

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Saad Dahleb Blida - 01-
Faculté de la Technologie
Département d'Électrotechnique



Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'obtention du diplôme de
Master (LMD)

Domaine : Sciences et Technologies

Spécialité : Machines électriques

Filière : ELECTROTECHNIQUE

Intitulé :

OPTIMISATION DE LA SECURITE DE TENSION DANS LE RESEAU ELECTRIQUE

Présenté par :

- **HABEL NADJIB**
- **ACHICHE NOUFEL**

Proposé par :

*** Dr. Belazzoug Messaoud**

Promotion: 2021-2022

Année Universitaire : 2022-2023

Remerciements

Au terme de ce travail :

Nous tenons, en premier lieu à remercier le dieu pour le courage, la volonté et la patience qu'il nous a donné afin de mener ce travail à terme.

*Nos vifs remerciements à notre promoteur Monsieur **Dr.Belazzoug Messaoud**, pour l'appui scientifique et pour sa disponibilité le long de notre travail, nous lui sommes infiniment reconnaissantes de la bienveillance dont il a fait preuve à notre égard, de ses encouragements incessants et de la confiance dont il nous a témoigné.*

Nous remercions vivement les membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont manifesté, en acceptant de juger notre humble travail, et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous remercions également à nos enseignants qui ont contribué à notre formation pendant tout le cursus universitaire.

Enfin, un grand merci à nos familles et tous nos amis, plus particulièrement à nos parents, pour nous avoir soutenus et aidés tout au long de nos études.

DEDICACES

*Je dédie ce modeste
mémoire à :*

*Mes parents, qui ont œuvré pour ma réussite, de par leur
amour,*

*leur soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux
conseils, pour toute leur assistance et leur présence dans ma
vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il,
l'expression de mes sentiments et de mon éternelle
reconnaissance ;*

*Mon promoteur, Monsieur **Dr.Belazzoug Messaoud** ,
qui doit avoir*

dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis ;

*Tous ceux qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui sont
toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mes
études supérieures, mes aimables amis et collègues d'étude,
Toute la famille.*

Liste des figures :

Figure 1.1 : La structure générale du réseau électrique	P13.
Figure 1.2 : L'interconnexion internationale	P17.
Figure 1.3 : Réseau maillé.	P19
Figure 1.4 : Réseau radial	P19.
Figure 1.5 : Réseau arborescent.	P19
Figure 1.6 : Compensation série	P23.
Figure 1.7 : Compensateurs shunts Parallèle	P23.
Figure 1.8 : Déséquilibre de tension	P24.
Figure 2.1 : Modèle simplifié de transformateur	P29.
Figure 2.2 : Modèle en π du transformateur	P30.
Figure 2.3 : Principe de CPF	P34.
Figure 2.4 : jeu de barres quelconque avec génération, charge et ligne de transmission..	P35.
: calcul continu de l'écoulement de puissance : Pas prédicteur par les moyens de la tangente	P39.
figure 2.6 : Calcul continu de l'écoulement de puissance : pas correcteur obtenu par les moyens d'intersection perpendiculaire	P40.
Figure 2.7 : Calcul continu de l'écoulement de puissance: pas correcteur obtenu par les moyens de la para-métrisation locale..	P41
Figure 3.1 : Organigramme de l'algorithme génétique	P47.
Figure 3.2 : Organigramme de la méthode de Newton-Raphson	P56
Figure 4.1 : Réseau test IEEE 30 Nœuds	P60.
Figure 4.2 caractéristiques PV au nœud 30 avec et sans SVC, $V=1.3$ PU	P60.
Figure 4.3 : nombre d'itération avec le nombre de landa max	P63.
Figure 4.4 : nombre d'itération avec le nombre de landa max	P64.
Figure 4.5 : Nombre d'itération avec le nombre de l'Anda max	P65.

Liste des tableaux et figures

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Tableau des domaines de tension	P19.
Tableau 2: résultats d'optimisation installant les svc	P63.
Tableau 3: résultats d'optimisation installant les svc	P64.
Tableau 4: résultats d'optimisation installant les svc	P65.

Sommaire

Introduction générale.....	P01.
Chapitre I : Généralités sur les réseaux de transport	P03.
1.1 Introduction	P04
1.2 Définition d'un réseau électrique.....	P04
1.3 différentes catégories de centrales électriques disponibles	P05
1.3.1 Les centrales hydrauliques	P05
1.3.2 Les centrales thermiques	P05
1.3.3 Les centrales nucléaires	P06
1.4 Les différentes fonctions du réseau.....	P06
1.4.1 Réseau d'utilisation	P06
1.4.2 Réseaux de distribution.....	P06
1.4.3 Réseaux de répartition	P07
1.5. La production d'énergie électrique.....	P07
1.5.1 Réseaux de transport.....	P07
1.5.2 Réseaux de L'interconnexion	P08
1.6 Niveau de tension.....	P09
1.7 Structures topologiques des réseaux électriques.....	P10
1.7.1 Réseaux maillés.....	P11
1.7.2 réseaux radiale oubouclée.....	P11
1.7.3 réseaux arborescente	P11
1.8 Stabilité de tension des réseaux électriques.....	P11
1.8.1 L'instabilité de tension	P11

1.8.2 L'effondrement de tension.....	P12
1.8.3 La sécurité de tension.....	P12
1.8.4 corriger l'instabilité de tension	P12
1.9 Dispositifs FACTS	P12
1.9.1 Définition les dispositifs FACTS	P13
1.9.2 Types des dispositifs FACTS	P13
1.10 Déséquilibre de tension	P15
1.11 Etas de l'Art.....	P15
Conclusion.....	P17
Chapitre 2 : Écoulement de puissance Continue	P18
2.Introduction	P19
2.1 Modélisations Mathématique du Réseau Électriques	P19
2.1.1 Modelé du transformateur.....	P20
2.1.2 Modèle des lignes de transmission	P20
2.1.3 Modelé de Générateur.....	P22
2.1.4 Modèles des nœuds du réseau.....	P22
2.1.4.1 Nœud de charge (PQ).....	P22
2.1.4.2 Nœud générateur (PV).....	P22
2.1.4.3 Nœud bilan (slack bus)	P22
2.2. Objectif de l'étude de l'écoulement de puissance	P23
2.3 Problème de l'écoulement de puissance.....	P23
2.3.1 Nœud de charge (PQ):.....	P24
2.3.2 Nœud générateur (PV)	P24

2.3.3 Nœud de référence (Slack bus)	P24
2.4 Solution de l'écoulement de puissance par l'algorithme de Newton Raphson	P24
2.4.1 Charge électrique	P25
2.5 Écoulement de puissance continue.....	P25
2.5.1 Les équations de l'écoulement de puissance.....	P26
2.5.2 Équation de l'écoulement de puissance dans les lignes	P28
2.5.3 Quelques observation sur les équations de l'écoulement de puissance....	P28
2.6 Classification des variables de l'écoulement de puissance	P29
2.7 Calcul Continu de l'écoulement de puissance.....	P29
Conclusion.....	P33
Chapitre 3 : Génétique algorithme	P34
3.Introduction	P35
3.1 Mécanismes de fonctionnement d'un (AG)	P35
3.2 Structure de l'Algorithme Génétique	P36.
3.2.1 Le codage des individus.....	P36
3.2.2 La génération de la population initiale.....	P36
3.2.3 La fonction à optimiser	P36
3.2.4. Les opérateurs.....	P36
3.2.5 Paramètres de taille.....	P36
3.3 Définition.....	P38
3.3.1 Optimisation.....	P38
3.3.2 Fonction Objectif.....	P38
3.3.3 Variables de décision.....	P38

3.3.4 Identification des variables et des fonctions objectives	P39
3.4 Formulation du Problème.....	P40
3.4.1 Contraintes du système	P40
3.4.2 Équations d'écoulement de puissance.....	P40
3.4.3 Limites sur les puissances réactives générées.....	P40
3.4.4 La puissance réactive générée par les SVC est limitée par l'équation suivante.....	P40
3.5 Codage et population initiale.....	P40
3.5.1 Codage binaire.....	P41
3.5.2 Codage réel.....	P41
3.5.3 Codage en base.....	P41
3.6 Résolution du problème de l'écoulement de puissance	P42
3.6.1 Méthode de Newton-Raphson.....	P42
3.6.1.1 Les puissances actives et réactives de chaque nœud	P42
Chapitre 4: Simulation et résultat.....	P47
3 Introduction	P48
3.2 Optimisation par la méthode de newton-Raphson	P49
3.Réseaux nœud IEEE 30 BUS nœud 8 (test).....	P49
1.2 Compensation avec 4 svc	P52
1.3 Compensation avec 6 svc	P53
1.2 Compensation avec 8 svc	P54
Conclusion.....	P56
Conclusion générale.....	P57
Bibliographies	P59

Résumer :

Ce mémoire étudie le problème de la stabilité de la tension statique dans les réseaux électriques. Les causes profondes de l'effondrement de la tension dans ces réseaux sont présentées. Pour étudier ce problème, la méthode d'écoulement puissance continu (CPF) est utilisée. L'objectif principal de ce mémoire est d'optimiser l'utilisation des compensateurs statiques var (SVC) pour augmenter la marge de stabilité de la tension statique. Pour atteindre cet objectif, une combinaison d'algorithme génétique et de méthode Newton-Raphson est utilisée. Cette méthode identifie les variables pertinentes et obtient de bons résultats dans la résolution des problèmes d'effondrement de tension où plusieurs variables doivent être prises en compte.

ملخص :

تدرس هذه الرسالة مشكلة ثبات الجهد الساكن في الشبكات الكهربائية. يتم عرض الأسباب الجذرية لانتهيار الجهد في هذه الشبكات. لدراسة هذه المشكلة، تم استخدام طريقة تدفق الطاقة المستمر (CPF). الهدف الرئيسي من هذه الذاكرة هو تحسين استخدام معوضات الفرق الثابت (SVC) لزيادة هامش ثبات الجهد الساكن. لتحقيق هذا الهدف، يتم استخدام مزيج من الخوارزمية الجينية وطريقة نيوتن رافسون. تحدد هذه الطريقة المتغيرات ذات الصلة وتؤدي أداءً جيدًا في حل مشاكل انهيار الجهد حيث يجب مراعاة المتغيرات المتعددة.

Summary :

In this thesis, we study the problem of static voltage stability in power networks. The fundamental causes of voltage collapse in these networks are identified. To investigate this problem, the continuous power flow (CPF) method is used. The main objective of this thesis is to improve the utilization of the Static Var Compensator (SVC) to increase the margin of static voltage stability. To achieve this, a combination of genetic algorithm and Newton-Raphson method is employed. This method determines the relevant variables and performs well in addressing voltage collapse issues, considering the multiple variables involved.

Introduction

générale

Introduction générale :

La gestion sécurisée des tensions électriques dans les réseaux est un aspect crucial pour garantir la sûreté et la pérennité de l'ensemble de l'infrastructure électrique.

Les réseaux électriques contemporains sont confrontés à une multitude de défis, notamment les besoins croissants en électricité, l'intégration de diverses sources d'énergie renouvelables et la complexité croissante des réseaux de diffusion.

Le concept de sécurité de tension se rapporte à la fiabilité et à l'excellence des tensions électriques qui sont fournies aux utilisateurs finaux.

Des écarts de tension trop élevés ou trop faibles peuvent entraîner des complications importantes, notamment la destruction d'équipements électriques, des pannes de courant et même des risques pour la sécurité des personnes.

Afin d'assurer le plus haut niveau de protection de la tension, les gestionnaires de réseaux électriques mettent en place divers mécanismes de contrôle, de régulation et de protection. Ces mécanismes comprennent des transformateurs, des régulateurs de tension, des outils de commutation, une technologie de compensation de puissance réactive et des systèmes de surveillance et de gestion du réseau.

Pour maintenir la qualité appropriée et limiter les dangers potentiels, il existe des normes et des réglementations établies concernant la tension.

Ces critères englobent divers facteurs tels que la stabilité de la tension, la tension nominale et les tolérances. Les protocoles de sécurité de tension sont également un aspect crucial du maintien de la sécurité, avec des programmes de test et de maintenance fréquents en place. De plus, il existe des plans de réponse pour tout incident ou perturbation du réseau qui pourrait survenir.

Pour ce faire, un algorithme génétique par la méthode de Newton-Raphson de base utilisant un système de codage binaire pour les paramètres sera utilisé. Notre application sera testée sur un réseau établis : le réseau de test de neoud IEEE-30.

Chapitre 1 :

Généralités sur les réseaux électriques

1.1 Introduction

L'énergie électrique est la forme d'énergie la plus répandue en raison de sa capacité à être transportée de manière efficace et rentable. Un réseau électrique est composé de diverses structures qui sont utilisées pour transmettre l'énergie électrique du point d'origine aux utilisateurs finaux, ou charge. La sécurité d'un système électrique fait référence à sa capacité à maintenir un état d'équilibre pendant et après d'éventuelles perturbations, et à rétablir in fine un nouvel état d'équilibre qui peut différer de l'original. [2]

1.2 Définition d'un réseau électrique :

Pour créer un réseau électrique, un ensemble de composants est nécessaire.

Le processus de transport et de distribution d'énergie électrique depuis son origine, le générateur, jusqu'à la charge désignée et appelé transport et distribution.

Ce package comprend des composants essentiels pour les consommateurs. Les éléments inclus sont les transformateurs et les lignes de transmission.

Les composants essentiels des réacteurs, des condensateurs, des dispositifs de mesure et de contrôle et des mesures de protection sont tous nécessaires.

Un réseau électrique est composé de foudre, de court-circuit et d'autres composants connexes. Il s'agit essentiellement d'une collection de ces divers éléments.

Les infrastructures nécessaires au transport de l'énergie électrique depuis ses centres de production.

Les consommateurs d'électricité sont connectés aux centrales électriques.

La gestion dynamique de toute la production est un aspect crucial qu'un réseau électrique doit assurer.

Afin de maintenir la stabilité, des ajustements sont apportés à la consommation de transport.

Tiré de l'ensemble de l'entité.

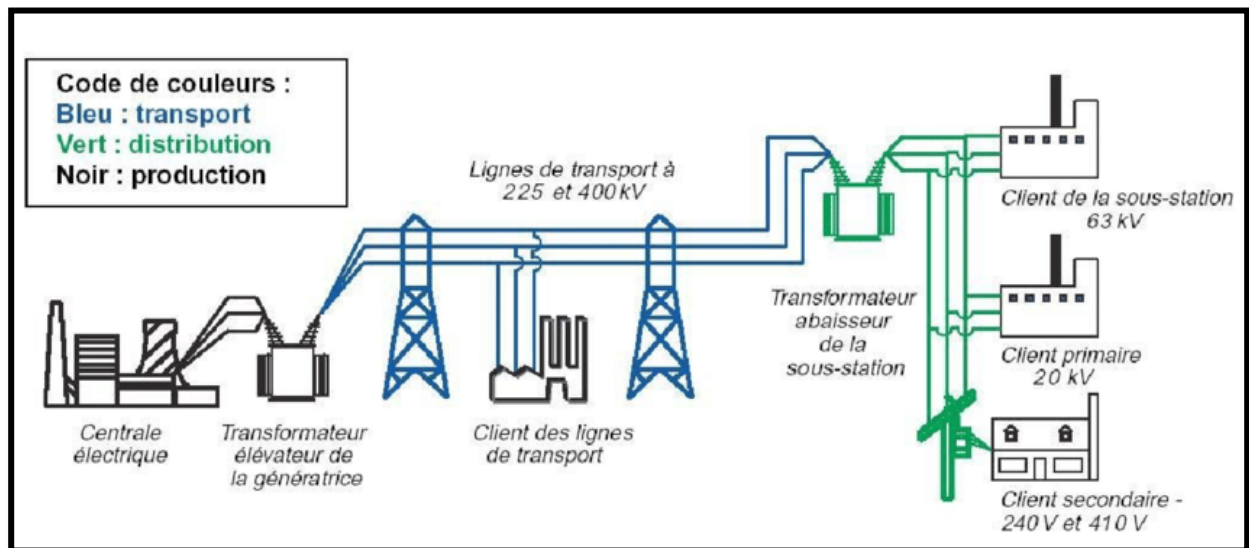


Figure 1.1 : La structure générale du réseau électrique

1.3 différentes catégories de centrales électriques disponibles : [9]

Les centrales incluses dans la représentation sont constituées de sources thermiques, nucléaires et hydrauliques traditionnelles.

Les sources d'énergie mentionnées comprennent la biomasse, la géométrie, le solaire, les marées et le vent.

1.3.1 Les centrales hydrauliques

Le processus de conversion du mouvement de l'eau en énergie électrique est réalisé par des centrales hydroélectriques.

1.3.2 Les centrales thermiques

Sont un type spécifique de centrale électrique qui nécessite de l'énergie thermique pour fonctionner efficacement.

L'électricité est produite par des centrales thermiques grâce à l'utilisation des émissions de chaleur.

Le processus de combustion du charbon, du mazout ou du gaz naturel est appelé combustion [2].

1.3.3 Les centrales nucléaires

La libération de chaleur d'une réaction nucléaire est exploitée pour produire de l'énergie électrique.

La seule différence entre une centrale nucléaire et une centrale thermique réside dans la chaudière, qui est responsable de la combustion.

Un réacteur contenant du combustible nucléaire est utilisé pour remplacer le combustible fossile.

1.4 Les différentes fonctions du réseau : [4][5]

1.4.1 Réseau d'utilisation :

Les réseaux qui alimentent les habitations, l'éclairage et les moteurs sont appelés réseaux basse tension (BT).

Pour des raisons de sécurité, les appareils électroménagers doivent être parfaitement sécurisés.

1.4.2 Réseaux de distribution : [8]

Les réseaux chargés d'alimenter les réseaux utilisateurs en moyenne tension (MT) sont appelés réseaux MT.

Les pouvoirs nécessaires ont été formellement demandés. Cependant, il est impératif qu'ils respectent des directives strictes concernant la proximité des quartiers environnants.

La raison derrière la construction de ces réseaux souterrains dans les zones urbaines est d'assurer leur sûreté et leur sécurité.

✚ Réseaux de distribution à moyenne tension :

- HTA (30 et 10 kV le plus répandu),
- Neutre à la terre par une résistance,
- Limitation à 300 A pour les réseaux aériens,
- Limitation à 1000 A pour les réseaux souterrains,
- Réseaux souterrains en boucle ouverte.

✚ Réseau de distribution à basse tension :

- BTA (230 / 400 V),
- Neutre directement à la terre,
- Réseaux de type radial, maillés et bouclés.

1.4.3 Réseau de répartition :

Les réseaux de distribution, également appelés réseaux haute tension, ont pour objectif de distribuer l'énergie électrique à l'échelle régionale. Leur tension varie en fonction des régions et est généralement supérieure à 63 kV.

Ces réseaux sont principalement constitués de lignes aériennes qui peuvent transporter plus de 60 MVA sur des distances de plusieurs dizaines de kilomètres. Ils peuvent être configurés en boucle fermée ou plus fréquemment en boucle ouverte.

- a. La tension est 90 kV ou 63 kV,
- b. Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre,
- c. Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV,
- d. Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV,
- e. Réseaux en boucle ouverte ou fermée

1.5. La production d'énergie électrique :

Les réseaux HT/MT sont chargés de fournir la puissance nécessaire aux différents réseaux.

Lorsque la distribution est connectée, elle crée un lien qui permet aux régions de s'entraider par l'entraide.

1.5.1 Réseau de transport :

Des considérations économiques font fonctionner les réseaux de transport à très haute tension.

L'objectif est de réduire la perte de signal le long des lignes de transmission, ce qui rend particulièrement important la construction de réseaux de transport hautement efficaces. Ces réseaux sont des systèmes interconnectés destinés au transport de données ou d'énergie.

Les réseaux de transport sont classés comme étant maillés dans le but d'assurer la sécurité. Selon la référence [1], il existe des transferts de puissance considérables qui entraînent des chutes de tension minimales et moins de pertes.

Pour qu'un réseau de transport fonctionne efficacement, il est indispensable qu'il soit exploité de manière spécifique, en veillant à son bon fonctionnement.

Les limites autorisées pour l'exploitation du réseau sont appelées les limites d'exploitation autorisées. Ces limitations ou restrictions sur le réseau sont véhiculées par l'expression.

Les variables de réseau, telles que la fréquence et le débit, peuvent avoir des valeurs maximales ou minimales spécifiques.

S'il existe des limitations à prendre en compte pour les lignes électriques ou les transformateurs, telles que les niveaux de tension, elles doivent être prises en compte. Si la limite est dépassée, il est possible que le réseau perde sa stabilité.

1.5.2 Réseau de L'interconnexion :

Le réseau de transport dit d'interconnexion possède la particularité unique de faciliter les échanges.

Le sujet traité est l'énergie. Ce réseau particulier a un but technique, car il permet de renforcer un certain aspect.

L'interconnexion offre la possibilité d'améliorer à la fois la stabilité du réseau électrique et son efficacité économique.

La tension et la fréquence de l'énergie fournie jouent un rôle crucial dans la détermination de sa qualité, tout en ouvrant un large éventail de possibilités.

Le réseau peut être rendu plus adaptable et polyvalent en mettant en œuvre des réservations.

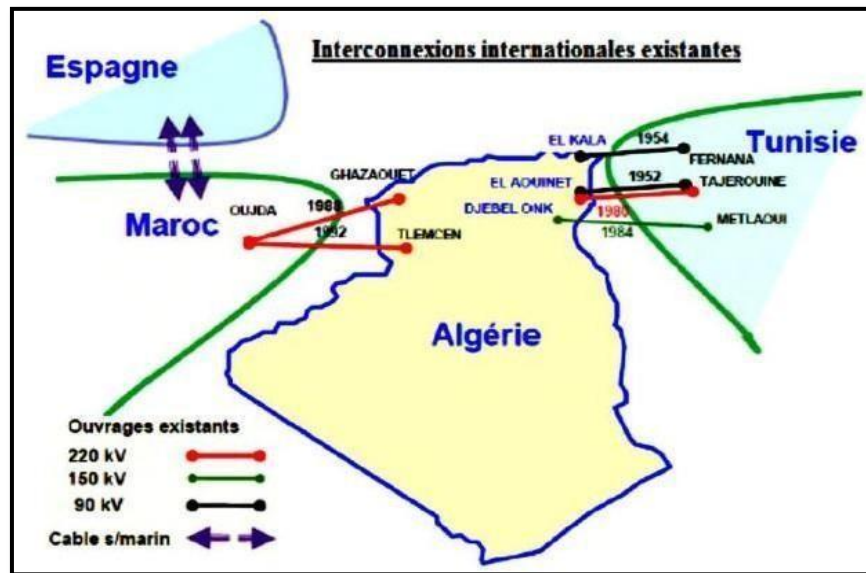


figure 1.2: L'interconnexion internationale [5].

1.6 Niveau de tension :

Tableau 1 : Tableau des domaines de tension [6]

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale (Un en Volts)	
		Tension Alternatif	Tension Continu
Très Basse Tension (TBT)		$Un \leq 50$	$Un \leq 120$
Basse Tension (BT)	BTA	$50 < Un \leq 500$	$120 < Un \leq 750$
	BTB	$500 < Un \leq 1000$	$750 < Un \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA	$1000 < Un \leq 50\ 000$	$1500 < Un \leq 75\ 000$
	HTB	$Un > 50\ 000$	$Un > 75\ 000$

1.7 Structures topologiques des réseaux électriques :[7] [8]

Les structures de liaison des réseaux de transport d'énergie et d'interconnexion sont interconnectées sous forme de boucles.

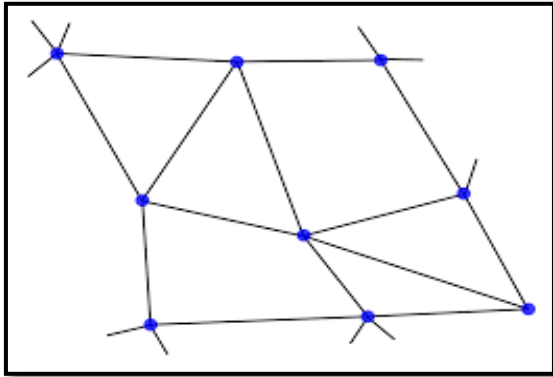


Figure 1.3 : Réseau maillé

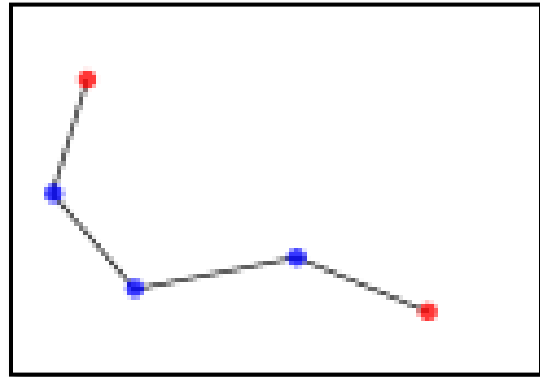


Figure 1.4 : Réseau radial

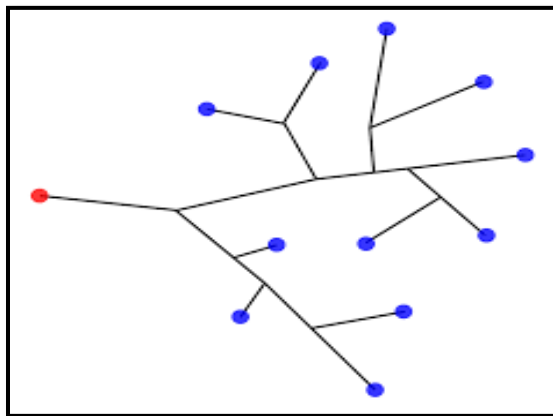


Figure 1.5 : Réseau arborescent

1.7.1 Réseaux maillés : [8]

De nombreuses lignes électriques relient les sous-stations, assurant un haut degré de sécurité.

La fourniture de puissance.

1.7.2 réseaux radiale oubouclée :

La sécurité d'approvisionnement, qui est représentée par les apports énergétiques en rouge, est comparativement plus faible que celle des autres facteurs.

La structure en fibres imbriquées conserve sa forme surélevée grâce à sa composition en maille.

1.7.3 réseaux arborescente :

En cas de défaut survenant soit sur la ligne, soit au niveau du poste rouge, qui représente les apports d'énergie, la sécurité d'alimentation est faible car elle peut entraîner une coupure complète.

1.8 Stabilité de tension des réseaux électriques : [1]

En ce qui concerne les réseaux électriques, la stabilité est définie comme la caractéristique qui lui permet de maintenir un état d'équilibre dans des conditions normales d'exploitation, ainsi que la capacité de retrouver un état d'équilibre acceptable après une interruption. Les classifications de stabilité dépendent de la cause sous-jacente de l'instabilité et comprennent la stabilité angulaire, la stabilité de fréquence et la stabilité de tension.

1.8.1 L'instabilité de tension : [11]

Le sujet de l'instabilité de tension et de ses effets sur le bon fonctionnement des réseaux électriques a été largement traité dans la littérature. Ce phénomène est identifiable par une baisse progressive de la tension qui se produit dans un nombre limité de nœuds ou dans tous.

L'instabilité de tension peut être déclenchée par divers événements tels que la perte de charge électrique dans une zone spécifique, le déclenchement d'une ligne en cascade, la perte de synchronicité, etc.

1.8.2 L'effondrement de tension :

Le processus d'instabilité de la tension peut entraîner des niveaux de tension bas dans tout le réseau, pouvant conduire à un effondrement sans perturber le synchronisme entre les générateurs.

1.8.3 La sécurité de tension :

La portée de la sécurité de la tension englobe plus que la simple stabilité de la tension. Elle porte sur la capacité du réseau électrique à maintenir un fonctionnement stable malgré tout bouleversement ou modification défavorable du système.[20]

1.8.4 corriger l'instabilité de tension :

En cas de tension instable sur le réseau électrique, l'opérateur du système (OS) doit prendre des mesures correctives pour remédier à l'instabilité, qui peuvent inclure les actions suivantes :

- Action de commuter un condensateur shunt.
- Les transformateurs chargés de réguler la charge sont bloqués.
- L'allocation idéale des ressources de production.
- Le processus de régulation de la tension au niveau secondaire.
- Coupures de courant causées par des délestages.
- Les générateurs connaissent une surcharge temporaire, ce qui provoque la production d'énergie réactive.
- La tension de consigne des générateurs et des nœuds pilotes nécessite un ajustement.

1.9 Dispositifs FACTS :

Définition des termes selon IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) LES FAITS sont : les systèmes de transmission CA comprennent Basé sur l'électronique de puissance et d'autres dispositifs statiques pour Augmentez la contrôlabilité et augmentez la capacité de transmission de puissance du réseau.[12].Grâce à leur capacité à faire varier l'impédance apparente d'une ligne de transmission, ils peuvent être utilisés pour le contrôle de la puissance réelle ainsi que pour le contrôle de la puissance réactive et de la tension.[13]

1.9.1 Définition les dispositifs FACTS :

Les FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systems) sont des électroniques de puissance supplémentaires utilisées pour contrôler la tension, augmenter la capacité de transmission ou assurer la stabilité dynamique des réseaux de transmission. Il fonctionne généralement en fournissant ou en consommant dynamiquement de la puissance réactive sur le réseau. [12]

1.9.2 Types des dispositifs FACTS : [15]

En général, les systèmes FACTS se répartissent en trois catégories :

- 1- .Les compensateurs parallèles. (Figure 1.6)
- 2 .Les compensateurs séries. (Figure 1.5)
- 3. Les compensateurs hybrides (série - parallèle). (Figure 1.7)

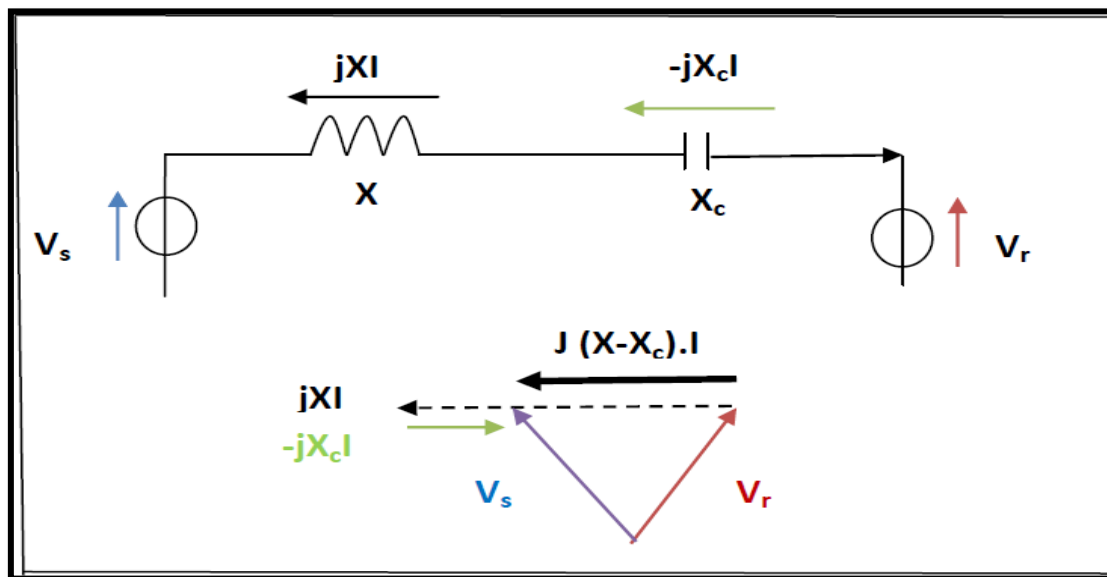


Figure 1.6 : Compensation série

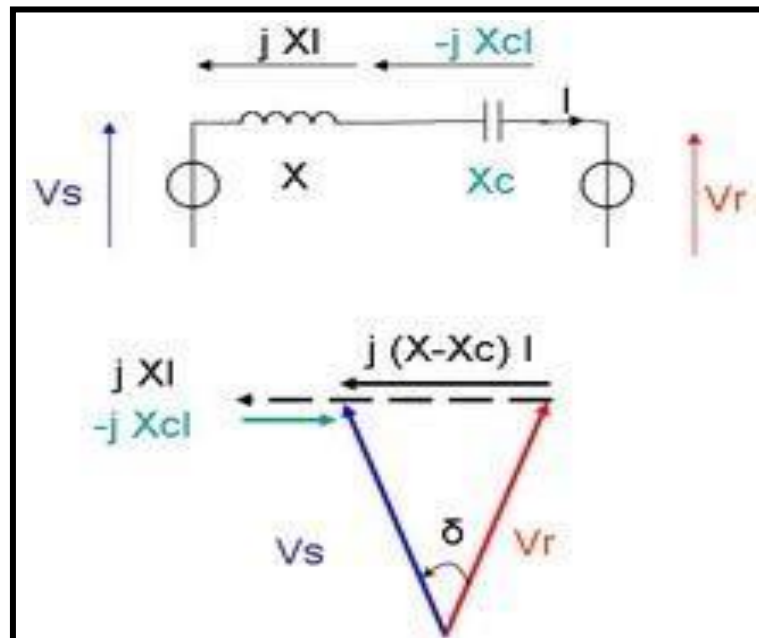
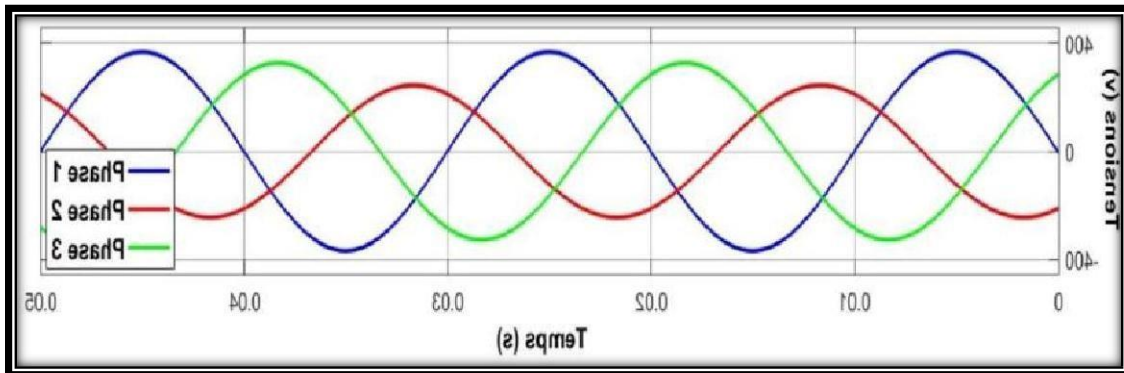


Figure 1.7 : Compensateurs shunts Parallèle

1.10 Déséquilibre de tension : [12]**Figure 1.8 : Déséquilibre de tension**

Lorsqu'un récepteur électrique triphasé déséquilibré est connecté à un réseau triphasé équilibré, des déséquilibres de tension peuvent survenir. De tels déséquilibres sont provoqués par la circulation de courants déséquilibrés dans les impédances du réseau, ce qui est typique pour un tel récepteur.

Dans le cas d'un système triphasé, si les tensions ne sont ni d'amplitude égale ni déphasées entre elles de 120° , il est considéré comme déséquilibré.

1.11 Etas de l'Art :**AUTEUR(S) [1][13] :**

Le réseau électrique est un élément essentiel de l'infrastructure qui relie la production d'électricité à ses utilisateurs finaux. Son rôle est crucial pour assurer la circulation des flux énergétiques et fournir les services associés aux collectivités qu'elle dessert. Après la Seconde Guerre mondiale, les besoins électriques évoluent et conduisent à un système de production centralisé, avec des centrales de plus en plus grandes.

Néanmoins, avec l'émergence des énergies décentralisées et renouvelables, le réseau de distribution a acquis une double fonction : il collecte la production d'énergie et la distribue aux clients.

Ce changement dans le paysage énergétique est significatif, facilitant une transition vers des sources d'énergie plus durables et décentralisées.

AUTEUR(S) [2][14] :

Les réseaux de transport et d'interconnexion à haute tension ont pour fonction d'acheminer l'énergie des centres de production vers les zones de consommation, ainsi que de permettre les échanges entre gestionnaires de réseaux. Cependant, le fonctionnement de ces systèmes électriques peut être complexe et présenter des défis pour les opérateurs. Afin d'éviter la panne totale du système, les opérateurs doivent travailler en permanence à l'amélioration des équilibres et des régulations.

Le cœur du défi est la gestion efficace des flux d'électricité pour assurer la stabilité du réseau, tout en répondant simultanément aux demandes croissantes de consommation et en maintenant une alimentation électrique fiable.

AUTEUR(S) [3][15] :

Cette discussion est centrée uniquement sur la protection contre les défauts d'isolement et les court-circuit. Néanmoins, il est essentiel d'envisager également de se protéger contre les événements qui entravent le bon fonctionnement du système global de production, de transport et de consommation d'électricité.

Ces événements peuvent inclure une surcharge, une perte de synchronisation et une diminution de la tension ou de la fréquence, entre autres.

AUTEUR(S) [4][16] :

Les réseaux électriques sont souvent perturbés par des conditions météorologiques défavorables, notamment la foudre, qui peuvent avoir un effet néfaste sur la pérennité des infrastructures et la qualité du service rendu aux consommateurs. En conséquence, les gestionnaires de réseau ont mis en place une variété de systèmes et de procédures pour remédier à ces défauts et assurer le bon transport de l'électricité. Cet article décrit les mesures de protection qui ont été mises en place, y compris la coordination des systèmes de protection pour chaque composant du réseau et les supports physiques qui protègent les systèmes de télécommunication.

De plus, l'article explique les différents processus de réinitialisation automatique utilisés pour restaurer le réseau à son fonctionnement normal.

Conclusion :

Les réseaux électriques jouent un rôle vital dans la société moderne en assurant une distribution efficace et fiable de l'électricité, l'infrastructure vitale qui transporte l'électricité des centrales électriques aux utilisateurs finaux tels que les foyers, les entreprises et les industries.

Ils comprennent de vastes réseaux de lignes de transmission, de transformateurs, de sous-stations et de lignes de distribution.

Les réseaux électriques sont complexes et interconnectés, nécessitant une planification, une gestion et une coordination minutieuses. Ils sont généralement divisés en plusieurs classes de tension, allant de la transmission longue distance sur les lignes de transmission haute tension à la distribution locale basse tension.

Les réseaux électriques sont conçus pour assurer un approvisionnement fiable et sécurisé en électricité. Les dispositifs de protection tels que les disjoncteurs sont utilisés pour détecter et isoler les défauts ou les surcharges afin de minimiser les interruptions de courant.

De plus, des protocoles stricts sont en place pour assurer la sécurité des travailleurs et du public. En bref, le réseau est l'épine dorsale de notre système énergétique, fournissant l'électricité dont nous avons besoin pour nos besoins quotidiens. Leur développement continu et leur adaptation aux défis futurs sont essentiels pour garantir un approvisionnement énergétique fiable, durable et abordable.

Chapitre 2 :

Ecoulement de ***puissance***

2. Introduction :

La première étape d'un écoulement de puissance consiste à calculer la matrice d'admittance du réseau, cependant avant de trouver la matrice complète du réseau il faut trouver la matrice d'admittance de chaque composant, pour ce faire on va utiliser la modélisation en régime permanent à l'aide d'un quadripôle.

L'étude de l'écoulement de puissance (load flow) permet d'avoir la solution des grandeurs d'un réseau électrique en fonctionnement normal et anormal afin d'assurer une exploitation efficace, c'est-à-dire conforme aux normes techniques. Ces grandeurs sont les tensions aux nœuds, les puissances injectées aux nœuds et celles qui transitent dans les lignes. Les pertes et les courants s'en déduisent.

Les études de l'écoulement de puissance permettent de planifier la construction et l'extension des réseaux électriques ainsi que la conduite et le contrôle de ces réseaux.

2.1 Modélisations Mathématique du Réseau Electrique : [17]

Les machines synchrones sont les générateurs habituels d'énergie électrique pour les consommateurs. Ils sont identifiés par une vitesse de rotation de l'arbre de sortie qui correspond à celle du champ tournant. Pour cela, un couple mécanique provenant d'une source d'énergie primaire, telle qu'une énergie hydraulique, nucléaire ou chimique, est appliqué à l'axe de la machine synchrone via une liaison mécanique intermédiaire, typiquement une turbine. Un circuit d'excitation alimenté en courant continu est utilisé pour générer le champ magnétique du rotor.

Le champ magnétique du rotor reste fixe par rapport au rotor, garantissant que le rotor et le champ tournant du stator ont la même vitesse de rotation pendant le fonctionnement normal. Par conséquent, les enroulements du stator subissent des champs magnétiques variant périodiquement, entraînant l'induction d'un courant alternatif f.é.m. dans le stator.

$$Q_{Gmin} \leq Q \leq Q_{Gmax}$$

2.1.1 Modelé du transformateur :[18]

Dans la figure (2.1), le transformateur est représenté comme un quadripôle π non symétrique.\

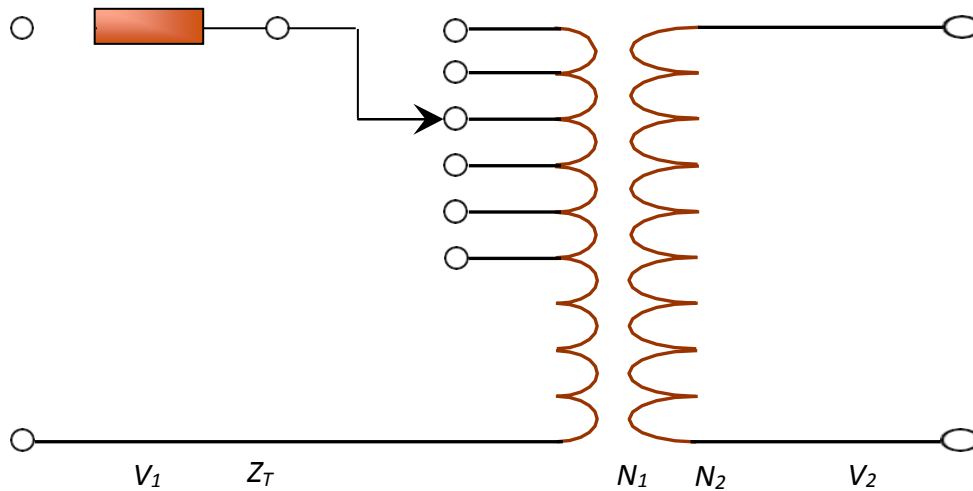


Figure 2.1: Modèle simplifié de transformateur. [15]

Si N_1 est le nombre de spires côté haute tension et N_2 est le nombre de spires côté basse tension, le rapport de transformation M est défini par :

$$M = \frac{N_1}{N_2}$$

Les transformateurs jouent un rôle crucial dans la transmission électrique. D'un côté de l'unité de production, des transformateurs sont utilisés pour élever l'amplitude de la tension alternative afin de répondre aux exigences de transmission.

Parallèlement, du côté des consommateurs, des transformateurs sont utilisés pour diminuer la tension et la ramener à des niveaux compatibles avec les réseaux de distribution basse tension [C]

2.1.2 Modèle des lignes de transmission :

Les réseaux de transport jouent un rôle essentiel pour relier les pôles de production aux régions de consommation. De plus, ils facilitent les échanges d'électricité grâce à des lignes d'interconnexion, qui peuvent s'étendre à travers des pays ou de vastes régions gérées par différents opérateurs de réseaux (Bernard et al., 2005).

La structure la plus fréquemment utilisée pour ce modèle particulier est La figure 2 qui est représentée en π , montre un schéma analogue. Ce diagramme se distingue par trois paramètres principaux, comme le notait Kundur en 1994.

Le composant en question est une résistance appelée résistance série, qui est placée dans un circuit pour réguler le flux de courant.

Il s'agit d'une description d'une réactance composée d'une inductance série L . L'inductance est présente en raison du couplage du champ magnétique.

Les conducteurs sont les supports physiques par lesquels passent les signaux électriques. Ces signaux peuvent se manifester sous forme de courants ou d'ondes. Le terme "entre conducteurs" fait référence à l'espace ou à la zone située au milieu de deux conducteurs et constitue un élément crucial des circuits électriques.

La présence d'une capacité shunt C peut être attribuée au couplage de champs électriques entre conducteurs. [19]

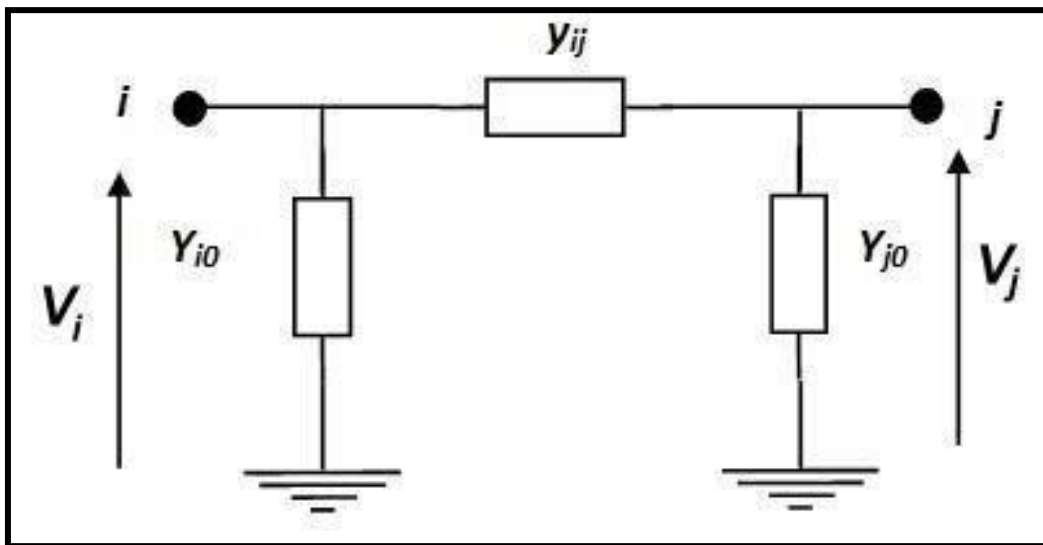


Figure 2.2 : Modèle en π du transformateur

2.1.3 Modelé de Générateur :

L'énergie électrique demandée par le consommateur est généralement produite par les machines synchrones. Ces dernières sont caractérisées par une vitesse de rotation de l'arbre de sortie de chaque machine égale à la vitesse de rotation du champ tournant.

Pour obtenir un tel fonctionnement, un couple mécanique issu d'une énergie primaire source, comme l'énergie hydraulique, l'énergie nucléaire ou l'énergie chimique, est appliqué à l'axe de la machine synchrone via un lien mécanique intermédiaire. [20]

2.1.4 Modèles des nœuds du réseau [20] [24]

Les nœuds dans un réseau électrique sont divisés en trois types :

2.1.4.1 Nœud de charge (PO) :

Le nœud est directement lié à la charge, sans composants intermédiaires entre les deux.

La source d'alimentation est absente dans ce scénario. Les puissances active et réactive sont établies et acceptées telles quelles. Les variables à déterminer sont la phase et le module de la tension.

2.1.4.2 Nœud générateur (PV) :

Un nœud peut être connecté directement à un générateur ou à une source d'énergie réactive. La puissance active et la tension de ce nœud sont considérées comme des grandeurs établies. Il existe des limites à la production d'énergie réactive, appelées valeurs inférieure et supérieure, notées respectivement. Une fois l'une des limites atteintes, la valeur est réglée sur cette limite et la tension est relâchée. En conséquence, le nœud est converti en un nœud identifié par (PQ). [24]

2.1.4.3 Nœud bilan (slack bus) :

Un générateur est lié à un nœud, en termes relatifs.

Le terme "puissant" a un poids significatif dans les calculs de flux de puissance car il sert à rectifier les pertes actives et à garantir que la demande et la production de puissance active sont

sur un pied d'égalité. Lors de l'examen d'un nœud d'équilibre, l'amplitude et l'angle de la tension sont supposés être connus. Les puissances active et réactive sont les valeurs à déterminer.

2.2. Objectif de l'étude de l'écoulement de puissance :

L'un des principaux objectifs des opérateurs de réseaux électriques est d'assurer un bon entretien des infrastructures électriques. Des inspections et un entretien régulier des lignes électriques, des sous-stations et des transformateurs sont essentiels pour prévenir les accidents et les dommages aux équipements électriques. Par exemple, la gestion de la végétation est essentielle pour empêcher les arbres et les branches de tomber sur les lignes électriques pendant les tempêtes. De plus, la mise en œuvre de mesures de sécurité telles que des clôtures autour des sous-stations et des panneaux d'avertissement peut prévenir les accidents.

De plus, l'utilisation d'une technologie de pointe pour surveiller le réseau et détecter les pannes peut aider les opérateurs à identifier les problèmes potentiels et à les résoudre avant qu'ils ne s'aggravent.

- 1- La forme d'onde du courant et de la tension doit d'être sinusoïdale (éviter les harmoniques).
- 2- Les lignes de transmission doivent fonctionner dans leurs limites thermiques et de stabilité.
- 3- La durée de coupure de l'alimentation doit être le minimum possible.
- 4- En outre (plus), à cause de dérégulation (ouverture) du marché d'électricité, le courant de kWh doit être le plus bas possible

2.3 Problème de l'écoulement de puissance : [21]

Les calculs de distribution de puissance ((écoulement des puissances ou load flow ou encore power flow) consistent à déterminer tous les transferts de puissance et toutes les tensions dans le réseau pour une situation de charge donnée, Quatre grandeurs sont associées à chaque nœud du système : la puissance active et réactive ainsi que le module et la phase de la tension.

Seules deux de ces quatre variables sont connues dans un nœud, Les deux autres sont déterminés dans le calcul.

Trois combinaisons sont couramment utilisées, définissant trois types de nœuds :

2.3.1 Nœud de charge (PO):

C'est un nœud directement connecté à la charge, il ne possède aucune source d'énergie. Les puissances active et réactive sont considérées comme connues.

2.3.2 Nœud générateur (PV) :

C'est un nœud relié directement à un générateur ou à une source d'énergie réactive. La puissance active et la tension sont connues.

La production d'énergie réactive est limitée par des valeurs inférieures et supérieures, Q_g^{\min} et Q_g^{\max} respectivement. Si l'une des deux bornes est atteinte, la valeur est fixée à cette borne et la tension est relâchée, le nœud devient alors un nœud (PQ).

2.3.3 Nœud de référence (Slack bus) :

C'est un nœud auquel est connecté un générateur relativement puissant ; il est considéré dans les calculs de flux de puissance pour compenser les pertes actives et pour assurer un équilibre entre la demande de puissance active et la production.

Dans le nœud de référence, on suppose que l'amplitude et l'angle de la tension sont connus. L'objectif est de déterminer la tension complexe du jeu de barres à partir de laquelle toutes les autres grandeurs telles que le courant de transmission, la puissance et les pertes peuvent être dérivées.

Pour un réseau à N bus, l'équation de tension nodale du système est exprimée par la relation matricielle :

$$I_{bus} = U_{bus} * Y_{bus} \quad (1)$$

2.4 Solution de l'écoulement de puissance par l'algorithme de Newton**Raphson :**

La solution de l'écoulement de puissance peut être effectuée à l'aide de l'algorithme de Newton Raphson comme suit :

1. Choisir un vecteur initial x (les niveaux de tension et l'angles de phase des jeux de barres, les puissances de sortie des générateurs où $x=[\theta, V]$)
2. déterminer des fonctions des puissances actives et réactives et calcule $\Delta F(x) = [\Delta P, \Delta Q]$
3. Calculer les éléments de la matrice de jacobéenne.
4. Résoudre l'équation $\Delta x = J^{-1}\Delta F$
5. Mettre à jour la solution $X^{k+1} = X^k + \Delta X$
6. Vérifier les limites de tension $v^{\min} < v < V^{\max}$

2.4.1 Charge électrique :

La charge électrique est souvent modélisée sous forme d'une impédance constante. Ils reflètent souvent des postes de répartition (sous stations) qui alimentent des réseaux de distribution.

2.5 Ecoulement de puissance continue :[22]

2 Flux de puissance continu Les indices VS sont fournis avec un modèle PF standard où l'on suppose que les puissances active et réactive changent est le paramètre clé qui conduit le réseau à une tension Effondrement (ou à la singularité de la matrice jacobéenne).

Le Les déviations actives et réactives du problème PF sont définies par équations suivantes :_

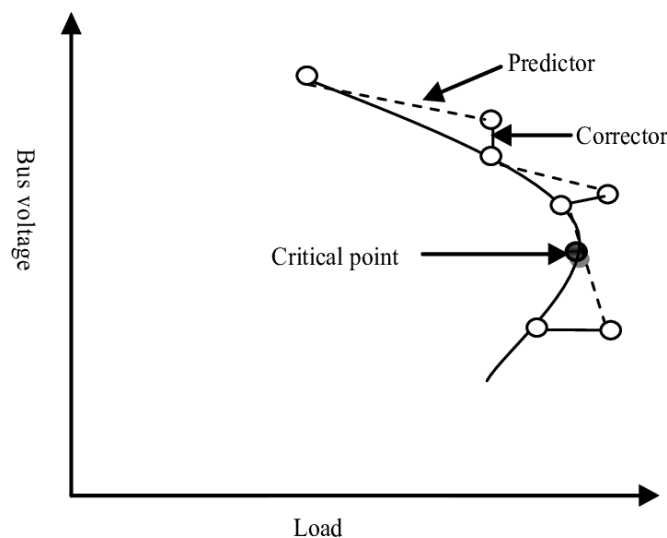


Figure 2.3 : Principe de CPF

$$\begin{bmatrix} \Delta p(x,\lambda) \\ \Delta Q(x,\lambda) \end{bmatrix} = f(x) = (x,\lambda) \quad (2)$$

2.5.1 Les équations de l'écoulement de puissance :[23]

Dans le cas général, pour déterminer les équations de l'écoulement de puissance, on considère que les puissances au jeu de barres i sont équilibrées, donc le bilan des puissances électriques à un jeu de barres i d'un réseau électrique de n jeu de barres est la différence entre la puissance générée S_{Gi} et la puissance demandée S_{Di} ; au niveau du même jeu de barres.

$$S_i = S_{Gi} - S_{Di} = P_{Gi} - P_{Di} + j(Q_{Gi} - Q_{Di}) \quad (3)$$

Les lignes de transmission relient le jeu de barres i aux autres jeux de barres k du réseau électrique. Un jeu de barres peut être connecté à un maximum de $(n-1)$ jeux de barres.

Chacune de ces droites peut être représentée par un schéma équivalent avec une admittance série Y_{Sik} et une admittance parallèle Y_{Pik} « Si une droite n'existe pas, l'admittance sera égale à zéro. (Figure 1.3).

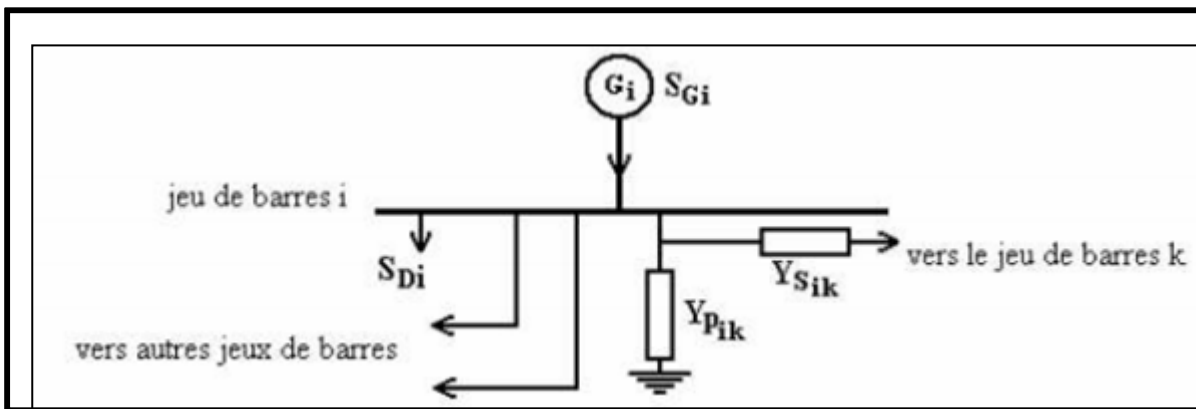


Figure 2.4 : jeu de barres quelconque avec génération, charge et ligne de transmission

La construction du modèle mathématique, par lequel on peut prédire la forme de l'écoulement de puissance, est essentielle pour la compréhension du mécanisme de l'écoulement de puissance.

Dans la formulation des équations de l'écoulement de puissance l'une des deux matrices (admittance ou impédance) est nécessaire.

La construction du modèle mathématique, par lequel on peut prédire la forme de l'écoulement de puissance, est essentielle pour la compréhension du mécanisme de l'écoulement de puissance.

Dans la formulation des équations de l'écoulement de puissance l'une des deux matrices (admittance ou impédance) est nécessaire.

La puissance apparente S_i injectée au jeu de barres i est donnée par l'équation $S_i = V_i I_i^*$ où I_i est le courant qui entre dans le jeu de barres i . ce courant est composé de deux composantes, une composante $Y_p V_p$ qui s'écoule à travers l'admittance shunt, et une composante $(V_i - V_k) Y_s$ qui s'écoule à travers l'admittance série de la ligne équivalente du réseau. D'après la loi de Kirchhoff appliquée à un jeu de barres, pour une seule phase, nous avons l'équation :

$$I_i = \frac{S_i}{V_i} = V_i \sum_{k=1}^n (Y_{pik} + Y_{sik}) + \sum_{k=1}^n (Y_{pik} + Y_{sik}) V_k \quad i=1, \dots, n \quad (4)$$

On peut écrire l'équation (4) sous la forme suivante :

$$I_i = \frac{S_i}{V_i} = Y_{i1} V_1 + Y_{i2} V_2 + \dots + Y_{ii} V_i + \dots + Y_{in} V_n \quad i=1, \dots, n \quad (5)$$

Où :

$$Y_{ii} = \sum_{k=1}^n (Y_{pik} + Y_{sik}) \quad \text{et} \quad Y_{ik} = Y_{ki} = -Y_{sik}$$

Du fait que les puissances sont connues et les courants sont inconnus, donc les équations prendront des formes non linéaires :

$$S_i^* = P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} V_j \quad i=1, \dots, n \quad (6)$$

Séparons la partie réelle et imaginaire de l'équation (6) on aura les équations (7) et (8) qui expriment l'équilibre des puissances actives et réactives au jeu de barres i :

$$P_i = \sum_{j=1}^n V_i V_j (g_{ij} \cos \theta_{ij} + b_{ij} \sin \theta_{ij}) = f_{ip} \quad i=1, \dots, n \quad (7)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n V_i V_j (g_{ij} \sin \theta_{ij} - b_{ij} \cos \theta_{ij}) = f_{iq} \quad i=1, \dots, n \quad (8)$$

2.5.2 Equation de l'écoulement de puissance dans les lignes :

La détermination des valeurs des puissances réparties dans les lignes de transmission est indispensable pour localiser les lignes électriques surchargées, calculer la valeur des pertes de puissance et déterminer les contraintes qui s'imposent.

Le courant de la branche entre les deux jeux de barres i et k , sens positive et donne par:

$$I_{ik} = Y_{ik} (V_i - V_k) + V_i Y_p \quad (9)$$

On a :

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

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

2.5.3 Quelques observation sur les équations de l'écoulement de puissance :

1. Les équations sont algébriques, qui travaille en régime permanent.
2. Les équations son non linéaires, il est très difficile d'avoir des solutions analytique.
3. L'équilibre de puissance active donne :

$$\sum_{i=1}^n P_{Gi} = \sum_{i=1}^n P_{Di} + \sum_{i=1}^n P_{Li} \quad (10)$$

2.6 Classification des variables de l'écoulement de puissance : [19]

Les (6n) variables du flux de puissance sont divisées en trois vecteurs, le vecteur de perturbation est constitué de PDi et QDi puisqu'ils ne sont pas contrôlables et ne dépendent que des consommateurs, le vecteur de commande est constitué de la puissance active et réactive de chaque générateur en marche (PGi et QGi) forment finalement le vecteur d'état Tension du bus (Viet wi).

2.7 Calcul Continu de l'écoulement de puissance :

La technologie de calcul continu du l'écoulement de puissance est largement utilisée Reconnu comme un outil important pour déterminer la courbe V(P) d'un système puissance, et peut estimer les conditions de charge maximales et Solution "critique".

Bien que les grands systèmes nécessitent des calculs numériques Les exigences sont élevées, et le CPF est insensible aux instabilités numériques. En fait, il peut Détermine et fournit des informations sur les parties stables et instables de la courbe V(p)

Au point d'équilibre générique p, la relation suivante s'applique :

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}_p, \lambda^*) = \mathbf{0} \Rightarrow \left. \frac{d\mathbf{f}}{d\lambda} \right|_{\lambda^*} = \mathbf{D}_x \mathbf{f} \left. \frac{dx}{d\lambda} \right|_{\lambda^*} + \left. \frac{d\mathbf{f}}{d\lambda} \right|_{\lambda^*} = \mathbf{0} \quad (11)$$

Et le vecteur tangent peut être approximé par :

$$r = \frac{dx}{d\lambda} \approx \frac{\Delta x_p}{\Delta \lambda_p}$$

À ce stade, un pas de contrôle de taille k doit être choisi pour déterminer les grandeurs Δx_p et $\Delta \lambda_p$, normalisées pour éviter de grandes tailles de pas pour de grands $\|\tau_p\|$.

$$\Delta \lambda_p = \frac{K}{\|\tau_p\|} \quad \Delta x_p = \frac{k \tau_p}{\|\tau_p\|}$$

(12)

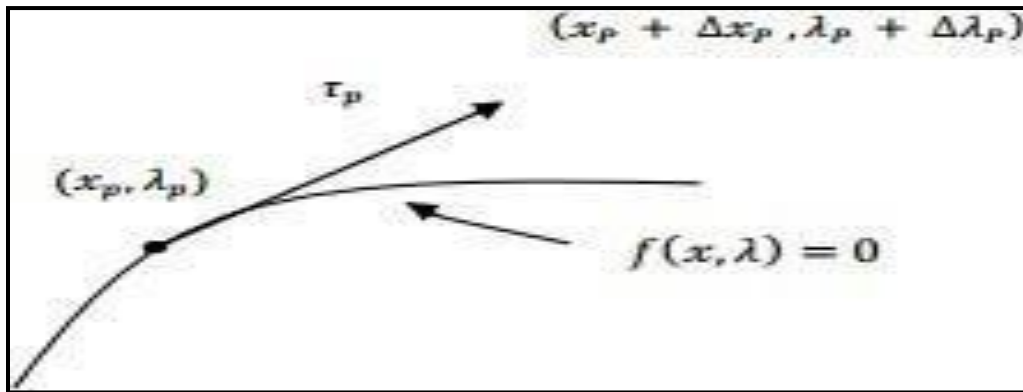


Figure 2.5 : calcul continu de l'écoulement de puissance : Pas prédicteur par les moyens de latangente

Par correcteur :

Pour le pas correcteur, l'ensemble des équations $n+1$ est résolu :

$$F(x, \lambda) = 0 \quad \eta(x, \lambda) = 0$$

Où la solution de f doit être dans la variété bifurquée, et η est une équation supplémentaire pour garantir un ensemble non singulier au point de bifurcation. Pour le choix de η , il y a deux choix : intersection perpendiculaire et para-métrisation locale.

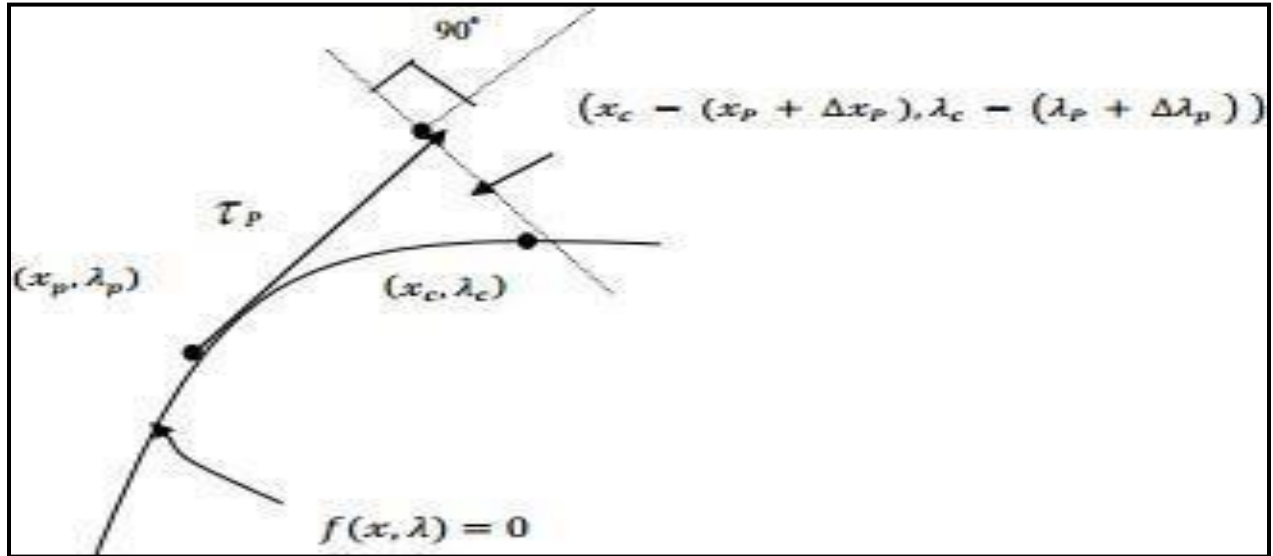


Figure 2.6 : Calcul continu de l'écoulement de puissance :
 pascorrecteur obtenu par les moyens
 d'intersection perpendiculaire.

$$\eta(x, \lambda) = \begin{bmatrix} \Delta x_p \\ \Delta \lambda_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c - (x_p + \Delta x_p) \\ \lambda_c - (\lambda_p + \Delta \lambda_p) \end{bmatrix} = 0 \quad (11)$$

Alors qu'en paramétrage local, le paramètre λ ou variable x_i est forcé à une valeur fixe.

$$\eta(x, \lambda) = \lambda_c - \lambda_p - \Delta \lambda_p$$

Où

$$\eta(x, \lambda) = x_c - x_p - \Delta x_p$$

(12)

Le choix des variables à fixer dépend de la variété de bifurcation de f comme indiqué (fig1.8)

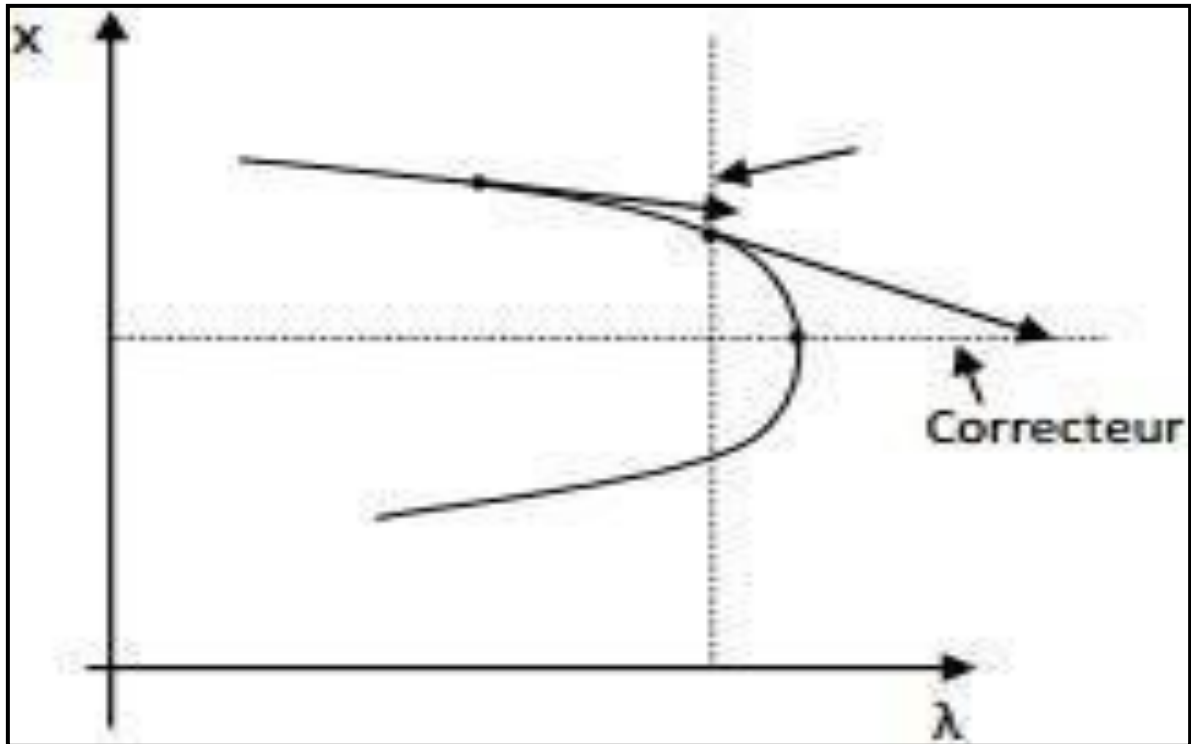


Figure 2.7: Calcul continu de l'écoulement de puissance : pas correcteur obtenu par les moyennes de la para-métrisation locale.

Conclusion :

Dans les premières étapes de ce chapitre, nous nous sommes lancés dans une analyse exhaustive des différents éléments constitutifs d'un réseau électrique. Nous nous sommes concentrés principalement sur les composants fondamentaux, y compris les générateurs, les transformateurs, les lignes de transmission, les nœuds de réseau, ainsi que les charges statiques et dynamiques.

Le concept de flux d'énergie continu est un aspect crucial des réseaux électriques qui facilite la compréhension et l'évaluation de la distribution et de la transmission efficaces de l'électricité.

L'optimisation du transport d'électricité est facilitée par la mise en place d'un flux de puissance continu.

Ce processus évalue à la fois les flux de puissance et les conditions opérationnelles des réseaux. Ses avantages incluent la minimisation des pertes d'énergie, l'équilibrage des charges et la préservation de la stabilité du système électrique.

Le calcul du flux de puissance continu est réalisé par diverses méthodes, telles que la méthode de Gauss-Seidel, la méthode de Newton- Raphson et la méthode d'itération de puissance active-réactive.

Chapitre 3 :

Les algorithmes ***Génétiques***

3. Introduction :

Les algorithmes génétiques (AG) sont un type de méthodologie informatique qui s'inspire des principes de la génétique et de la sélection naturelle. Ils font partie d'un groupe plus large d'algorithmes évolutifs et sont utilisés pour relever les défis de la recherche et de l'optimisation.

Le concept fondamental qui sous-tend les algorithmes génétiques est l'émulation de la sélection naturelle pour déterminer les solutions optimales à un problème particulier.

Pour démarrer le processus, une population est initialisée, et cette population comprend un groupe d'individus ou de solutions potentielles. Chaque individu au sein de la population sert de concurrent pour le problème à résoudre. Ils sont codés d'une manière qui permet de les représenter sous la forme d'une série de chiffres binaires, de nombres ou d'autres structures de données.

Au fil du temps, à mesure que les générations progressent, la population subit une transformation qui se traduit généralement par une amélioration de la qualité globale. Grâce aux principes de variation génétique et de sélection naturelle, l'algorithme génétique se rapproche progressivement d'une solution optimale ou presque. L'algorithme y parvient en augmentant constamment la qualité des membres individuels.

3.1 Mécanismes de fonctionnement d'un (AG) : [28]

Les phases opérationnelles de (AG) peuvent être délimitées par les individus qui y adhèrent :

Initialisation : Une population initiale composée de N individus est créée de manière aléatoire.

Évaluation : Chaque individu est décodé et évalué en fonction de la fonction d'évaluation spécifiée.

Sélection : Une nouvelle population est créée en utilisant une méthode de sélection appropriée, qui favorise les individus les mieux adaptés.

Recombinaison : Des opérations de croisement et de mutation sont effectuées au sein de la nouvelle population pour introduire de la diversité et explorer de nouvelles solutions potentielles.

Retour à l'étape d'évaluation : Les individus de la nouvelle population sont évalués à nouveau, et le processus se répète jusqu'à ce que le critère d'arrêt spécifié dans l'algorithme soit satisfait.

3.2 Structure de l'Algorithme Génétique : [27]

L'implémentation d'un algorithme génétique est spécifique au problème à résoudre. Pour utiliser cet algorithme, les cinq éléments suivants sont nécessaires :

3.2.1 Le codage des individus :

La qualité du codage des données est essentielle pour le succès des algorithmes génétiques.

Les codages binaires ont été largement utilisés à l'origine, mais les codages réels sont désormais largement adoptés, en particulier pour l'optimisation de problèmes impliquant des variables réelles.

3.2.2 La génération de la population initiale :

Ce mécanisme doit être capable de créer une population initiale d'individus hétérogènes qui servira de base pour les générations futures.

3.2.3 La fonction à optimiser :

Cette fonction renvoie une valeur appelée "fitness" ou "évaluation" pour chaque individu, représentant sa qualité ou son aptitude par rapport à l'objectif d'optimisation.

3.2.4. Les opérateurs :

Permettant de diversifier la population au fil des générations et d'explorer l'espace de recherche.

L'opérateur de croisement recompose les gènes des individus, permettant de créer de nouvelles combinaisons génétiques.

3.2.5 Paramètres de taille :

Taille de la population, nombre total de générations, probabilité d'application des opérateurs de croisement et de mutation.

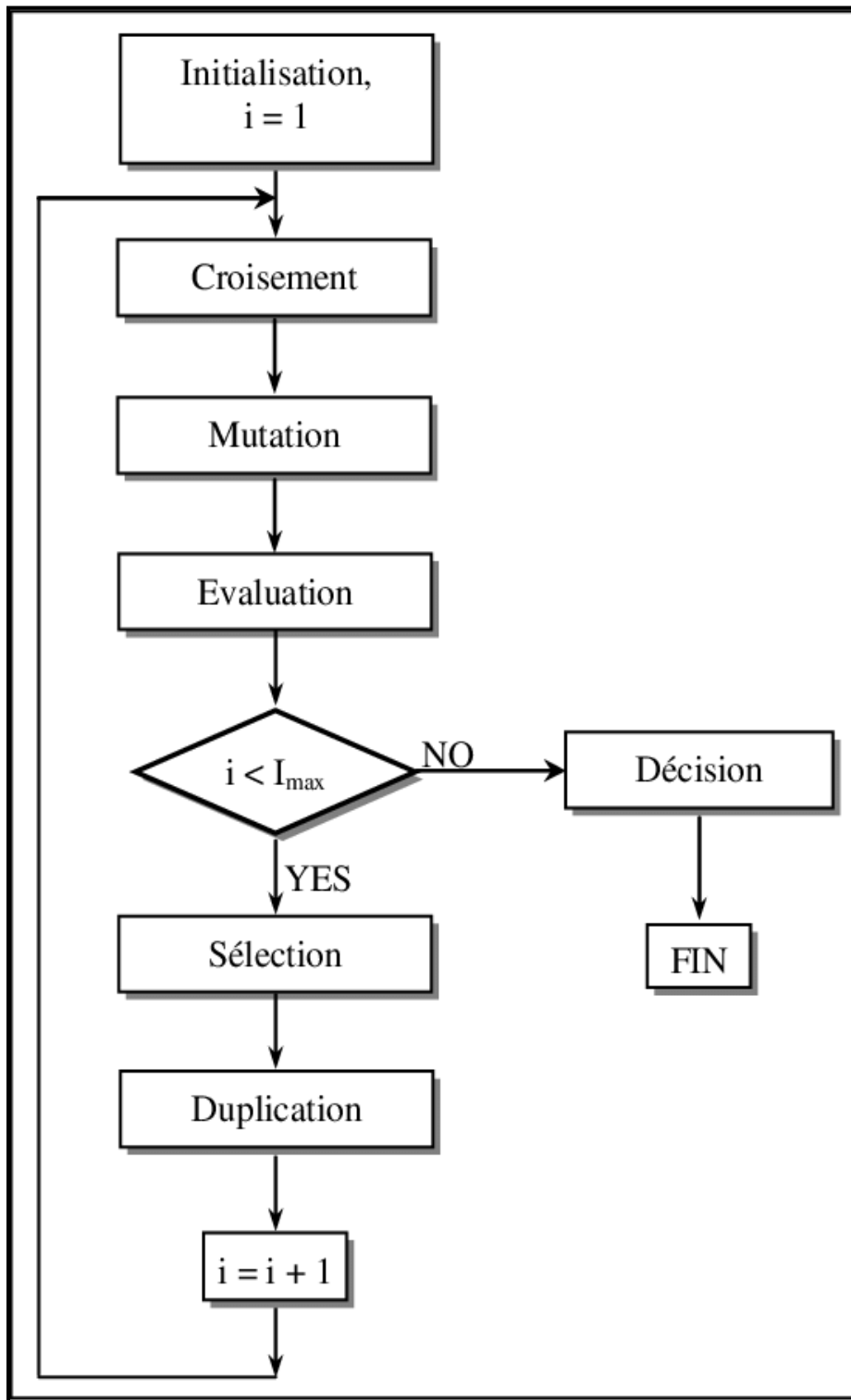


Figure 3.1 : Organigramme de l'algorithme génétique

3.3 Définition :**3.3.1 Optimisation : [25]**

Un problème d'optimisation peut être défini comme la recherche de la valeur minimale ou maximale d'une fonction spécifique.

Il est également possible d'identifier des problèmes d'optimisation où les variables qui composent la fonction à optimiser sont limitées à des régions particulières dans l'espace de recherche. Lorsque ce scénario se présente, il prend la forme d'un problème d'optimisation sous contraintes.

L'unicité d'un problème d'optimisation sous contrainte est sa caractéristique déterminante.

3.3.2 Fonction Objectif :

La fonction f , également appelée fonction de coût ou critère d'optimisation, est étiquetée comme telle. L'algorithme d'optimisation est chargé de trouver la valeur optimale de cette fonction. [26]

[X, fval]=cfp(casename, nbatter,landa,solnew2)

(13)

Casename : numéro de case par exemple(case30)

Nbatter : c'est le nombre des batteries

Solnew2 : le nom de fichier

3.3.3 Variables de decision:

Dans l'utilisation des algorithmes génétiques, une solution candidate est représentée par un vecteur de variables, symbolisé par $X \rightarrow$. L'objectif est de trouver le résultat le plus favorable de la fonction f en manipulant $X \rightarrow$. Grâce aux opérations de sélection, de croisement et de mutation effectuées sur les individus qui représentent ces candidats, les algorithmes génétiques visent à explorer l'espace de recherche et finalement à converger vers des solutions de plus en plus performantes selon la mesure de fitness associée à f . [25]

3.3.4 Identification des variables et des fonctions objectives :

Lors du choix de la position idéale des compensateurs et des dispositifs de génération d'énergie réactive au sein d'un réseau électrique, plusieurs limitations opérationnelles doivent être prises en compte.

La détermination repose sur diverses variables de contrôle, dont U et des variables d'état telles que X, ainsi que W qui régit les dispositifs FACTS. La fonction objectif porte sur la réduction des pertes d'exploitation au sein du réseau, représentée par la fonction F (U, X). Par conséquent, une base de données complète contenant toutes les informations pertinentes sur le réseau est cruciale pour atteindre cet objectif.

Vecteur d'état X pour le système est la suivante :

$$X = (VK, Q_{Gi}, P_{Gi})$$

$$I = 1 \dots NN_g, \quad J = 1 \dots \dots .N \quad K = 1 \dots \dots .NN_{pQ}$$

$$(14)$$

N : le nombre total des nœuds dans le réseau.

Ng : le nombre des nœuds de régulation.

NpQ : le nombre des nœuds de charge.

V_k : module de la tension au nœud de charge K.

Q_{Gi}: Puissance réactive générée au nœud contrôlé I.

P_{Gi} : Puissance active générée au nœud contrôlé I.

Le vecteur de contrôle U est défini par :

$$U = (v_i, B_{svc})$$

$$(15)$$

B_{svc} : Susceptance du SVC installé au nœud I.

3.4 Formulation du Problème

3.4.1 Contraintes du système

La constitution d'un réseau électrique peut être caractérisée par sa matrice d'admittance et les propriétés de charge qui l'accompagnent.

Lorsque l'agencement particulier a été déterminé, les limitations requises pour garantir les performances les plus efficaces du système peuvent être condensées dans ces contraintes :

Matrice admittance

$$Y^h = G^h + j B^H \tag{16}$$

3.4.2 Equations d'écoulement de puissance :

$$P_{Gi} - P_{Li} - V_i \sum_{K=1}^N V_K (G_{iK} \cos(\delta_i - \delta_K) + B_{iK} \sin(\delta_i - \delta_K)) = 0 \tag{17}$$

$$Q_{Gi} - Q_{Li} - V_i \sum_{K=1}^N V_K (G_{iK} \sin(\delta_i - \delta_K) + B_{iK} \cos(\delta_i - \delta_K)) = 0$$

(18)

3.4.3 Limites sur les puissances réactives générées :

$$Q_{Gi \min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi \max} \tag{19}$$

3.4.4 La puissance réactive générée par les SVC est limitée par l'équation suivante :

$$B_{svc}^{\min} \leq B_{SVC} \leq B_{svc}^{\max} \tag{20}$$

3.5 Codage et population initiale : [30]

Pour commencer le processus d'optimisation des variables via l'algorithme génétique (GA), la première étape consiste à représenter toutes les valeurs possibles de la variable d'une manière que l'algorithme peut utiliser, appelée codage.

Ce codage est essentiel pour créer un lien entre la valeur de la variable et les individus au sein de la population. Il imite le processus de traduction génotype-phénotype observé chez les organismes vivants. Les trois types de codage principalement utilisés sont le codage binaire, le codage réel et le codage base-n.

3.5.1 Codage binaire : [30]

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.

Pour de tels problèmes, les (AG) basés sur les chaînes binaires ont de faibles performances. La distance de Hamming entre deux nombres voisins (nombre de bits différents) peut être assez grande dans le codage binaire.

3.5.2 Codage réel : [29]

En utilisant le codage réel dans les algorithmes génétiques, le processus d'évaluation des chromosomes est accéléré en raison de l'élimination de l'étape de transcodage du binaire au réel.

Les données recueillies jusqu'à présent suggèrent que l'utilisation de la représentation réelle se traduit souvent par des niveaux de précision plus élevés et permet également des améliorations notables de la vitesse d'exécution.

3.5.3 Codage en base : [29]

L'encodage de la base 6 est devenu une méthode répandue de représentation des règles floues de Mamdani, comme détaillé dans des travaux tels que les articles de Zhou et Lai (2000) et de Cheong et Lai (2000). Dans l'article de Homaifar et McCormick (1993), Homaifar fournit une technique pour affiner les règles floues d'un contrôleur, où les sorties sont partitionnées en 5 valeurs linguistiques. Pour encoder les 5 valeurs potentielles de la conclusion d'une règle floue, il propose l'utilisation de l'encodage en base 6 puisque le nombre 6 ($5+1$) n'est pas une puissance de deux. Cette méthode permet un codage efficace.

3.6 Résolution du problème de l'écoulement de puissance :

Une gestion efficace de l'équilibrage de charge est cruciale pour les gestionnaires de réseaux électriques. Lors de l'examen de la structure des réseaux, il est impératif de renforcer, de modifier et d'ajuster le réseau pour s'adapter aux différents niveaux de consommation [31].

Afin de prendre la décision la plus efficace en cas d'incident, il est essentiel que l'opérateur ait une parfaite compréhension du comportement de son réseau.

3.6.1 Méthode de Newton-Raphson : [32] [33]

Par rapport à la méthode Gauss-Seidel, la méthode Newton-Raphson nécessite plus de temps par itération. Néanmoins, il est avantageux car il ne nécessite qu'un petit nombre d'itérations, même dans le cas de grands réseaux.

Ceci, à son tour, réduit considérablement le temps nécessaire pour calculer le flux de puissance, en particulier pour les grands réseaux.

La méthode de Newton-Raphson est utilisée pour résoudre un système.

On peut exprimer les puissances active et réactive en fonction d'équations non linéaires.

Les contraintes nodales font référence aux contraintes qui sont localisées à des points spécifiques, ou nœuds, au sein d'une structure.

Ces contraintes peuvent être causées par divers facteurs, tels que des forces externes, une pression interne ou des changements de température. Il est important d'analyser les contraintes nodales afin d'assurer l'intégrité structurelle d'un système et de prévenir les défaillances ou les dommages.

3.6.1.1 Les puissances actives et réactives de chaque nœud :

Les puissances actives et réactives de chaque nœud sont exprimées par différents moyens sous la forme ci-dessous :

$$P_i = \sum_{m=1}^n |V_i| |V_m| |Y_{im}| \cos(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}) \tag{21}$$

$$Q_i = \sum_{m=1}^n |V_i| |V_m| |Y_{im}| \sin(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}) \tag{22}$$

Avec :

$i=1, \dots, n$

on a :

i = 1 : Représente le nœud de référence

n : Nombre de nœuds

i : Numéro du nœud

Après le développement de Taylor :

$$P_i = p_i^{(0)} + \left(\frac{\partial p_i}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} \Delta \delta_2^{(0)} + \dots + \left(\frac{\partial p_i}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} \Delta \delta_n^{(0)} + \left(\frac{\partial p_i}{\partial |V_2|}\right)^{(0)} \Delta |V_2|^{(0)} + \dots + \left(\frac{\partial p_i}{\partial |V_n|}\right)^{(0)} \Delta |V_n|^{(0)} \quad (23)$$

$$Q_i = Q_i^{(0)} + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} \Delta \delta_2^{(0)} + \dots + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} \Delta \delta_n^{(0)} + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial |V_2|}\right)^{(0)} \Delta |V_2|^{(0)} + \dots + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial |V_n|}\right)^{(0)} \Delta |V_n|^{(0)} \quad (24)$$

On a la relation :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Avec}} \begin{aligned} \Delta P &= P_i - p_i^{(0)} \\ \Delta Q &= Q_i - Q_i^{(0)} \end{aligned} \quad (25)$$

ces expressions mathématiques peuvent être articulées de la manière suivante

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(0)} \\ \Delta Q_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial p_2}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial p_2}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial p_2}{\partial |V_2|}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial p_2}{\partial |V_n|}\right)^{(0)} \\ \left(\frac{\partial p_n}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial p_n}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial p_n}{\partial |V_2|}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial p_n}{\partial |V_n|}\right)^{(0)} \\ \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial |V_n|}\right)^{(0)} \\ \left(\frac{\partial Q_n}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial |V_2|}\right)^{(0)} & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial |V_n|}\right)^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(0)} \\ \Delta |V_2|^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta |V_n|^{(0)} \end{bmatrix} \quad (26)$$

Alors :

$$\begin{bmatrix} \Delta p^0 \\ \Delta Q^0 \end{bmatrix} = [J^0] \begin{bmatrix} \Delta \delta^0 \\ \Delta |v|^0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta^0 \\ \Delta |v|^0 \end{bmatrix} = [J^0]^{-1} \begin{bmatrix} \Delta p^0 \\ \Delta Q^0 \end{bmatrix} \quad (27)$$

On rappelle que :

$$\Delta \delta^{(k)} = \delta_i^{(k+1)} + \delta_i^{(k)} \quad (28)$$

$$\Delta |V_i|^{(k)} = |V_i|^{(k+1)} + |V_i|^{(k)} \quad (29)$$

Par l'adaptation de (27) et (28) :

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{\delta}^{(k+1)} \\ |V|^{(k+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\delta}^{(k)} \\ |V|^{(k)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta \boldsymbol{\delta} \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{\delta}^{(k+1)} \\ |V|^{(k+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\delta}^{(k)} \\ |V|^{(k)} \end{bmatrix} + [J^{(k)}]^{-1} \begin{bmatrix} \Delta p^{(k)} \\ \Delta |Q^{(k)}| \end{bmatrix} \quad (30)$$

En remplaçant (15) dans l'équation :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \boldsymbol{\delta} \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (31)$$

Avec :

$$J = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \quad (32)$$

J_1, J_2, J_3, J_4 : sont les sous-matrices de Jacobéenne

D'après l'équation (21) (22) en détermine les éléments de J :

Sous matrice J_1 :

$$\frac{\partial p_i}{\partial \delta_i} = -|V_m||V_l||Y_{im}|\text{SIN}((\delta_m - \delta_i + \theta_{im})) \quad i \neq m \quad (33)$$

$$\frac{\partial p_i}{\partial \delta_i} = \sum_{\substack{m=1 \\ i \neq m}}^n |V_m||V_l||Y_{im}|\text{SIN}((\delta_m - \delta_i + \theta_{im})) \quad i = m \quad (34)$$

Sous matrice J_2 :

$$\frac{\partial p_i}{\partial \delta_i} = |V_m||Y_{im}|\text{COS}((\delta_m - \delta_i + \theta_{im})) \quad i \neq m \quad (35)$$

$$\frac{\partial p_i}{\partial \delta_i} = 2|V_m||Y_{im}|\text{COS}((\delta_m - \delta_i + \theta_{im})) \quad i = m \quad (36)$$

Sous matrice J_3 :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = -|V_m||V_l||Y_{im}|\text{COS}((\delta_m - \delta_i + \theta_{im})) \quad i \neq m \quad (37)$$

$$\frac{\partial p_i}{\partial \delta_i} = \sum_{\substack{m=1 \\ i \neq m}}^n |V_m||V_l||Y_{im}|\text{COS}((\delta_m - \delta_i + \theta_{im})) \quad i = m \quad (38)$$

Sous matrice J_4 :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = -|V_m||Y_{im}|\text{SIN}((\delta_m - \delta_i + \theta_{im})) \quad i \neq m \quad (39)$$

$$\frac{\partial p_i}{\partial \delta_i} = \sum_{\substack{m=1 \\ i \neq m}}^n |V_m||Y_{im}|\text{SIN}((\delta_m - \delta_i + \theta_{im})) - 2|V_{im}||V_i|\text{SIN}(\theta_{im}) \quad i = m \quad (40)$$

$m \quad i \quad im \quad im \quad i \quad im$

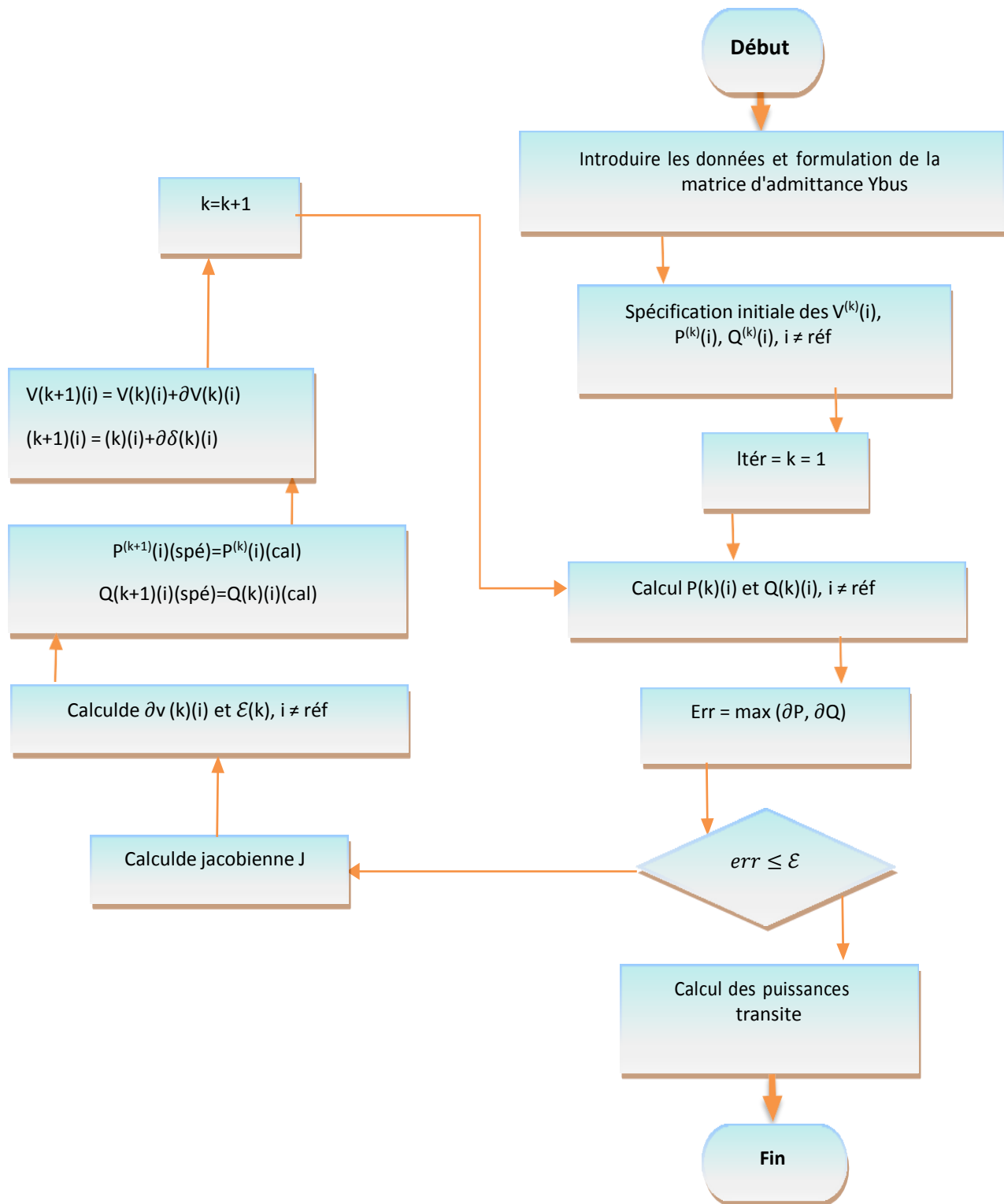


Figure 3.2 : Organigramme de la méthode de Newton-Raphson

Conclusion:

Lorsqu'il s'agit de résoudre des problèmes complexes au sein des réseaux électriques, la méthode Newton-Raphson en combinaison avec des algorithmes génétiques est une approche efficace.

La méthode de Newton-Raphson est un processus numérique itératif qui permet la résolution précise d'équations non linéaires.

Cette méthode est connue pour sa convergence rapide, ce qui en fait un outil précieux pour résoudre des problèmes complexes.

Cette méthode permet aussi d'obtenir des solutions précises et efficaces.

Chapitre 4:

Simulation et résultat

3 Introduction :

Le passage suivant présente une simulation du placement optimal des dispositifs FACTS au sein d'un réseau électrique dans le but de minimiser les pertes actives totales tout en respectant les contraintes spécifiées.

Diverses méthodes ont été utilisées, les méthodes approximatives apparaissant comme les plus appropriées. Dans cette catégorie, les métas heuristiques servent de techniques d'optimisation universelles qui utilisent des règles intelligentes pour explorer des solutions potentielles. Ces techniques génèrent des solutions de haute qualité.

Pour ce faire, un algorithme génétique de base utilisant un système de codage binaire pour les paramètres sera utilisé. Notre application sera testée sur un réseau établi : le réseau de test de nœud IEEE-30.

3.1 Optimisation par les algorithmes génétiques :

L'algorithme génétique est itérativement exécuté sur plusieurs générations, évaluant et améliorant les solutions à chaque itération.

L'algorithme converge vers une solution optimale ou une approximation de celle-ci, en fonction des critères d'arrêt définis.

3.2 Optimisation par la méthode de newton-Raphson :

3. Réseaux nœud IEEE 30 BUS nœud 8 (test):

Le réseau utilisé à des fins de test comprend 30 nœuds 8, avec 41 branches et 6 nœuds générateurs.

Comme il est présenté sur la figure 1.

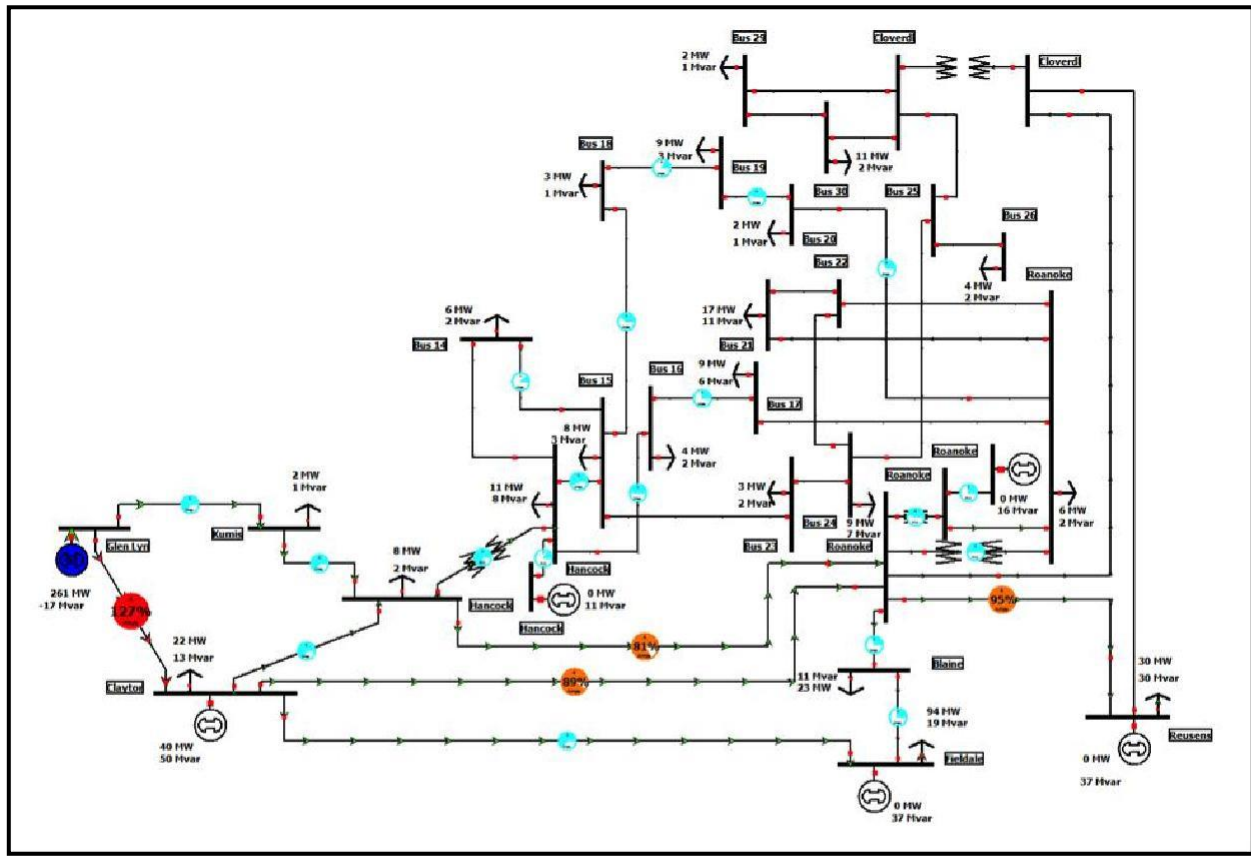


Figure 4.1 : Réseau test IEEE 30 Nœuds

Les résultats de Simulation :

Lors de l'exécution du programme d'écoulement de puissance continue en utilisant la méthode de Newton-Raphson sur le réseau de test IEEE composé de 30 nœuds, deux ensembles de résultats ont été obtenus.

Le premier ensemble a été obtenu sans aucune compensation, avec compensation 4 svc, 6svc, 8svc ensemble a été généré après intégration du SVC.

1.1 Sans compensation :

Dans cette première partie, nous avons testé le programme sur un réseau de 30 nœuds dans des conditions normales.

L'objectif était de détecter les nœuds les plus sensibles et de contrôler les tensions. Pour ce faire, nous avons utilisé une méthode simple basée sur l'écoulement de puissance.

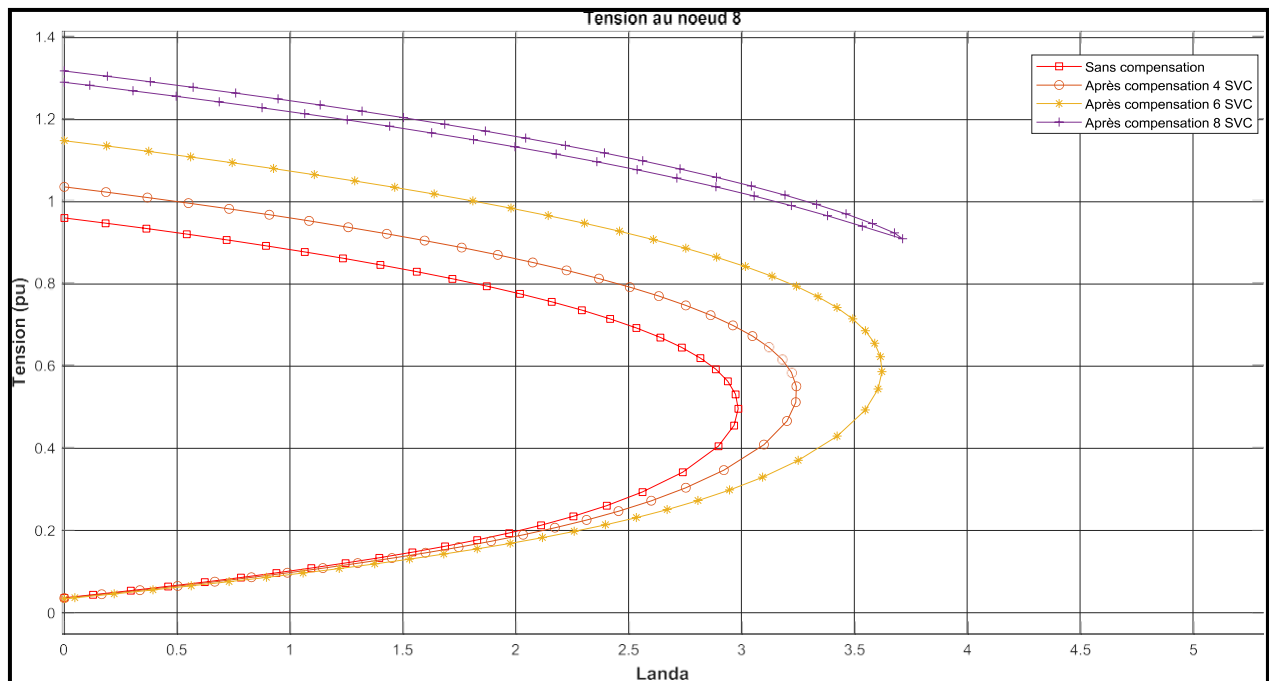


Figure 4.2 : caractéristiques PV au nœud 30 avec et sans SVC, V=1.3 PU

Interprétation :

La figure 1 présente les caractéristiques de bifurcation pour les nœuds 30 du réseau. À partir de cette figure, on constate que le CPF (Continuation Power Flow) permet de résoudre le problème de divergence observé dans les algorithmes classiques d'écoulement de puissance. Il maintient un bon conditionnement de la matrice Jacobienne près du point d'effondrement, permettant ainsi de tracer la partie inférieure de la courbe de bifurcation.

Il est clairement visible que les tensions des trois nœuds diminuent à mesure que la charge augmente. Au-delà d'un certain point, la tension chute de manière incontrôlable, entraînant un effondrement de la tension. De plus, il est remarquable que la variation de tension diffère pour les 4 courbes, malgré une tension de base (V=1 pu). Cela explique les réponses différentes des 30 en termes d'instabilité de tension.

Emplacement optimal des SVC :

Dans notre étude, le choix de l'emplacement des compensateurs d'énergie réactive repose sur l'identification du nœud critique, également appelé nœud faible, du réseau. La compensation de

l'énergie réactive à ce nœud offre une amélioration significative de la stabilité de la tension par rapport aux autres nœuds du système.

La réponse à cette question est relativement simple. Dans notre travail, tous les nœuds de charge sont considérés comme candidats à la compensation.

Notre méthode repose sur la technique de prévision correction de solution, appelée CPF (Continuation Power Flow). La prévision d'une nouvelle solution repose sur le vecteur tangent, qui représente les variations d'angle et d'amplitude de la tension. Par conséquent, notre méthode se base sur la mesure de la sensibilité du vecteur tangent de la tension par rapport aux variations de charge.

Ainsi, le nœud critique du réseau est celui qui présente la plus grande variation d'amplitude de tension au point de l'effondrement.

Comme nous l'avons expliqué dans le deuxième chapitre, le SVC (Static Var Compensator) est modélisé comme une susceptance shunt variable qui permet de régler et de contrôler la tension au nœud par rapport à la consigne.

1.2 Compensation avec 4 svc :

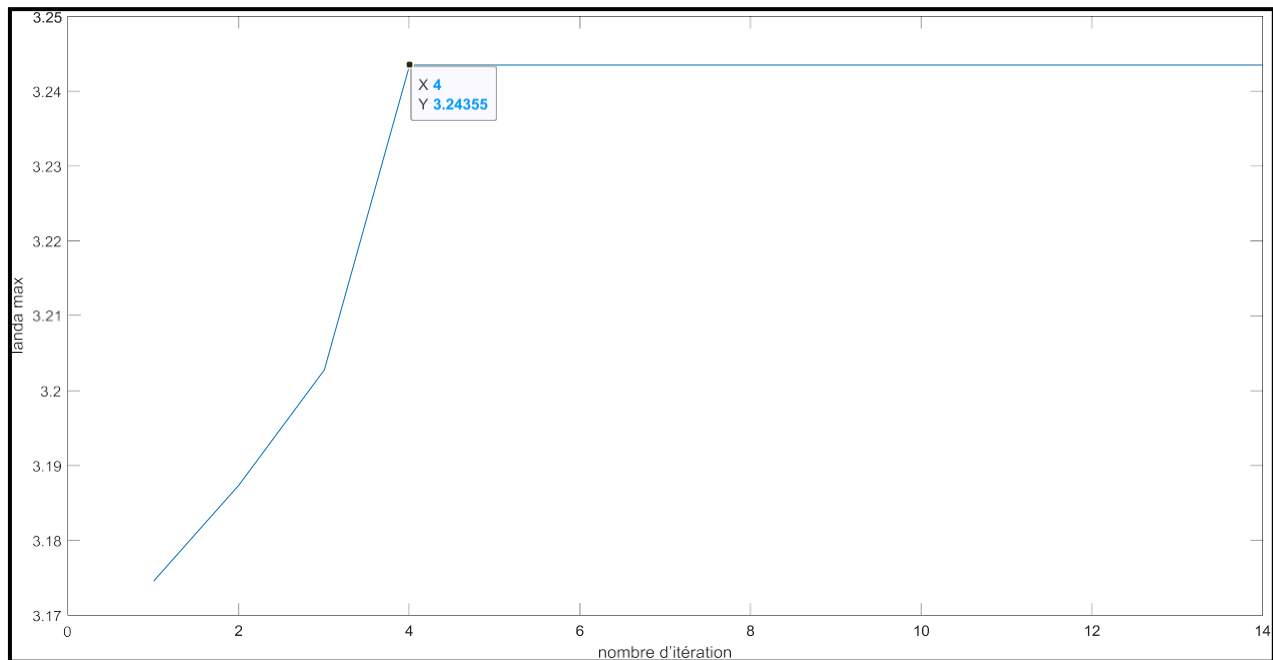


Figure 4.3 : nombre d'itération avec le nombre de lambda max

Interprétation :

Dans la figure 2 qui représente le nombre d'itération par rapport à lambda max en installant 4 svc au niveau des nœuds 5,8,16,28. On a remarqué que lambda max a augmenté jusqu'à ($\lambda=3.24$), avec 4 itérations, ce qui explique que lorsque le nombre d'itérations lambda augmente.

Numéros du nœuds	Nœud (5)	Nœud (8)	Nœud (16)	Nœud (28)
x(mvar)	49.13	46.92	46.11	42.74

Tableau 2 : résultats d’optimisation installant les svc

1.3 Compensation avec 6 svc :

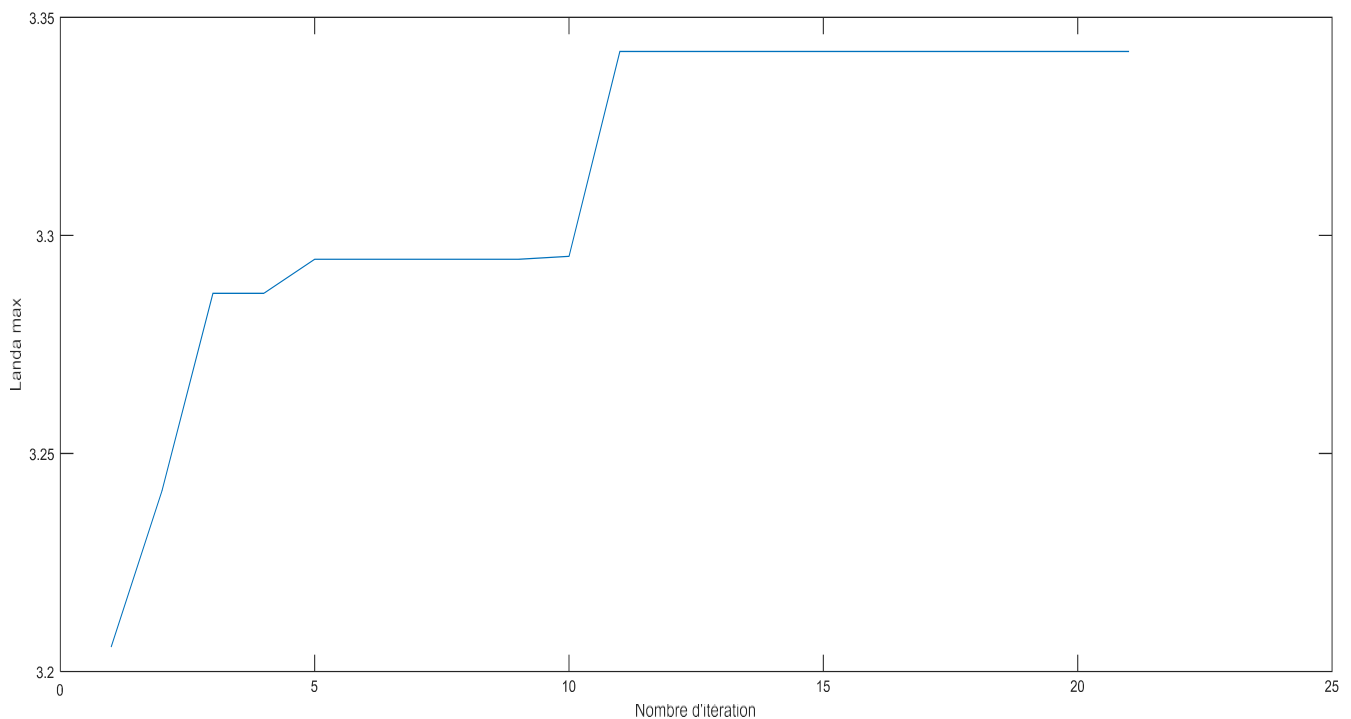


Figure 4.4 : nombre d’itération avec le nombre de landa max

Interprétation :

Dans la Figure 3, qui illustre le nombre d'itérations en fonction du maximum de λ , on peut observer que le maximum de λ a augmenté jusqu'à atteindre une valeur de 3.34 lorsqu'on installe 6 svc sont placés au niveau des nœuds : 3,5,6,7,8,17.

Cette augmentation est accompagnée de 14 itérations, ce qui indique qu'en augmentant le nombre d'itérations, λ augmente également.

Numéros du nœuds	Nœud (3)	Nœud (5)	Nœud (6)	Nœud (7)	Nœud (8)	Nœud (17)
x(mvar)	42.53	44.65	47.70	43.37	40.42	37.15

Tableau3 :résultats d’optimisation installant les svc

1.2 Compensation avec 8 svc :

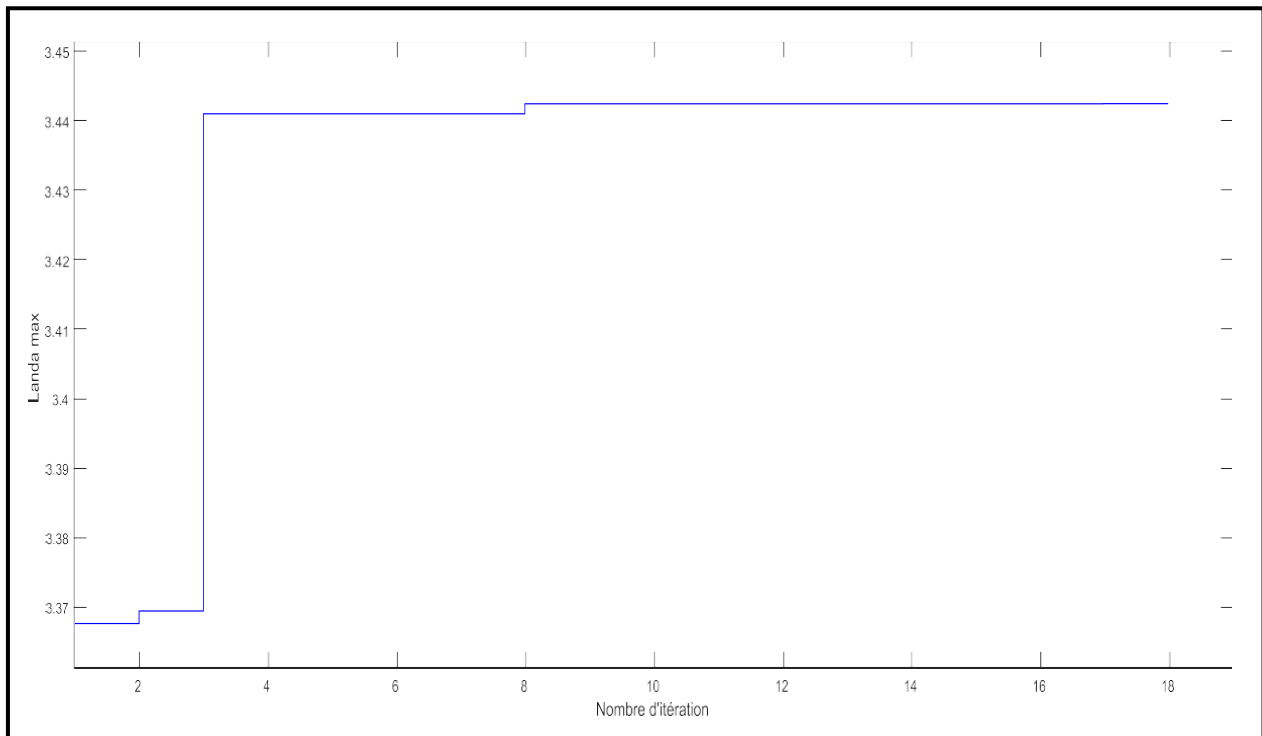


Figure 4.5 : Nombre d’itération avec le nombre de l’Anda max

Interprétation :

En examinant la Figure 2, qui représente le nombre d’itérations en fonction du maximum de λ , il est possible de constater que lorsqu’on installe 8 svc sont positionnés au niveau du nœud 5,6,7,8,14,20,28, le maximum de λ a augmenté jusqu’à atteindre 3.44.

Cette augmentation s’est produite sur une période de 14 itérations. Ces observations démontrent que l’augmentation du nombre d’itérations est corrélée à une augmentation de λ .

Tableau 4: résultats d'optimisation installant les svc

Numéros du nœuds	Nœud (5)	Nœud (6)	Nœud (7)	Nœud (8)	Nœud (14)	Nœud (20)	Nœud (24)	Nœud (28)
x(mvar)	47.32	49.52	43.50	48.25	48.34	45.23	26.30	43.67

Tableaux : Bus data IEEE (30)

bus	Type	P _d	P _Q	G _s	B _s	Area	V _m	va	basekv	Zone	V _{max}	V _{min}
1	3	0	0	0	0	1			138	1	1.060	0.940
2	2	21.700	12.700	0	0	1			138	1	1.060	0.940
3	1	2.400	1.200	0	0	1			138	1	1.060	0.940
4	1	7.600	1.600	0	0	1			138	1	1.060	0.940
5	2	94.200	19	0	0	1			138	1	1.060	0.940
6	1	0	0	0	0	1			138	1	1.060	0.940
7	1	22.800	10.900	0	0	1			138	1	1.060	0.940
8	2	30	30	0	0	1			138	1	1.060	0.940
9	1	0	0	0	0	1			1	1	1.060	0.940
10	1	5.800	2	0	19	1			33	1	1.060	0.940
11	2	0	0	0	0	1			11	1	1.060	0.940
12	1	11.200	7.500	0	0	1			33	1	1.060	0.940
13	2	0	0	0	0	1			11	1	1.060	0.940
14	1	6.200	1.600	0	0	1			33	1	1.060	0.940
15	1	8.200	2.500	0	0	1			33	1	1.060	0.940
16	1	3.500	1.800	0	0	1			33	1	1.060	0.940
17	1	9	5.800	0	0	1			33	1	1.060	0.940
18	1	3.200	0.900	0	0	1			33	1	1.060	0.940
19	1	9.500	3.400	0	0	1			33	1	1.060	0.940
20	1	2.200	0.700	0	0	1			33	1	1.060	0.940
21	1	17.500	11.200	0	0	1			33	1	1.060	0.940
22	1	0	0	0	0	1			33	1	1.060	0.940
23	1	3.200	1.600	0	0	1			33	1	1.060	0.940
24	1	8.700	6.700	0	4.3	1			33	1	1.060	0.940
25	1	0	0	0	0	1			33	1	1.060	0.940
26	1	3.500	3.500	0	0	1			33	1	1.060	0.940
27	1	0	0	0	0	1			33	1	1.060	0.940
28	1	0	0	0	0	1			138	1	1.060	0.940
29	1	2.400	2.400	0	0	1			33	1	1.060	0.940
30	1	10.600	10.600	0	0	1			33	1	1.060	0.940

Conclusion :

Tout au long de ce chapitre, nous avons exploré de manière exhaustive les effets des différents composants du réseau sur la stabilité de la tension.

Pour mieux transmettre ces idées, nous avons utilisé un réseau IEEE avec 30 nœuds individuels. Notre objectif principal était d'améliorer l'efficacité du réseau en augmentant sa fiabilité opérationnelle. Après avoir utilisé la méthode de Newton-Raphson pour résoudre un problème d'optimisation mono-objectifs, nous sommes arrivés à une conclusion.

Les résultats que nous avons obtenus fournissent une preuve indubitable que l'approche que nous avons proposée réussit effectivement à résoudre le problème de la compensation réactive à objectifs multiples. Quels que soient les objectifs spécifiques que nous avons en tête, les solutions que nous avons pu en tirer étaient toutes non dominées et affichaient un degré de diversité satisfaisant.

Pour résumer, nous nous sommes concentrés sur l'examen de la façon dont les composants du réseau affectent la stabilité de la tension statique.

Notre analyse a été menée sur un réseau IEEE composé de 30 nœuds, et nous avons découvert que le problème multi-objectif de la compensation réactive pouvait être résolu efficacement grâce à l'utilisation de la méthode Newton-Raphson.

Les résultats que nous avons obtenus ont été distribués de manière adéquate et ont atteint les objectifs visés, ce qui prouve l'efficacité de la méthodologie suggérée.

Conclusion

générale

Conclusion générale

Les perturbations politiques et économiques mondiales ont entraîné des transformations substantielles dans le secteur de l'énergie électrique.

Ces changements ont conduit à l'émergence d'un nouveau marché de l'électricité qui met l'accent sur la satisfaction d'une clientèle plus large et plus exigeante. Les clients exigent désormais une plus grande flexibilité de contrôle, une fiabilité accrue et une meilleure qualité de l'alimentation.

L'objectif de cette thèse est d'aborder la question de la stabilité de la tension statique dans les réseaux électriques. Il commence par fournir un aperçu des principes fondamentaux de la stabilité de la tension et procède à un examen approfondi d'un réseau de test à deux nœuds par le biais d'une analyse paramétrique.

Les résultats révèlent que le modèle de charge joue un rôle crucial dans la détermination de la stabilité de la tension statique. Plus précisément, le modèle de charge traditionnel, caractérisé par une puissance constante et une puissance réactive (PQ), a l'impact le plus néfaste sur la stabilité de la tension du réseau. Inversement, le modèle à admission constante offre le plus haut degré de marge de stabilité. En conséquence, on peut conclure que la prise en compte du modèle de charge est indispensable pour analyser efficacement la stabilité de la tension.

L'instabilité de la tension peut être exacerbée par un manque de puissance réactive, en particulier lorsque les générateurs sont incapables de produire une puissance réactive suffisante. Par conséquent, la mise en œuvre de mesures de compensation appropriées devient cruciale pour améliorer et réguler la stabilité de la tension.

L'installation de SVC, pour les réseaux d'application IEEE 30 avec 4 SVC, 6 SVC et 8 SVC, au niveau du résultat d'optimisation, l'installation de 8 SVC de réseaux IEEE 30 peut mieux améliorer la stabilité de la tension.

Bibliographies

Références bibliographiques

- [1] THESE PRESENTER PAR BENABID RABAH ,SOUTENUE PUBLIAUEMENT 28\6\2012
- [2] MICHEL CRAPPE : « COMMANDE ET RÉGULATION DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES » CHAP.2 TRAITÉ EGEM SÉRIE GÉNIE ÉLECTRIQUE, LAVOISIER 2003
- [3] OUSSAMA MAMMERI« DIFFÉRENTES MÉTHODES DE CALCUL DE LA PUISSANCE RÉACTIVE DANS UN NOEUD A CHARGE NON LINÉAIRE EN PRÉSENCE D'UN SYSTEME DE COMPENSATION DE L'ÉNERGIE», MÉMOIRE MAGISTER, L'UNIVERSITÉ DE BATNA,201
- [4] JEAN-CLAUDE SABONNADIÈRE NOURDINE HADJSAÏD, LIGNES ET RÉSEAUX ÉLECTRIQUES 3, ED. LAVOISIER 2008
- [5] GROUPE SONELGAZ, XD « GUIDE TECHNIQUE DE DISTRIBUTION », DOCUMENT TECHNIQUE DE GROUPE SONELGAZ, 1984
- [6]SONELGAZ PRÉVENTION ET SÉCURITÉ, « PRÉVENTION DU RISQUE ELECTRIQUE », CARNET DE PRESCRIPTIONS AU PERSONNEL DU GROUPE SONELGAZ, EDITION 2019.
- [7]MERLIN GERIN,« PROTECTION DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES », POZZOGROSMONTI ,ITALIE 2003.
- [8] DR MERAHI AMIR ANALYSE DES RÉSEAU DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION 1, ECOLE SUPÉRIEURE EN GÉNI ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE D'ORAN
- [9] ÉLECTROTECHNIQUE THÉODORE WILDI AVEC COLLABORATION DE GILBERT SYBILLE (INGÉNIEUR, INSTITUT DE RECHERCHE D'HYDRO-QUÉBEC) 3E ÉDITION
- [10]H. G. KWATNY ET AL., "STATIC BIFURCATIONS IN ELECTRIC POWER NETWORKS: LOSS OF STEADY STATE STABILITY AND VOLTAGE COLLAPSE. ", IEEE TRANS. CS, VOL. CAS-33, No. 10, PP.981-991, OCTOBER 1986.
- [11] H. G. KWATNY ET AL., "STATIC BIFURCATIONS IN ELECTRIC POWER NETWORKS: LOSS OF STEADY STATE STABILITY AND VOLTAGE COLLAPSE. ", IEEE TRANS. CS, VOL. CAS-33, No. 10, PP.981-991, OCTOBER 1986.
- [12] MÉMOIRE DE MASTER FILIÈRE : ELECTROTECHNIQUE SPÉCIALITÉ : MACHINES ÉLECTRIQUES PRÉSENTÉ PAR LARADJI YAZID & TAIEB SOLIMANE BILLEL, CONTRÔLE DE LA TENSION D'UN

RÉSEAU DE TRANSPORT PAR LES DISPOSITIFS FACTS, PROPOSÉ PAR : DR.BELAZZOUG MESSAOUD ANNÉE
UNIVERSITAIRE 2021-2022

[13] AUTEUR(S) : ALAIN DOULET, PIERRE BORNARD ,DATE DE PUBLICATION : 10 MAI 2013

[14] PIERRE BORNARD : DIRECTEUR DE LA DIVISION SYSTÈME ÉLECTRIQUE À RTE (RÉSEAU DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ) ,MICHEL PAVARD : AGENT D'ÉLECTRICITÉ DE FRANCE EN INACTIVITÉ ,GEORGES TESTUD : CHEF ADJOINT DU DÉPARTEMENT EXPLOITATION DU SYSTÈME ÉLECTRIQUE À RTE, DATE DE PUBLICATION : 10 AOÛT 2005

[15] BENOÎT CALMET : INGÉNIEUR DE L'ÉCOLE D'ÉLECTRICITÉ, DE PRODUCTION ET DES MÉTHODES INDUSTRIELLES - INGÉNIEUR AU DÉPARTEMENT EXPLOITATION DU CENTRE NATIONAL D'EXPERTISE RÉSEAUX DE RTE

[16] JEAN-LUC CHANELIÈRE : INGÉNIEUR DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ - RTE EDF TRANSPORT - CENTRE NATIONAL D'EXPERTISE RÉSEAUX - ACTUALISATION DU DOSSIER [D 4 805] (1995) DE CLAUDE CORROYER ET PIERRE DUVEAU

[17] LAIFA, "ÉVALUATION DE LA STABILITÉ DE TENSION D'UN RÉSEAU D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DÉVELOPPEMENT ET APPLICATION DES INDICES DE STABILITÉ ", THÈSE DE MAGISTER, ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE, 27 JUIN 1995.

[18] BCUSTEM T.V., SYSTÈMES ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE I. COURS ELEC 029, DÉPARTEMENT D'ÉLECTRICITÉ, ELECTRONIQUE ET INFORMATIQUE : INSTITUT MONTEFIORE, UNIVERSITÉ DE LIÈGE, 2002

[19]c H.ALKHATIB, « ÉTUDE DE LA STABILITÉ AUX PETITES PERTURBATIONS DANS LES GRANDS RÉSEAUX ÉLECTRIQUES : OPTIMISATION DE LA RÉGULATION PAR UNE MÉTHODE MÉTA HEURISTIQUE », THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ PAUL CEZANNE D.AIX-MARSEILLE, LE 5 DÉCEMBRE 2008

[20] MÉMOIRE DE MASTER MENTION ÉLECTROTECHNIQUE SPÉCIALITÉ MACHINE ÉLECTRIQUE PRÉSENTÉ PAR BRAHIMI MONSEF-RAFIK & HADJADJ ISMAIL, AMÉLIORATION DE LA STABILITÉ DE TENSION DANS LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES, PROPOSÉ PAR : BELAZZOUG MESSAOUD ANNÉE UNIVERSITAIRE 2015-2016

[21] N. MANCER, "CONTRIBUTION À L'OPTIMISATION DE LA PUISSANCE RÉACTIVE EN PRÉSENCE DE DISPOSITIFS DE COMPENSATION DYNAMIQUE FACTS", MÉMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITÉ MOHAMED KHIDER, BISKRA, 2012

[22] [MENZER MERYEM] ANALYSE DES PERFORMANCES D'UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE EN PRÉSENCE DES SOURCES À ÉNERGIE RENOUVELABLE, LUNDI 25 JUIN 2018, UNIVERSITÉ MOHAMED KHIDAR BISKRA

[23] [MOSTEFAOUI ABDELKADER], « ÉTUDE LA RÉPARTITION OPTIMALE DES PUISSANCES DANS UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE PAR LA PROGRAMMATION NON LINÉAIRE», MÉMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITÉ HASSIBA BENBOUALI, CHLEF. 2008.

[24] BENABID RABAH OPTIMISATION DES SYSTÈMES FACTS POUR LE CONTRÔLE ET L'AMÉLIORATION DE LA STABILITÉ DE LA TENSION DANS LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES THÈSE PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR EN : ELECTROTECHNIQUE SPÉCIALITÉ : RÉSEAUX ÉLECTRIQUES, 28 JUIN 2012

[25] HIGORANI, N.G, GYUGYI, L., " UNDERSTANDING FACTS DEVICES", IEEE PRESS 2000

[26] D. A. ALVES, L. C. P. DA SILVA, C. A. CASTRO, V. F. DA COSTA, "CONTINUATION LOAD FLOR METHOD PARAMETRIZED BY TRANSMISSION LINE POWERS", PAPER 0-7801-6338-8/00 IEEE 2000.

[27] MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER FILIÈRE : GENIE ELECTRIQUE SPÉCIALITÉ : INFORMATIQUE INDUSTRIELLE TITRE DU MÉMOIRE : OPTIMISATION DES RÉSEAUX DE NEURONES MLP PAR L'ALGORITHME HYBRIDE AG-RT POUR LE CONTRÔLE D'UN SYSTÈME NON LINÉAIRE MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES SOUTENU PUBLIQUEMENT À AIN BEIDA LE : 09/06/2015

[28] MÉMOIRE PRÉSENTÉ POUR OBTENIR LE DIPLÔME DE MAGISTER EN ELECTRONIQUE OPTION : CONTRÔLE PAR MELLE : TERKI AMEL, ANALYSE DES PERFORMANCES DES ALGORITHMES GÉNÉTIQUES UTILISANT DIFFÉRENTES TECHNIQUES D'ÉVOLUTION DE LA POPULATION, DEVANT LE JURY : PRÉSIDENT : MR K. BELARBI PROFESSEUR UNIV. CONSTANTINE. RAPPORTEUR : MELLE N. MANSOURI PROFESSEUR UNIV. CONSTANTINE. EXAMINATEURS : MR A.BENNIA PROFESSEUR UNIV. CONSTANTINE. MELLE F. HACHOUF M.C UNIV. CONSTANTINE.

[29] OUAHIB GUENOUNOU THÈSE DE DOCTORAT "MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DE CONTRÔLEURS INTELLIGENTS PAR L'APPROCHE GÉNÉTIQUE- APPLICATION À UN IOPROCÉDÉ". UNIVERSITÉ TOULOUSE III - PAUL SABATIER

[30] MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MAGISTER EN : ELECTROTECHNIQUE OPTION : RÉSEAUX ÉLECTRIQUES ,DISPATCHING ECONOMIQUE DYNAMIQUE PAR UTILISATION DE MÉTHODES D'OPTIMISATION GLOBALES, PRÉSENTÉ PAR : MOSTEFA HAMED SOUTENU PUBLIQUEMENT LE 14/01/2013

[31] MEMOIRE DE FIN D'ETUDES MASTER ACADEMIQUE FILIÈRE : ELECTROTECHNIQUE SPÉCIALITÉ : ELECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE, ETUDE DE L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE SECURITAIRE D'UN RESEAU DE TRANSPORT ELECTRIQUE PRÉSENTÉ PAR : • BENHASNA MEKKIA • FAHEM MAMA SOUTENU LE 06 / 2018

EXAMINATEUR : MR. BEKKOUCHE. B — EXAMINATRICE : MME. GHOMRI — ENCADREUR : MR.SOUAG .S ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2017 / 2018

[32] MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER SPÉCIALITÉ : RESEAUX ELECTRIQUES THÈME CONTRÔLE DES PUISSANCES ET DES TENSIONS DANS UN RÉSEAU DE TRANSPORT AU MOYEN DE DISPOSITIFS FACTS (SVC) RÉALISÉ PAR : MERAH TAHA ENCADRÉ PAR : BELILA HASSEN ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2017/2018.

Bibliographies

**[33] UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM FACULTÉ DES SCIENCES
ET DE LA TECHNOLOGIE, MEMOIRE DE FIN D'ETUDES MASTER ACADEMIQUE**