\lambda_2 - \lambda_3} = \frac{|e_1|}{\lambda_3 - \lambda_1} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{|e_1| + |e_2|} |e_2| + \lambda_2$$

$$e_3 = 0 \Rightarrow \text{la solution optimal}$$

$$e_3 \neq 0 \Rightarrow \text{donc la solution optimal enter } \lambda_1 \text{ et } \lambda_3 \text{ ou enter } \lambda_2 \text{ et } \lambda_3$$

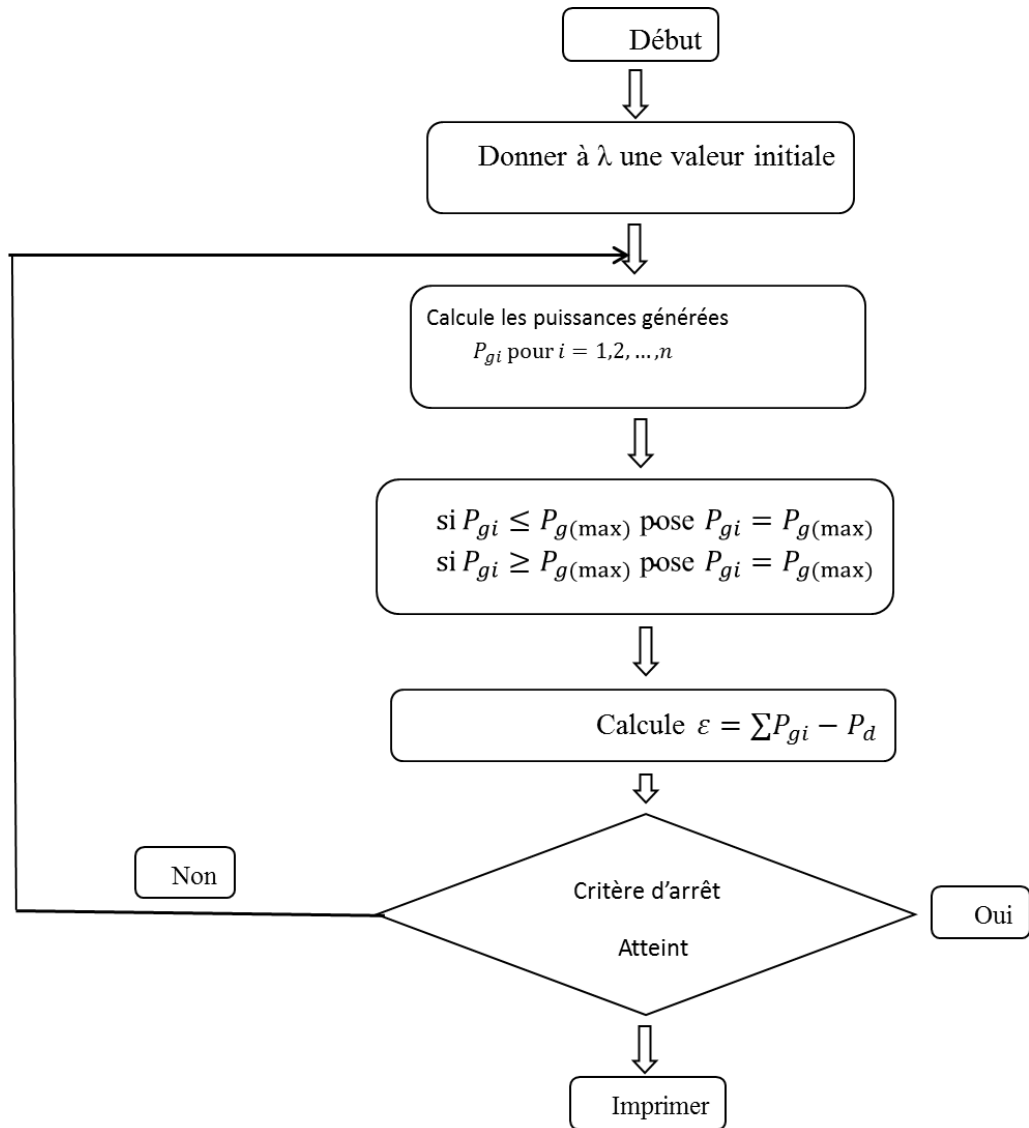
Organigramme de la méthode lambda:

Figure II-6 : Organigramme de la méthode lambda.

II-5-Conclusion

Dans ce chapitre, on a exposé la formulation mathématique générale du problème de la répartition optimale de puissance dans les deux cas sans et avec pertes et la résolution de cette problème par des méthode classique s'appuyer sur le multiplicateur de Lagrange utilisée pour les réseaux sans pertes et avec pertes.

peut alimenter une charge demandée pendant un nombre infini de cycle de génération. L'arrivée à un minimum de coût de production est une caractéristique très importante. Aujourd'hui le fonctionnement des systèmes de puissance électriques est basé sur la minimisation du coût total.

Chapitre III : Les méthodes métaheuristiques.

III-1-Introduction :

Une métaheuristique est un cadre algorithmique de haut niveau indépendant des problèmes qui fournit un ensemble de lignes directrices ou de stratégies pour développer des algorithmes d'optimisation heuristique des exemples notables de métaheuristicues incluent celles basées sur l'intelligence collective, inspirées de la nature, les plus répandus sont à savoir : les algorithmes génétiques et plus particulièrement L'optimisation d'essaim de particules soit en anglais (Particle Swarm Optimization) (PSO).dans ce chapitre est l'accent sur l'étude des algorithmes génétiques.

III-2-Définition D'optimisation :

Un problème d'optimisation se définit comme la recherche du minimum ou du maximum (de l'optimum) d'une fonction donnée. On peut aussi trouver des problèmes d'optimisation pour lesquelles les variables de la fonction à optimiser sont contraintes d'évoluer dans une certaine partie de l'espace de recherche. Dans ce cas, on a une forme particulière de ce que l'on appelle un problème d'optimisation sous contraintes. Dans l'analyse de réseaux électrique plusieurs fonctions peuvent être optimisées (coût de production, l'émission des gazes toxique, les pertes de transmission...etc.) Avec considération les contraintes d'égalité et d'inégalité pour obtient des solutions optimales acceptable. [14]

III-3-Les méthodes métaheuristicues :

Les métaheuristicues sont un ensemble d'algorithmes d'optimisation visant à résoudre les problèmes d'optimisation difficiles. Elles sont souvent inspirées par des systèmes naturels, qu'ils soient pris en physique (cas du recuit simulé), en biologie de l'évolution (cas des algorithmes Génétiques) ou encore en éthologie (cas des algorithmes de colonies de fourmis ou de l'optimisation par essaims particulaires). Ces techniques métaheuristicues peuvent être classées en deux groupes les méthodes à population de solutions connues sous le nom d'algorithmes

évolutionnaires comme les algorithmes génétiques...etc., ainsi que les méthodes à solution unique comme le recuit simulé. Les méthodes métaheuristicues ont prouvé leurs efficacités dans le domaine de l'optimisation mono-objectif. Actuellement les recherches qui utilisent ces algorithmes sont développées pour la résolution des problèmes d'optimisation multi objectif, en tenant compte de plusieurs contraintes et de nouvelles configurations des

réseaux électriques surtout à l'associations de sources des énergies renouvelables où la résolution de ce system complexe est un défi.

III-4-Classification des Méthodes Métaheuristiques :

III-4-1-Méthodes métaheuristiques à population :

Ce genre de méthodes exige une population des individus ou de particules dans un domaine de recherche pour l'exploration et la recherche d'un optimum global. Parmi ces méthodes on trouve :

- Les méthodes de calcul évolutionnaire qui engendrent les algorithmes génétiques (GA), Stratégies d'évolution (SE), la programmation évolutionnaire (PE) et l'évolution différentielle (DE).
- L'optimisation par l'essaim particulaire (OEP ou PSO). [15]

III-4-2-Méthodes Métaheuristiques à solution unique (Parcours) :

Pour ce type de métaheuristiques, on utilise un parcours pour avoir un optimum. A partir d'une solution unique x_0 , considérée comme point de départ (calculée par exemple par une heuristique constructive), la recherche consiste à passer d'une solution à une solution voisine par déplacements successifs. L'ensemble des solutions que l'on peut atteindre à partir d'une solution x est appelé voisinage $N(x)$ de cette solution. Déterminer une solution voisine de x dépend bien entendu du problème traité. Ce type regroupe par exemple le Recuit Simulé (RS), la Recherche Taboue (RT), et la méthode GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure). [16]

III-5-Optimisation par les essaims de particules(PSO) :

L'Optimisation par Essaims de Particules (PSO) a été proposée par Kennedy et Eberhart en 1995. Cette méthode est inspirée du comportement social des animaux évoluant en essaim. L'exemple le plus souvent utilisé est le comportement des bancs de poissons. En effet, on peut observer chez ces animaux des dynamiques de déplacement relativement complexes, alors qu'individuellement chaque individu a une intelligence limitée et une connaissance seulement locale de sa situation dans l'essaim. Un individu de l'essaim n'a pour connaissance que la position et la vitesse de ses plus proches voisins. Chaque individu utilise donc, non seulement, sa propre mémoire, mais aussi l'information locale sur ses plus proches voisins pour décider de son propre déplacement. Des règles simples, telles que aller à la même vitesse que les autres, se déplacer dans la même direction ou encore rester proche de ses voisins sont des exemples de comportements qui suffisent à maintenir la cohésion de l'essaim,

et qui permettent la mise en œuvre de comportements collectifs complexes et adaptatifs. L'intelligence globale de l'essaim est donc la conséquence directe des interactions locales entre les différentes particules de l'essaim. La performance du système entier est supérieure à la somme des performances de ses parties.

Kennedy et Eberhart se sont inspirés de ces comportements socio-psychologiques pour créer Le (PSO). Un essaim de particules, qui sont des solutions potentielles au problème d'optimisation, survole l'espace de recherche, en quête de l'optimum global. Le déplacement d'une particule est influencé par les trois composantes suivantes :

- Une composante physique : la particule tend à suivre sa direction courante de déplacement .
- Une composante cognitive : la particule tend à se diriger vers le meilleur site par lequel elle est déjà passée .
- Une composante sociale : la particule tend à se fier à l'expérience de ses congénères et, ainsi, à se diriger vers le meilleur site déjà atteint par ses voisins.

Dans le cas d'un problème d'optimisation, la qualité d'un site de l'espace de recherche est déterminée par la valeur de la fonction objectif en ce point. La Figure III.1 illustre la stratégie de déplacement d'une particule. [28]

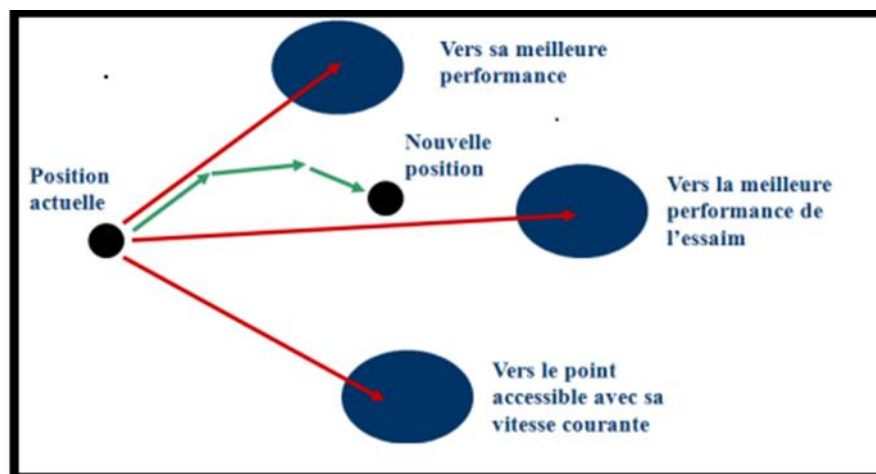


Figure III.1: Schéma de principe du déplacement d'une particule.

III-6-Algorithmes Evolutionnaires:

Les algorithmes évolutionnistes ou algorithmes évolutionnaires sont une famille d'algorithmes dont le principe s'inspire de la théorie de l'évolution pour résoudre des problèmes divers. Ce sont donc des méthodes de calcul bioinspirés. L'idée est de faire évoluer un ensemble de solutions à un problème donné, dans l'optique de trouver les meilleurs

résultats. Ce sont des algorithmes dits stochastiques, car ils utilisent itérativement des processus aléatoires. Les Algorithmes Evolutionnaires (AE) sont inspirés du concept de sélection naturelle élaboré par Charles Darwin. Le vocabulaire employé est directement calqué sur celui de la théorie de l'évolution et de la génétique. Nous parlerons donc d'individus (solutions potentielles), de population, de gènes (variables), de chromosomes, de parents, de descendants, de reproduction, de croisement, de mutations, etc. Et nous nous appuyerons constamment sur des analogies avec les phénomènes biologiques, et dont font partie les algorithmes génétiques. [17]

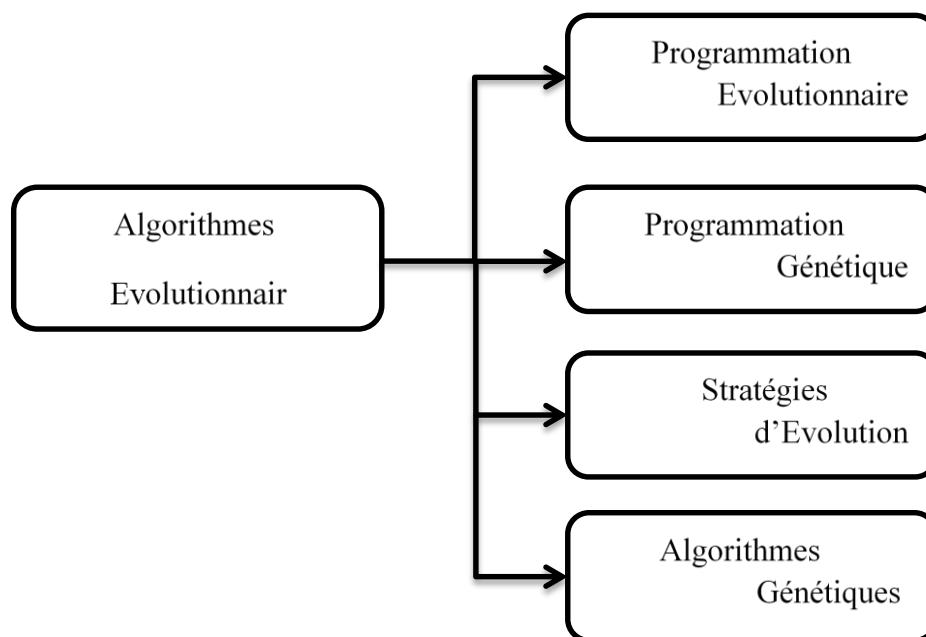


Figure III-2: Principales catégories des Algorithmes Evolutionnaires.

