

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Electrique

جامعة كاسدي مرباح ورقلة



Université Kasdi Merbah Ouargla

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Réseaux électriques

Présenté par :

Chabbia Mohammed Islam

Taini Aimen

Thème :

Intégration optimale d'une production
décentralisée et d'un dispositif
D-STATCOM dans un réseau de
distribution

Soumis au jury composé de :

M ^r BOUDJELLA Houari	MCB	Président	UKM Ouargla
M ^r SADAoui Fares	MCA	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
M ^r BOUHADOUZA Boubekour	MAA	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire 2020/2021

Remerciements

*D'abord et avant tout, nous tenons à remercier **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté pour accomplir ce travail.*

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur **Mr. SADAoui Fares** pour sa disponibilité, ses conseils et ses encouragements.*

*Nous tenons également à remercier les membres de jury, **Mr. BOUDJELLA Houari** et **Mr. BOUHADOUZA Boubekour** pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'accepter d'évaluer notre travail.*

Nous remercions également tous les enseignants du département de génie électrique pour leur contribution à notre formation universitaire.

Nos plus chaleureux remerciements vont également à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*À mon cher père, qui m'a toujours soutenu et m'a aidé à affronter les
difficultés*

À ma chère mère, pour ses sacrifices depuis qu'elle m'a mise au monde ;

Mes chers frères ;

À toute ma famille et tous mes proches.

À mon binôme Mohammed islam.

À tous mes amis.

À mes collègues du département de génie électrique.

À tous ceux que j'aime.



Taini Aïmen

Dédicace

A mon cher père, qui m'a toujours soutenu et aidé dans les difficultés

A ma chère maman pour ses sacrifices et ses conseils

*à mes frères et sœurs **Adam, Ayoub, Hiba et Layla**, qui m'ont soutenu et me soutiennent toujours*

*A mon binôme **Aimen Taini***

*A mes amis, ma deuxième famille, en particulier **Islam Boubekri, Abdelhak Benati, Nadir Soudani et Souheil Taini**, qui ont partagé leurs moments avec moi, que Dieu les bénisse et les guide*

A mes collègues du département de génie électrique.

Pour tous ceux que mon cœur a aimés et oubliés par un stylo.

Chabbia Mohammed Islam

Résumé

Résumé :

Dans ce travail, un algorithme d'optimisation de l'essaim de particules a été appliqué pour trouver l'emplacement et la taille optimaux d'une production décentralisée (DG) et d'un dispositif DSTATCOM dans le but de réduire les pertes actives dans le réseau de distribution. En effet, le positionnement optimal du DG et du DSTATCOM permet de réduire les pertes actives dans les branches et d'améliorer le profil des tensions des nœuds du réseau de distribution. Le positionnement optimal du DG de type PV dans un réseau de distribution standard IEEE 33 nœuds a été choisi en se basant sur le facteur de sensibilité aux pertes actives. Le nœud 6 possède la plus faible valeur de LSF égale à 0,0221 est sélectionné comme jeu de barres candidat pour l'insertion du DG. Par contre, le dispositif DSTATCOM a été intégré au niveau du nœud 30, ayant une faible valeur de (VSI = 0,0296). Nous avons appliqué la méthode d'optimisation d'essaim de particules pour déterminer le dimensionnement optimal de la production décentralisée et du dispositif DSTATCOM dans l'objectif de réduire les pertes actives dans le réseau en respectant l'ensemble des contraintes de fonctionnement de ce dernier.

Mots clés : Réseau de distribution, Production désentrelacée, DSTATCOM, algorithme d'optimisation PSO, Facteur LSF, Indice VSI.

Abstract:

In this work, a particle swarm optimization algorithm was applied to find the optimal location and size of a distributed generation (DG) and DSTATCOM device with the aim of reducing active losses in the distribution network. Indeed, the optimal positioning of the DG and DSTATCOM makes it possible to reduce active losses in the branches and to improve the voltage profile of the nodes of the distribution network. The optimal positioning of the PV type DG in a standard IEEE 33 node distribution network was chosen based on the factor of sensitivity to active losses. Node 6 with the lowest LSF value of 0.0221 is selected as the candidate busbar for DG insertion. On the other hand, the DSTATCOM device was integrated at the level of the node 30, having a low value of (VSI = 0.0296). We applied the particle swarm optimization method to determine the optimal sizing of the decentralized production and the DSTATCOM device with the objective of reducing active losses in the network while respecting all the operating constraints of the latter. .

Keywords: Distribution network, Deinterlaced production, DSTATCOM, PSO optimization algorithm, LSF factor, VSI index.

Tableau de matières

Table des matières

REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
RESUME :	
LISTE DES SYMBOLES	I
LISTE D'ABREVIATION	II
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES TABLEAUX	IV
INTRODUCTION GENERALE	I
I.1 INTRODUCTION.....	2
I.2 RESEAU ELECTRIQUE	2
I.2.1 Définition	2
I.2.2 Classification des tensions dans un réseau électrique.....	3
I.2.3 Hiérarchisation d'un réseau électrique	3
I.2.4 Topologies des réseaux électriques.....	6
I.3 PRODUCTIONS DECENTRALISEES	8
I.3.1 Définitions.....	8
I.3.2 Avantages de la production décentralisée	9
I.3.3 Différents types de production décentralisée.....	10
I.3.4 Impact de la production décentralisée sur le réseau de distribution.....	14
I.3.5 Types de DG.....	15
I.4 CONCLUSION	16
II.1 INTRODUCTION.....	17
II.2 METHODE DIRECTE DE L'ECOULEMENT DE PUISSANCE	17
II.2.1 Pertes de puissance.....	20
II.2.2 Formation de la matrice BIBC.....	21
II.2.3 Formation de la matrice BCBV	21
II.3 ALGORITHME DE LA METHODE DIRECTE D'ECOULEMENT DE PUISSANCE	21
II.4 ORGANIGRAMME DE LA METHODE DIRECTE D'ECOULEMENT DE PUISSANCE.....	23
II.5 METHODE D'OPTIMISATION PAR ESSAIM DE PARTICULES (PSO)	24

Tableau de matières

II.5.1	Principe générale de la méthode PSO	24
II.5.2	Position et vitesse de particules	25
II.5.3	Algorithm de PSO	27
II.6	DISPOSITIF D-STATCOM.....	28
II.7	CONCLUSION	28
III.1	INTRODUCTION.....	29
III.2	RESEAU DE DISTRIBUTION TESTE.....	29
III.3	RESULTAT DE L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE	30
III.3.1	Profil de tension des nœuds	30
III.3.2	Pertes active et réactive dans les branches.....	31
III.4	EMPLACEMENT OPTIMAL DE LA PRODUCTION DECENTRALISEE	33
III.4.1	Facteur de sensibilité des pertes de puissance	33
III.4.2	Résultats de simulation	35
III.5	EMPLACEMENT OPTIMAL DU D-STATCOM.....	35
III.5.1	Méthode de calcul de VSI.....	35
III.6	OPTIMISATION DE LA TAILLE DU DG ET DU D-STATCOM.....	39
III.7	CONTRAINTES	40
III.7.1	Contraintes d'égalité.....	40
III.7.2	Contraintes d'inégalité	40
III.7.3	Contraintes de tension	40
III.7.4	Contraintes liées au dimensionnement de GED.....	40
III.7.5	Contraintes liées au dimensionnement de DSTATCOM	40
III.7.6	Contraintes de tension du jeu de barre	41
III.8	CONCLUSION	44
	CONCLUSION GENERALE.....	43
	BIBLIOGRAPHIE.....	44

Liste des symboles

Liste des symboles

ω	Fonction de pondération.
C1 et C2	Facteurs d'accélération.
Gbest	Meilleure position de tout l'essaim.
Ibest	Meilleure position d'une particule.
Ii	Courant de charge au nœud i.
PDGi	Puissances active injectées par la production décentralisée
PL & QL	Puissance active et réactive demandé de charge.
Ploss & Qloss	Pertes de puissance active et réactive.
QDSTATCOM	Puissance réactive injectées par le dispositif DSTATCOM.
rand1 & rand2	Nombres aléatoires.
Ri & Xi	Résistance et réactance de la ligne.
V(i)	Vitesse d'une particule i.
Xi	Position d'une particule i.
ΔV	Chute de tension.

Liste d'abréviation

Liste d'abréviation

BCBV	Branch-current to bus-voltage.
BIBC	Bus-injection to branch-current.
BT	Base tension.
CIGRE	Conseil International des Grands Réseaux Electriques
DG	Génération distribuée.
DLF	Direct load flow.
DSTATCOM	Distribution Static Compensator.
FACTS	Flexible Alternative Current Transmission Systems.
HT	Haute tension.
IEEE	Electrical and Electronics Engineers.
LSF	Loss sensitivity factor.
MT	Moyenne tension.
PSO	Particle Swarm Optimization.
pu	Grandeur en unité relative (grandeur réduite).
Un	Tension nominale.
VSI	Voltage Stability Index.

Liste des figures

Liste des figures

<i>Figure I- 1 : Réseau électrique.</i>	IV
<i>Figure I- 2 : Schéma illustrant un réseau radial.</i>	7
<i>Figure I- 3 : Illustration d'un réseau maillé.</i>	7
<i>Figure I- 4 : Illustration d'un réseau bouclé.</i>	8
<i>Figure I- 5 : Energie eolienne.</i>	10
<i>Figure I- 6 : Centrale hydraulique.</i>	11
<i>Figure I- 7 : Centrale géothermique</i>	11
<i>Figure I- 8 : Centrale photovoltaïque.</i>	12
<i>Figure I- 9 : Centrale Biomasse.</i>	12
<i>Figure I- 10 : Energie fossile.</i>	13
<i>Figure I-11 : Energie hydrogène.</i>	13
<i>Figure I- 12 : Flux d'énergie dans un réseau de distribution en présence de GED.</i>	15
<i>Figure II- 1 : Système de distribution simple à 9 nœuds.</i>	18
<i>Figure II- 2 : Organigramme de la méthode directe d'écoulement de puissance.</i>	23
<i>Figure II- 3 : Comportement collectif : (a) nuées d'oiseaux, (b) banc de poissons.</i>	24
<i>Figure II- 4 : Algorithm de PSO</i>	27
<i>Figure II- 5 : Réseau élémentaire de deux nœuds d'un réseau de distribution en présence d'un D-STATCOM.</i>	28
<i>Figure III- 1 : Système de distribution simple à 33 jeux de barres.</i>	29
<i>Figure III- 2 : Profil de tension des nœuds du réseau de distribution IEEE à 33 nœuds.</i>	31
<i>Figure III- 3 : Pertes active dans les branches du réseau de distribution à 33 nœuds.</i>	32
<i>Figure III- 4 : Pertes réactives dans les branches du réseau de distribution à 33 nœuds.</i>	33
<i>Figure III- 5 : Présentation de deux nœuds d'un réseau de distribution.</i>	33
<i>Figure III- 6 : LFS dans chaque jeu de barres.</i>	35
<i>Figure III- 7 : Représentation de deux nœuds d'un réseau de distribution.</i>	36
<i>Figure III- 8 : Indice de stabilité de la fonction des nœuds du réseau.</i>	39
<i>Figure III- 9 : Profil de tension pour les déférant cas étudiés</i>	44

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I- 1 : Niveaux de tension dans un réseau électrique.</i>	<i>3</i>
<i>Tableau III- 3 : Caractéristiques du réseau de distribution IEEE à 33 nœuds.</i>	<i>29</i>
<i>Tableau III- 4 : La tension et angle de phase des tensions des nœuds.</i>	<i>30</i>
<i>Tableau III- 5 : Pertes actives et réactives dans les branche du réseau IEEE à 33 nœuds. ..</i>	<i>31</i>
<i>Tableau III- 6 : LFS de chaque nœud.</i>	<i>34</i>
<i>Tableau III- 7 : Valeurs de l'indice de stabilité de tension pour un réseau de distribution IEEE à 33 nœuds.</i>	<i>38</i>
<i>Tableau III- 8 : Paramètres PSO.</i>	<i>39</i>
<i>Tableau III- 9 : Limites des contrainte d'inégalité utilisée</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III- 10 : Amplitude des tensions des nœuds.</i>	<i>42</i>
<i>Tableau III- 11 : Comparaison des résultats d'écoulement de puissance avec D-STATCOM et avec DG et avec D-STATCOM et DG d'un réseau de distribution IEEE à 33 nœuds.</i>	<i>43</i>

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

De nos jours, l'énergie électrique est un bien de consommation en soi devenu indispensable, non seulement pour la vie quotidienne de chacun mais aussi pour l'économie d'un pays. En fait, la moindre panne d'électricité a des conséquences économiques et sociales majeures. Par conséquent, la nécessité de réseaux électriques fiables et économiques est une question d'une importance croissante. [1].

D'autres aspects tels que l'ouverture des marchés de l'énergie, la volonté de préserver l'environnement et l'inquiétude croissante sur le post-épuiement des réserves de combustibles fossiles conduisent de plus en plus à l'utilisation accrue de productions décentralisées basées sur les énergies renouvelables (éolien, photovoltaïque, etc.). Ces dernières sont intégrées dans le réseau de distribution qui, comme le réseau de transport, doivent assurer la disponibilité de divers services aux gestionnaires de réseau. En d'autres termes, le réseau de distribution doit évoluer vers un réseau flexible et intelligent qui intègre au mieux les énergies renouvelables[1].

Les réseaux de distribution se caractérisent par des pertes de puissance importantes et une faible fiabilité, en raison du faible niveau de tension, des flux de courant élevés dans les lignes, de la multiplication des défauts et de la formation radiale du réseau de distribution. Contrairement aux réseaux de transport, les réseaux de distribution ont des valeurs élevées du rapport R/x des lignes, ce qui génère des pertes importantes et provoque ainsi une instabilité de tension. L'un des effets positifs de la production décentralisée (DG) et du DSTATCOM est la réduction des pertes dans le réseau de distribution. Cependant, un emplacement et une taille inappropriés du DG et du DSTATCOM peuvent entraîner des pertes accrues. Par conséquent, il est nécessaire d'étudier l'effet de l'intégration de la production décentralisée et du dispositif du DSTATCOM sur le réseau de distribution.

Ce mémoire traite un problème d'optimisation de l'emplacement et de la taille d'une production décentralisée dans la perspective finale est de réduire les pertes actives dans le réseau de distribution. Il est divisé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présentons les généralités sur le réseau de distribution ainsi que production décentralisée. Le deuxième chapitre est consacré à la description de la méthode du calcul d'écoulement de puissance et de la méthode d'optimisation PSO. Enfin, au dernier chapitre, nous présentons les résultats de simulation obtenu suite a l'intégration optimale du DG et du DSTATCOM.

CHAPITRE I

Généralités sur le réseau de distribution et sur la production décentralisée

I.1 Introduction

L'énergie électrique, dans le monde entier, est devenu un bien de consommation nécessaire tant pour la vie quotidienne que pour l'économie des pays et les moindres problèmes d'origine électrique influent considérablement sur la continuité des activités économiques. Donc la possession des réseaux électriques fiables et économiques fonctionnant convenablement et assurant une continuité de service et une bonne qualité d'énergie est devenue primordiale afin de contribuer positivement au développement des sociétés modernes [2]. L'utilisation optimale de l'énergie électrique s'effectue à travers deux réseaux principaux : le réseau de transport et le réseau de distribution.

Ce chapitre est concerné aux généralités sur le réseau de distribution ainsi que sur les productions décentralisées.

I.2 Réseau électrique

I.2.1 Définition

Un réseau électrique est un ensemble d'outils destiné à produire, transporter, distribuer de l'énergie électrique et veiller sur la qualité de cette énergie, notamment la continuité de service et la qualité de la tension. L'architecture ou le design du réseau est un facteur clé pour assurer ces objectifs. Cette architecture peut être divisée en deux parties ; d'une part, l'architecture du poste, et de l'autre part l'architecture de la distribution [3].

Comme on ne peut encore stocker économiquement et en grande quantité l'énergie électrique, il faut pouvoir maintenir en permanence l'égalité suivante :

$$\text{Production} = \text{Consommation} + \text{pertes}$$

On retrouvera dans l'analyse des réseaux toutes les sciences de l'ingénieur, du génie civil à de génie mécanique, de la thermodynamique, de la chimie, de l'informatique, du traitement de signal.

I.2.2 Classification des tensions dans un réseau électrique

A travers la NF C 15-100 et la NF C13-200, les niveaux de tension sont définis comme suit :

Tableau I- 1 : Niveaux de tension dans un réseau électrique.

Appellation courante	Domaine de tension	Tension alternative	Tension continue
Tres base tension	TBT	$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ KV}$
Basse tension (BT)	BTA	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ KV}$
	BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U \leq 1500 \text{ KV}$
Moyenne tension (MT)	HTA	$1 \text{ KV} < U \leq 50 \text{ KV}$	$1500 \text{ V} < U \leq 75 \text{ KV}$
Haute tension (HT)	HTB	$U > 50 \text{ KV}$	$U > 75 \text{ KV}$

I.2.3 Hiérarchisation d'un réseau électrique

Le système électrique est structuré en plusieurs niveaux, assurant des fonctions spécifiques propres, et définis par des tensions ajustées à ces fonctions : le réseau de transport, de répartition et de distribution.

I.2.3.1 Réseaux de transport

- Les réseaux de transport ont principalement pour mission :
 - De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation ;
 - De permettre l'interconnexion des centrales de production.

➤ Ils sont caractérisés par:

- Des tensions de 150 kV, 220 kV , 420 kV dernièrement en Algérie, 530 kV en Egypte, 736 kV au Canada;
- Neutre directement mis à la terre ;
- Réseau maillé.

En matière de production décentralisée, les réseaux de transport jouent un rôle lié au fait qu'ils constituent l'ossature du système électrique pour les échanges d'énergie et que l'intégration d'une proportion appréciable de ce type de production aura une influence sur le comportement global du système et sur son exploitation. Même si, pour une grande part, cette production décentralisée sera connectée au réseau de distribution [4].

En effet, cette intégration va requérir une grande flexibilité des échanges entre production centralisée et production décentralisée.

1.2.3.2 Réseaux de répartition

Les réseaux de répartition sont caractérisés par [4] :

- La tension 90 kV ou 63 kV ;
- La mise à la terre du neutre par réactance ou transformateur de point neutre :
 - Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV
 - Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV
- Réseaux en boucle ouvert ou fermé, ou maillé.

Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres. Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et, d'autre part, les utilisateurs industriels dont la taille, supérieure à 60 MVA, nécessite un raccordement à cette tension.

1.2.3.3 Réseaux de distribution

Ces réseaux constituent des circuits électriques passifs dans lesquels les flux de puissance active et réactive ‘écoulent des hautes vers les basses tensions. Ces flux ainsi que les tensions sont déterminés par les charges. L’introduction de la production décentralisée en proportion appréciable aux réseaux de distribution, va avoir des conséquences très importantes. Ces réseaux deviennent des circuits électriques actifs, dans lesquels les flux de puissance et les tensions sont gouvernés non seulement par les charges mais aussi par les sources. Les flux de puissances peuvent fort bien dans certaines conditions remonter des basses vers les hautes tensions [5].

On distingue :

- Réseaux de distribution à moyenne tension caractérisée par [6] :
 - La tension de 30 kV et 10 kV (tensions les plus utilisées) ;
 - Le neutre mis à la terre par une résistance à :
 - Limitation à 300A pour les réseaux aériens
 - Limitation à 1000 A pour les réseaux souterrains
 - Réseaux souterrains en boucle ouverte.

- Réseaux de distribution à basse tension caractérisés par :
 - Le neutre mis à la terre par une résistance ;
 - Réseaux de type radial, maillé et bouclé ;
 - La tension 230 / 400 V.

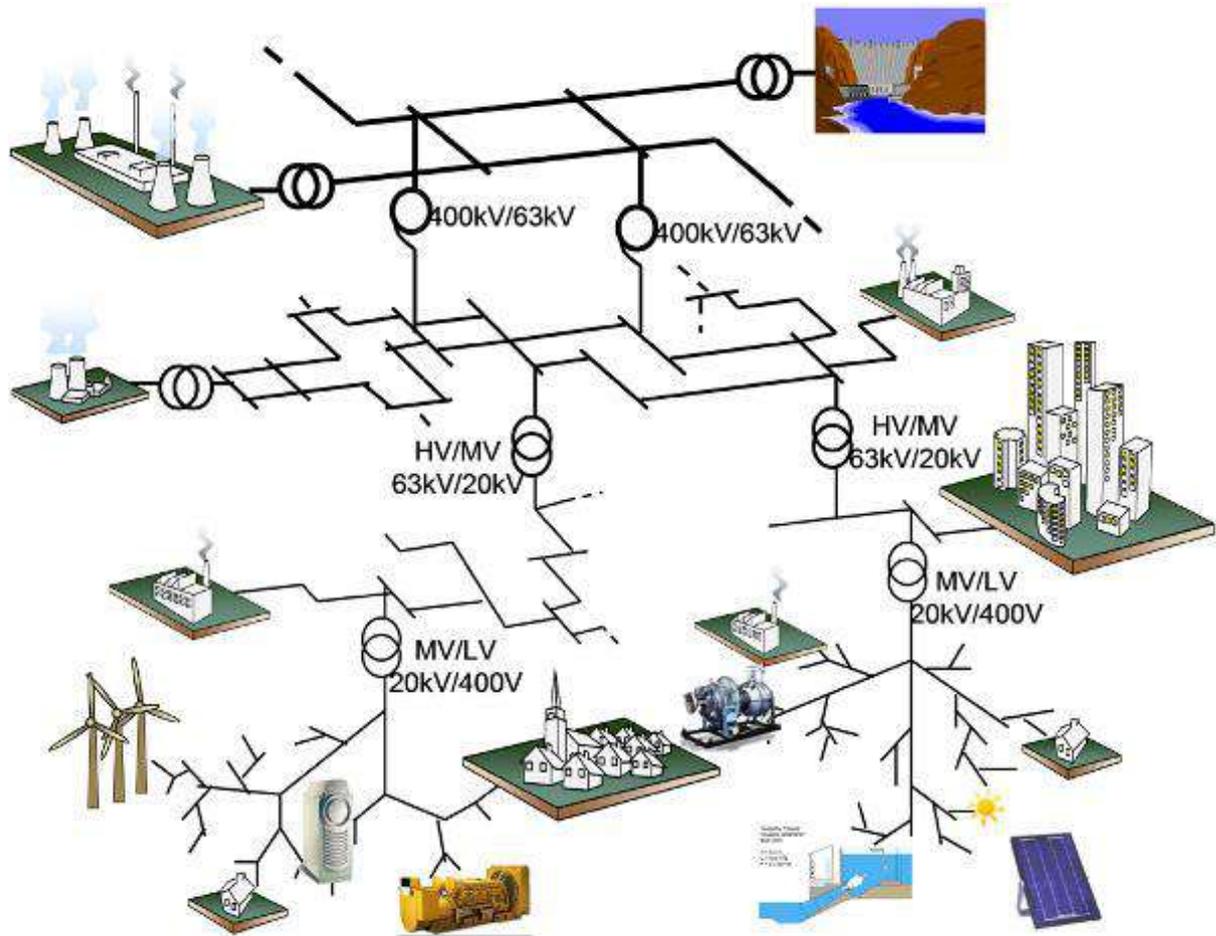


Figure I- 1 : Réseau électrique.

I.2.4 Topologies des réseaux électriques

I.2.4.1 Réseaux radiaux

C'est une topologie simple qu'on trouve usuellement dans la distribution MT et BT. Elle est composée d'une ligne alimentée par des postes de distribution MT ou BT alimentée au départ par un poste source HT ou MT.

Leur configuration est celle rencontrée dans l'exploitation des réseaux de distribution dont les sources de tension sont constituées d'un ou plusieurs transformateurs abaisseurs. La tension fournie par chacune de ces sources peut être variable en suivant les fluctuations du réseau haute tension auquel est branché le transformateur, ou réglable si le rapport de transformation peut être modifié [7].

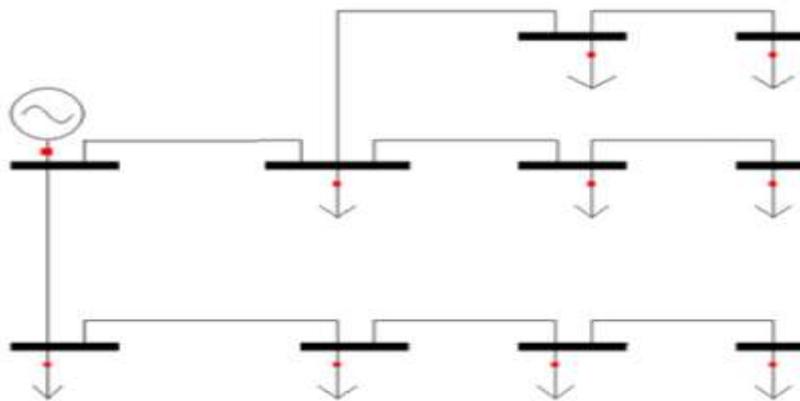


Figure I- 2 : Schéma illustrant un réseau radial.

1.2.4.2 Réseaux maillés

Ce sont des réseaux dans lesquels les liaisons forment des boucles dont la majorité a des côtés communs, réalisant ainsi une structure semblable aux mailles d'un filet. Ainsi, si un hôte est hors service, ses voisins passeront par une autre route. Cela évite d'avoir des points sensibles, qui en cas de panne, coupent la connexion d'une partie du réseau.

Cette structure nécessite que tous les tronçons de lignes (ou de câbles) soient capables de surcharges permanentes, et qu'ils soient munis à leurs deux extrémités, généralité sur les réseaux d'énergie électrique d'appareils de coupure, les isolant en cas d'avarie. Cette structure est généralement utilisée pour le transport [6].

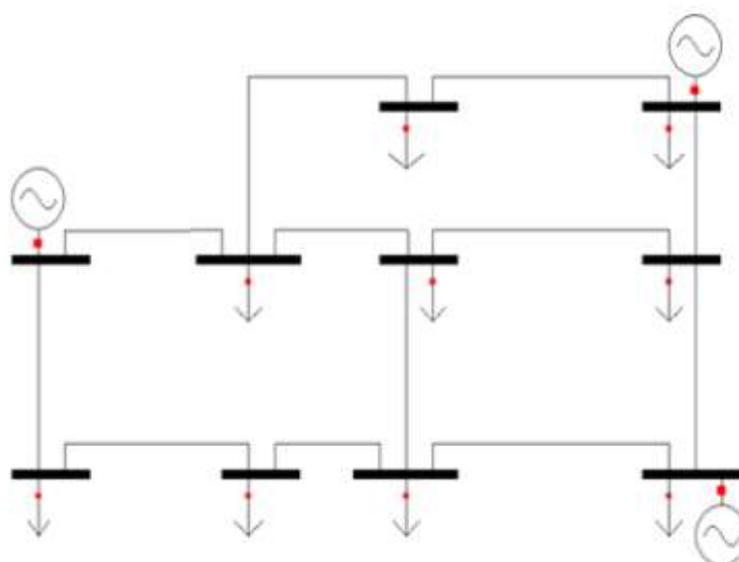


Figure I- 3 : Illustration d'un réseau maillé.

1.2.4.3 Réseaux bouclés

Un réseau bouclé est un réseau maillé simplifié présentant un certain nombre de boucles fermées. Le réseau est dit bouclé car pour chaque phase, les lignes forment un circuit fermé sur lui-même. Chacune de boucle contient un nombre limité de sources.

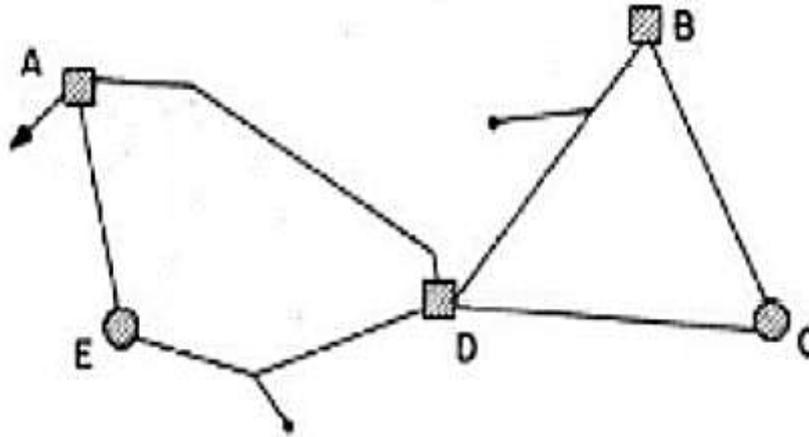


Figure I- 4 : Illustration d'un réseau bouclé.

I.3 Productions décentralisées

I.3.1 Définitions

La production décentralisée ou dispersée se définit par opposition à la production classique, par unités de grosses puissances raccordées au réseau HT, dont la localisation et la puissance ont fait l'objet d'une planification, et qui sont commandées de manière centralisée pour participer au contrôle de la fréquence et de la tension, et assurer un fonctionnement fiable et économique de l'ensemble du réseau. Ces unités centralisées sont dites « dispatchables » [8].

Par rapport aux unités classiques, les unités décentralisées sont caractérisées par des puissances ne dépassant pas 50 à 100 MW, ne sont pas planifiées de manière centralisée, ni actuellement coordonnées, elles sont généralement raccordées au réseau de distribution (≤ 15 MW) et ne sont pas non plus actuellement destinées à assurer des services systèmes. Cette production décentralisée se développe dans tous les pays, sur base d'unités de cogénération, d'énergies renouvelables ou de production traditionnelle, installées par des producteurs indépendants [9].

L'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) définit la génération distribuée ou production décentralisée comme la génération d'électricité par des installations qui sont

suffisamment plus petites que les centrales classiques de production pour permettre leur interconnexion à presque n'importe quel point du réseau électrique.

Le Conseil International des Grands Réseaux Electriques (CIGRE) définit la génération distribuée comme toutes les unités de production avec une capacité maximale de 50 MW à 100 MW, qui sont habituellement connectés au réseau de distribution (< 15 MW) et qui ne sont ni observables, ni dispatchables (pilotables par le gestionnaire de réseau) [10].

I.3.2 Avantages de la production décentralisée

A. Avantages pour le fournisseur d'électricité

- Le moyen de production peut être installé à proximité du consommateur, d'où une baisse des coûts de transport et distribution, et moins de pertes électriques ;
- Les sites pour les petits générateurs se trouvent plus facilement ;
- Les moyens de production décentralisée raccourcissent les temps de planification et d'installation ;
- L'énergie peut être « stockée » sous la forme de combustible et aisément « Libérée » lors des pointes de consommation ;
- Le réseau peut prendre la relève en cas d'arrêt d'un générateur, d'où une fiabilité accrue ;
- Les technologies récentes sont propres et silencieuses ;
- Les nouveaux moyens de production décentralisée acceptent plusieurs combustibles, même du biogaz, pour une flexibilité accrue et des coûts réduits d'acheminement du combustible.

B. Avantages pour le consommateur

- Selon la nature du combustible employé, les prix de l'électricité sont souvent inférieurs ;
- Les moyens de production pouvant être commandés, l'écrêtage des pointes est possible, réduisant la facture énergétique ;
- L'électricité est disponible facilement , elle est de meilleure qualité et plus fiable ;
- La cogénération améliore le rendement énergétique global de l'installation.

I.3.3 Différents types de production décentralisée

I.3.3.1 *Energies renouvelables*

- **Eolien** : ce mode transmet l'énergie cinétique du vent à l'énergie électrique grâce aux turbines aérogénérateurs. Deux technologies utilisées principalement sont les générateurs synchrones et asynchrones. En fonction de la technologie choisie, leur raccordement au réseau se fait soit directement, soit via des interfaces d'électronique de puissance. En tenant compte de l'intermittence de ce type d'énergie, les turbines éoliennes sont normalement associées avec un système de stockage d'énergie et/ou avec un moteur diesel. Il existe également deux possibilités d'installation des parcs éoliennes : éolien en mer et éolien sur terre dont les installations en mer comportent une capacité très importante. La puissance d'un parc éolien varie de quelques Mégawatts à quelques centaines de Mégawatts.



Figure I- 5 : Energie eolienne.

- **Petites centrales hydrauliques :** leur principe de fonctionnement est identique à la centrale hydraulique centralisée traditionnelle. La différence consiste à leur petite taille. Elles sont installées proches des consommateurs pour exploiter les petits fils d'eau locale. Le niveau de puissance va de quelques kW à quelques MW.

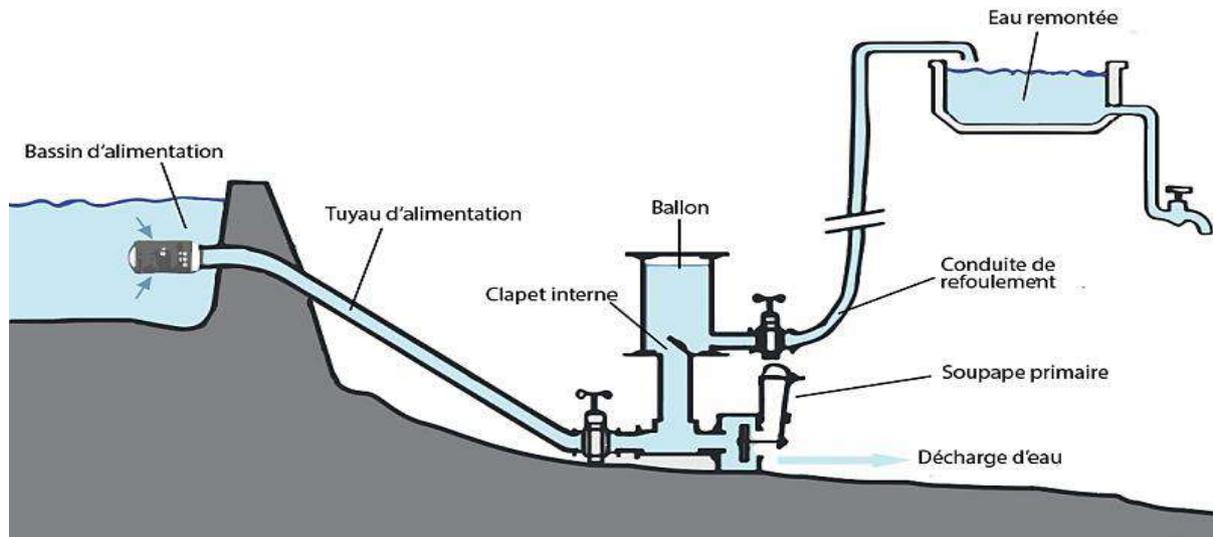


Figure I- 6 : Centrale hydraulique.

- **Géothermie :** les centrales géothermiques utilisent la chaleur de nappes d'eau souterraine dans les zones les plus favorables. Cette chaleur est soit directement utilisée, soit convertie en énergie électrique grâce aux générateurs. La taille typique des centrales géothermiques varie de 5 à 50 MW.

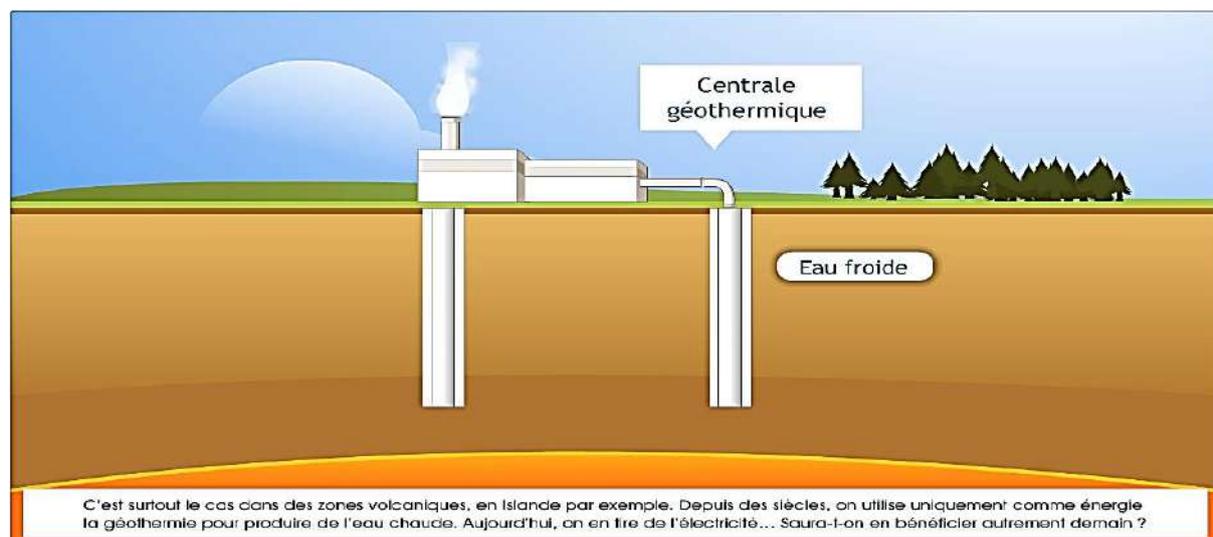


Figure I- 7 : Centrale géothermique .

- **Photovoltaïque** : les panneaux photovoltaïques transforment directement l'énergie solaire en énergie électrique a courant continu. Il s'agit de cellules en matériaux semi-conducteurs fonctionnant sur le principe de la jonction P-N et étant réalisées actuellement pour la grande majorité à partir de silicium cristallisé. Ils sont très utilisés pour l'alimentation des sites isolés en association avec un système de stockage



Figure I- 8 : Centrale photovoltaïque.

- **Biomasse et déchets** : Certaines centrales thermiques a flamme utilisent comme source primaire des combustibles issus de la biomasse (bois, biogaz, paille, déchets organiques, etc.) ou de déchets industriels et domestiques.



Figure I- 9 : Centrale Biomasse.

I.3.3.2 Energies non renouvelables

- **L'énergies fossiles** (gaz, charbon, pétroles) : sont utilisées comme l'énergie primaire pour produire l'électricité. On peut les trouver dans les turbines à combustion (puissance disponible sur le marché de 25kW à 200 MW), les micro turbines à combustion (de 30 à 50kW), les moteurs à gaz (de 5kW à 5MW), les moteurs diesels (de 100kW à 25 MW), les moteurs Stirling (de 5 à 50 kW).

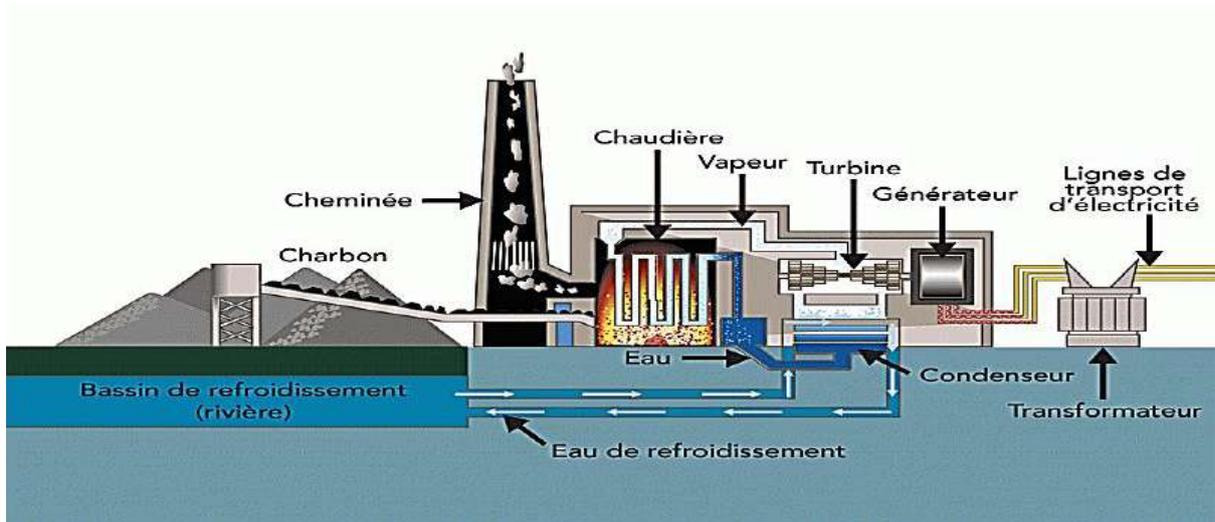


Figure I- 10 : Energie fossile.

- **L'énergie d'hydrogène** : est utilisée avec l'oxygène par la réaction électrochimique dans laquelle l'énergie chimique dégagée par la dégradation du combustible est convertie directement en énergie électrique et en chaleur. C'est le principe de piles à combustible. La puissance actuelle des piles à combustible est dans la plage de 1kW à 1MW et elles sont encore améliorées et développées.



Figure I-11 : Energie hydrogène.

1.3.3.3 Cogénération

La cogénération est la production combinée de chaleur et d'électricité. C'est une technique très efficace pour augmenter le rendement énergétique. En effet, le rendement énergétique global d'une telle installation peut atteindre 80-90% et l'utilisation locale de la chaleur produite permet d'éviter une consommation supplémentaire d'énergie pour le chauffage des bâtiments.

1.3.4 Impact de la production décentralisée sur le réseau de distribution

Les études montrent qu'un taux de pénétration croissant de production décentralisée n'est pas sans impacts prévisibles sur l'exploitation future des réseaux de distribution. En particulier, le plan de tension peut être grandement modifié par la présence de GED, au point que la tension risque de dépasser la limite supérieure en certains nœuds du réseau alors qu'elle est maintenue à une valeur normale au poste source. Le plan de protection risque également d'être affecté par un fort taux de pénétration des GED du fait de la puissance de court-circuit qu'elles apportent en aval des protections, et de l'inversion possible des flux de puissance active sur certaines lignes, ainsi que de la diminution du temps d'élimination critique de défauts.

Les GED fournissent de l'énergie près des points de consommation, diminuant ainsi les transits de puissance active et donc les pertes en ligne sur le réseau de transport, mais sont pénalisantes du point de vue de l'exploitation des réseaux de distribution pour les raisons citées plus haut ajoutées aux risques d'oscillations de puissance active et leur corollaire qui est une stabilité dégradée.

Une partie de ces GED à, de plus, des sources d'énergie primaire intermittente (éolienne, solaire) qui ne permettent pas de prévoir aisément la production disponible à court terme.

Enfin, la présence de GED en aval d'un poste source dont le transformateur est équipé d'un régulateur en charge régulé par compound âge perturbe son fonctionnement basé sur la mesure du courant absorbé. En effet, la production de puissance par les GED réduit le courant traversant le transformateur, provoquant une action du régulateur en charge et diminuant ainsi la tension au niveau du poste source.

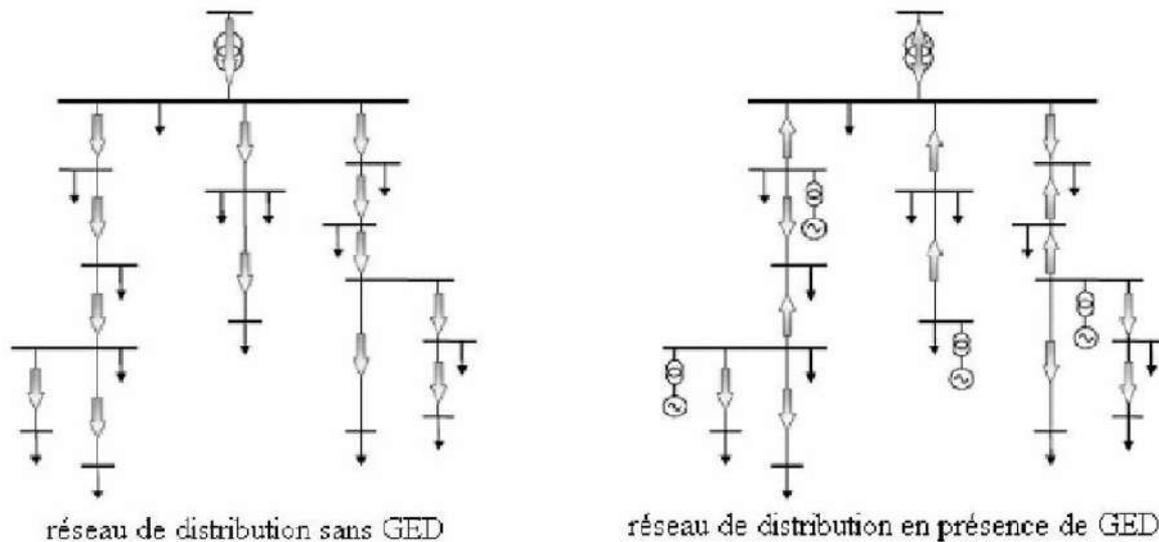


Figure I- 12 : Flux d'énergie dans un réseau de distribution en présence de GED.

I.3.5 Types de DG

Les DG peuvent être classés en quatre grands types basés sur la capacité de fournir de la puissance active et réactive [11].

Type 1 : Ce type de DG est capable de fournir que la puissance active tels que les photovoltaïques, les micro-turbines, les piles à combustible, qui sont intégrés au réseau à l'aide des convertisseurs /onduleurs.

Type 2 : DG capable de délivrer des puissances active et réactive. Les unités à base de machines synchrones (cogénération, turbines à gaz, etc.) font partie de ce type.

Type 3 : DG capable de fournir que la puissance réactive. Les compensateurs synchrones tels que les turbines à gaz sont un exemple de ce type fonctionnant avec facteur de puissance nul.

Type 4 : DG capable de délivrer une puissance active en consommant de la puissance réactive. Principalement les générateurs à induction, qui sont utilisés dans des parcs éoliens, entrent dans cette catégorie [11].

I.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des généralités sur les réseaux de distribution électrique et leurs composants ainsi que ces différents types. Nous avons également présenté des généralités sur les productions décentralisées et leurs avantages.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons la partie calcul de l'écoulement de puissance dans le réseau de distribution, ainsi que la méthode d'optimisation pour essaim de particules.

CHAPITRE II

Ecoulement de puissance et méthode d'optimisation PSO

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, une technique simple et efficace a été appliquée pour le calcul d'écoulement de puissance dans le réseau de distribution connu sous le nom : méthode de calcul direct.

Ensuite, nous décrivons l'algorithme de l'essaim de particules, qui est l'un des algorithmes les plus utilisés pour résoudre les problèmes d'optimisation dû à la facilité de sa mise en œuvre et sont efficaces dans la recherche de l'optimum de la fonction objectif considérée.

II.2 Méthode directe de l'écoulement de puissance

La puissance apparente injecté au jeu de barres

$$S_i = (P_i + jQ_i) \quad i = 1,2,3 \dots \dots \dots, N \quad (\text{II}.1)$$

Les courants de charge se calculent comme suit :

$$I_{Li} = \left(\frac{P_i + jQ_i}{V_i} \right)^* \quad (\text{II}.2)$$

Nous avons en effet appliqué la méthode directe d'écoulement de puissance où nous avons construit deux matrices en utilisant les lois de Kirchhoff. La première matrice est utilisée pour calculer les courants de branche à partir des courants de charge. Par contre la deuxième matrice est utilisée pour déterminer les tensions des jeux de barres à partir des courants de ligne déjà calculés.

Pour illustrer la méthode de calcul d'écoulement de puissance, nous avons utilisé le réseau simplifié présenté sur la figure ci-dessous

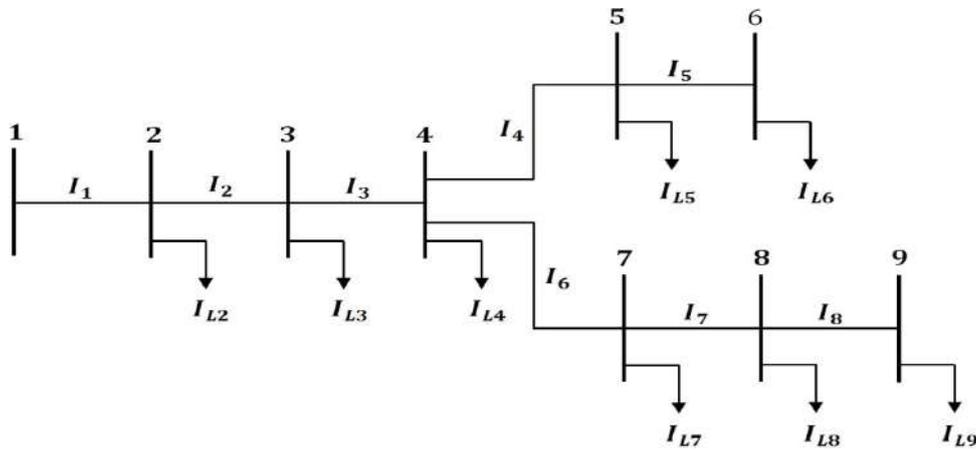


Figure II- 1 : Système de distribution simple à 9 nœuds.

Pour illustrer la méthode de calcul d'écoulement de puissance, nous avons utilisé le réseau simplifié présenté sur la figure ci-dessus.

$$I_1 = I_{L2} + I_{L3} + I_{L4} + I_{L5} + I_{L6} + I_{L7} + I_{L8} + I_{L9}$$

$$I_2 = I_{L3} + I_{L4} + I_{L5} + I_{L6} + I_{L7} + I_{L8} + I_{L9}$$

$$I_3 = I_{L4} + I_{L5} + I_{L6} + I_{L7} + I_{L8} + I_{L9}$$

$$I_4 = I_{L5} + I_{L6}$$

$$I_5 = I_{L6}$$

$$I_6 = I_{L7} + I_{L8} + I_{L9}$$

$$I_7 = I_{L8} + I_{L9}$$

$$I_8 = I_{L9} \tag{II.3}$$

Par conséquent, l'injection de courant de bus et le courant de branche sont liés dans les équations ci-dessus peuvent être écrits sous forme de matrice comme

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \\ I_7 \\ I_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{L2} \\ I_{L3} \\ I_{L4} \\ I_{L5} \\ I_{L6} \\ I_{L7} \\ I_{L8} \\ I_{L9} \end{bmatrix} \quad (\text{II .4})$$

L'équation ci-dessus (I.4) peut s'écrire sous la forme simple suivante :

$$[I] = [BIBC] * [I_L] \quad (\text{II .5})$$

À partir de la figure (II .1), les tensions aux nœuds s'expriment :

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 - I_1 Z_{12} \\ V_3 &= V_1 - I_1 Z_{12} - I_2 Z_{23} \\ V_4 &= V_1 - I_1 Z_{12} - I_2 Z_{23} - I_3 Z_{34} \\ V_5 &= V_1 - I_1 Z_{12} - I_2 Z_{23} - I_3 Z_{34} - I_4 Z_{45} \\ V_6 &= V_1 - I_1 Z_{12} - I_2 Z_{23} - I_3 Z_{34} - I_4 Z_{45} - I_5 Z_{56} \\ V_7 &= V_1 - I_1 Z_{12} - I_2 Z_{23} - I_3 Z_{34} - I_6 Z_{47} \\ V_8 &= V_1 - I_1 Z_{12} - I_2 Z_{23} - I_3 Z_{34} - I_6 Z_{47} - I_7 Z_{78} \\ V_9 &= V_1 - I_1 Z_{12} - I_2 Z_{23} - I_3 Z_{34} - I_6 Z_{47} - I_7 Z_{78} - I_8 Z_{89} \end{aligned} \quad (\text{II .6})$$

La matrice BIBC est une matrice triangulaire supérieure d'éléments 1 ou 0. Les tensions au niveau des jeux de barres sont déterminées à partir des courant de branches.

Les équations ci-dessus peuvent se mettre sous la forme matricielle suivant :

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ V_7 \\ V_8 \\ V_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{56} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 & Z_{47} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 & Z_{47} & Z_{78} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 & Z_{47} & Z_{78} & Z_{89} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \\ I_7 \\ I_8 \end{bmatrix} \quad (\text{II .7})$$

$$[\Delta V] = [BCBV][I] \quad (II.8)$$

Où $[BCBV]$ est la matrice des tensions des nœuds en fonction des courants de branche (en anglais branch-current to bus voltage matrix).

L'équation (II.8) devient :

$$[\Delta V] = [BCBV][BIBC] [I_L] \quad (II.9)$$

$$[\Delta V] = [DLF] [I_L] \quad (II.10)$$

A chaque itération k , pour calculer les nouvelles tensions des nœuds, on procède comme suit:

$$I_{Li}^k = \left(\frac{S_{Li}^k}{V_i^k} \right)^* \quad (II.11)$$

$$[\Delta V^{k+1}] = [DLF] [I_L^k] \quad (II.12)$$

$$[V^{k+1}] = [V_1] + [\Delta V^{k+1}] \quad (II.13)$$

II.2.1 Pertes de puissance

Les pertes active et réactive de puissance dans la branche i sont données par :

$$P_{Loss i} = |I_i|^2 R_i \quad (II.14)$$

$$Q_{Loss i} = |I_i|^2 X_i \quad (II.15)$$

où :

- $P_{Loss i}$ est les pertes actives dans la branche i ;
- $Q_{Loss i}$ est les pertes réactives dans la branche i ;
- $|I_i|$ est l'amplitude du courant circulant dans la branche i ;
- R_i est la résistance de la branche i ;
- X_i est la réactance de la branche i .

Les pertes actives et réactives totales dans le réseau à m branches est la somme des pertes dans chaque branche du réseau.

$$P_{Loss} = \sum_{i=1}^m P_{Loss i} \quad (II.16)$$

$$Q_{Loss} = \sum_{i=1}^m Q_{Loss i} \quad (\text{II. 17})$$

II.2.2 Formation de la matrice BIBC

On considère un réseau de distribution de m branches et n jeux de barres.

La matrice BIBC à construire dans ce cas est de dimension $m \times (n-1)$. Pour construire cette matrice, nous suivons les étapes suivantes :

- Pour la branche $k=1$, tous les éléments de la première colonne de la matrice BIBC sont nuls sauf le premier élément qui vaut 1.
- Pour la branche k située entre le nœud i et le nœud j , copier les éléments de la colonne $(i-1)$ de la matrice BIBC sur la colonne $(j-1)$. L'élément de la ligne k et de la colonne $(j-1)$ est égal à 1.
- Répéter la procédure décrite ci-dessus pour toutes les branches du réseau.

II.2.3 Formation de la matrice BCBV

Pour un réseau de distribution de n nœuds et m branches la matrice BCBV est de dimension $(n-1) \times m$.

Les étapes à suivre pour former la matrice BCBV sont :

- Pour la première branche $k = 1$, tous les éléments de la première ligne de la matrice BCBV sont égaux à 0 sauf le premier élément qui est égal à l'impédance de la première branche Z_1 ;
- Pour la branche k ($k = 2, 3, \dots, m$) située entre le nœud i et j , copier la ligne $i - 1$ de la matrice BCBV à la ligne $j - 1$. Ensuite, l'élément situé à la ligne k et colonne $j - 1$ est pris égal à 1.

II.3 Algorithme de la méthode directe d'écoulement de puissance

- **Étape 1 :** Lire les données du réseau de distribution testé et l'erreur de convergence ε_d et initialiser les tensions des bus à 1 pu.
- **Étape 2 :** Construire les deux matrices dérivées BIBC et BCBV.
- **Étape 3 :** Calculer les courants de charge en utilisant l'équation (II.2).

- **Étape 4** : Calculer les courants de branche en utilisant l'équation (II.5).
- **Étape 5** : Calcul les nouvelles tensions de l'ensemble des nœuds en utilisant les équations (II.12) et (II.13).

$$\varepsilon_{max} = \max |V_i^k - V_i^{k-1}|$$

- **Étape 6** : Si l'écart de tension ε_{max} est inférieur ou égal à l'erreur de convergence :
 - Afficher les nouvelles tensions et phases des nœuds du réseau ;
 - Calculer les pertes actives et réactives dans les branches en utilisant respectivement les équations (II.14) et (II.15) et les afficher.

Sinon, actualiser les valeurs des tensions des nœuds et retourner à l'étape 3.

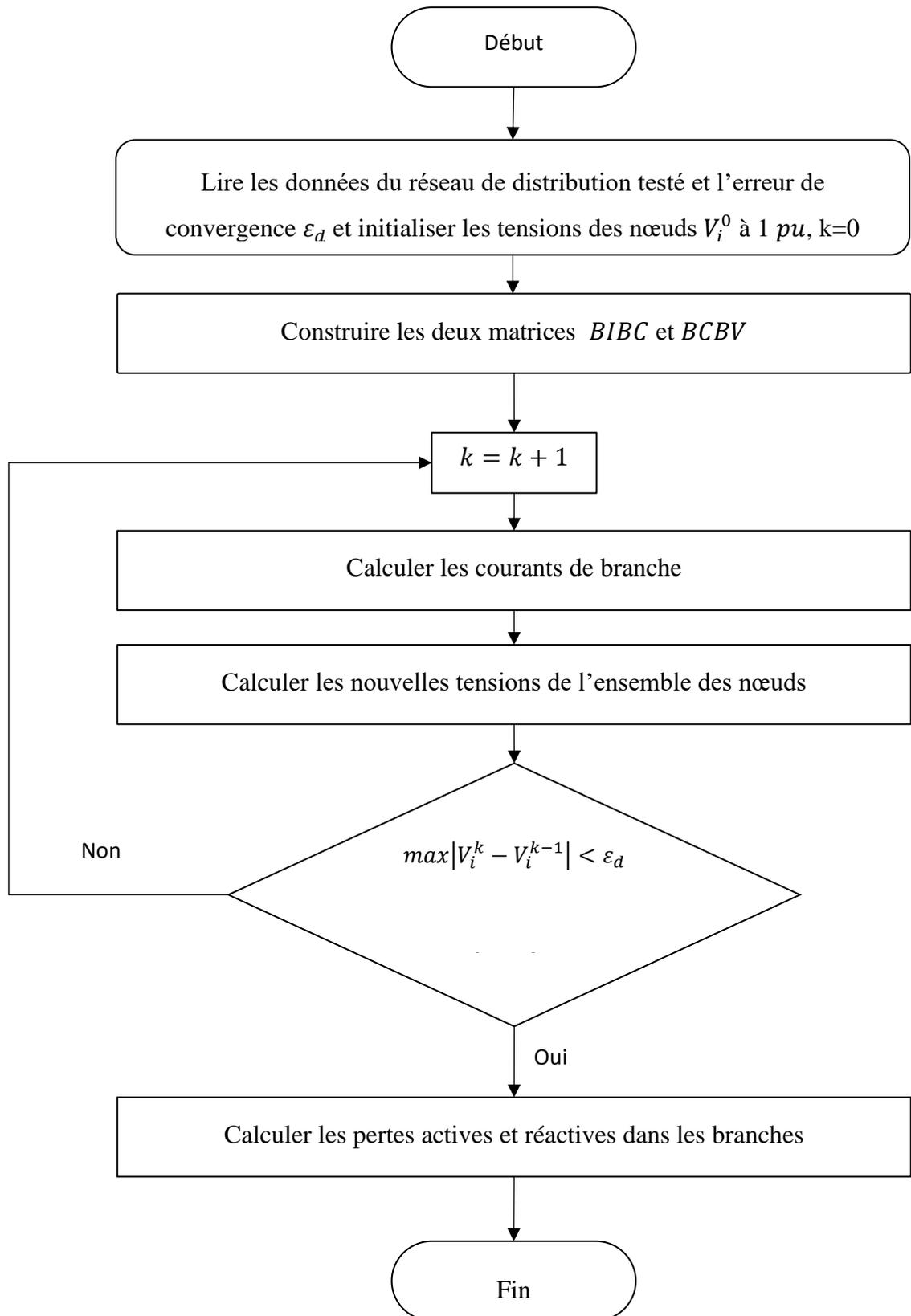
II.4 Organigramme de la méthode directe d'écoulement de puissance

Figure II- 2 : Organigramme de la méthode directe d'écoulement de puissance.

II.5 Méthode d'optimisation par essaim de particules (PSO)

Au début des années 1990, plusieurs études concernant le comportement social de groupes d'animaux ont été développées. Ces études ont montré que certains animaux appartenant à un certain groupe, c'est-à-dire les oiseaux et les poissons, sont capables de partager des informations au sein de leur groupe, et que cette capacité confère à ces animaux un grand avantage en termes de survie. Inspirés par ces travaux, Kennedy et Eberhart (1995) ont proposé un algorithme appelé optimisation par essaim de particules, ou particule swarm optimization (PSO) en anglais, [11]. L'auteur a dérivé l'algorithme en s'inspirant du concept collectif et l'intelligence émergente qui existent dans les sociétés à population organisée, tels que les vols groupés d'oiseaux et les bancs de poisson.



Figure II- 3 : Comportement collectif : (a) nuées d'oiseaux, (b) banc de poissons.

II.5.1 Principe générale de la méthode PSO

Dans PSO, chaque solution est un "oiseau" dans l'espace de recherche. Nous l'appelons "particule". Toutes les particules ont des valeurs de fitness qui sont évaluées par la fonction objective à optimiser, et ont des vitesses qui dirigent le vol des particules. Les particules volent à travers l'espace du problème en suivant les particules optimales actuelles [11]. De plus, chaque particule possède une mémoire lui permettant de se souvenir de sa meilleure performance (en position et en valeur de fitness) et de la meilleure performance atteinte par les particules « voisines » (informatrices) : chaque particule dispose en effet d'un groupe d'informatrices, historiquement appelé son voisinage.

Un essaim de particules, qui sont des solutions potentielles au problème d'optimisation, « survole » l'espace de recherche, à la recherche de l'optimum global. Le déplacement d'une particule est influencé par les trois composantes suivantes [11] :

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

II.5.2 Position et vitesse de particules

Dans un espace de recherche de dimension N , et pour un essaim de particules P , la particule i de l'essaim est modélisée par son vecteur position $X_i^t = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN})^T$ et par son vecteur vitesse $V_i^t = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN})^T$ à une itération t pour chacune des particules i qui le composent. La qualité de sa position est déterminée par la valeur de la fonction objectif en ce point. Cette particule garde en mémoire la meilleure position par laquelle elle est déjà passée, que l'on note $\vec{Pbest}_i = (pbest_{i1}, pbest_{i2}, \dots, pbest_{iN})$. La meilleure position atteinte par les particules de l'essaim est notée $\vec{Gbest} = (gbest_1, gbest_2, \dots, gbest_N)$. Nous nous référons à la *version globale* de PSO, où toutes les particules de l'essaim sont considérées comme voisines de la particule i , d'où la notation \vec{Gbest} (global best) [13].

Au départ de l'algorithme, les particules de l'essaim sont initialisées de manière régulièrement (aléatoire) dans l'espace de recherche du problème. Ensuite, à chaque itération, chaque particule se déplace, en combinant linéairement les trois composantes citées ci-dessus. En effet, à l'itération $t+1$, les vecteurs de position et de vitesse sont mis à jour à travers la dimension j selon les équations suivantes :

$$V_{i,j}^{t+1} = \omega \times V_{i,j}^t + c_1 \times r_{1,i,j}^t \times (pbest_{i,j}^t - X_{i,j}^t) + c_2 \times r_{2,i,j}^t \times (gbest_j^t - X_{i,j}^t) \quad (\text{II.14})$$

$$X_{i,j}^{t+1} = X_{i,j}^t + V_{i,j}^{t+1} \quad (\text{II.15})$$

Où, $i = 1, 2, \dots, P$ et $j = 1, 2, \dots, N$, ω est le coefficient d'inertie, une grande valeur de ω facilitant une exploration globale, alors qu'une petite valeur facilite l'exploration locale, c_1 et c_2 sont les coefficients d'accélération, r_1 et r_2 sont deux nombres aléatoires tirés

uniformément dans $[0, 1]$, à chaque itération t et pour chaque dimension j . r_1 et r_2 jouent un rôle important, car ils évitent les convergences prématurées, ce qui augmente l'optima global le plus probable [11]. ω , c_1 et c_2 sont des valeurs constantes.

Les trois composantes mentionnées ci-dessus (i.e. d'inertie, cognitive et sociale) sont représentées dans l'Eq. (II.15) par les termes suivants [11, 13]:

1. $\omega \times V_{i,j}^t$ Correspond à la composante d'inertie du déplacement, où le paramètre ω contrôle l'influence de la direction de déplacement sur le déplacement futur ;
2. $c_1 \times r_{1,i,j}^t \times [pbest_{i,j}^t - X_{i,j}^t]$ Correspond à la composante cognitive du déplacement, où le paramètre c_1 contrôle le comportement cognitif de la particule ;
3. $c_2 \times r_{2,i,j}^t \times [gbest_j^t - X_{i,j}^t]$ Correspond à la composante sociale du déplacement, où le paramètre c_2 contrôle l'aptitude sociale de la particule.

Une fois le déplacement des particules effectué, les nouvelles positions sont évaluées et les deux vecteurs \vec{Pbest}_i et \vec{Gbest} sont mis à jour, à l'itération $t+1$, suivant les deux équations (II.16) (dans le cas d'une minimisation) et (II.17) (dans une version globale de PSO), respectivement [13].

$$\vec{Pbest}_i^{(t+1)} = \begin{cases} \vec{Pbest}_i^{(t)}, & \text{si } f(\vec{x}_i^{(t+1)}) \geq \vec{Pbest}_i^{(t)} \\ \vec{x}_i^{(t+1)}, & \text{sinon} \end{cases} \quad (\text{II.16})$$

$$\vec{Gbest}^{(t+1)} = \arg \left(\min f \left(Pbest_i^{(t+1)} \right) \right), \quad 1 \leq i \leq P \quad (\text{II.17})$$

II.5.3 Algorithm de PSO

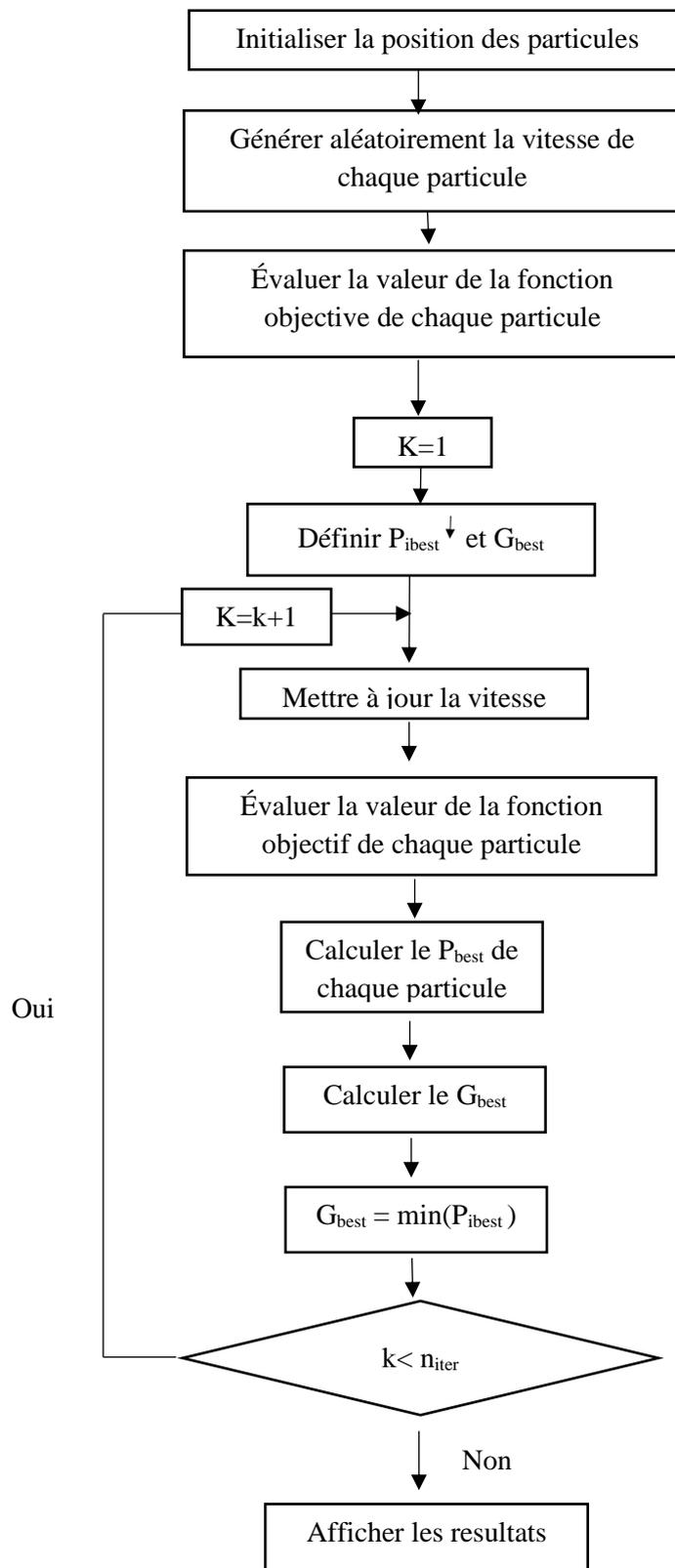


Figure II- 5 : