

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



Ecole Nationale Polytechnique
Département d'Electrotechnique
Laboratoire de Recherche en Electrotechnique



Mémoire de
Master en Electrotechnique

Présenté par :
Hamioud Abderrahmane

Thème :

**La Reconfiguration des Réseaux
Electriques de Distribution pour
l'amélioration du profil de tension**

Soutenu le 17 Juin 2015 devant le jury composé de :

Président : **K. Boughrara**

Maître de Conférences à l'ENP

Examineur : **L. Nezli**

Professeur à l'ENP

Examineur : **A. Teguvar**

Professeur à l'ENP

Promoteur : **A. Hellal**

Professeur à l'ENP

ENP 2015

10, Avenue des Frères Oudek, Hassen Badi, BP. 182, 16200 El Harrach, Alger, Algérie

Remerciement

Remerciement

Nous remercions « Allah » de nous avoir prêté vie, santé et volonté pour achever ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à Monsieur A.Hellal, Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique de nous avoir encadré durant notre mémoire. Nous le remercions pour sa disponibilité, ses conseils précieux. Nous le remercions de nous avoir fait profiter de sa grande compétence et son expérience qui nous ont permis de mener à bien ce travail. Nous lui exprimons toute notre reconnaissance et notre respect le plus profond.

Nos vifs remerciements vont également à Monsieur K. Boughrara Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Polytechnique, pour avoir accepté de présider le jury.

Nos remerciements vont aussi à Monsieur L. Nezli Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant d'être examinateur et membre du jury.

Nos remerciements vont aussi à Monsieur A. Tegar Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant d'être examinateur et membre du jury.

Nous remercions nos parents de nous avoir donné la vie, de nous avoir élevé, instruit, pour tous leurs sacrifices, Les mots s'épuisent sans doute, mais vous comprendrez que tout un univers de paroles ne saurait suffire pour vous dire MERCI.

Merci à tous ceux qui ont rendu possible ce travail.

Dédicace



A mes chers parents,

A mes sœurs et leurs maris,

A mon neveu Nadir et ma nièce Meriem

A ma grande famille,

A tous mes amis,

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Hamioud Abderrahmane



Résumé

الملخص

ان الحد من الخسائر في شبكة التوزيع الكهربائي كان ولا يزال موضوع العديد من البحوث. يعتبر ايجاد التخطيط الأنسب للشبكة أحد الحلول الأكثر فعالية من حيث الكفاءة والتكلفة. في موضوع هذه المذكرة دراسة تقريبية لإعادة تخطيط النظام بالاعتماد على الخوارزميات الجينية والهدف من تحسين مردود التوتر على مستوى شبكة التوزيع مع التنسيق بين أنظمة الحماية من خلال التحكم الأنسب في قاطعات التيار الموجودة. تم تطبيق الدراسة على شبكة توزيع من 33 عقدة (IEEE 33 nœuds)

كلمات ومفاتيح: اعادة تخطيط النظام، مردود التوتر، الخوارزميات الجينية.

Abstract

Reducing losses in distribution network distribution was subject of several researches. Finding the optimal configuration of the network is known as one of the most effective and cost-effective solution. In this work a system reconfiguration approach based on genetic algorithm is proposed for improving voltage profile in a power network comprising multiple lines & switches has been suggested, the study reveals that optimum selection of power networks lines and inter connection switches can provide the effective coordination of their protection system. For a given loading conditions, the proposed scheme has been tested on an IEEE 33-bus system and the results and encouraging.

Keywords: System reconfiguration, Voltage profile, Genetic algorithm.

Résumé

La réduction des pertes dans les réseaux électriques de distribution a fait objet de plusieurs recherches. Trouver la configuration optimale du réseau est l'une des solutions les plus efficaces et les plus rentables. Ce projet de fin d'étude traitera une approche de reconfiguration du système basée sur les algorithmes génétiques afin de réduire d'améliorer le profil de tension dans un réseau électrique de distribution comportant des lignes multiples et des commutateurs, l'étude essaie de déterminer le meilleur choix possible des états des interrupteurs des réseaux qui résulte en la meilleure coordination de leurs systèmes de protection. Pour une condition de charge donnée, une application est faite sur un réseau IEEE33 nœuds.

Mots clés :La reconfiguration du système, Le profil de tension, Les algorithmes génétiques.

Table des matières

Table des matières

Remerciement	2
Abstract	4
Résumé	4
Introduction.....	1
1 Généralités sur les réseaux électriques de distribution	3
1.1 Différentes structures des réseaux	3
1.1.1 Structure radiale.....	3
1.1.2 Structure bouclée	4
1.1.3 Structure maillée	4
1.2 Modélisation des branches et des charges.....	4
1.2.1 Modélisation des branches.....	4
1.2.2 Modélisation des charges.....	5
2 Notions de Reconfiguration.....	6
2.1 La reconfiguration du réseau de distribution.....	6
2.2 Formulation du problème.....	7
2.2.1 La stabilité de tension.....	7
2.2.2 Les pertes par effet de Joule.....	7
2.3 Ecoulement de puissance dans les réseaux électriques de distribution..	8
2.3.1 La formulation mathématique de la méthode proposée.....	8
2.4 Méthodes et stratégies de reconfiguration	10
3 Optimisation.....	12
3.1 Paramètres d'optimisation	12
3.1.1 La fonction objective	12
3.1.2 Les contraintes imposées	13
3.2 Les algorithmes Génétiques.....	13
3.2.1 Codage, décodage et initialisation :.....	14
3.2.2 Evaluation :.....	17
3.2.3 Sélection :	17
3.2.4 Croisement	19
3.2.5 Mutation	20

Table des matières

3.2.6	Critère d'arrêt :.....	21
3.2.7	Réglage des paramètres d'un algorithme génétique :.....	21
3.3	Conclusion.....	23
4	Simulation et Analyse des Résultats.....	24
4.1	Présentation du réseau IEEE 33 nœuds	24
4.2	Les résultats obtenus dans l'optimisation.....	26
4.2.1	Interprétation des résultats.....	32
	Conclusion Générale	33

Introduction

Introduction

Les réseaux de distribution occupent une place importante dans l'ensemble des réseaux électriques, par le volume des installations et par le rôle joué. La tâche principale de ces réseaux consiste à satisfaire la demande d'électricité des consommateurs, dans les conditions de respecter les paramètres de qualité de la fourniture. Un des paramètres de qualité est la continuité de la fourniture d'électricité [1].

Un domaine important dans lequel l'automatisation de la distribution est appliquée, c'est le domaine de la reconfiguration du réseau. La reconfiguration du réseau se réfère à la fermeture et l'ouverture des interrupteurs dans un système de distribution d'énergie afin de modifier la topologie du réseau, et donc le flux de puissance de la sous-station à la clientèle. Le problème, que l'on se propose de résoudre, consiste à déterminer, pour un réseau de distribution donné (urbain, rural ou mixte), des schémas d'exploitation arborescents optimaux selon des critères et des contraintes dépendant de son régime de fonctionnement courant [2].

Il y a deux raisons principales pour reconfigurer un réseau de distribution pendant le fonctionnement normal. En fonction des conditions de charge actuelles, la reconfiguration peut s'avérer nécessaire afin d'éliminer les surcharges sur les composants du système spécifiques, tels que des transformateurs ou des tronçons de ligne. Comme les conditions de chargement sur le système changent, il peut également devenir rentable pour reconfigurer afin d'améliorer le profil de tension du réseau qui est le point traité dans ce mémoire.

Une méthode est nécessaire pour trouver rapidement la configuration du réseau qui améliore le profil de tension du réseau tout en satisfaisant les contraintes du système posées. Plusieurs approches ont été appliquées à la solution de ce problème avec des degrés variables de succès. Des méthodes heuristiques ont été utilisées avec succès pour trouver des solutions sous-optimales rapidement. L'algorithme génétique qui est la méthode heuristique utilisée dans ce mémoire, a été utilisé pour trouver des solutions optimales. Les sociétés de services publics d'électricité ont actuellement besoin d'un algorithme qui peut être appliqué à leurs grands systèmes de distribution triphasés déséquilibrés.

Le travail est structuré dans trois parties théoriques et une étude de cas. Dans la première partie la problématique de la modélisation des réseaux électriques de distribution est abordée avec une généralité sur les réseaux de distribution. Un schéma simplifié est utilisé pour la modélisation des lignes. Le modèle complexe pour les consommateurs d'électricité est développé.

Introduction

La deuxième partie est dédiée aux notions de reconfiguration où nous allons voir les trois régimes de fonctionnement d'un réseau de distribution tel que le régime normal, critique et défaillant. Puis nous traiterons la reconfiguration au niveau des réseaux de distribution. Ensuite la formulation du problème dont nous allons poser le problème traité et proposer certains outils pour le résoudre (écoulement de puissance, calcul des pertes...). Nous terminerons le chapitre par les différentes méthodes et stratégies de reconfiguration.

La dernière partie théorique a pour sujet l'optimisation où nous allons présenter l'outil d'optimisation utilisée (les algorithmes génétiques). Puis les paramètres d'optimisation et la fonction objective avec ses contraintes. Ensuite nous allons projeter cette méthode sur notre problème traité en présentant les différentes étapes dont nous avons passé. Enfin nous terminerons en donnant les avantages et inconvénients de cette méthode.

L'étude de cas d'un réseau de distribution IEEE 33 nœuds permet de mettre en exemple l'application des aspects théoriques sur la reconfiguration où nous allons présenter les résultats et les interprétations. Enfin des conclusions termineront le travail.

1 Généralités sur les réseaux électriques de distribution

Un système électrique est composé de trois segments de base : la production, le réseau et les consommateurs. Au niveau du réseau on parle généralement d'un réseau de transport et d'un réseau de distribution car ils diffèrent dans leur topologie, niveaux de tension, dimension, exploitation, etc. Ils diffèrent également dans leurs objectifs et donc par les acteurs qui vont intervenir dans l'un ou l'autre [1].

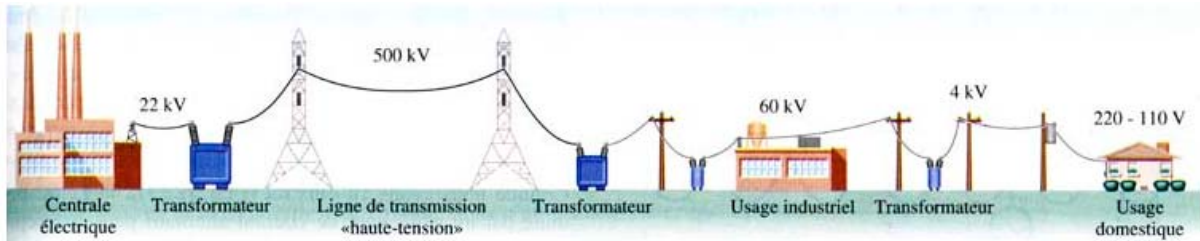


Figure 1.1 Composants Principales d'un système électrique

1.1 Différentes structures des réseaux

On distingue essentiellement plusieurs natures de structures, les plus connues sont :

1.1.1 Structure radiale

Les réseaux à structure radiale sont à partir d'un poste de répartition HT/MT, constitués de plusieurs artères, dont chacune va en se ramifiant, mais sans jamais retrouver de point commun. C'est une structure dite arborescente.

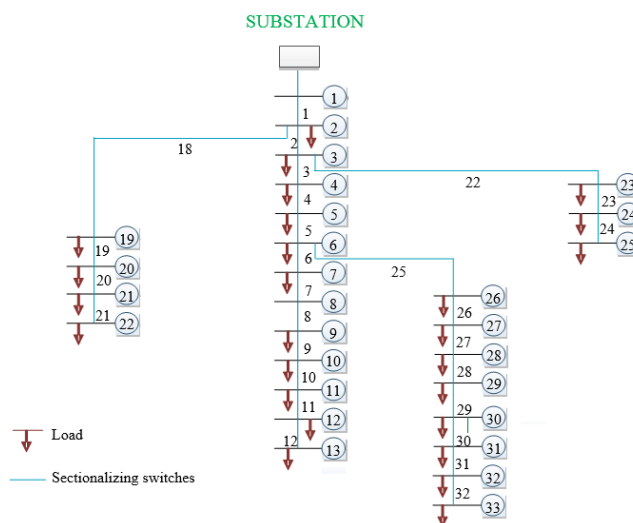


Figure 1.2 Structure radiale

1.1.2 Structure bouclée

Du poste HT/MT partent deux lignes réunies à leur extrémités. Chaque ligne dessert en cascade un certain nombre de postes, ceux-ci sont munis à l'entrée et à la sortie d'un appareil l'isolement du tronçon compris entre deux postes :

- Meilleure sécurité d'alimentation.
- Cout du réseau plus grand.
- Souvent utilisée pour les réseaux de répartition.

1.1.3 Structure maillée

Sont des structures ou toutes les lignes sont bouclées formant ainsi une structure analogue aux mailles d'un filet. De plus le nombre de sources débitant en parallèle peut atteindre plusieurs dizaines. Cette structure nécessite que tous les tronçons de lignes soient munis à leurs deux extrémités. D'appareils de coupure, les isolants en cas d'avarie. Présente une meilleure sécurité au prix le plus élevé [3].

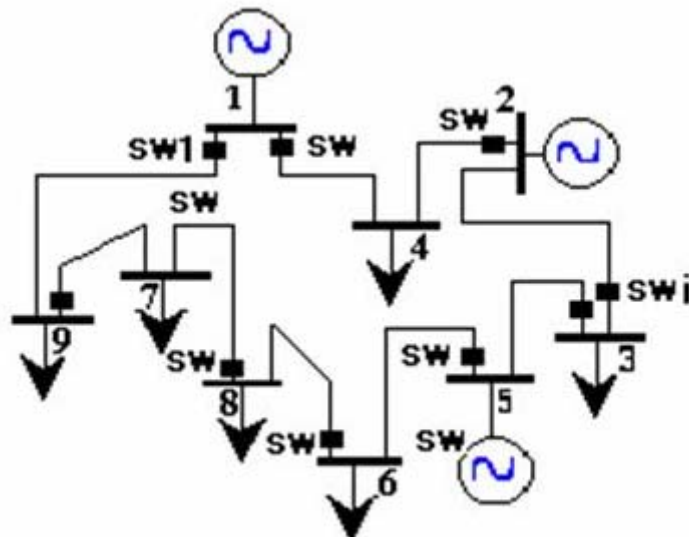


Figure 1.3 Structure maillée

1.2 Modélisation des branches et des charges

1.2.1 Modélisation des branches

Les réseaux de distribution ont une configuration radiale et sont constitués d'un ensemble de branches. Chaque branche de ce réseau est modélisée comme une résistance en série avec une inductance pure. L'impédance d'une branche « i » quelconque de ce réseau (voir Figure 1.4) s'écrit :

$$\bar{Z} = R_i + jX_i \quad (1.1)$$

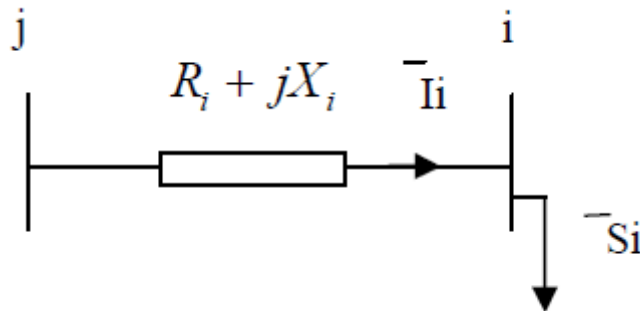


Figure 1.4 Schéma unifilaire d'une branche

Les admittances shunts sont négligeables du fait que la ligne est de moyenne tension.

1.2.2 Modélisation des charges

Les charges sont en général modélisées comme étant dépendantes de la tension. On écrit alors pour les puissances actives et réactives d'une charge placée au nœud « i » les expressions suivantes :

$$P_i = P_n \left(\frac{V_i}{V_n} \right)^\alpha \quad (1.2)$$

$$Q_i = Q_n \left(\frac{V_i}{V_n} \right)^\beta \quad (1.3)$$

Où :

- P_n et Q_n sont les puissances actives et réactives nominales.
- V_n est la tension nominale.
- P_i et Q_i sont la puissance active et réactive de la charge au nœud « i » pour une tension égale à V_i .
- Les coefficients α et β déterminent le caractère de la charge.

Dans la suite de notre travail, α et β seront nuls c'est-à-dire que nous considérons les charges à puissance constantes.

La puissance apparente de la charge branchée au nœud i est dans ce cas :

$$\bar{S} = P_i + jQ_i \quad (1.4)$$

2 Notions de Reconfiguration

La reconfiguration d'un système de distribution est un problème d'optimisation combinatoire impliquant des contraintes. La complexité du problème se pose du fait que la topologie du réseau de distribution doit être radiale et les contraintes d'écoulement de puissance sont non-linéaire en nature [6].

La reconfiguration d'un système physique quelconque consiste à modifier la configuration courante par le changement des liaisons fonctionnelles entre les éléments composants dans le but d'améliorer le régime de fonctionnement ou les indicateurs de performance du système.

Le problème de la recherche de l'optimum pour un réseau électrique peut être formulé pour les trois régimes de fonctionnement :

- **Le régime normal**
- **Le régime critique**
- **Le régime défaillant**

Tandis que pour les régimes normaux et critiques, le processus est de reconfiguration, pour les régimes défaillants le processus est de reconstruction du réseau.

2.1 La reconfiguration du réseau de distribution

Pour le problème de la reconfiguration du réseau, la meilleure combinaison des statues (ouverture/fermeture des commutateurs) doit être trouvée afin que les pertes de puissance soient minimisées [7], et donc l'amélioration du profil de tension.

La reconfiguration du réseau entraîne une modification au niveau de la structure topologique des lignes de distribution en changeant l'état d'ouverture et de fermeture des interrupteurs sous les deux conditions de fonctionnement normale et anormale [8]. Lorsque ces deux conditions changent, le réseau est reconfiguré pour deux raisons principales qui sont la réduction des pertes et l'amélioration du profil de tension. Cette reconfiguration permet au système de servir les mêmes charges pour les utilisateurs avec moins de pertes sur les lignes de distribution, elle peut également soulager les surcharges dans le réseau et empêcher une surcharge lipidique.

Le problème de la reconfiguration est résolu à travers une simulation numérique. Cependant, ce genre de programmation rend difficile l'analyse et la visualisation des résultats [7].

Trouver la solution exacte est pratiquement impossible, en raison de la croissance exponentielle, en fonction du nombre et de l'emplacement des interrupteurs du système, du nombre de configurations possibles générées. Ceci est appelé explosion combinatoire.

Les réseaux électriques de distribution sont construits d'une manière à être à la fois maillés et interconnectés. Toutefois, ils sont arrangés pour être radiaux pendant le fonctionnement, leurs configurations peuvent être modifiées suite à des commutations, manuelles ou bien automatiques, de telle sorte que toutes les charges soient alimentées avec l'amélioration du profil de tension.

2.2 Formulation du problème

L'écoulement de puissance dans le réseau électrique génère des pertes. Ces pertes doivent être identifiées puis combattues avec un objectif d'optimisation et de réduction. Le profil de tension peut être amélioré si les pertes de puissance active sont minimisées,

Le problème causé par ces pertes est dans de nombreux cas tellement grave qu'il constitue un enjeu majeur pour les sociétés impliquées. En effet, lorsqu'elles dépassent les niveaux considérés comme « admissibles », elles peuvent mettre en danger la santé financière des sociétés.

2.2.1 La stabilité de tension

Par ailleurs, les exploitants doivent, pour des raisons qualitatives de l'énergie délivrée, garantir une tension aussi proche que possible de la tension nominale en chaque point de consommation soit en chaque nœud du réseau. L'écart maximal toléré peut varier d'une entreprise à une autre selon les moyens de compensations disponibles (condensateurs, autotransformateur survolteur-dévolteur,...). En général, la valeur absolue de cet écart varie entre 5 et 10% selon le régime de fonctionnement normal ou défaillant du réseau [5].

Dans le cas des réseaux ruraux, les problèmes liés aux chutes de tension sont plus importants que dans le cas des réseaux urbains. En effet, ces réseaux nécessitent souvent des lignes plus ou moins longues pour alimenter des consommateurs en antenne. Par contre, pour les réseaux urbains, les contraintes thermiques liées essentiellement aux câbles nécessitent une observation assez rigoureuse étant donnée la forte densité de charge de ces réseaux.

2.2.2 Les pertes par effet de Joule

Les pertes ohmiques, provoquées par l'effet de Joule, peuvent être diminuées par la reconfiguration des réseaux de distribution. La réduction de ces pertes est l'un des critères principaux pour les régimes normaux de fonctionnement. Les conditions imposées aux configurations améliorées obtenues par ce critère consistent à respecter strictement les contraintes d'inégalité, surtout celles qui concernent les charges des branches et les chutes de tension.

Dans ce mémoire nous essayerons de minimiser les pertes ohmiques en utilisant la fonction objective suivante :

$$P_{loss} = \sum_{b=1}^{Nr} I_b^2 \cdot R_b \quad (2.1)$$

Où R_b et I_b représentent la résistance et le courant de la branche b ,

Nr représente le nombre des branches.

Durant la reconfiguration du réseau les deux contraintes suivantes doivent être satisfaites :

- La structure du réseau doit être radiale.
- Tous les consommateurs doivent être alimentés.

2.3 Ecoulement de puissance dans les réseaux électriques de distribution

L'écoulement de puissance (E.P) ou écoulement de charge, est la solution pour les conditions de fonctionnement normal d'un réseau électrique triphasé équilibré en régime permanent. En d'autres termes, c'est la recherche d'un point de fonctionnement stable d'un réseau électrique à un moment donné à travers une information complète des tensions, courants et puissances mises en jeu dans le système de puissance. En général, les calculs d'écoulement de puissance sont exécutés dans le cadre de la planification d'un réseau électrique, de son fonctionnement et de son contrôle. Les résultats de ce calcul sont utilisés comme données de base dans les études de fonctionnement normal d'un réseau électrique, d'analyse des pertes importantes d'un ouvrage tel une ligne ou générateur, d'évaluation de la stabilité, de répartition optimale de charge ou encore d'autres études de stabilité transitoire par exemple [10].

L'analyse de l'écoulement de puissance dans les systèmes de distribution consiste à trouver des solutions et des méthodes rapides et itératives, plusieurs travaux ont été faits pour le contrôle des systèmes de distribution.

L'algorithme de l'écoulement de puissance que nous allons utiliser dans notre travail utilise les courants et les puissances comme variable d'état et ne concerne que les lois de base de circuit.

2.3.1 La formulation mathématique de la méthode proposée

Nous précisons d'abord les hypothèses qui ont été pris en compte :

- Nous supposons que le réseau de distribution comprend complètement des charges triphasées équilibrées.
- La capacité shunt des lignes de distribution est négligeable.

L'écoulement de puissance d'un système de distribution radial peut être analysé à partir d'une seule branche du système, qui peut être représentée comme la montre la Figure 2.1 suivante :

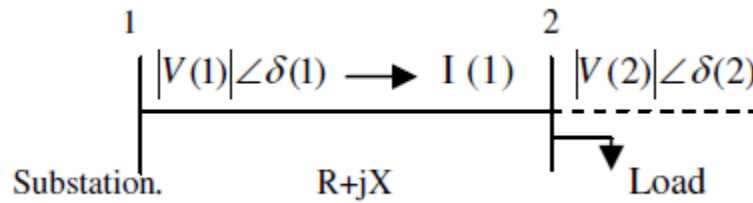


Figure 2.1 Equivalent d'une branche électrique [11]

A partir de la figure précédente, Nous pouvons écrire les équations suivantes :

$$I(1) = \frac{|V(1)|\angle(\delta 1) - |V(2)|\angle(\delta 2)}{R(1) + jX(1)} \quad (2.2)$$

$$P(2) - jQ(2) = V^*(2) \cdot I(1) \quad (2.3)$$

A partir des équations (2.3 - 2.4), nous obtenons :

$$V(i + 1) = \sqrt{\sqrt{(a^2 - b)} - a} \quad (2.4)$$

Où,

$$a = P(i + 1)R(i) + Q(i + 1)X(i) - 0.5|V(i)|^2 \quad (2.5)$$

$$b = (P^2(i + 1) + Q^2(i + 1)) (R^2(i) + X^2(i)) \quad (2.6)$$

La somme total des puissances actives et réactives au nœud (2) est donnée par :

$$P(2) = \sum_{i=2}^{N_r} PL(i) + \sum_{i=2}^{N_r-1} LP(i) \quad (2.7)$$

$$Q(2) = \sum_{i=2}^{N_r} QL(i) + \sum_{i=2}^{N_r-1} LQ(i) \quad (2.8)$$

Où,

- QL(i) est la charge réactive totale au nœud i.

- PL(i) est la charge active totale au nœud i.
- LP(i) sont les pertes actives dans la branche i.
- LQ(i) sont les pertes réactives dans la branche i.

Les pertes de puissances actives et réactives au niveau de la branche sont données par :

$$LP(i) = \frac{R(i) * (P^2(i + 1) + Q^2(i + 1))}{|V(2)|^2} \quad (2.9)$$

$$LQ(i) = \frac{X(i) * (P^2(i + 1) + Q^2(i + 1))}{|V(2)|^2} \quad (2.10)$$

La forme généralisée des équations (6) et (7) peut être écrite comme suit :

$$P(i + 1) = \sum_{j=i+1}^{NB} PL(j) + \sum_{j=i+1}^{NB-1} LP(j) \quad (2.11)$$

$$Q(i + 1) = \sum_{j=i+1}^{NB} QL(j) + \sum_{j=i+1}^{NB-1} LQ(j) \quad (2.12)$$

Les expressions finales des pertes actives et réactives sont :

$$LP(i) = \frac{R(i) * (P^2(i + 1) + Q^2(i + 1))}{|V(i + 1)|^2} \quad (2.13)$$

$$LQ(i) = \frac{X(i) * (P^2(i + 1) + Q^2(i + 1))}{|V(i + 1)|^2} \quad (2.14)$$

2.4 Méthodes et stratégies de reconfiguration

Les méthodes de recherche dans l'espace des solutions peuvent être classées dans deux catégories [12] :

- Méthodes systématiques, basées sur une recherche non-informée, qui consiste à analyser successivement toutes les configurations dans l'espace des solutions.
- Méthodes heuristiques, basées sur une recherche informée, qui consiste à utiliser certaines observations qui permettent d'analyser seulement les configurations intermédiaires qui conduisent à une solution finale identique à la solution optimum globale ou proche de celle-ci.

Les méthodes heuristiques de reconfiguration peuvent utiliser trois stratégies de reconfiguration [5] :

Stratégie de type «constructive», caractérisé par le fait que toutes les branches de la configuration initiale se trouvent dans l'état « hors service ». Par le passage successif de certaines branches dans l'état « en service » on obtient la configuration finale arborescente désirée (Figure 2.2).

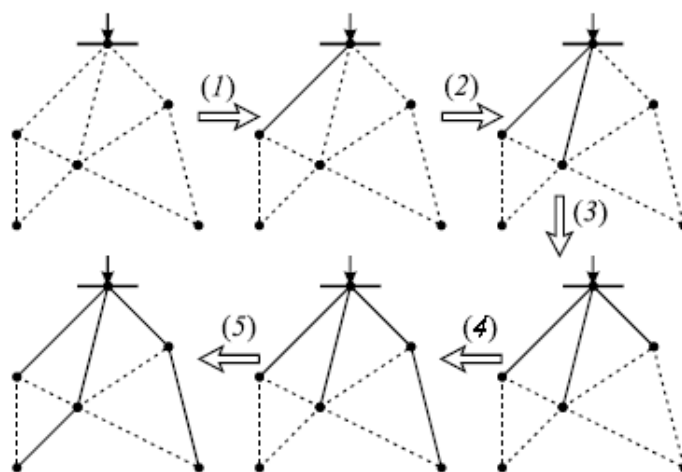


Figure 2.2 Principe de la Stratégie Constructive

Stratégie de type «destructive», caractérisée par le fait que toutes les branches de la configuration initiale se trouvent dans l'état « en service ». Par le passage successif de certaines branches dans l'état « hors service » on obtient la configuration finale arborescente désirée (Figure 2.3).

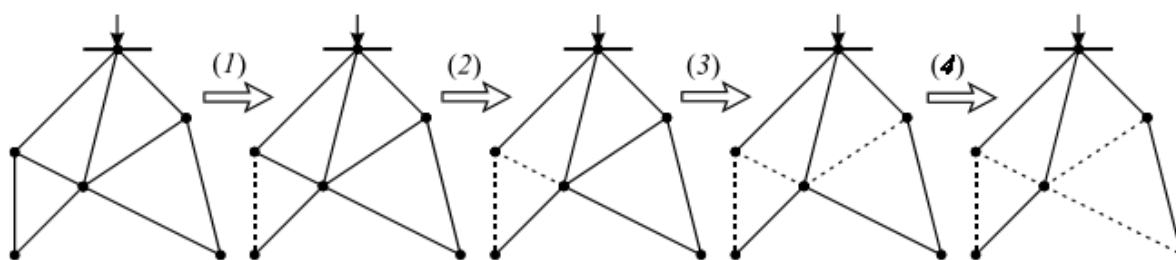


Figure 2.3 Principe de la Stratégie Destructive

Stratégie de type « permutation de branches », caractérisée par le fait que la configuration initiale est arborescente et au fil du processus le caractère arborescent doit être gardé tout le temps. Pour transiter d'une configuration arborescente à l'autre, on passe une branche dans l'état « en service » en formant ainsi une maille. Pour garder le caractère arborescent, une branche de cette maille est passée dans l'état « hors service ».

3 Optimisation

L'optimisation est le processus de trouver la meilleure façon d'utiliser les ressources disponibles tout en respectant l'ensemble des contraintes imposées. Autrement dit, Ce processus consiste à définir un tel système physique mathématiquement, identifier ses variables et les conditions qui doivent être satisfaites, définir les propriétés du système et alors chercher l'état du système cela donne les propriétés les plus désirables. Ce processus général est connu sous ce qu'on appelle « L'optimisation » [13].

3.1 Paramètres d'optimisation

Les Paramètres de l'optimisation X sont critiques pour un tel problème d'optimisation. Ils affectent la valeur de la fonction objective et ses contraintes. Dans les données expérimentales des problèmes appropriés, les paramètres de l'optimisation sont les paramètres qui définissent le modèle. Un paramètre de l'optimisation peut être continu, discret, ou même symbolique.

Résoudre un problème d'optimisation, c'est rechercher, parmi un ensemble de solutions qui vérifient des contraintes données, la (ou les) solution(s) qui rend (ent) minimale (ou maximale) une fonction mesurant la qualité de cette solution. Cette fonction est appelée fonction objective ou fonction évaluation.

3.1.1 La fonction objective

La fonction objective $F(x)$ est la fonction à optimiser en cherchant son maximum $f^{max}(x)$ ou bien son minimum $f^{min}(x)$. Cette fonction permet de mesurer l'efficacité de la solution. La pertinence des solutions potentielles dépend essentiellement de la formulation de cette fonction. En effet, quelle que soit sa définition, l'algorithme convergera vers un optimum de cette fonction. Elle doit donc exprimer le plus fidèlement possible sous forme mathématique le ou les objectifs à atteindre.

Les variables de la fonction objective sur lesquelles porte l'optimisation sont les variables de conception qui peuvent être de natures diverses, dans notre étude la fonction objective est la suivante :

$$F_{obj}(X) = \min \left(\sum_{b=1}^{Nr} I_b^2 \cdot R_b \right) \quad (3.1)$$

A partir de l'équation (2.14), nous donnons l'expression de la fonction objective que nous avons utilisée dans ce mémoire :

$$F_{obj}(X) = \min \left(\sum_1^{N_r} \frac{R(i) \cdot (P^2(i+1) + Q^2(i+1))}{|V(i+1)|^2} \right) \quad (3.2)$$

3.1.2 Les contraintes imposées

Pendant la reconfiguration du réseau, les trois conditions suivantes doivent être toujours satisfaites :

3.1.2.1 La structure du réseau doit être radiale

Cette contrainte est relative aux variables de décision du problème d'optimisation. Elle indique la conservation de l'arborescence du schéma d'exploitation recherché et, pour des raisons de protection contre les surintensités de courant dans branches, n'admet aucune tolérance, c'est-à-dire aucune maille dans ce schéma [14]. Dans un arbre avec A nœuds et B branches, l'équation suivante doit être toujours vérifiée :

$$A = B + 1 \quad (3.3)$$

Cette condition est nécessaire mais elle n'est pas suffisante pour dire que le réseau est radial.

Pour la condition suffisante, il faut que chaque nœud soit alimenté par un seul nœud source, si nous trouvons qu'il est alimenté par un autre nœud cela veut dire qu'il y a une boucle quelque part.

3.1.2.2 Tous les consommateurs doivent être alimentés

Parmi les objectifs du fournisseur de l'électricité l'assurance de la continuité du service c.-à-d. tous les consommateurs doivent être alimentés à tout moment et ne pas isoler une charge donnée, pour vérifier cette condition il faut juste assurer que l'équation (3.3) soit vérifiée [14].

Si la contrainte d'arborescence est respectée cette seconde contrainte sera implicitement respectée.

3.2 Les algorithmes Génétiques

Cet algorithme, sert à manipuler les solutions potentielles d'un problème donné dont l'objectif est de trouver une solution optimale ou bien une solution jugée satisfaisante [13]. L'algorithme est organisé en plusieurs étapes et fonctionne d'une façon itérative.

On définit quelques termes de base rencontrés dans la littérature :

Individu : solution potentielle du problème, dans notre cas l'individu représente une configuration du réseau.

Chromosome : solution potentielle du problème sous une forme codée, dans notre cas cette solution est codée sous forme binaire.

Population : ensemble fini de solutions.

Gène : caractère d'un chromosome, dans notre cas un gène représente un bit (1 ou 0) qui représente en pratique un interrupteur ouvert ou fermé.

Fitness : la fonction d'évaluation d'un individu.

La figure ci-dessous représente l'organigramme d'un algorithme génétique simple :

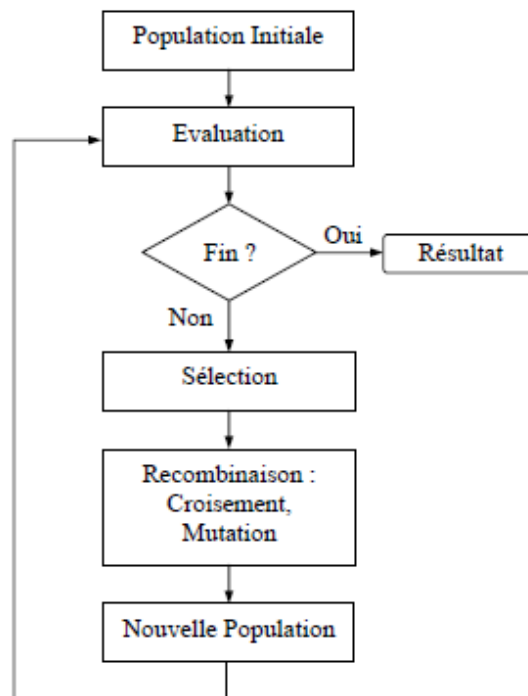


Figure 3.1 Organigramme d'un algorithme génétique

Maintenant, nous allons présenter les étapes du simple algorithme génétique de la figure précédente.

3.2.1 Codage, décodage et initialisation :

La constitution des chromosomes à travers le codage des paramètres du problème est la première étape dans la procédure d'un algorithme génétique. Le codage binaire est le type de codage le plus utilisé. Le passage de la représentation réelle à la représentation codée se fait grâce à des fonctions de codage et décodage.

Une fois les fonctions de codage et décodage établies, on initialise la population de départ de l'algorithme. Cette population est formée par un nombre fixe d'individus (chromosome) et dans notre cas un nombre fixe de configuration.

Le choix de ces individus se fait sur la base d'une connaissance à priori, sinon ils sont générés aléatoirement.

Dans notre cas nous allons coder une configuration donnée en binaire pour cela nous considérons que chaque interrupteur est un gène c.-à-d. si l'interrupteur est fermé le gène soit égale à 1 sinon 0, nous illustrons ce codage avec l'exemple suivant :

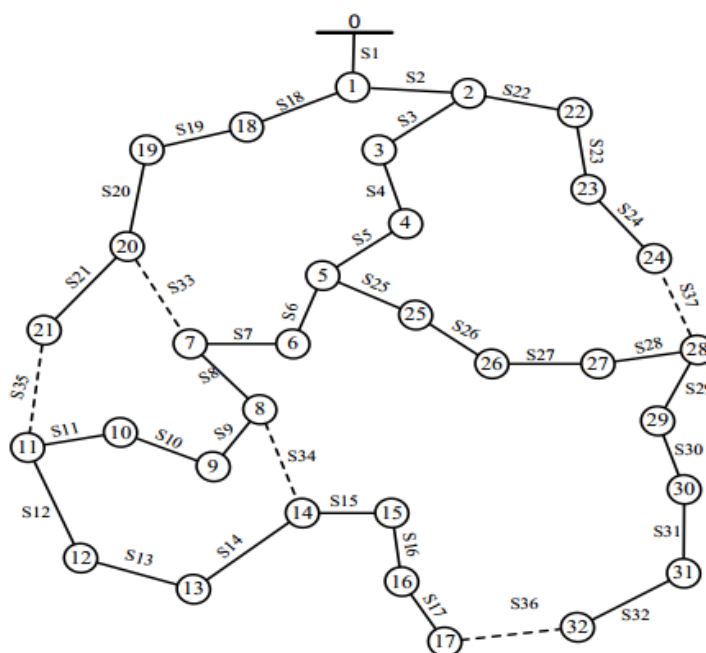


Figure 3.2 Réseau de distribution 33 nœuds

Ce réseau précèdent comporte 37 interrupteurs (switch) dont 5 doivent être ouvert afin d'assurer l'alimentation de tous les nœuds, alors nous aurons un chromosome de 37 gènes comme suit :

Tableau 1 L'état des interrupteurs dans la configuration précédente

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

La phase de décodage est plus compliquée que celle du codage car pour chaque configuration donnée nous devons prendre en considération le sens du courant dans les branches, et pour cela il faut utiliser certain algorithme de parcours d'arbre (ex : parcourt en profondeur).

Nous pouvons illustrer ce décodage avec l'organigramme suivant :

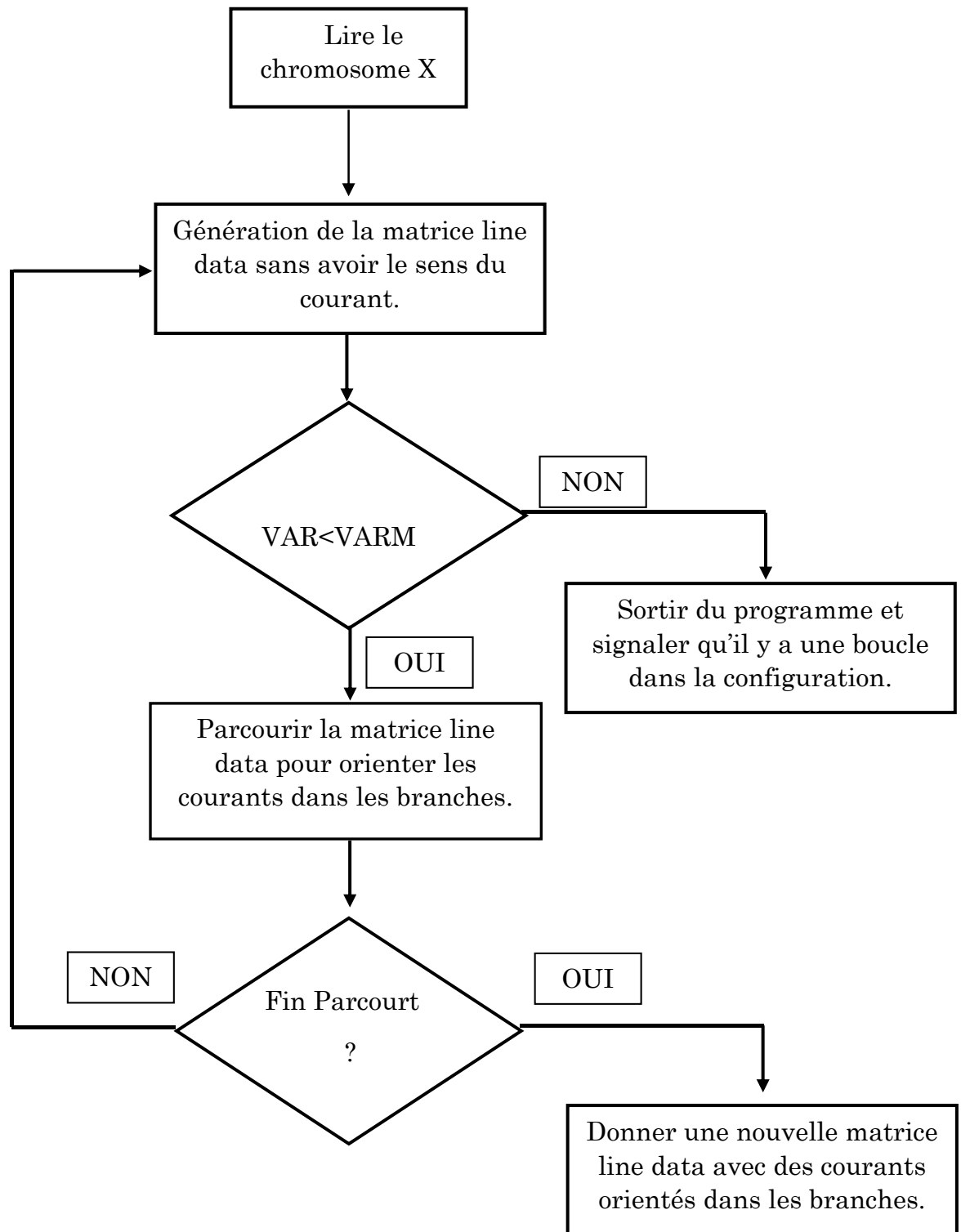


Figure 3.3 L'Organigramme du décodage

3.2.2 Evaluation :

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

(a) $\text{Fit}(x) = N - F_{obj}(x)$ si $F_{obj}(x) \geq N$ sinon $\text{Fit}(x) = 0$ (N est une constante positive)

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

(c) $\text{Fit}(x) = -F_{obj}(x)$

Dans notre travail cas nous avons utilisé l'expression (b) donc notre fonction fitness est :

$$\text{Fit}(X) = \frac{1}{F_{obj}(x)} \quad (3.3)$$

Après avoir faire un décodage de la population nous faisons un écoulement de puissance afin de calculer les pertes actives et trouver la valeur de la fonction objective de chaque individu en utilisant l'expression (3.2) puis la valeur de la fonction fitness en utilisant l'expression (3.3).

3.2.3 Sélection :

La sélection consiste à décider en quelque sorte, quels sont les individus qui survivent et quels sont ceux qui disparaissent en se basant sur leurs fonctions fitness. Une fonction dite intermédiaire est alors formée par les individus sélectionnés.

Les méthodes de sélection les plus connues sont :

1. Méthode de la roulette de loterie
2. Méthode de tournoi

Nous avons utilisés la méthode de la roulette de loterie qui va être expliquée comme suit :

La première étape de la méthode de la roulette est de normaliser la fonction fitness, puis calculer la somme cumulée des valeurs de fitness, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 2 Les résultats de l'évaluation

N° individu	Pertes de l'individu (kW)	Fitness	fit _{norm}	fit _{cum}
1	173	0,00578	0,17043	0,17043
2	253	0,003953	0,116539	0,286969
3	144	0,006944	0,204753	0,491722
4	210	0,004762	0,140402	0,632123
5	209	0,004785	0,141074	0,773197
6	130	0,007692	0,226803	1

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

$$fit_{norm}(i) = \frac{fitness(i)}{\sum_{j=1}^{N_{ind}} fitness(j)} \quad (3.4)$$

N_{ind} : nombre d'individu.

▪ **Remarque**

La somme des valeurs fitness normalisées des individus est toujours égale à 1

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

$$\begin{cases} fit_{cum}(i) = fit_{cum}(i - 1) + fit_{norm}(i) \\ fit_{cum}(0) = 0 \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, N_{ind} \quad (3.5)$$

A partir du (Tableau 2), nous pouvons représenter les individus de la population initiale sur la roulette de la (Figure 3.4). Nous remarquons que les individus qui ont une grande valeur fitness (en l'occurrence les individus 1, 3 et 6) ont une portion plus importante que les autres.

La sélection se fait en tournant la roulette autant de fois que le nombre d'individu, c.-à-d. 6 fois. Cette tâche est effectuée en générant 6 nombres aléatoires entre 0 et 1. Si un nombre se trouve entre 0 et 0,17043, l'individu 1 est sélectionné. Si un autre se trouve entre 0,17043 et 0,286969 l'individu 2 est sélectionné, et ainsi de suite.

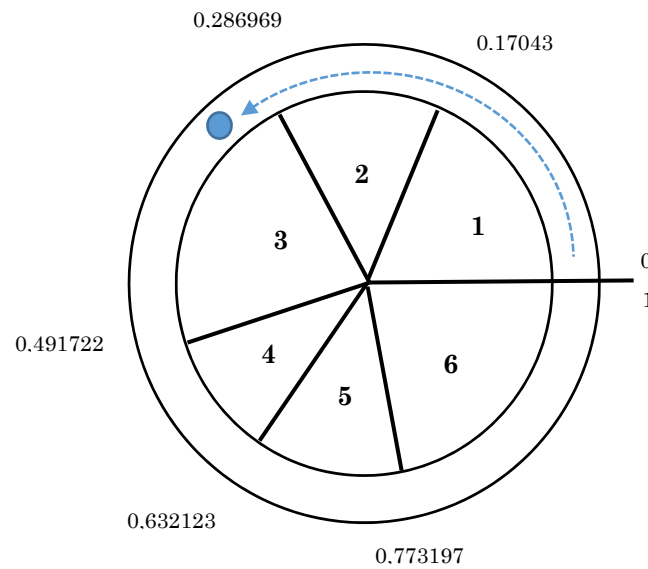


Figure 3.4 l'opération de sélection par la méthode de la roulette

Tableau 3 La population intermédiaire

N° individu	Pertes de l'individu (kW)	fitness
1	173	0,00578
6	130	0,007692
3	144	0,006944
1	173	0,00578
3	144	0,006944
6	130	0,007692

3.2.4 Croisement

Le croisement permet à un couple d'individus, parmi ceux qui sont sélectionnés, d'échanger leurs informations génétiques c'est-à-dire leurs gènes. Son principe est simple : deux individus sont pris au hasard et sont appelés parents, ensuite, nous tirons aléatoirement un nombre P dans l'intervalle $[0,1]$ que nous comparons à une certaine probabilité de croisement P_c .

- Si $P > P_c$, le croisement n'aura pas lieu et les parents sont recopiés dans la nouvelle génération
- Si $P \leq P_c$, le croisement se produit et les chromosomes des parents sont croisés pour donner deux enfants qui remplaceront leurs parents dans la nouvelle génération.

Il existe différents types de croisement, les plus connus sont le croisement multipoints et le croisement uniforme.

Concernant le croisement multipoints, p positions de croisement, avec $p \in [1, 2, \dots, l-1]$ ou l représente la taille du chromosome, sont choisies aléatoirement pour chaque couple. Ensuite, les gènes entre deux points de croisement successifs sont échangés entre les deux parents produisant deux nouveaux individus appelés enfants. Les valeurs typiques de p sont : 1(croisement à un point) et 2(croisement à deux points).

Pour le croisement uniforme, c'est 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 indique de quel parent l'enfant recevra-t-il son gène.

La figure suivante représente le croisement multipoints qui est le croisement utilisé dans notre travail :

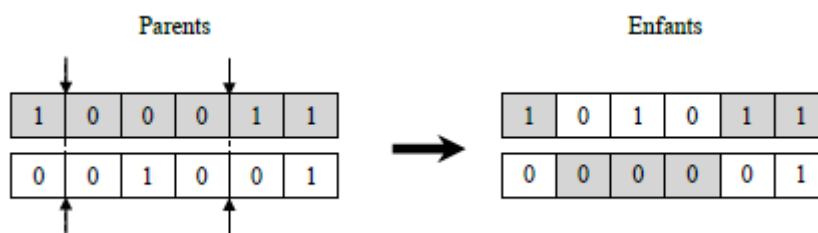


Figure 3.5 Croisement multipoints

▪ **Remarque**

Après chaque opération de croisement il faut vérifier si les contraintes de reconfiguration sont vérifiées sinon nous refaisons l'opération.

3.2.5 Mutation

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

- Si $P > P_m$ la mutation n'aura pas lieu et le gène reste tel qu'il est.
- Si $P \leq P_m$ la mutation se produit, et le gène sera remplacé par un autre gène tiré aléatoirement parmi les différentes valeurs possibles. Dans le cas d'un codage binaire comme notre cas d'étude, cela revient tout simplement à remplacer un 0 par un 1 et un 1 par un 0 pour garder le même nombre d'interrupteurs fermés, comme le montre la figure présentée ci-dessous.

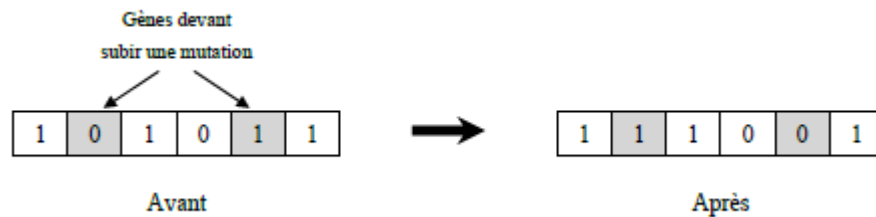


Figure 3.6 L'opération de Mutation

▪ Remarque

Après chaque opération de mutation il faut vérifier si les contraintes de reconfiguration sont vérifiées sinon nous refaisons l'opération.

Dans les contraintes il faut vérifier s'il y a 32 (gènes) bits égales à 1 ce qui signifie que tous les consommateurs sont alimentés, puis faire un décodage pour vérifier s'il n'y a pas de boucle et enfin faire un écoulement de puissance pour vérifier si les tensions sont dans le domaine de tolérance.

3.2.6 Critère d'arrêt :

Le critère d'arrêt peut être formulé de différentes façons parmi lesquelles nous pouvons citer :

Arrêt de l'algorithme lorsque le résultat atteint une solution satisfaisante.

Arrêt s'il n'y a pas d'amélioration pendant un certain nombre de générations.

Arrêt si un certain nombre de générations est dépassé qui est le critère utilisé dans notre programme.

3.2.7 Réglage des paramètres d'un algorithme génétique :

Le réglage de certains paramètres est nécessaire pour la manipulation des AG, ce réglage influence sur la convergence de cet algorithme et les résultats trouvés. Les paramètres à ajuster sont choisis généralement de manière empirique.

Souvent, les paramètres à ajuster sont :

Probabilité de croisement : les valeurs classiques pour ce paramètre varient de 0.6 à 0.95.

Probabilité de mutation : les valeurs classiques pour ce paramètre varient de 0.001 à 0.2.

Taille de population : augmenter la taille de la population permet d'augmenter sa diversité et réduit la probabilité d'une convergence prématurée vers un optimum local, mais en même temps elle augmente le temps nécessaire pour converger vers les régions optimales de l'espace de recherche.

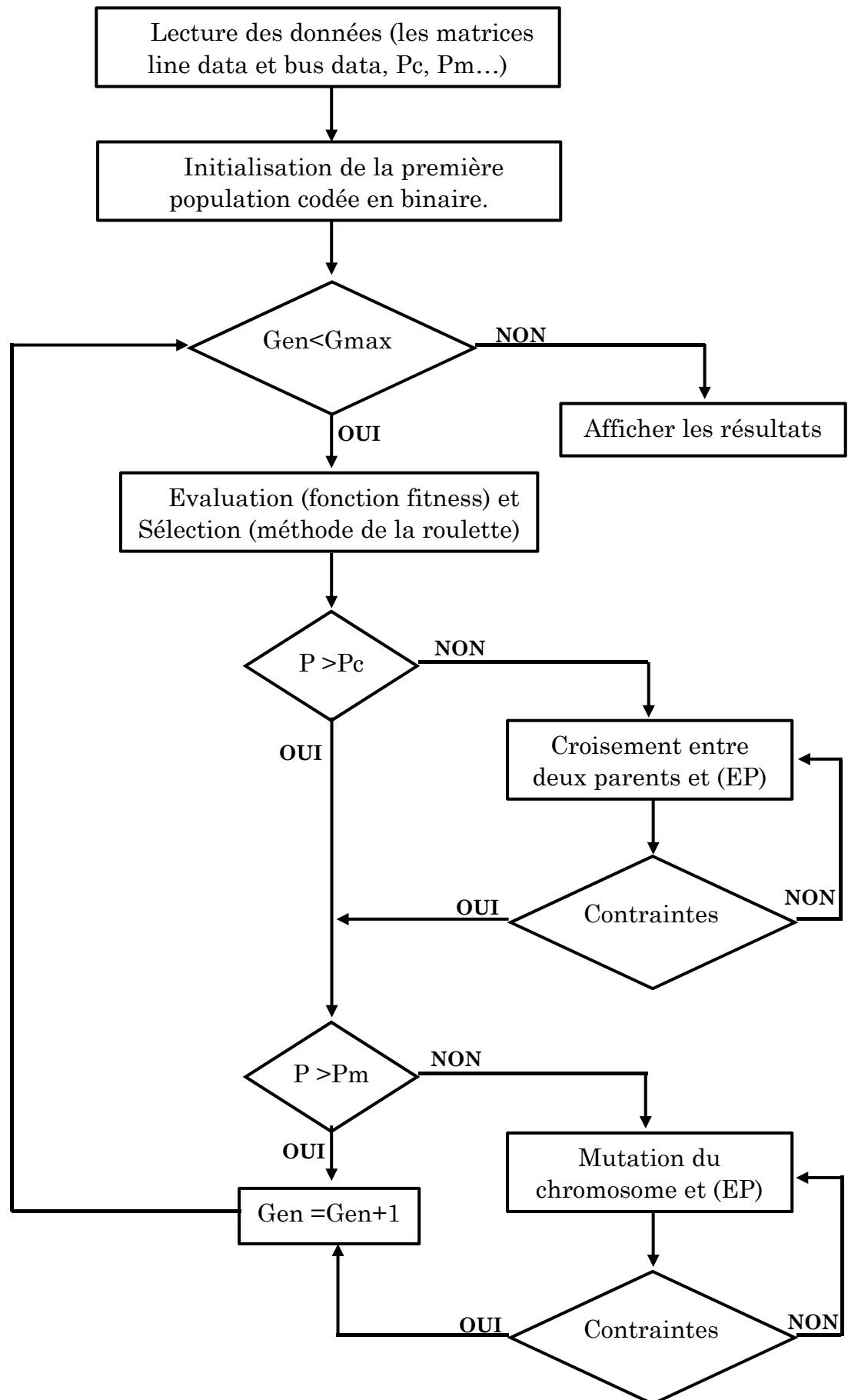


Figure 3.7 Organigramme général du programme

3.3 Conclusion

Les algorithmes génétiques servent à résoudre les problèmes d'optimisation en représentant les solutions sous forme de chromosomes, définir une fonction fitness pour évaluer la performance d'un chromosome et appliquer les opérateurs de sélection, de croisement et de mutation. Nous avons présenté également un ensemble de techniques de base qui permet de réaliser un algorithme génétique.

Les algorithmes génétiques sont des outils efficaces pour une classe de problèmes très large. De plus, ils permettent de traiter des problèmes où la fonction à optimiser ne présente aucune propriété de continuité ou de dérivabilité, par exemple.

Dans notre travail nous avons pu adapter ces algorithmes génétiques avec le problème traité qui est la reconfiguration des réseaux de distribution et nous avons eu des résultats intéressants qui vont être présenté dans le prochain chapitre.

4 Simulation et Analyse des Résultats

Dans ce chapitre nous allons utiliser les données du réseau IEEE 33 nœuds pour faire une simulation et mettre en œuvre les acquis théoriques, puis nous allons faire des interprétations sur les résultats obtenues.

4.1 Présentation du réseau IEEE 33 nœuds

Le système d'essai pour l'étude de cas est un système radial de distribution de 12.66 kilovolts avec 33 bus et 5 lignes ouvertes afin de faire des boucles. Chaque branche dans le système a un commutateur pour le but de reconfiguration. Les statuts initiaux de tous les interrupteurs (S1-S32) sont fermés tandis que tous les restes sont ouverts (S33-S37). Toutes les charges pour ce système d'essai sont 3.801.89 kilowatts et 2.694.10 kVAr. Les tensions de minimum et de maximum sont placées à 0.9 et 1.1 pu.

Le tableau suivant donne la valeur des puissances active et réactive au niveau des nœuds (**la matrice bus data**).

Tableau 4 Les puissances active et réactive aux nœuds

N° BUS	P(KW)	Q(KVAr)	N° BUS	P(KW)	Q(KVAr)
1	0	0	18	90	40
2	100	60	19	90	40
3	90	40	20	90	40
4	120	80	21	90	40
5	60	30	22	90	40
6	60	20	23	90	40
7	20	10	24	420	20
8	20	10	25	420	20
9	60	20	26	60	25
10	60	20	27	60	25
11	45	30	28	60	25
12	60	35	29	120	70
13	60	35	30	20	600
14	120	80	31	150	70
15	60	10	32	210	10
16	60	20	33	60	40
17	60	20			

Le tableau suivant donne les branches qui existent dans le réseau et avec leurs résistances et réactances (**la matrice line data**).

Tableau 5 La matrice line data

N° Branche	Nœud source	Nœud récepteur	R(Ω)	X(Ω)
1	1	2	0.0922	0.0470
2	2	3	0.4930	0.2512
3	3	4	0.3661	0.1864
4	4	5	0.3811	0.1941
5	5	6	0.8190	0.7070
6	6	7	0.1872	0.6188
7	7	8	0.7115	0.2351
8	8	9	1.0299	0.7400
9	9	10	1.0440	0.7400
10	10	11	0.1967	0.0651
11	11	12	0.3744	0.1298
12	12	13	1.4680	1.1549
13	13	14	0.5416	0.7129
14	14	15	0.5909	0.5260
15	15	16	0.7462	0.5449
16	16	17	1.2889	1.7210
17	17	18	0.7320	0.5739
18	2	19	0.1640	0.1565
19	19	20	1.5042	1.3555
20	20	21	0.4095	0.4784
21	21	22	0.7089	0.9373
22	3	23	0.4512	0.3084
23	23	24	0.8980	0.7091
24	24	25	0.8959	0.7071
25	6	26	0.2031	0.1034
26	26	27	0.2842	0.1447
27	27	28	1.0589	0.9338
28	28	29	0.8043	0.7006
29	29	30	0.5074	0.2585
30	30	31	0.9745	0.9629
31	31	32	0.3105	0.3619
32	32	33	0.3411	0.5302
Les interrupteurs ouverts				
33	25	29	0.5000	0.5000
34	8	21	2.0000	2.0000
35	12	22	2.0000	2.0000
36	9	15	2.0000	2.0000
37	18	33	0.5000	0.5000

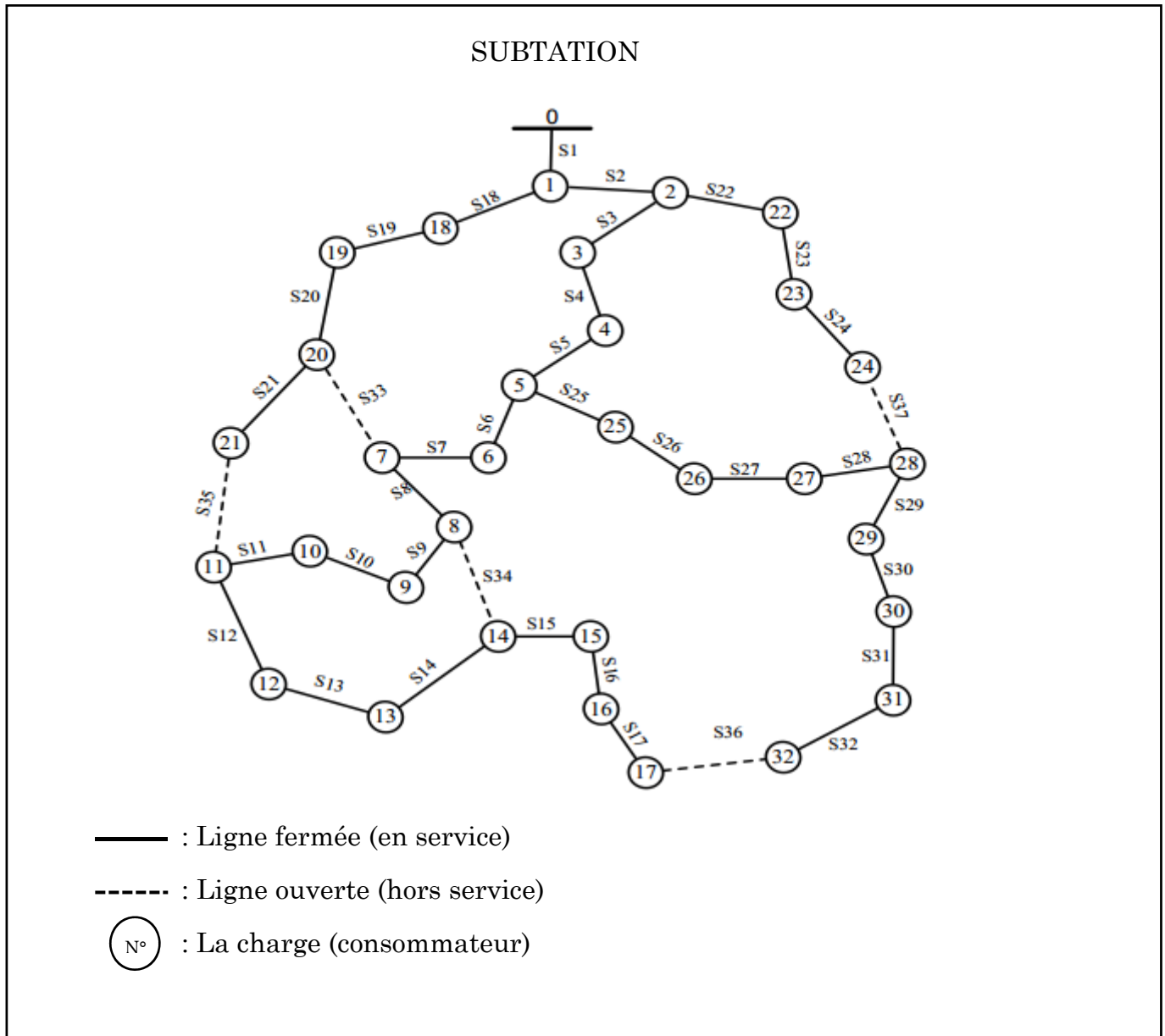


Figure 4.1 La configuration initiale du réseau étudié

Lors de la simulation nous choisissons 12 individus pour la première population, nous prenons $P_c=0.8$ (probabilité de croisement) et $P_m=0.2$ (probabilité de mutation) et aussi un nombre de génération égal à 100 générations.

4.2 Les résultats obtenus dans l'optimisation

Lors de l'exécution du programme de simulation, nous aurons la configuration initiale en cliquant sur « initial configuration » dans la fenêtre affichée et qui est illustrée ci-dessous :

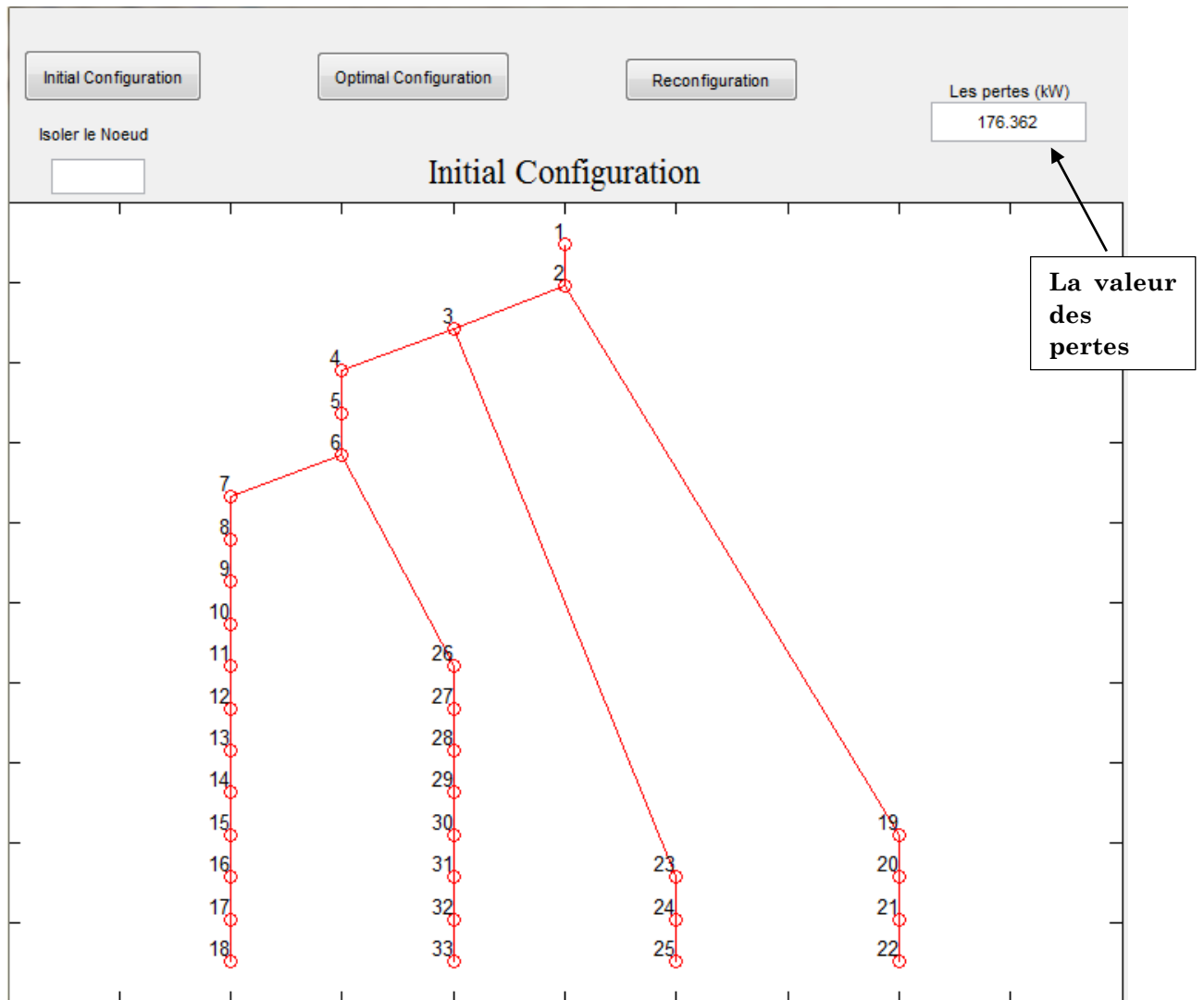


Figure 4.2 La Configuration Initiale

Les données de la configuration initiale sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 Données de la configuration initiale

	Voltage(p.u)	Send bus	End bus	R(ohm)	X(ohm)
1	1	0	1	0	0
2	0.9955	1	2	0.0922	0.0470
3	0.9736	2	3	0.4930	0.2511
4	0.9620	3	4	0.3660	0.1864
5	0.9505	4	5	0.3811	0.1941
6	0.9208	5	6	0.8190	0.7070
7	0.9152	6	7	0.1872	0.6188
8	0.9072	7	8	0.7114	0.2351
9	0.8969	8	9	1.0300	0.7400
10	0.8873	9	10	1.0440	0.7400
11	0.8858	10	11	0.1966	0.0650
12	0.8833	11	12	0.3744	0.1238
13	0.8731	12	13	1.4680	1.1550
14	0.8692	13	14	0.5416	0.7129
15	0.8668	14	15	0.5910	0.5260
16	0.8645	15	16	0.7463	0.5450
17	0.8611	16	17	1.2890	1.7210
18	0.8600	17	18	0.7320	0.5740
19	0.9946	2	19	0.1640	0.1565
20	0.9889	19	20	1.5042	1.3554
21	0.9877	20	21	0.4095	0.4784
22	0.9867	21	22	0.7089	0.9373
23	0.9679	3	23	0.4512	0.3083
24	0.9570	23	24	0.8980	0.7091
25	0.9516	24	25	0.8960	0.7011
26	0.9177	6	26	0.2030	0.1034
27	0.9136	26	27	0.2842	0.1447
28	0.8947	27	28	1.0590	0.9337
29	0.8810	28	29	0.8042	0.7006
30	0.8750	29	30	0.5075	0.2585
31	0.8679	30	31	0.9744	0.9630
32	0.8664	31	32	0.3105	0.3619
33	0.8659	32	33	0.3410	0.5302

Pour avoir la configuration optimale, on clique sur « optimal configuration » dans la fenêtre affichée et les résultats sont présentés ci-dessous :

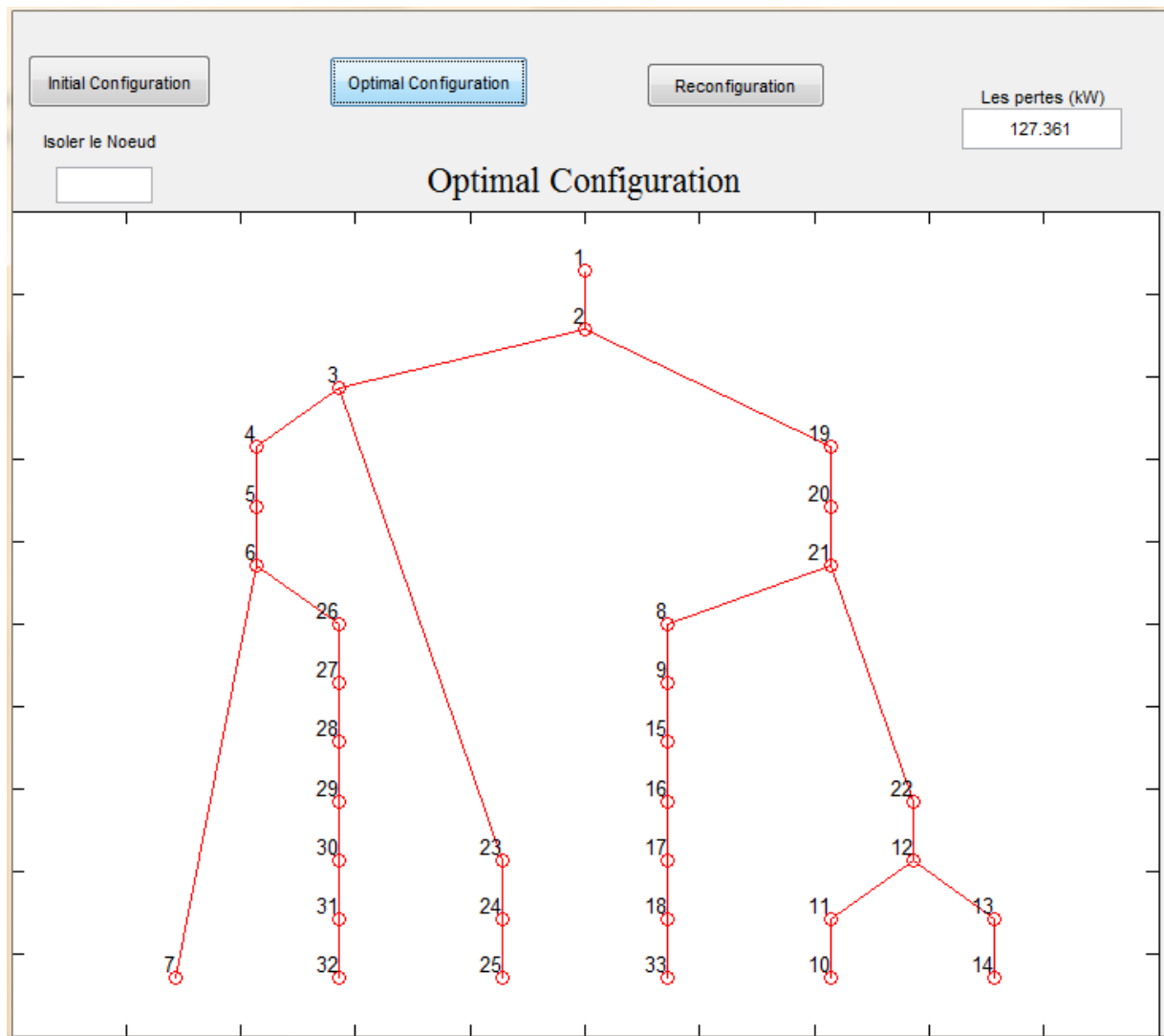


Figure 4.3 La Configuration Optimale

Les données de la configuration optimale sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7 Données de la configuration optimale

	Voltage(p.u)	Send bus	End bus	R(ohm)	X(ohm)
1	1	0	1	0	0
2	0.9955	1	2	0.0922	0.0470
3	0.9796	2	3	0.4930	0.2511
4	0.9725	3	4	0.3660	0.1864
5	0.9657	4	5	0.3811	0.1941
6	0.9484	5	6	0.8190	0.7070
7	0.9474	6	7	0.1872	0.6188
8	0.9403	21	8	2	2
9	0.9348	8	9	1.0300	0.7400
10	0.9994	11	10	0.1966	0.0650
11	0.9885	12	11	0.3744	0.1238
12	0.9410	22	12	2	2
13	0.9367	12	13	1.4680	1.1550
14	0.9354	13	14	0.5416	0.7129
15	0.9248	9	15	2	2
16	0.9219	15	16	0.7463	0.5450
17	0.9171	16	17	1.2890	1.7210
18	0.9154	17	18	0.7320	0.5740
19	0.9924	2	19	0.1640	0.1565
20	0.9656	19	20	1.5042	1.3554
21	0.9581	20	21	0.4095	0.4784
22	0.9525	21	22	0.7089	0.9373
23	0.9739	3	23	0.4512	0.3083
24	0.9631	23	24	0.8980	0.7091
25	0.9577	24	25	0.8960	0.7011
26	0.9456	6	26	0.2030	0.1034
27	0.9418	26	27	0.2842	0.1447
28	0.9246	27	28	1.0590	0.9337
29	0.9122	28	29	0.8042	0.7006
30	0.9068	29	30	0.5075	0.2585
31	0.9011	30	31	0.9744	0.9630
32	0.9000	31	32	0.3105	0.3619
33	0.9148	18	33	0.5000	0.5000

L'évolution des pertes de puissance en fonction du nombre de générations est représentée dans la figure suivante :

L'allure ci-dessous représente le profil de tension (pu) aux nœuds des deux configurations précédentes :

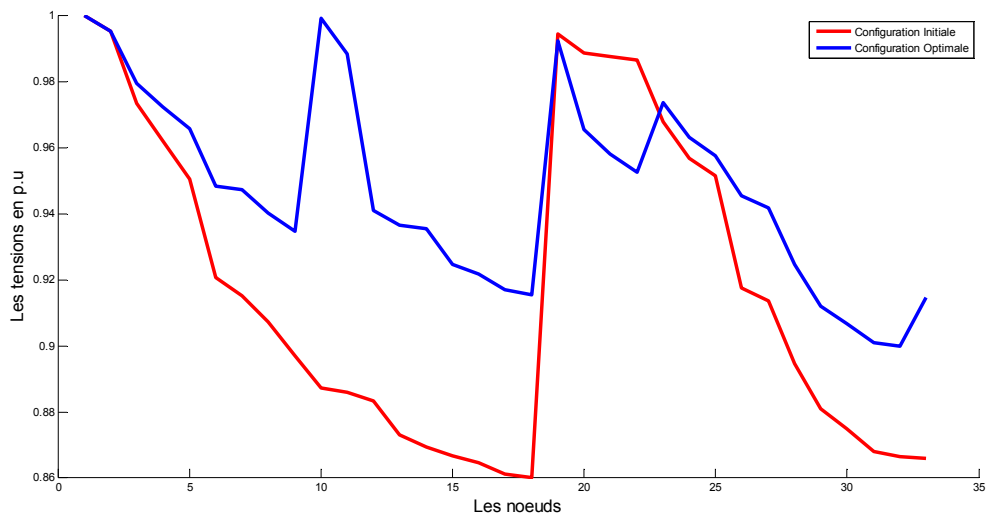


Figure 4.4 Profil de tension pour les deux configurations

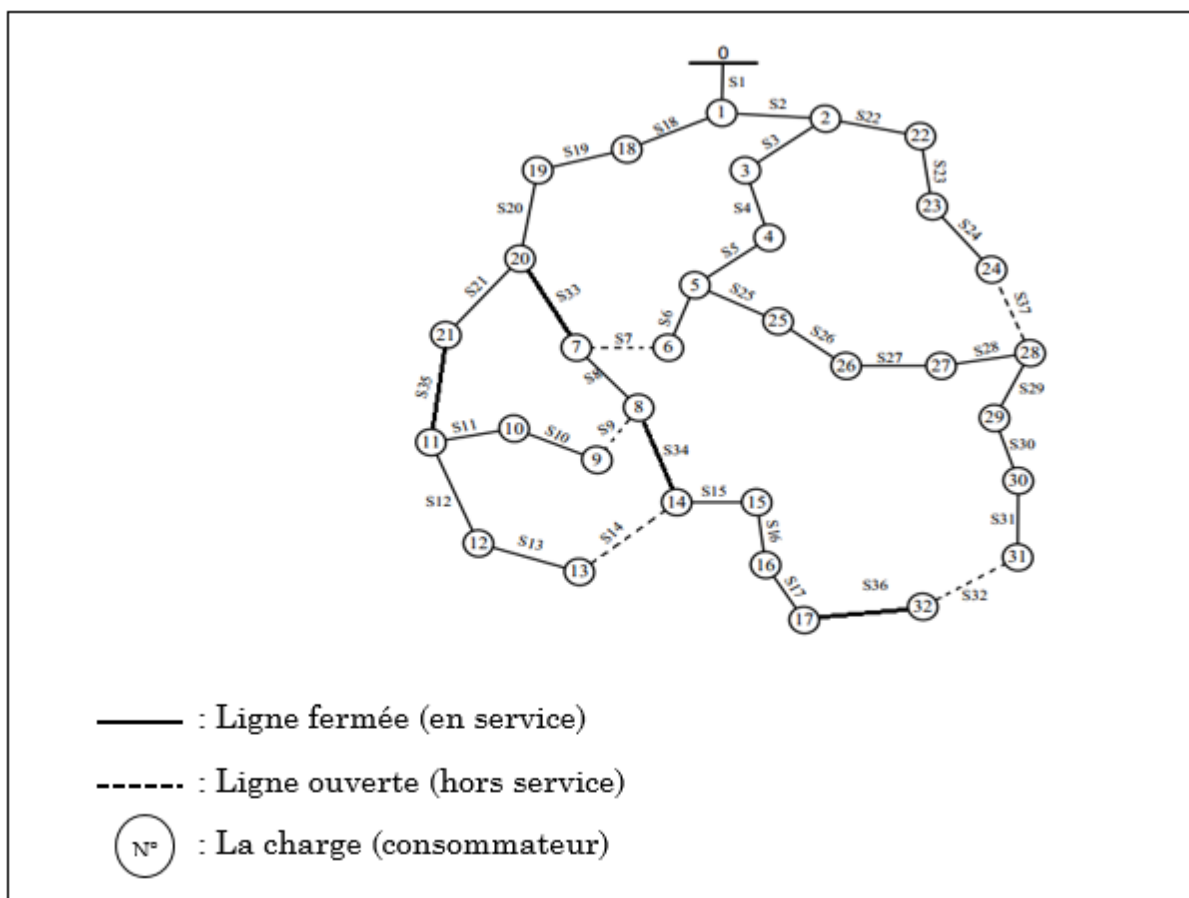


Figure 4.5 La topologie du réseau après reconfiguration

4.2.1 Interprétation des résultats

Nous constatons à partir des résultats de la configuration initiale et la configuration optimale que par un effort réduit, nous pouvons améliorer le régime de fonctionnement des réseaux de distribution. L'avantage consiste principalement dans la réduction des pertes de puissance et d'énergie,

Statuts des interrupteurs : les interrupteurs S33, S34, S35, S36 et S37 sont initialement ouverts. La configuration optimale correspond à l'ouverture des interrupteurs suivants : S32, S7, S14, S9 et S37.

En analysant les résultats des tableaux présentés ci-dessus (Tableaux 6-7), nous constatons des chutes de tensions plutôt que des surtensions par rapport à leurs valeurs nominales ceci est due essentiellement à la nature inductive des charges aux nœuds. D'autre part, il est remarquable que le profil de tension soit amélioré dans le cas de la configuration optimale si nous le comparons avec celui de la configuration initiale. Nous constatons que la stabilité de tension est améliorée si les pertes de puissances actives globales du système sont réduites au minimum.

Au niveau des Tableaux 6-7, nous pouvons distinguer clairement entre les nœuds sources et les nœuds récepteurs, ces derniers ne doivent jamais être alimentés par plus d'un seul nœud source autrement dit chaque nœud récepteur est alimenté à travers un seul chemin et donc satisfaire la première contrainte posée (celle qui concerne la radialité du réseau). Ceci est bien présenté dans le tableau des résultats tel que nous observons qu'il n'y a aucun nœud récepteur qui se répète.

La (Figure 4.5) présentée ci-dessus représente le profil de tension pour les deux configurations, l'allure présentée en rouge représente le profil de tension des nœuds de la configuration initiale et celle présentée en bleu représente le profil de tension des nœuds de la configuration optimale. Nous constatons qu'après avoir reconfiguré le réseau les chutes de tensions diminuent et par conséquent le profil de tension s'améliore.

Le temps d'exécution de notre programme de simulation n'est pas trop élevé, il est environ 6 à 8 s, nous pouvons également utiliser la reconfiguration en temps réel mais généralement nous l'évitons à cause de l'usure des appareils de coupure. Comme la pratique montre des changements périodiques de la demande de l'électricité, plus ou moins importants, selon le type et la taille des consommateurs. Nous pouvons constater ainsi, une différence entre les saisons et également entre les jours ouvrables et les jours fériés. Par conséquent, nous pouvons définir des configurations spécifiques pour chaque période.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La reconfiguration est un outil simple et efficace pour améliorer le fonctionnement des réseaux électriques de distribution, elle permet, par un effort réduit, d'améliorer le régime de fonctionnement des réseaux de distribution.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons présenté dans un premier lieu des généralités sur les réseaux électriques de distribution et tous ce qui concerne leurs différentes structures et architectures.

Par la suite, nous avons présenté brièvement l'écoulement de puissance et également une technique qui consiste à calculer les pertes de puissance qui sont notre fonction objective à optimiser.

L'utilisation des méthodes heuristiques dans le processus de reconfiguration diminue considérablement le temps de recherche de la solution finale. Généralement, le processus de reconfiguration en temps réel n'est pas recommandé et cela revient au taux de défaillance des appareils de coupure par contre nous pouvons également définir des configurations spécifiques pour chaque période. Le grand désavantage consiste dans le fait, que nous n'avons pas la garantie que la solution finale soit globalement optimale. Pourtant, nous constatons que nous ne sommes pas loin de la solution optimum globale, et que les plus importantes permutations sont identifiées.

Cette étude, nous a permis de concevoir une procédure d'optimisation basée sur les algorithmes génétiques. Ces derniers ont été choisis comme étant outil d'optimisation pour la réduction des pertes en cherchant la configuration optimum toute en respectant l'ensemble des contraintes imposées. Par conséquent, nous avons pu atteindre nos objectifs tracés en trouvant la topologie optimale correspond d

Les contraintes imposées au processus de reconfiguration sont l'ensemble des conditions à respecter lors de la modification de la topologie du réseau, les contraintes supplémentaires diminuent les performances. La liberté de choix sur certaines configurations est limitée par les contraintes sur la possibilité d'effectuer des manœuvres sur certaines branches. La contrainte sur le nombre admis de manœuvres pour le changement de la configuration diminue également les performances du processus de reconfiguration.

Comme les charges sont de nature inductive, nous avons constaté des chutes de tension plutôt que des surtensions aux nœuds du réseau étudié. Le profil de tension est amélioré si les pertes de puissances actives globales du système sont réduites au minimum suite à la reconfiguration optimale du réseau.

La configuration optimale que nous l'avons retrouvé dans notre travail a bien montré l'efficacité du processus de reconfiguration au terme d'amélioration du profil de tension.

Bibliographie

- [1] N. Hadj Saïd, La distribution d'énergie électrique en présence de production décentralisé, elipse, 2001.
- [2] T. Ion, «Reconfiguration des réseaux électriques de distribution urbaine dans le contexte de l'ouverture du marché,» LAUSANE SUISSE, 2003.
- [3] A.Chouikh et S.Youssef, «Electrification d'une région rurale (projet de fin d'études-USTHB),» 1982.
- [4] Rapport, «Guide de conception des réseaux électriques industriels,» Schneider Electric, 2006.
- [5] S. R. Cherkaoui, «Méthodes heuristiques pour la recherche de configurations optimales d'un réseau électrique de distribution,» LAUSANNE, 1992.
- [6] A. Ashish, D. Sanjoy et P. Anil, «An AIS-ACO Hybrid Approach for Multi-Objective Distribution System Reconfiguration,» *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 22, n° 13, August 2007.
- [7] C. Hsiao-Dong et J.-J. RenC, «Optimal Network Reconfiguration in Distribution Systems: Part 2: Solution algorithm and Numerical Results,» *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 5, n° 14, November 1990.
- [8] B. Mesut et W. Felix, «Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing,» *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 4, n° 12, April 1989.
- [9] A. Ashish, D. Sanjoy et P. Anil, «An AIS-ACO Hybrid Approach for Multi-Objective Distribution System Reconfiguration,» *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 22, n° 13, August 2007.
- [10] M.Boudour et A. Hellal, «"Génie Electrique : Réseaux Electriques, Fondamentaux et Concept ",» Edition Pages Bleues, Alger, Janvier 2011.
- [11] B. P. Ravi, M.R.Kumar, V. S. Hemachandra et R. Vanamali, «A Novel Power Flow Solution Methodology for,» *IEEE Region*, n° 115, 2010.
- [12] S. R. Rayapudi, V. Sadhu, N. Lakshmi et R. R. Manyala, «Optimal Network Reconfiguration of large-Scale Distribution System Using Harmony Search Algorithm,» *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 26, n° 13, August 2011.
- [13] M. Tolba, «Commande des systèmes d'énergie de puissance par des approches heuristiques modernes,» ENP, Alger, 2010.
- [14] A.Rouhani, R. M. Habib et A. G. Morteza, «Reconfiguration of Distribution Network Based on a Genetic,» *Current Trends in Technology and Science*, n° 18, 2014.
- [15] R. Nattachote, N. Supawud et S. Noyraiphoom, «Network Reconfiguration for Loss Reduction and Improved Voltage Profile in Distribution System with distributed Generation using Genetic Algorithm» *Current Trends in Technology and Science*, n° 37, 2014.