III-7-Algorithmes génétiques:

Les algorithmes génétiques appartiennent à la famille des algorithmes évolutionnistes. Leur but est d'obtenir une solution approchée à un problème d'optimisation. La solution optimale est cherchée à partir d'une population de solutions en utilisant des processus aléatoires. La recherche de la meilleure solution est effectuée en créant une nouvelle génération de solutions par application successive, à la population courante, de trois opérateurs : la sélection, le croisement, et la mutation. Ces opérations sont répétées jusqu'à ce qu'un critère d'arrêt soit atteint. [18]

III-7-1-Présentation des algorithmes génétiques :

Les algorithmes génétiques sont définis de la manière suivante :

Individu/chromosome/séquence : une solution potentielle du problème.

Population : un ensemble de chromosomes ou de points de l'espace de recherche.

Environnement : l'espace de recherche.

Fonction de fitness : la fonction - positive - que nous cherchons à minimiser.

Le but d'un algorithme génétique est alors simplement de trouver la chaîne qui minimise une fonction objective. Bien évidemment, chaque problème particulier nécessitera ses propres fonctions. Les AG sont alors basés sur les phases suivantes :

A. Initialisation : Une population initiale de N chromosomes est tirée aléatoirement.

B. Évaluation : Chaque chromosome est décodé, puis évalué.

C. Sélection : Création d'une nouvelle population de N chromosomes par l'utilisation d'une méthode de sélection appropriée.

D. Reproduction : Possibilité de croisement et mutation au sein de la nouvelle population. **E. Retour** : à la phase d'évaluation jusqu'à l'arrêt de l'algorithme. [19]

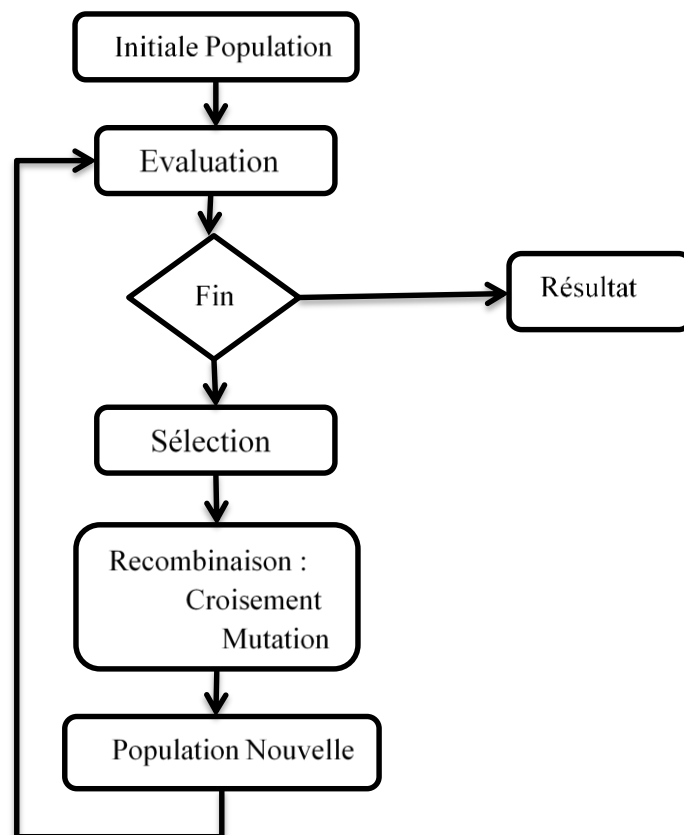


Figure III-3: Organigramme d'un algorithme génétique

III-7-2-Le Codage :

Le codage est une modélisation d'une solution d'un problème donné sous forme d'une séquence de caractères appelée chromosome où chaque caractère, dit aussi gène, représente une variable ou une partie du problème. La tâche principale consiste à choisir le contenu des gènes qui facilite la description du problème et respecte ses contraintes. La littérature définit deux types de codage: binaire et réel et base n .

III-7-2-1-Codage binaire :

Ce codage a été le premier à être utilisé dans le domaine des (AG). Il présente plusieurs avantages : alphabet minimum $\{0,1\}$, facilité de mise en point d'opérateurs génétiques. Néanmoins ce type de codage présente quelques inconvénients :

1. Les performances de l'algorithme sont dégradées devant les problèmes d'optimisation de grande dimension à haute précision numérique. Pour de tels problèmes, les (AG) basés sur les chaînes binaires ont de faibles performances.

2. La distance de Hamming entre deux nombres voisins (nombre de bits différents) peut être assez grande dans le codage binaire : l'entier 7 correspond à la chaîne 0111 et la chaîne 1000 correspond à l'entier 8. Or la distance de hamming entre ces deux chaînes est de 4, ce qui crée bien souvent une convergence, et non pas l'obtention de la valeur optimale. [20]

III-7-2-2-Codage réel :

Il a le mérite d'être simple. Chaque chromosome est en fait un vecteur dont les composantes sont les paramètres du processus d'optimisation. Par exemple, si on recherche l'optimum d'une fonction de n variables (x_1, x_2, \dots, x_{n-1}) on peut utiliser tout simplement un chromosome contenant les n variables :

$$x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$$

Chromosome

Avec ce type de codage la procédure d'évaluation des chromosomes est plus rapide vu l'absence de l'étape de transcodage (du binaire vers le réel). Les résultats donnés en suite montrent que la représentation réelle aboutit souvent à une meilleure précision et un gain important en termes de temps d'exécution. [21]

III-7-2-3-Codage en base n:

Dans ce type de codage, les gènes constituant un chromosome sont des chiffres exprimés dans une base de numération n, ce qui permet de représenter n valeurs discrètes. L'(AG) démarre avec une population composée de N individus dans le codage retenu. Le choix des individus conditionne fortement la rapidité de l'algorithme. Si la position de

l'optimum dans l'espace de recherche est totalement inconnue, il est intéressant que la population soit répartie sur tout l'espace de recherche. Si par contre des informations à priori sur le problème sont disponibles, il paraît évident de générer les individus dans un espace particulier afin d'accélérer la convergence. Disposant d'une population initiale souvent non homogène, la diversité de la population doit être entretenue aux cours des générations afin d'explorer le plus largement possible l'espace de recherche. C'est le rôle des opérateurs de croisement et de mutation. [22]

III-7-3-Sélection:

Selon la qualité des individus, chacun se voit attribuer un pourcentage de chances d'être choisi pour la reproduction, qui correspond à l'importance relative de la qualité de l'individu par rapport à la qualité totale de la population (voir la figure III-4) [23]

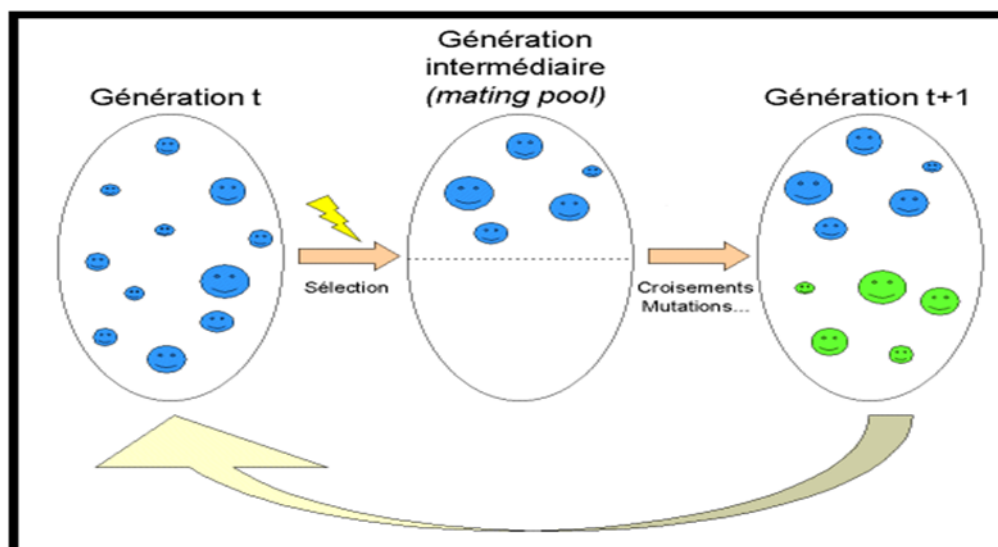


figure III-4: Représentation schématique du fonctionnement de notre algorithme

III-7-3-1-Méthode de la roulette de loterie :

Selon cette méthode, chaque chromosome sera dupliqué dans une nouvelle population proportionnellement à sa valeur d'adaptation, son principe est d'associer à chaque individu une portion d'une roue dont la surface dépend uniquement de sa valeur fitness. 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 une grande valeur fitness auront une grande portion et auront, par conséquent, plus de chance d'être sélectionnés.

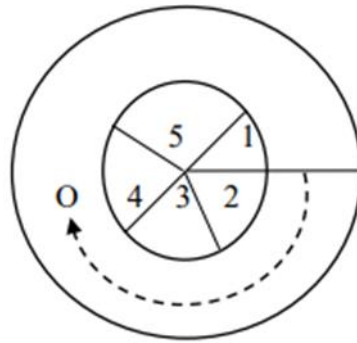


Figure III-5: sélection par la méthode de la roue de loterie

Pour réaliser la sélection, il suffit de faire tourner la roue autant de fois que le nombre d'individus. La figure III-5 illustre un exemple de roue de loterie. Les numéros de 1 à 5 représentent les numéros des individus.

III-7-3-2-Méthode du tournoi :

Cette méthode ressemble plus à ce qui se passe dans la réalité. Comme son nom l'indique, elle fait s'affronter deux ou plusieurs individus afin que le meilleur gagne. Plusieurs variantes existent. On peut par exemple faire varier le nombre d'individu qui doivent s'affronter au départ, ou encore permettre ou non que le même individu soit éligible plusieurs fois lors d'un même tournoi. [24]

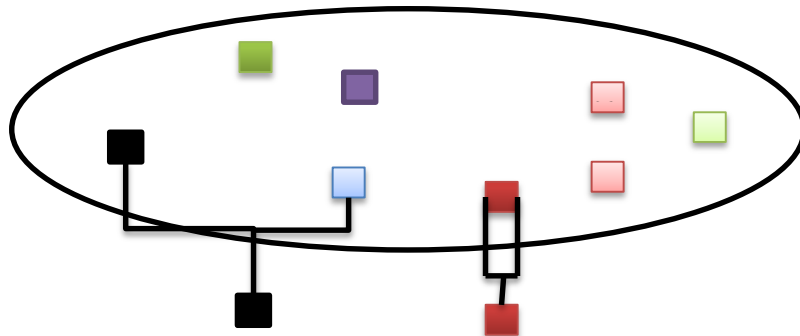


Figure III-6: Le tournoi entre deux individus avec rééligibilité

III-7-4-Le croisement:

Dans un algorithme génétique, des parties des individus sélectionnés (parents) sont échangées par croisement. Le croisement peut être effectué sur un ou plusieurs parents pour former un ou plusieurs enfants (ou descendants). Il existe, là aussi, de nombreuses méthodes de croisement. Nous présentons ici les croisements classiques, qui sont le croisement en un point, le croisement en deux points et le croisement uniforme, il y a d'autres méthodes de

croisement appelées le croisement diagonal et le croisement de bloc. Ces derniers opérateurs sont bien adaptés à la transmission des propriétés topologiques entre les parents et les descendants. [25]

III-7-4-1-Le croisement en un point :

On choisit au hasard un point de croisement, pour chaque couple (voir la figure III-7). Notons que le croisement s'effectue directement au niveau binaire, et non pas au niveau des gènes. Un chromosome peut donc être coupé au milieu d'un gène.

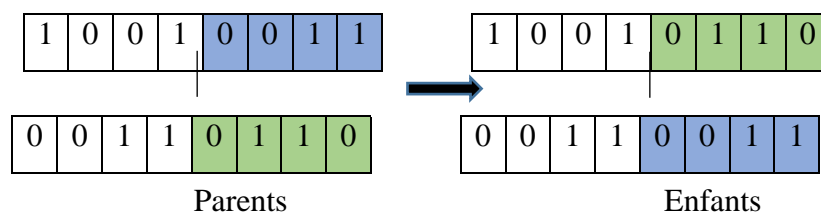


Figure III-7: Représentation schématique du croisement en un point.

III-7-4-2-Croisement en deux Points :

On choisit au hasard deux points de croisements successifs. Cet opérateur est généralement considéré comme plus efficace que le précédent.

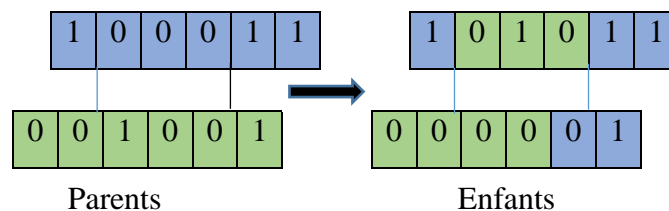


Figure III-8: Représentation schématique du croisement en deux points.

III-7-4-3-Le croisement uniforme:

Une généralisation du croisement multipoints. Ici, 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 identique de quel parent l'enfant recevra-t-il son gène.

Enfant

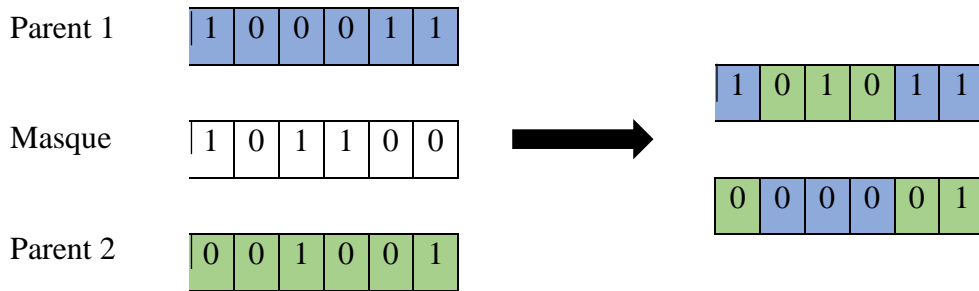


Figure III-9: Croisement uniforme en codage binaire.

III-7-5-Mutation:

Nous définissons une mutation comme étant l'inversion d'un bit dans un chromosome. Cela revient à modifier aléatoirement la valeur d'un paramètre du dispositif. Les mutations jouent le rôle de bruit et empêchent l'évolution de se figer. Elles permettent d'assurer une recherche aussi bien globale que locale, selon le poids et le nombre des bits mutés. De plus, elles garantissent mathématiquement que l'optimum global peut être atteint Figure. (III-10). [26]

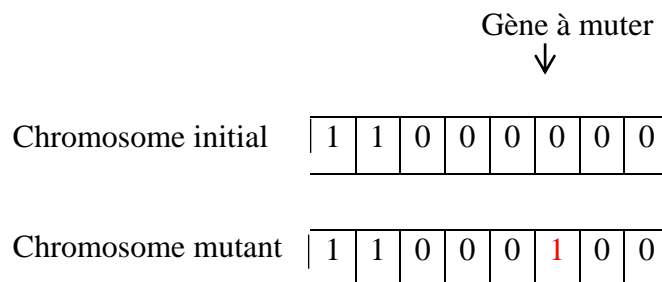


Figure III-10 : Principe de la mutation.

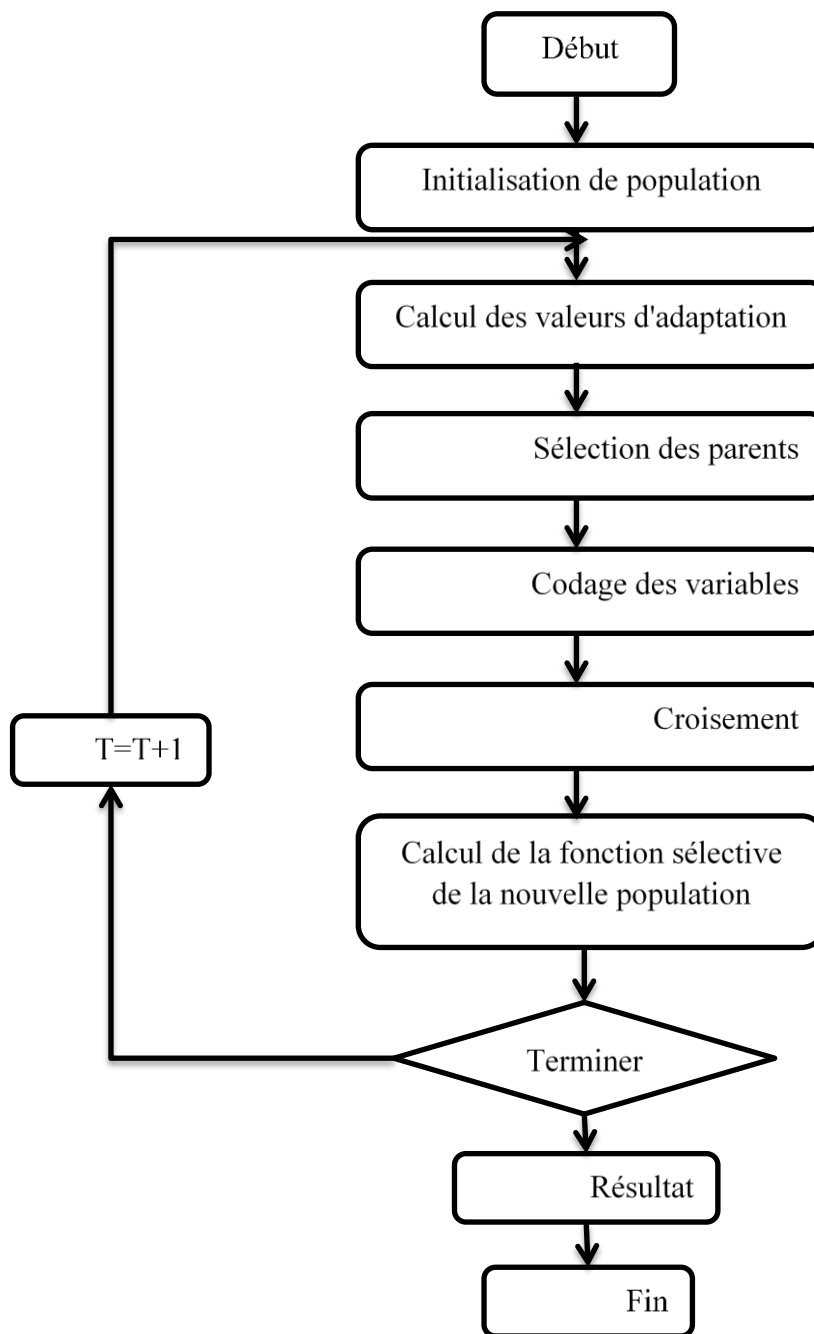
III-7-6-Organigramme d'un algorithme génétique :

Figure III-11: Organigramme de l'algorithme génétique.

III-8-Les avantages des algorithmes génétiques:

A noter qu'en des qualités des algorithmes génétiques est une recherche balançant efficacement entre l'exploitation des résultats obtenus et l'exploration hasardeuse de nouveaux candidats, parmi les principaux avantages des algorithmes génétiques, nous pouvons signaler:

❖ La recherche d'un optimum s'effectue à partir d'une population et non d'un point unique. Ce parallélisme implicite permet de proposer plusieurs solutions différentes en fin d'exécution.

❖ Il n'est pas nécessaire de savoir formaliser le problème. Seul l'évaluation de la solution doit pouvoir être faite. [27]

III-9-African vultures optimization algorithm (AVOA): [29]

Les métaheuristiques jouent un rôle crucial dans la résolution de problèmes d'optimisation. La majorité de ces algorithmes sont inspirés par l'intelligence collective et la recherche de nourriture des créatures dans la nature. Une nouvelle métaheuristique est proposée inspirée du mode de vie des vautours africains. L'algorithme s'appelle African Vultures Optimization Algorithm (AVOA) et simule les comportements de recherche de nourriture et de navigation des vautours africains. Pour évaluer les performances d'AVOA, il est d'abord testé sur 36 fonctions de référence standard. Une étude comparative est alors menée qui démontre la supériorité de l'algorithme proposé par rapport à plusieurs algorithmes existants. Pour montrer l'applicabilité de AVOA et sa nature de boîte noire, il est utilisé pour trouver des solutions optimales à onze problèmes de conception technique. Selon les résultats expérimentaux, AVOA est le meilleur algorithme sur 30 des 36 fonctions de référence et offre des performances supérieures sur la majorité des études de cas d'ingénierie.



Figure III-12: Comportements de recherche de la nourriture et des vautours africains

III-10-1 Étapes de travail de l'algorithme (AVOA):

❖ **1^{ère} étape: Détermination du meilleur vautour dans n'importe quel groupe**

Après la formation de la population initiale, l'adéquation de toutes les solutions est calculée, et la meilleure solution est sélectionnée comme le meilleur vautour du premier

groupe et la deuxième meilleure solution comme le meilleur vautour de le deuxième groupe, et les autres solutions utilisant Eq. (III-1) aller vers les meilleures solutions pour les premier et deuxième groupes. À chaque itération de fitness, la population entière est recalculée.

$$R(i) = \begin{cases} \text{Best Vulture if } p_i = L_1 \\ \text{Best Vulture Bif } p_i = L_2 \end{cases} \quad (\text{III-1})$$

❖ 2^{ème} étape: Le taux de famine des vautours Vautours

recherchent souvent de la nourriture et ont beaucoup d'énergie s'ils sont rassasiés, ce qui les oblige à parcourir de plus longues distances pour chercher de la nourriture, mais s'ils ont faim, ils n'ont pas assez d'énergie pour voler longtemps et chercher de la nourriture à côté du vautour le plus fort et devenir agressif lorsqu'il a faim. Pour la modélisation mathématique de ce comportement, Eq. (III-3) a été utilisé. Il a également été utilisé pour passer de la phase d'exploration à la phase d'exploitation, qui s'inspire de la vitesse à laquelle les vautours sont rassasiés ou affamés. Le taux d'être rassasié a une tendance à la baisse, et pour modéliser ce comportement, Eq. (III-2) a été utilisé.

$$t = h \times \left(\sin^w \left(\frac{\pi}{2} \times \frac{\text{iteration}_i}{\text{maxiterations}} \right) + \cos \left(\frac{\pi}{2} \times \frac{\text{iteration}_i}{\text{maxiterations}} \right) - 1 \right) \quad (\text{III-2})$$

$$F = (2 \times \text{rand}_1 + 1) \times z \times \left(1 - \frac{\text{iteration}_i}{\text{maxiterations}} \right) + t \quad (\text{III-3})$$

Dans les éq. (III-2) et (III-3), F indique que les vautours sont rassasiés, iteration_i indique le nombre d'itérations en cours, max iterations indique le total

❖ 3^{ème} étape: Exploration

À ce stade, la phase d'exploration de l'AVOA est examinée. Dans l'environnement naturel, les vautours ont une grande capacité visuelle et une grande capacité à trouver de la nourriture et à détecter les pauvres animaux mourants. Cependant, trouver de la nourriture pour les vautours peut être très difficile. Les vautours scrutent attentivement leur milieu de vie pendant longtemps et parcourent de longues distances à la recherche de nourriture. les vautours peuvent examiner différentes zones aléatoires, qui peuvent être basées sur deux stratégies différentes, et un paramètre appelé P1 est utilisé pour sélectionner l'une ou l'autre stratégie. Ce paramètre doit être valorisé avant l'opération de recherche et doit avoir une valeur comprise entre 0 et 1, déterminant comment chacune des deux stratégies est utilisée. Pour sélectionner l'une des stratégies dans la phase

d'exploration randP1, un nombre aléatoire entre 0 et 1 généré est généré. Si ce nombre est supérieur ou égal au paramètre P1, Eq. (III – 5) est utilisé. Mais, si randP1 est plus petit que le paramètre P1 Eq. est utilisé. Dans ce cas, chaque vautour recherche aléatoirement dans l'environnement sa satiété. Cette procédure est illustrée dans l'Eq. (III – 4).

$$P(i + 1) = \begin{cases} \text{Equation (6)} & \text{if } P_1 \geq \text{rand}_{P_1} \\ \text{Equation (8)} & \text{if } P_1 < \text{rand}_{P_1} \end{cases} \quad (\text{III} - 4)$$

$$P(i + 1) = R(i) - D(i) \times F \quad (\text{III} - 5)$$

$$D(i) = |X \times R(i) - P(i)| \quad (\text{III} - 6)$$

Selon l'éq. (III – 5), les vautours recherchent au hasard de la nourriture dans le

❖ 4^{ème} étape: Exploitation

À ce stade, l'étape d'efficacité de l'AVOA est étudiée. Si la valeur de $|F|$ est inférieur à 1, l'AVOA entre dans la phase d'exploitation, qui comporte également deux phases avec deux stratégies différentes utilisées dans chaque phase. Le degré de choix de chaque stratégie dans chaque phase interne est déterminé par deux paramètres de P2 et P3. Le paramètre P2 est utilisé pour sélectionner les stratégies disponibles dans la première phase et le paramètre P3 est utilisé pour sélectionner les stratégies disponibles dans la deuxième phase. Les deux paramètres doivent être valorisés à 0 et 1 avant d'effectuer l'opération de recherche. Les mouvements des vautours pour trouver de la nourriture, examinés dans la section 3, sont formulés et adaptés à des problèmes mathématiques.

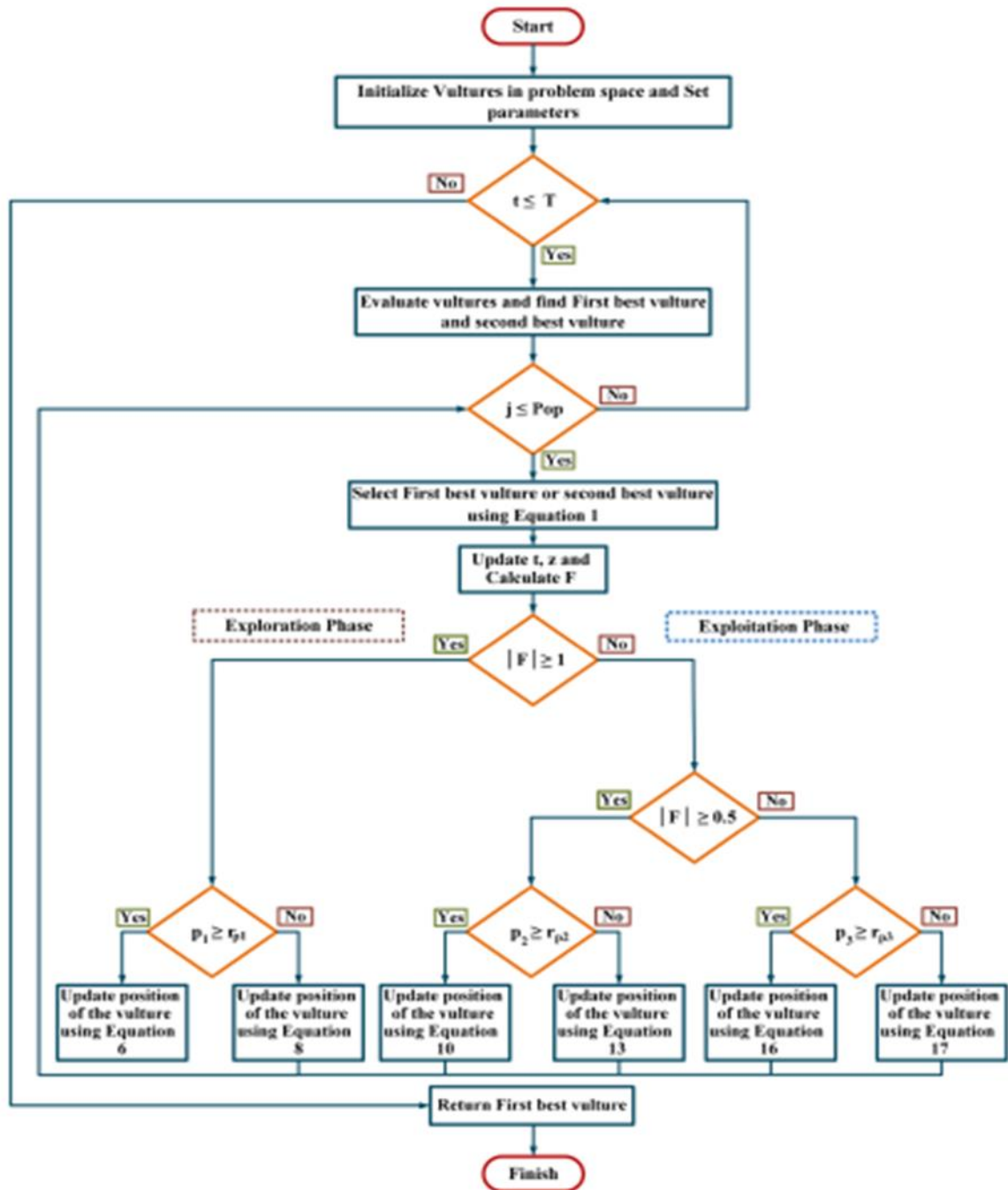


Figure III-13: Organigramme de l'algorithme African vultures

III-10-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté en l'étude les mécanismes des méthodes méta heuristiques. nous avons défini algorithme utilisés pour optimiser le problème de dispatching économique, ce algorithme sont l'algorithme génétique (GA) Nous avons présenté des définitions élémentaires de base.

Ce sera dans le dernier chapitre consacrée à l'application de l'algorithme génétique au problème dispatching de l'optimisation cout et perte.

Chapitre IV: Résultats et Interprétation.

IV-1-Introduction:

Nous avons assisté ces dernières années à une croissance très rapide des travaux utilisant les techniques méta-heuristiques dans les systèmes électriques. Cela est dû à la simplicité de leurs mécanismes, la facilité de leur mise en application et leur efficacité même pour les problèmes complexes. Ce chapitre est consacré au test des algorithmes suivants :

1. Comparaison Algorithme de l'écoulement de puissance de Newton-Raphson (N-R) et Gauss-Seidel.

2. Algorithme de l'écoulement de puissance optimale par les méthodes métaheuristiques.

-Algorithme génétique (codage binaire).

-Algorithme d'optimisation des vautours africains (AVOA).

- Optimisation par les essaims de particules (PSO).

Les tests seront effectués sur des réseaux électriques de petites et moyennes échelles. ces algorithmes ont été développés dans l'environnement MATLAB version 7.16, et exécutés par un microprocesseur Pentium i5 avec 4 Gb de RAM et CPU 1.70 GHZ.

IV-2-L'objectif de chapitre :

Le problème de l'écoulement de puissance consiste à trouver la répartition des puissances sur les générateurs du réseau afin d'obtenir la puissance demandée sans tenir en compte le coût de production c.- à. -d :

$$\sum_{i=1}^{ng} P_{Pd} + \sum_{i=1}^{ng} P_{PL} \quad (\text{IV-1})$$

Mais Le problème de l'écoulement de puissance optimal consiste à trouver le minimum de la fonction objective suivante :

$$F(x) = \sum_{i=1}^{ng} (\alpha_i + \beta_i P_{Gi} + \gamma_i P_{Gi}^2) \quad (\text{IV-2})$$

Chaque puissance active générée P_{Gi} est limitée par une limite inférieure $P_{G(\min)}$ est une limite supérieure $P_{G(\max)}$

$$P_{Gi(\min)} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi(\max)} \quad (\text{IV-3})$$

Et:

$$\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = \sum_{i=1}^{ng} P_{Pd} + \sum_{i=1}^{ng} P_{PL} \quad (IV-4)$$

IV-3-Comparaison entre Gauss-Seidel et Newton-Raphson :

Ce réseau est constitué est accompli sur un réseau électrique IEEE30 , Constitué de 30 jeux de barres, 41 lignes électriques, 6 générateurs, et 20 charges, puissance demandée pour ce réseau test vaut 283.4 MW.

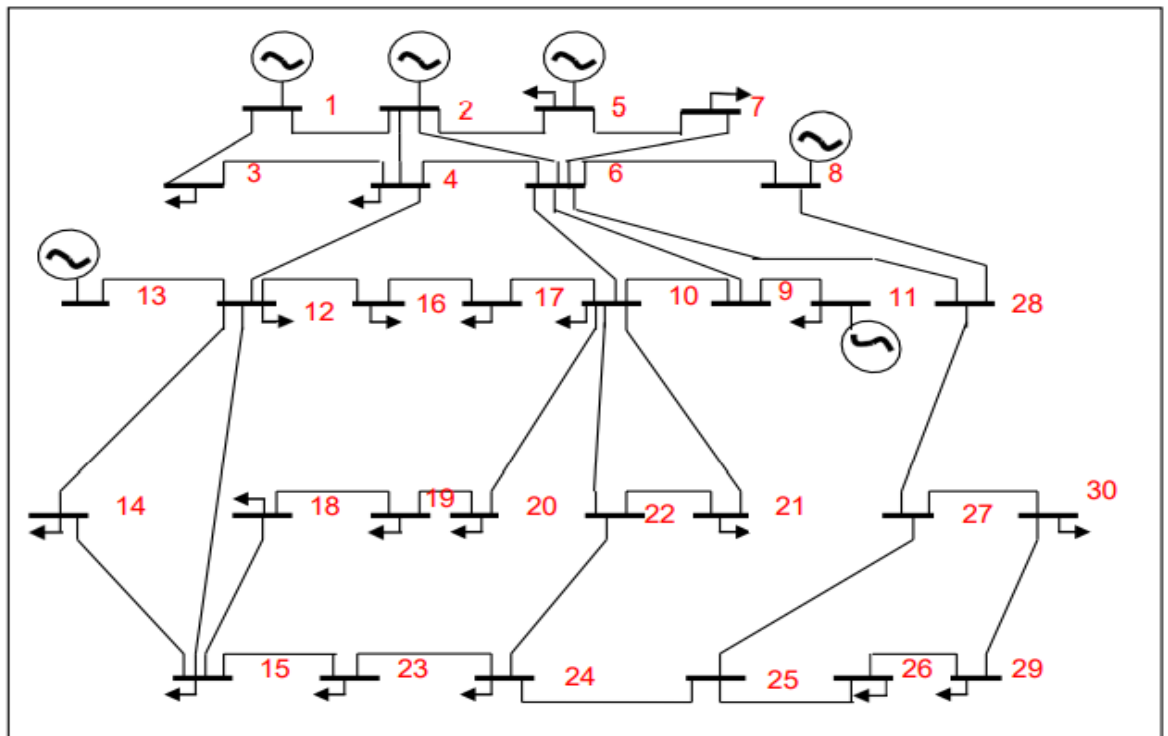


Figure IV.1: Schéma unifilaire du réseau électrique à 6 générateurs.

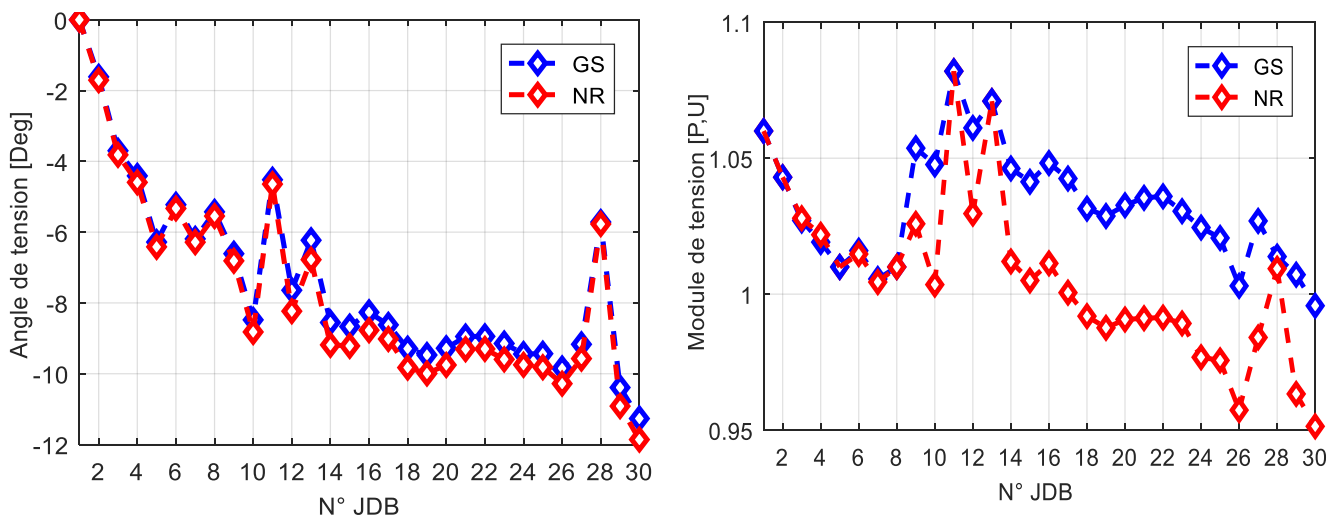


Figure IV.2: Tensions du réseau électrique IEEE30 à 30 J.D.B (GS ,NR).

Le Figure IV-3 montre problème de l'écoulement de la puissance peut être donc résolu par la technique de Newton-Raphson qui converge avec une même vitesse, mesurée par le nombre d'itérations, pour les larges et courts systèmes, au moins de 4 à 5 itérations en général. Par contre la convergence de la technique de Gauss-Seidel au moins 55 itérations en général. Donc la convergence de Newton-Raphson plus rapide que Gauss-Seidel

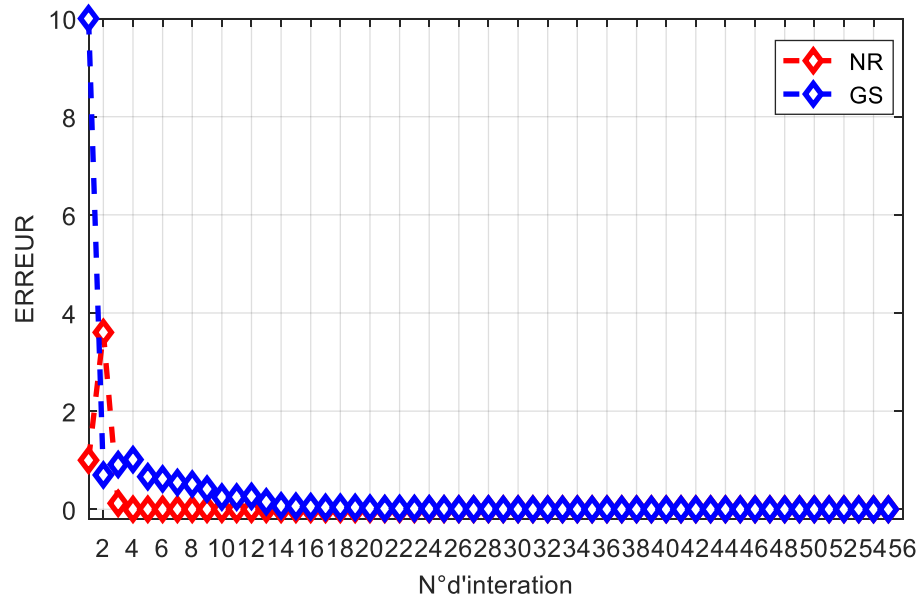


Figure IV.3: Convergence de la méthode Gauss-Seidel et la Newton-Raphson

IV-4-Paramètres l'algorithme Génétique:

Le code représenté par le format binaire est d'une longueur 16 bits pour chaque générateur. Les probabilités de mutation est 0.05. Le tableau IV-1 montre les paramètres de l'AG utilisés pour cette simulation.

Tableau IV.1: les opérateurs de l'AG – Binaire.

Taille de la population	50-80
La mutation	0.05
Type de croisement	Croisement en un point
Type de sélection	proportionnelle
Nombre de générations	200

IV-5-Résultats Obtenues:

IV-5-1-Réseau 6 unités:

Le troisième test est accompli sur un réseau électrique, Constitué de 30 jeux de barres, 41 lignes électriques, 6 générateurs, et 24 charges, puissance demandée pour ce réseau test vaut 283.4 MW

IV-5-1-1-Optimisation du coût de production

Les coefficients de la fonction quadratique de coût et les limites min et max des puissances actives des six générateurs sont donnés dans le tableau (IV.4).

Tableau IV.2: Les données des fonctions de coût des 6 unités

J.D. B	P _{gi}		Coefficient de coût		
	P _{min} (MW)	P _{max} (MW)	α	β	γ
1	50	200	0	2.00	0.00375
2	20	80	0	1.75	0.001750
3	15	50	0	1.00	0.006250
4	10	35	0	3.25	0.00830
5	10	30	0	3.00	0.02500
6	12	40	0	3.00	0.02500

Tableau IV.3: Puissances et coûts de production du réseau électrique à 6unités.

N°JDB	P _g		
	AVOA	AG	Lambda[30]
1	174.9664	175.3623	193.0588
2	48.4067	47.7419	48.4159
3	21.7300	20.9531	19.5564
4	21.9044	25.3226	11.7202
5	12.8695	10.9775	10.0000
6	12.0000	12.8426	12.0000
Puissance totale générée	293.1769	291.7035	294.7513
Puissance totale demandée	283.4000	283.4000	283.4000
Pertes totales de puissance	9.5730	9.8059	11.3513
Coût de production (\$/h)	803.9875	804.6089	805.2812

La valeur des pertes de puissance totale générée qui réside dans le réseau vaut 293.1769 MW en utilisant la méthode AVOA de pour le problème de l'écoulement de puissance le perte 9.5730 MW. La valeur optimale du coût obtenu égale à 803.9875\$/h. qui exprime un bon résultat de minimisation de coût de production par apport au cas d'optimisation mono-objectif pour les autres fonctions « les pertes de transmission». Donc un résultat acceptable de la minimisation d'une fonction cout est obtenus égale à 803.9875\$/h, cette valeur est très proche aux résultats récent obtenus dans la référence.

IV-5-1-2-Convergence du coût de production

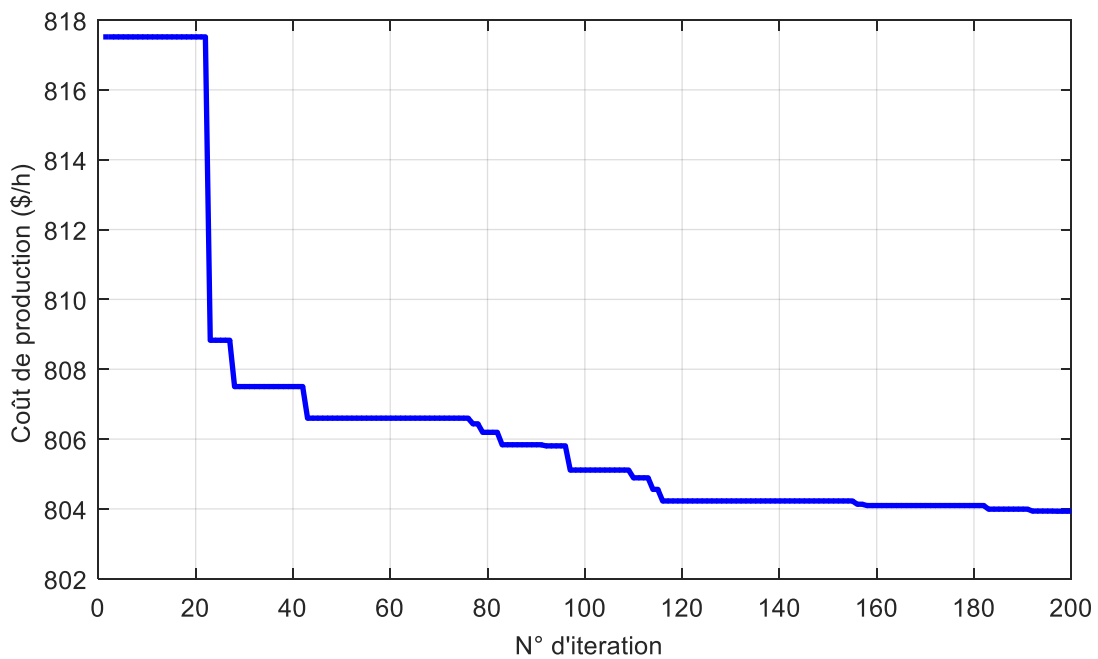


Figure IV.4: Evolution du coût de production pour le réseau électrique à 6 unités par AVOA.

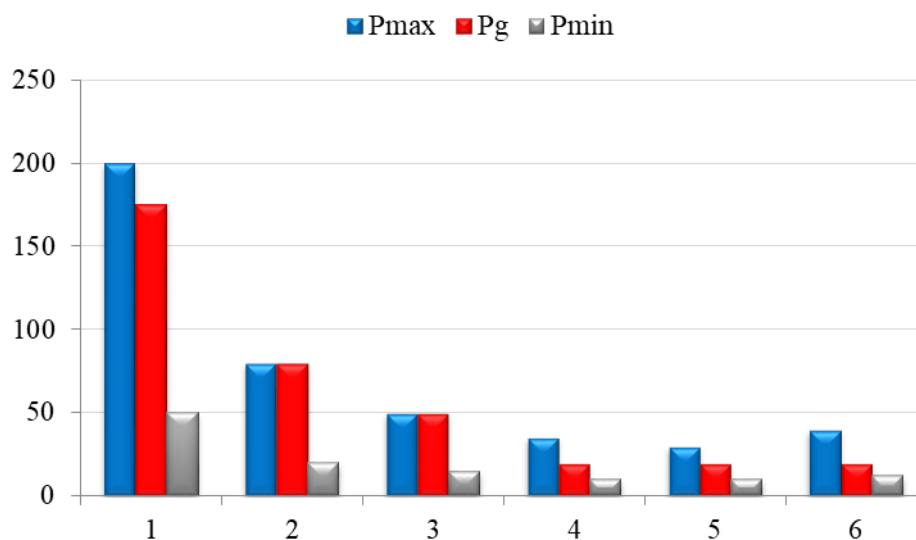


Figure IV.5: Puissances actives générées du réseau électrique à 6 unités par AVOA.

Figure(IV.5) ci-dessus présente les puissances générées(en rouge) par chaque centrale électrique dans chaque JB de génération et les limites de chaque centrale; la puissance minimale (en gris) et la puissance maximale(en bleu) on remarque que la puissance délivrée par chaque générateur est dans leur limite admissible cela signifie que la contrainte de la puissance générée est respectée.

Interprétation

Alors on peut dire que les résultats obtenus concernant la minimisation de la fonction coût sont des valeurs optimales respectant les contraintes de l'écoulement de puissance tel que les tensions ainsi que les puissances générés par chaque centrale et les puissances transitées.

IV-5-2-Réseau 3 unités :

IV-5-2-1-Optimisation du coût de production :

Les coefficients de la fonction quadratique de coût et les limites min et max des puissance actives et réactives des trois générateurs sont donnés dans le tableau (IV.4).

Tableau IV.4 : Les données coûts de production des du réseau électrique à 3unités

J.D. B	P _{gi}		Coefficient de coût		
	P _{min} (MW)	P _{max} (MW)	α	β	γ
1	50	250	328.13	8.663	0.00525
2	5	150	136.91	10.04	0.00609
3	15	100	59.16	9.76	0.00592

Tableau IV.5 : Puissances et coûts de production du réseau électrique à 3uintés.

J.D.B	P _g [MW]	
	PSO	AG [31]
1	207.6645	194.26
2	87.2781	50.00
3	15.0000	79.52
Puissance totale générée (MW)	309.9301	323.7800
Puissance totale demandée (MW)	300	300
Perte de e active de puissance (MW)	9.9301	23.7800
Cout de production (\$/h)	3619.8606	3737.2

La valeur des pertes de puissance totale générée qui réside dans le réseau vaut **309.9301MW** en utilisant Coefficients B de pour le problème de l'écoulement de puissance et perte **9.9301MW**. obtenus par utilisation de l'algorithme Essaim de Particules (PSO) proposé comparé avec l'auteur de méthodes AG, AIS dans la référence. qui est très proche à la valeur optimal obtenu Le tableau (IV.5) représente la valeur de la fonction coût optimisé et les valeurs de fonctions non optimisées; les pertes de puissance totale où le coût optimisé est **3619.8606\$/h**. par contre le tableau (IV.5) représente les puissances générées par chaque centrale dans chaque JB de génération où la grande puissance est celle de JDB n°1.

IV-5-2-2-Convergence du coût de production :

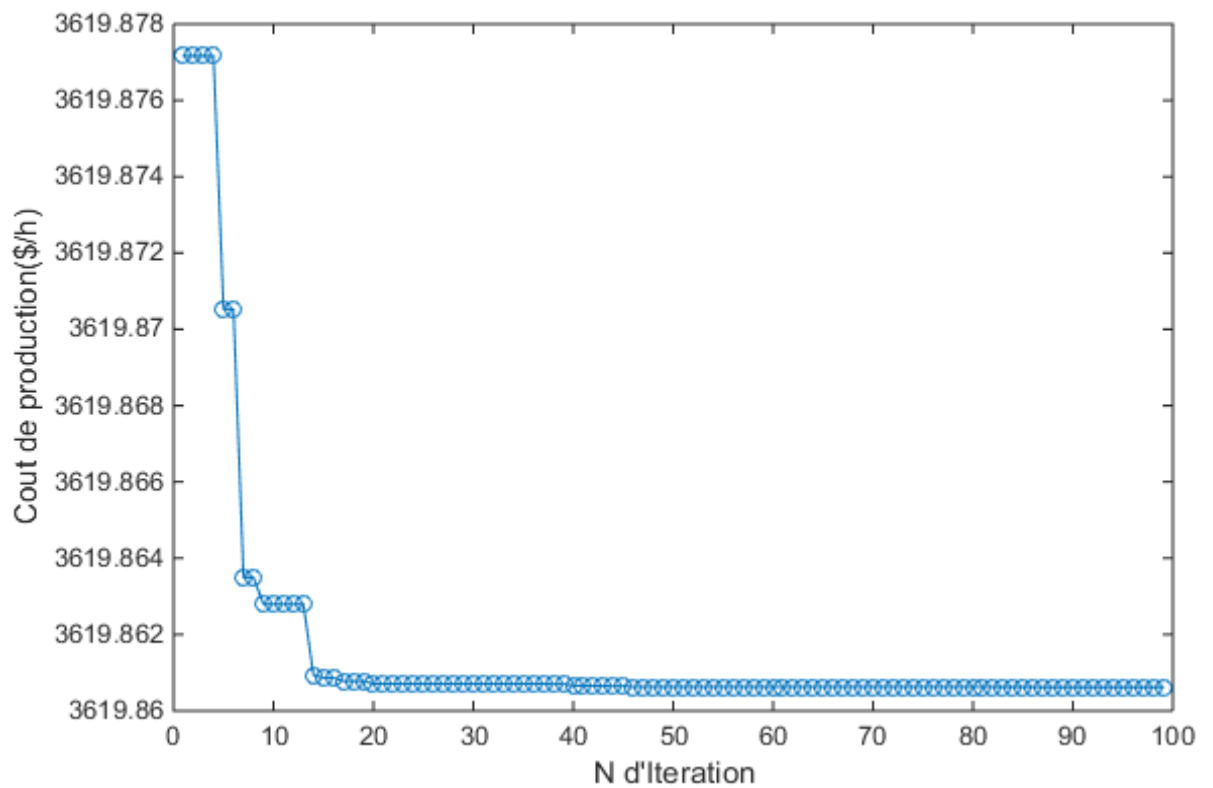


Figure IV.6 : Evolution du coût de production pour le réseau électrique à 3unités par PSO.

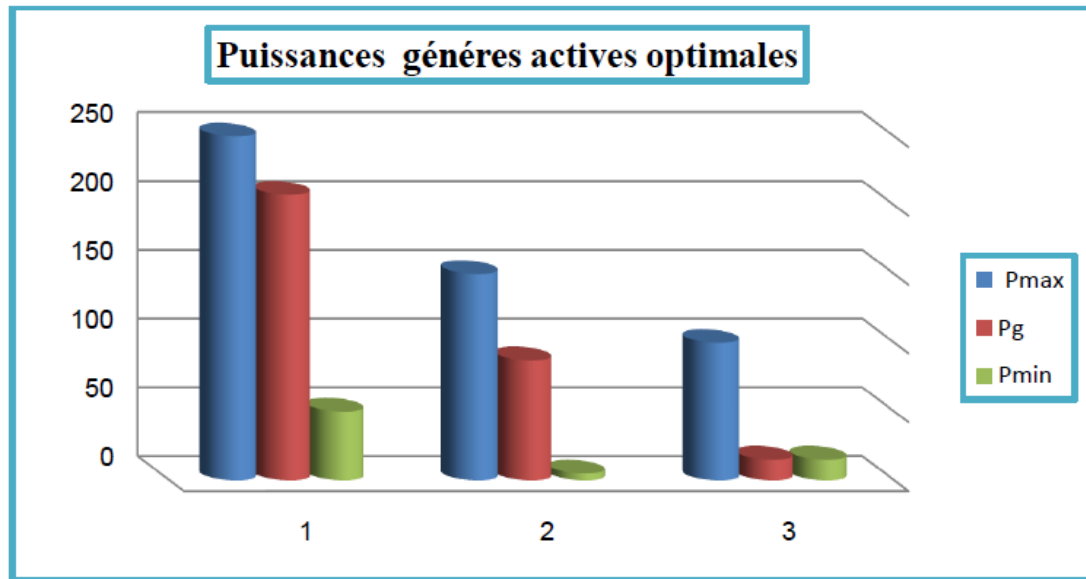


Figure IV.7: Puissances actives générées du réseau électrique à 3 unités par PSO.

Figure (IV.7) ci-dessus présente les puissances générées (en rouge) par chaque centrale électrique dans chaque J.B de génération et les limites de chaque centrale ; la puissance minimale (en vert) et la puissance maximale (en bleu) on remarque que la puissance délivrée par chaque générateur est dans leur limite admissible cela signifie que la contrainte de la puissance générée est respectée.

Interprétation :

Alors on peut dire que les résultats obtenus concernant la minimisation de la fonction coût sont des valeurs optimales respectant les contraintes de l'écoulement de puissance tel que les tensions ainsi que les puissances générées par chaque centrale et les puissances transitées.

IV-5-3-Réseau 10unités :

La robustesse des deuxièmes techniques d'optimisation proposées a été validée sur des réseaux larges. Ce premier réseau test considéré est un réseau typique composé de dix unités de production (10 unités). Pour le premier cas minimisation du coût, Pour le deuxième cas qui est la minimisation de l'émission de gaz, on constate que la meilleure valeur du coût obtenu est celle obtenu par PSO.

IV-5-3-1-Optimisation du coût de production :

Les coefficients de la fonction quadratique de coût et les limites min et max des puissances actives des 10 générateurs sont donnés dans le tableau (IV.6).

Tableau IV.6 : Les données coûts de production du réseau électrique à 10 unités.

J.D. B	Pgi		Coefficient de coût		
	Pmin (MW)	Pmax (MW)	α	β	γ
1	10	55	1000.403	40.5407	0.12951
2	20	80	950.606	39.5804	0.10908
3	47	120	900.705	36.5104	0.12511
4	20	130	800.705	39.5104	0.12111
5	50	160	756.799	38.539	0.15247
6	70	240	451.325	46.1592	0.10587
7	60	300	1243.531	38.3055	0.03546
8	70	340	1049.998	40.3965	0.02803
9	135	470	1658.569	36.3278	0.02111
10	15	470	1356.659	38.2704	0.01799

Tableau IV.7 : Puissances et coûts de production du réseau électrique à 10 unités

J.D. B	Pg [MW]	
	PSO	CIHSA [32]
1	55.0000	55.0000
2	80.0000	80.0000
3	107.0251	106.9347
4	99.89873	100.6003
5	81.89797	81.47679
6	83.21844	83.02687
7	300.0000	300.0000
8	340.0000	340.0000
9	470.0000	470.0000
10	470.0000	470.0000
Puissance totale générée (MW)		
2087		
Puissance totale demande (MW)		
2000		
Perte d'active de puissance (MW)		
87.04		
Coût de production (\$/h)		
111261.5015		
111497.6310		

La valeur des pertes de puissance totale générée qui réside dans le réseau vaut **2087 MW** en utilisant la Coefficients B de pour le problème de l'écoulement de puissance et perte **87.04 MW**.

Le tableau (IV.7) représente la valeur de la fonction coût optimisé et les valeurs de fonctions non optimisées ; les pertes de puissance totale où le coût optimisé est **111261.5015 \$/h.** par contre le tableau (IV.7) représente les puissances générées par chaque centrale dans chaque JB de génération où la grande puissance est celle de JDB n°9 et 10.

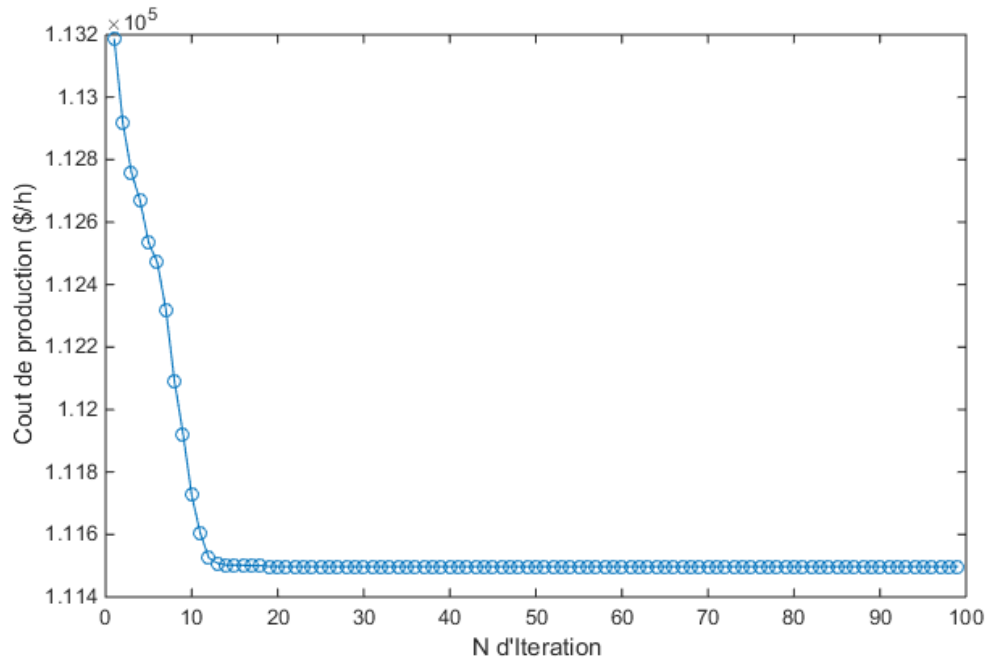


Figure IV.8 : Evolution du coût de production pour le réseau électrique à 10 unités par PSO.

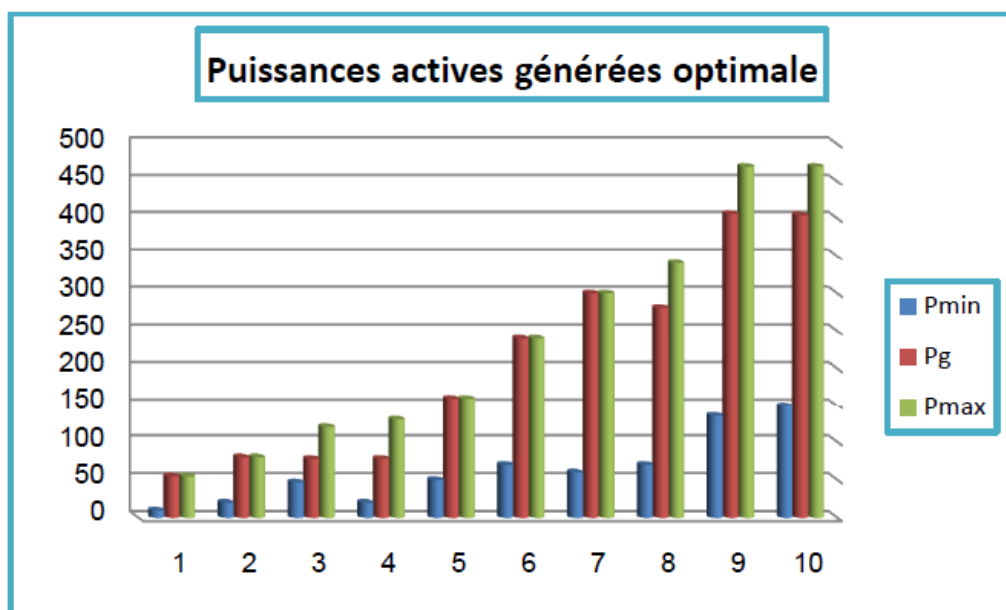


Figure VI.9 : Puissances actives générées du réseau électrique à 10 unités par PSO.

La Figure (IV.9) ci-dessus présente les puissances générées (en rouge) par chaque centrale électrique dans chaque JB de génération et les limites de chaque centrale ; la puissance minimale (en bleu) et la puissance maximale (en vert) on remarque que la puissance délivrée par chaque générateur est dans leur limite admissible cela signifie que la contrainte de la puissance générée est respectée.

Interprétation

D'après les résultats obtenus à partir de l'optimisation mon-objective de coût d'émission, de puissance sont des valeurs optimales respectent les contraintes de l'écoulement de puissance telle que de tension ainsi que les puissances générées par chaque centrale et les puissances transitées, et minimisé la fonction des pertes de puissance.

IV-5-3-2-Optimisation du coût d'émission :

Les coefficients de la fonction quadratique de coût et les limites min et max des puissances actives des 10 générateurs sont donnés dans le tableau (IV.8).

Tableau IV.8 : Les données coûts d'émission du réseau électrique à 10 unités.

J.D. B	P _{gi}		Coefficients de coût				
	P _{min} (MW)	P _{max} (MW)	α	β	γ	ξ	λ
1	10	55	36000.12	-398.64	4.702	0.25475	0.01234
2	20	80	35000.56	-395.24	4.652	0.25475	0.01234
3	47	120	33000.56	-390.23	4.652	0.25163	0.01215
4	20	130	33000.56	-390	0.420	0.25163	0.01215
5	50	160	1385.93	+023.77	0.420	0.2497	0.012
6	70	240	1385.93	+032.77	0.680	0.2497	0.012
7	60	300	4026.69	-054.55	0.680	0.248	0.0129
8	70	340	4026.69	-054.55	0.680	0.2499	0.1203
9	135	470	4289.55	-051.12	0.460	0.2547	0.01234
70	150	470	4289.55	-051.12	0.460	0.2547	0.01234

Tableau IV.9 : Puissance et coûts d'émission du réseau électrique 10unités.

J.D. B	Pg[MW]	
	PSO	CIHSA [33]
1	55.0000	55.00000
2	80.0000	80.0000
3	80.9924	81.14990
4	81.2162	81.35977
5	160.0000	160.0000
6	240.0000	240.0000
7	300.0000	294.5079
8	293.8337	297.26892
9	395.8718	396.7203
10	394.6637	395.5878
Puissance totale générée (MW)	2082	2081.595
Puissance totale demandée (MW)	2000	2000
Perte de active de puissance (MW)	82.0030	81.59466
Cout de émission	3934.9957	3932.243301

La valeur des pertes de puissance totale générée qui réside dans le réseau vaut **2082MW** en utilisant Coefficients B de pour le problème de l'écoulement de puissance et perte **82.0030 MW**. Le tableau (IV.9) représente la valeur de la fonction de émission optimisé et les valeurs de fonctions non optimisées les pertes de puissance totale où le coût optimisé est **3934.9957** par contre le tableau (IV.9) représente les puissances générées par chaque centrale dans chaque JB de génération où la grande puissance est celle de JDB n°9.

IV-5-3-2-1-Convergence du coût d'émission :

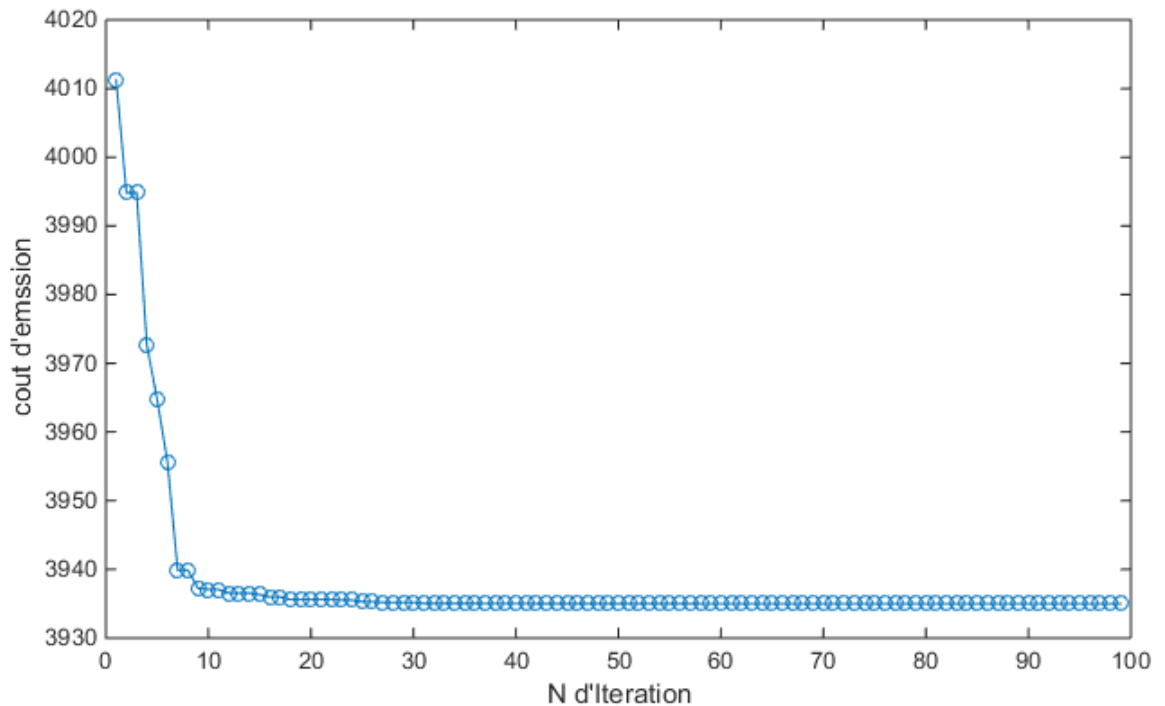


Figure IV.10 : Evolution du coût d'émission pour le réseau électrique à 10 unités par PSO.

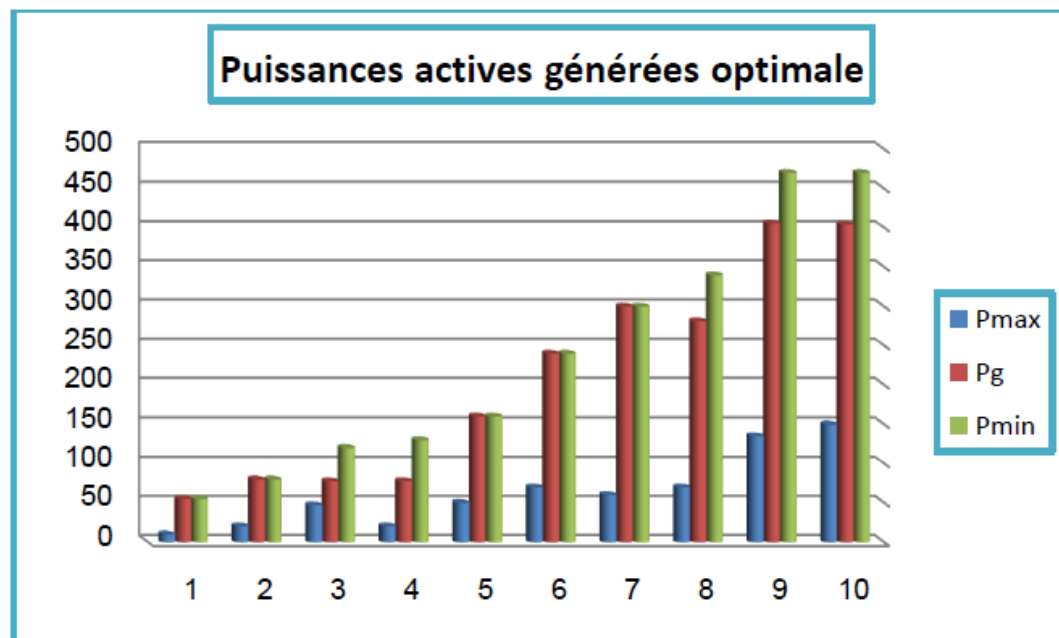


Figure IV.11 : Puissances actives générées du réseau électrique à 10 unités par PSO.

La Figure (IV.11) ci-dessus présente les puissances générées (en rouge) par chaque centrale électrique dans chaque JB de génération et les limites de chaque centrale ; la puissance minimale (en bleu) et la puissance maximale (en vert) on remarque que la puissance

délivrée par chaque générateur est dans leur limite admissible cela signifie que la contrainte de la puissance générée est respectée.

Interprétation

D'après ces tableaux et ces figures on peut dire que les résultats obtenus concernant la minimisation de la fonction de émission de puissance sont des valeurs optimales respectent les contraintes de l'écoulement de puissance telle que de tension ainsi que les puissances générées par chaque centrale et les puissances transitées, et minimisé la fonction des perte de puissance.

IV-6-Optimisation multi-objectifs :

Dans la partie précédente, on a vu que l'optimisation mono-objectif ont permis d'obtenir des très bons résultats pour des problèmes traités séparément, par contre, les fonctions non optimisées sont inacceptables, alors l'exigence de prendre en considérations les fonctions proposées par une combinaison entres eux dans une optimisation multi-objectif. Le problème multi-objectif d'OPF (optimisation power flow) a été formulé avec différentes combinaisons notamment le coût de production, pertes de puissance, émission. On va étudier les cas suivants : Minimisation de cout de combustible et d'émission des gaz toxiques.

IV-6-1-Minimisation de la fonction (coût de combustible et l'émission de gaz) :

L'objectif principal d'optimiser plusieurs fonctions objectives simultanément est de déterminer la relation et l'évolution de différentes fonctions objectives afin de trouver le compromis du point de vue technique et économique.

Tableau IV.10: Les données (coût combustible et l'émission) du réseau électrique 10 unités.

Heur	Pd	Pf	Heur	Pd	Pf	Heur	Pd	Pf
1	1036	3.6913	9	1924	10.3942	17	1480	4.1162
2	1110	3.6913	10	2022	11.3477	18	1628	8.0606
3	1258	3.6913	11	2106	13.671	19	1776	8.0606
4	1406	4.1162	12	2150	13.671	20	1972	11.3477
5	1480	4.1162	13	2072	11.3477	21	1924	10.3942
6	1628	8.0606	14	1924	10.3942	22	1628	8.0606
7	1702	8.0606	15	1776	8.0606	23	1332	4.1162
8	1776	8.0606	16	1554	4.1162	24	1184	3.6913

Tableau IV.11 : Puissance et coût combustible et l'émission du réseau électrique à 10unités.

H	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	45.0658	50.3112	47.1809	48.7547	50	70	139.104	139.55	237.757	230.308
2	47.4082	52.9559	55.4021	51.3554	50	70	150.983	152.761	255.377	249.201
3	52.4473	58.4799	60.6657	56.804	54.9831	70	175.823	180.76	292.454	288.716
4	55	64.0972	66.1658	62.6418	66.4403	70.0001	201.638	209.45	326.536	325.783
5	55	67.1522	68.9891	65.3998	71.4212	70.0002	214.284	224.022	345.151	345.079
6	55	72.1298	73.1309	71.0471	99.3297	105.953	237.662	246.034	361.516	361.657
7	55	79.9579	75.3392	73.3549	105.204	113.919	249.197	258.316	376.063	376.349
8	55	80	77.8566	75.9332	111.988	122.898	261.974	272.382	391.573	392.62
9	55	80	82.1193	80.6263	137.375	155.362	285.95	296.194	413.879	414.875
10	55	80	83.8038	82.4209	158.446	166.756	300	340	419.323	421.463
11	55	80	85.9339	86.0352	160	24	300	34	425.705	424.74
12	55	80	88.5092	87.5029	160	205.068	300	331.237	470	470
13	55	80	87.4595	86.2165	160	184.08	300	325.034	441.445	442.532
14	55	79.9954	80.4777	79.0042	159.854	149.027	299.938	287.415	404.604	405.668
15	55	80	77.8916	75.9094	112.049	122.938	261.909	272.41	391.559	392.555
16	55	69.7887	71.5508	68.1767	76.4437	75.2557	226.796	238.006	361.768	362.608
17	55	67.0869	68.9595	65.523	71.4918	70.0006	214.389	224.333	344.676	345.031
18	55	79.3315	72.6904	70.9685	98.5303	104.904	236.5	244.691	360.681	360.139
19	55	79.9694	77.8793	75.9424	112.079	122.899	262.041	272.399	391.483	392.528
20	55	80	82.9539	81.5876	160	165.155	291.112	300.9	417.67	418.569
21	55	80	82.1405	80.6343	137.305	155.345	286.028	296.09	413.953	414.887
22	55	72.1217	73.1453	71.0386	99.3245	105.949	237.603	246.254	361.53	361.491
23	55	61.4353	63.4626	59.8824	61.1966	70.0001	188.568	194.918	308.593	306.224
24	50.0045	55.7572	58.1229	54.1298	50.0017	70	163.788	167.23	274.589	269.564

Tableau IV.12: Comparaison entre les résultats finals coût combustible et l'émission du réseau électrique à 10unités.

	PSO	NSGA-II [34]
Le cout total (\$)	2487200	2656300
Emission total (Ib)	291810	304120
Le perte total (MW)	1290.5	/

Dans l'étude de ce cas, on a appliqué notre programme développé à un multi-objectif minimisation des deux fonctions objectives : coût de combustible et émission des gaz toxiques. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau (IV.12) la valeur optimale du totale coût et obtenu égale à **2487200 \$** et le valeur de émission et obtenu égale à **291810 Ib**. Ces résultats ont été obtenus dans les (24 heures) cette valeur est meilleure aux résultats obtenus dans la référence, minimisation de coût de production par apport au cas d'optimisation multi-objectif pour les deux autres fonctions émission des gazes toxiques et les pertes.

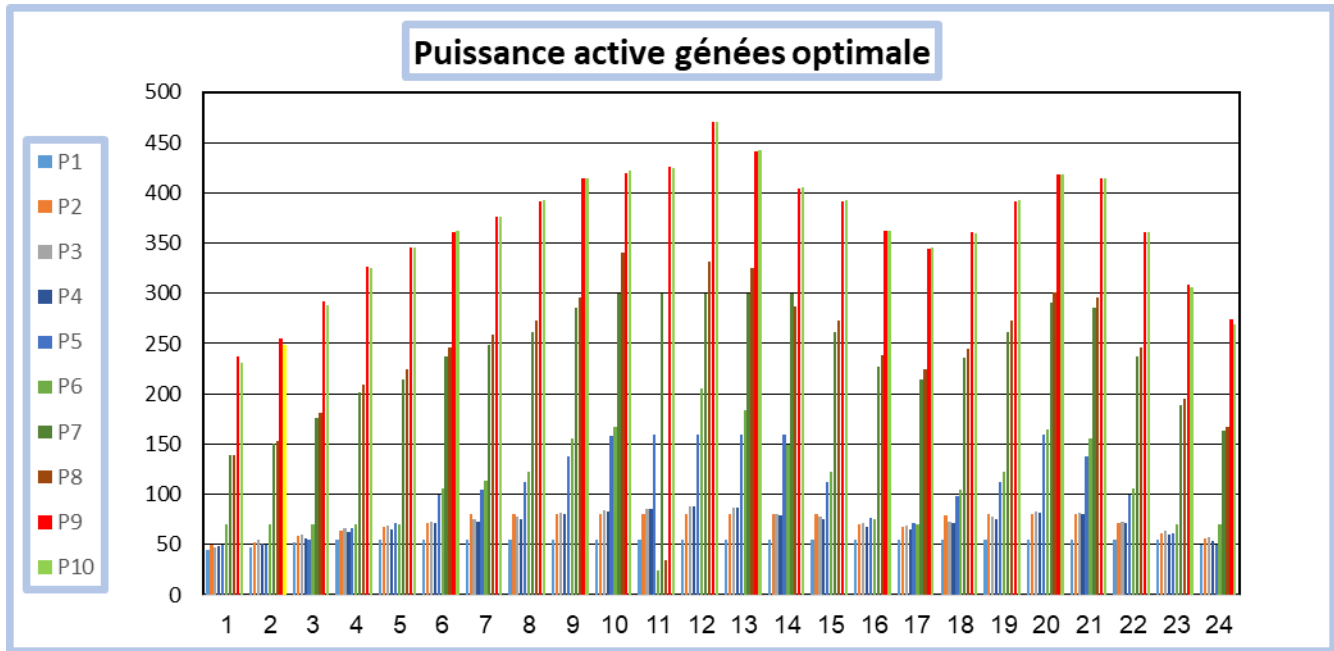


Figure IV.12 : Puissances actives générées du réseau électrique à 10 unités par PSO (multi objectif).

Interprétation

D'après les résultats obtenus à partir de l'optimisation multi-objective de coût de combustible, émission, on peut constater que les résultats respectent les contraintes de l'écoulement de puissance que ce soit les limites de puissance ou des puissance transitées.

IV-7-Dispatching économique dynamique :

Nous avons consacré cette section à l'étude de dispatching économique dynamique, cette fois ci le problème de répartition optimale des puissances actives générées n'est plus statique mais prend une dimension dynamique dans le temps, la demande n'est plus constante mais elle est variable d'une heure à l'autre (24 heures).

IV-7-1-Ramp up et Ramp down:

Après voir l'influence de l'effet de l'ouverture de vanne sur le coût total de production, une nouvelle contrainte s'ajoute à la totalité de contraintes de l'optimisation pour pouvoir examiner le cas le plus réel, il s'agit d'introduire cette fois les contraintes Rampe des générateurs de production, or les générateurs de production ont en réalité des limites inférieures et supérieures de production d'une heure à l'autre qu'il ne peut pas les dépassées.

Tableau IV.13 : Puissance et coût combustible et l'émission avec Ramp up et Ramp down du réseau électrique à 10unités.

heur	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	10	20	89.9999	99.9708	150.745	222.469	60	117.544	135	150
2	10	20	90	99.5903	80.4064	292.335	60	195.841	135	150
3	43.421	20	89.9999	99.6086	137.904	292.733	60.0123	258.773	135	150
4	43.421	49.996	120	99.9936	160	292.732	191.245	199.293	135	150
5	54.9935	80	120	130	160	243	191.249	255.213	135	150
6	43.421	80	120	130	160	242.997	300	314.594	135	150
7	55	80	120	130	160	243	300	340	176.947	150
8	55	80	120	130	160	243	300	340	229.533	176.873
9	55	80	120	130	160	243	300	340	312.913	253.643
10	55	80	120	130	160	243	300	340	377.563	295.998
11	55	80	120	130	160	243	300	340	389.38	376.497
12	55	80	120	130	160	243	300	340	441.829	372.611
13	55	80	120	130	160	243	300	340	428.665	299.87
14	55	80	120	130	160	243	300	340	316.8	249.763
15	55	80	120	130	160	243	300	340	229.533	176.873
16	54.9391	79.999	120	129.991	160	242.869	288.936	235.793	135	150
17	54.9935	80	120	130	160	243	191.249	255.213	135	150
18	43.4271	80	120	130	160	242.997	300	314.594	135	150
19	55	80	120	130	160	243	300	340	229.533	176.873
20	55	80	120	130	160	243	300	340	322.888	295.971
21	55	80	120	130	160	243	300	340	316.799	249.763
22	43.421	80	120	130	160	242.997	300	314.594	130	150
23	46.8407	79.9991	119.991	99.591	130.829	242.292	130.829	199.521	130	150
24	10	22.058	89.9999	99.9931	191.246	172.627	191.246	185.229	130	150

Tableau IV.14 : Comparaison entre les résultats finals Ramp up et Ramp down du réseau électrique à 10unités.

	PSO	IBFA [41]
Le coût total (\$)	2482000	2 614 341.5470
Emission total (Ib)	295740	295 833.0308
Le perte total (MW)	1290.8	1319.9481

Dans ce cas d'étude, l'algorithme PSO est appliqué pour résoudre le problème de dispatching économique dynamique avec la contrainte RAMP, On remarque que les puissances actives pour les dix générateurs sont dans leurs limites de fonctionnement. Du coût total optimal de production à **2482000 \$** et la valeur d'émission et obtenu égale à **295740 Ib**. Ces résultats ont été obtenus dans les (24 heures) cette valeur est meilleure aux résultats obtenus dans la référence.

Interprétation

D'après ces tableaux on peut dire que les résultats obtenus concernant la minimisation de la fonction des coût et émission des gazes toxiques et les pertes on peut constater que les résultats respectent les contraintes de l'écoulement de puissance les limites de puissance.

IV-8-Conclusion :

Dans ce chapitre on a appliqué les algorithmes vautours africains (AVOA), pour l'optimisation de l'écoulement de puissance, sur des réseaux standard.

And a proposé les algorithmes d'Essaim de Particules comme une technique d'optimisation pour résoudre le problème d'optimisation de l'écoulement de puissance. L'objectif est de minimiser fonctions objectives à savoir : le coût du combustible, L'émission de gaz. Avec considération des contraintes pratiques tels que l'effet d'ouverture des vannes, ainsi que la contrainte de Ramp, avec considération des contraintes d'inégalités et d'égalités.

Et d'utiliser les coefficients pour le calcul des pertes. La robustesse de l'algorithme proposé est validée sur le troisième réseaux test standard (3,10 unités de production). Nous avons appliqué cet algorithme pour résoudre un problème mono-objectif tel que (coût, émission de gaz) et multi-objectif (le coût du combustible, l'émission de gaz).

Conclusion générale

Tout système énergétique doit remplir les trois fonctions essentielles de production, de transport, et de distribution, la distinction entre ces trois fonctions nous permet de comprendre le fonctionnement du réseau. L'étude de l'écoulement de puissance optimale dans un réseau électrique s'avère très importante pour avoir une exploitation économique et efficace des ressources de production et de distribution de l'énergie électrique. Le présent travail nous a permis la minimisation du coût de production de l'énergie électrique qui est connue du point de vue économique sous le nom «Ecoulement de puissance optimal ». L'importance de cette méthode est l'économie de l'énergie électrique qui nous ramène à un bilan de puissances équilibré entre la génération et la consommation . Les algorithmes génétiques constituent une famille d'algorithmes heuristiques permettant de rechercher l'optimum ou un quasi-optimum des fonctions objectives, sur les quelles il n'est besoin de faire aucune hypothèse particulière, notamment en ce qui concerne leur dérivabilité. L'efficacité de la recherche d'optimum effectuée par les algorithmes génétiques permet d'envisager le traitement du problème de complexité non polynomiale de taille important en un temps raisonnable. Enfin, on peut dire qu'un bon compromis entre le coût de production et les puissances transmises par les lignes de transport, peut être réalisé, en appliquant la méthode d'algorithmes génétiques au problème de la répartition optimale des puissances. Nous estimons que ce travail sera un pas dans le développement et l'implantation des techniques modernes pour résoudre le problème de répartition optimale des puissances basées sur les méthodes hybrides et que ce mémoire viendra. Enrichir la bibliothèque de l'institut de l'électrotechnique.

Références

- [01] L.Slimani , "optimisation de l'écoulement de puissance par une méthode de colonie de fourmis," Université de Sétif mémoire de Magister, 2006.
- [02] De Magister En Electrotechnique Option : Réseaux électriques Par : Souhil MOUASSA
Thème Optimisation de l'écoulement de puissance par une méthode métaheuristique (technique des abeilles) en présence d'une source renouvelable (éolienne) et des dispositifs FACTS. Soutenu le 19/06/2012 UNIVERSITE Ferhat ABBAS SETIF - (ALGERIE)
- [03] Dispatching Economique Dynamique par Utilisation de Méthodes d'Optimisation globales Présenté par : Mostefa HAMED Soutenu publiquement le 14/01/2013
- [04] Magister En Electrotechnique Option : Réseaux électriques Par : Souhil MOUASSA
Thème Optimisation de l'écoulement de puissance par une méthode métaheuristique (technique des abeilles) en présence d'une source renouvelable (éolienne) et des dispositifs FACTS. Soutenu le 19/06/2012 UNIVERSITE Ferhat ABBAS SETIF - (ALGERIE)
- [05] Université Mohamed Khider Biskra Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique Filière : Electrotechnique Option : Réseau électrique
Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme : MASTER Résolution du problème de dispatching Économique par les méthodes Métaheuristiques Présenté
Younes Hazmani Fethi Henanou
- [06] A.GACEM, «Utilisation des méthodes d'optimisations metaheuristiques pour la résolution du problème de répartition optimale de la puissance dans les réseaux électriques», Mémoire de Magister, Université El-oued, 2010.
- [07] Aucharki Zina Belacel Ourdia « Dispatching Economique de la puissance dans un Réseau Electrique en utilisant les Algorithmes Génétiques » (Mémoire magister)
Université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU 24 /09/2017.
- [08] Université Larbi Ben M'hidi d' Oum El Bouaghi FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE Mémoire Présenté pour obtenir LE DIPLOME DE MAGISTER En Electrotechnique Option : Commande électrique Par **Guediri abdelkarim** Thème Application de la logique floue pour l'optimisation de l'écoulement de puissance.
- [09] ABOUB HANIA, MAAMIR MADIHA, "étude de la répartition économique des puissance dans les réseaux électriques par les algorithmes génétiques", mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électrotechnique, 2009-2010.

- [10] GUEDIRI Abdelkarim, "Application de la logique floue pour l'optimisation de l'écoulement de puissance" Mémoire de Magister, Université Larbi Ben M'hidi-Oum El Bouaghi, 2009.
- [11] ABOUB HANIA, MAAMIR MADIHA, "étude de la répartition économique des puissance dans les réseaux électriques par les algorithmes génétiques", mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électrotechnique, 2009-2010
- [12] LAIMECHE Abdallah, "application de l'algorithme des essaims de salpes au dispatching Economique" Mémoire de Master, Université Mohamed Khider-Biskra, 2018.
- [13] Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued Faculté de Technologie Mémoire de Fin d'Étude En vue de l'obtention du diplôme de MASTER ACADEMIQUE Domaine : Technologie Filière : Génie Électrique Spécialité : Réseaux Électriques Thème Réalisé par : Encadré par : LOUETRI Fatiha MESBAHI Ibtissem
- [14] Université Mohamed Khider Biskra Faculté des Sciences et de la Technologie Département de Génie Electrique Filière : Electrotechnique Option : Réseau électrique Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme : MASTER Résolution du problème de dispatching Économique par les méthodes Métaheuristiques Présenté par : Avis favorable de l'encadreur : - Younes Hazmani Pr. MAHDAD Belkacem - Fethi Henanou
- [15] S. Moussa « Optimisation de l'écoulement de puissance par une méthode métaheuristiques (technique des abeilles) en présence d'une source renouvelable (éolienne) et des dispositifs FACTS » Mémoire de Magister, Université de Sétif 2012.
- [16] ABID YAKOUB, CHENNOUF LAKHDAR, CHELI SALAH," Application d'une méthode métaheuristique à la répartition optimale des puissances dans les réseaux électriques avec une fonction multi objective", Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme Master Académique en Electrotechnique 2016.
- [17] SOUIGAT Mohamed Abdennour GHERGHOUT Yakoub Dispatching optimal des puissances réactives dans un réseau électrique en utilisant la méthode PSO UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA Faculté des Sciences Appliquées Département de Génie Electrique 2017
- [18] UNIVERSITE Ferhat ABBAS SETIF - (ALGERIE) Faculté de Technologie Présenté au département d'Electrotechnique Pour obtenir le diplôme De Magister En Electrotechnique Option : Réseaux électriques Par : Souhil MOUASSA Thème Optimisation de l'écoulement de puissance par une méthode métaheuristique (technique

des abeilles) en présence d'une source renouvelable (éolienne) et des dispositifs FACTS. Soutenu le 19/06/2012 devant le Jury d'examen composée de :

- [19] L'Université d'Echahid Mohamed Lakhdar Ammara d'El Oued Faculté de la Technologie Département de Génie Electrique En vue de l'obtention du diplôme de MASTER ACADEMIQUE En réseaux Electrique Présenté par Sahara Mohammed Salah Kehili Taoufik Thème Etude d'un Dispatching économique des puissance active par les algorithmes génétiques modifiée
- [20] NESRAT Djebbari. SOLTANI Elbachir, "Résolution du problème de puissance active dans un réseau d'énergie utilisant les techniques méta-heuristique" Mémoire de Master, Université Hamma Lakhder-El-Oued, 2018.
- [21] L'Université d'Echahid Mohamed Lakhdar Ammara d'El Oued Faculté de la Technologie Département de Génie Electrique En vue de l'obtention du diplôme de MASTER ACADEMIQUE En réseaux Electrique Présenté par Sahara Mohammed Salah Kehili Taoufik Thème Etude d'un Dispatching économique des puissance active par les algorithmes génétiques modifiée
- [22] Guenounou, O. (2009). Méthodologie de conception de contrôleurs intelligents par l'approche génétique : application à un bioprocédé (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier). Ouahib Guenounou Thèse de doctorat "Méthodologie de conception de ontrôleurs intelligents par l'approche génétique-application à un ioprocédé". Université Toulouse III - Paul Sabatier .
- [23] M.Abdelhak , 'Etude et identification parametrique d'une cellule photovoltaïque organique', Magister en micro electronique, Université de Batna, 2011.
- [24] D. Ghiles, 'Modélisation des systèmes photovoltaïques avec des techniques du soft computing', Master en automatique, Université de Bejaia, 2015.
- [25] Dispatching Economique par Utilisation de Méthodes d'Optimisation Méta heuristiques Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued LOUETRI Fatiha MESBAHI Ibtissem Soutenu en Juin 2019
- [26] L.KORIDAK Abdelhakem, M.RAHLI "Optimisation d'un dispatching environnement /économique de le production d'énergie électrique par un algorithme génétique", Université de Bechar Algérie, 2010.
- [27] FRIDJAT ZINEDDINE,TAMMA MOHAMMED ELHADI, "Application des algorithmes génétique à l'optimisation de la production énergie active dans réseau électrique ", Mémoire de Fin d'Etude En vue de l'obtention du diplôme de MASTER académique, 2013/2014.

- [28] Université Mohamed Khider – Biskra Faculté des Sciences et de la technologie
Département :Génie Electrique Magister en : Electrotechnique Option : Réseaux
Electriques Dispatching Economique Dynamique par Utilisation de Méthodes
d’Optimisation globales Présenté par : Mostefa HAMED Soutenu publiquement le
14/01/201
- [29] African vultures optimization algorithm: A new nature-inspired metaheuristic algorithm
for global optimization problems. Department of Computer Engineering, Urmia Branch,
Islamic Azad University, Urmia, Iran. Centre for Artificial Intelligence Research and
Optimisation, Torrens University Australia, Fortitude Valley, Brisbane 4006, QLD,
Australia. Yonsei Frontier Lab, Yonsei University, Seoul, South Korea.
- [30] Douis Imad Eddine et Chemsah Mohamed Taher" Résolution de dispatching économique
par des méthodes d’optimisations métaheuristique" MASTER académique Université de
Echahid Hamma Lakhdar d’El Oued, 2017.
- [31] BEN BORDI Samir," Optimisation Multi Objectif de L’écoulement de Puissance"
Mémoire de Master, Université Mohamed Khider -Biskra, 2015.
- [32] Hamid Rezaie, M.H. Kazemi-Rahbar , Behrooz Vahidi , Hasan Rastegar ,"solution of
combine economic and emission dispatch problem using a novel chaotic improved
harmony search algorithm", Department of Electrical Engineering, Amirkabir
University of Technology (AUT), 424 Hafez Ave, Tehran, Iran ,b Department of
Electrical Engineering, Shahed University, Persian Gulf Freeway, Tehran, Iran , page
09,16 August 2018.
- [33] M. Basu ,"Dynamic economic emission dispatch using non dominated sorting genetic
algorithm-II "Department of Power Engineering, Jadavpur University, Kolkata 700098,
India page144,17 June 2007.
- [34] Nicole Pandita. Anshul Tripathia. Shashikala Tapaswia. Manjaree Panditb, "An
improved bacterial foraging algorithm for combined static/dynamic environmental
economic dispatch", ABV Indian Institute of Information Technology and Management
-Gwalior- India. Department of Electrical Engineering, MITS -Gwalior- India,
page3507-3509 , 20 July 2012

Annexe

C. Réseaux électrique à 30 jeux de barres :

Tableau C.1: Données des lignes et transformateurs du réseau électrique à 30 J.d.B

Du JDB	AU JDB	R (p.u)	X(p.u)	susc
1	2	0.02	0.06	0.03
1	3	0.05	0.19	0.02
2	4	0.06	0.17	0.02
3	4	0.01	0.04	0.00
2	5	0.05	0.20	0.02
2	6	0.06	0.18	0.02
4	6	0.01	0.04	0.00
5	7	0.05	0.12	0.01
6	7	0.03	0.08	0.01
6	8	0.01	0.04	0.00
6	9	0.00	0.21	0.00
6	10	0.00	0.56	0.00
9	11	0.00	0.21	0.00
9	10	0.00	0.11	0.00
4	12	0.00	0.26	0.00
12	13	0.00	0.14	0.00
12	14	0.12	0.26	0.00
12	15	0.07	0.13	0.00
12	16	0.09	0.20	0.00
14	15	0.22	0.20	0.00
16	17	0.08	0.19	0.00
15	18	0.11	0.22	0.00
18	19	0.06	0.13	0.00
19	20	0.03	0.07	0.00
10	20	0.09	0.21	0.00
10	17	0.03	0.08	0.00
10	21	0.03	0.07	0.00
10	22	0.07	0.15	0.00
21	22	0.01	0.02	0.00
15	23	0.10	0.20	0.00
22	24	0.12	0.18	0.00
23	24	0.13	0.27	0.00
24	25	0.19	0.33	0.00
25	26	0.25	0.38	0.00
25	27	0.11	0.21	0.00
28	27	0.00	0.40	0.00
27	29	0.22	0.42	0.00
27	30	0.32	0.60	0.00
29	30	0.24	0.45	0.00
8	28	0.06	0.20	0.02
6	28	0.02	0.06	0.01

Tableau C.2: données des jeux de barres du réseau électrique 30 J.d.B

JDB	V (p.u)	P _D (MW)	Q _D (MVAR)	θ (degré)	Type
1	1.060	0.0	0.0	0.0	Ref
2	1.047	21.70	12.7	0.0	PV
3	1.000	2.4	1.2	0.0	PQ
4	1.000	7.6	1.6	0.0	PQ
5	1.020	94.2	19.0	0.0	PV
6	1.000	0.0	0.0	0.0	PQ
7	1.000	22.8	10.9	0.0	PQ
8	1.029	30.0	30.0	0.0	PV
9	1.000	0.0	0.0	0.0	PQ
10	1.000	5.8	2.0	0.0	PQ
11	1.060	0	0.0	0.0	PV
12	1.000	11.2	7.5	0.0	PQ
13	1.060	0	0.0	0.0	PV
14	1.000	6.2	1.6	0.0	PQ
15	1.000	8.2	2.5	0.0	PQ
16	1.000	3.5	1.8	0.0	PQ
17	1.000	9.0	5.8	0.0	PQ
18	1.000	3.2	0.9	0.0	PQ
19	1.000	9.5	3.4	0.0	PQ
20	1.000	2.2	0.7	0.0	PQ
21	1.000	17.5	11.2	0.0	PQ
22	1.000	0.0	0.0	0.0	PQ
23	1.000	3.2	1.6	0.0	PQ
24	1.000	8.7	6.7	0.0	PQ
25	1.000	0.0	0.0	0.0	PQ
26	1.000	3.5	2.3	0.0	PQ
27	1.000	0.0	0.0	0.0	PQ
28	1.000	0.0	0.0	0.0	PQ
29	1.000	2.4	0.9	0.0	PQ
30	1.000	10.6	1.9	0.0	PQ

Annexe

Tableau C.3: données des générateurs du réseau 30 J.d.B

JDB	P_g	Q_g	$P_{g \min}$	$P_{g \max}$	$Q_{g \min}$	$Q_{g \max}$	γ	β	α
1	00	00	50	200	-150	250	0.00375	2.00	0
2	80	00	20	80	-40	50	0.01750	1.75	0
5	50	00	15	50	-40	40	0.06250	1.00	0
8	20	00	10	35	-30	40	0.00830	3.25	0
11	20	00	10	30	0.0	0.0	0.02500	3.00	0
13	20	00	12	40	-6	24	0.02500	3.00	0

Annexe

A-Réseau de 3 unités:

Tableau de Matrice Coefficients B

Bij		
0.000136	0.0000175	0.000184
0.0000175	0.000154	0.000283
0.000184	0.000283	0.00165

Annexe B

B-Réseau de 10 unités :

Tableau de matrice Coefficients B

Bij									
0.000049	0.000014	0.000015	0.000015	0.000016	0.000017	0.000017	0.000018	0.000019	0.000020
0.000014	0.000045	0.000016	0.000016	0.000017	0.000015	0.000015	0.000016	0.000018	0.000018
0.000015	0.000016	0.000039	0.000010	0.000012	0.000012	0.000014	0.000014	0.000016	0.000016
0.000015	0.000016	0.000010	0.000040	0.000040	0.000010	0.000011	0.000012	0.000014	0.000015
0.000016	0.000017	0.000012	0.000014	0.000035	0.000011	0.000013	0.000013	0.000014	0.000016
0.000017	0.000015	0.000012	0.000010	0.000011	0.000035	0.000012	0.000012	0.000016	0.000015
0.000017	0.000015	0.000014	0.000011	0.000013	0.000012	0.000038	0.000016	0.000016	0.000018
0.000018	0.000016	0.000014	0.000012	0.000013	0.000012	0.000016	0.000040	0.000015	0.000016
0.000019	0.000018	0.000016	0.000014	0.000015	0.000014	0.000016	0.000015	0.000042	0.000019
0.000020	0.000018	0.000016	0.000015	0.000016	0.000015	0.000018	0.000016	0.000019	0.000044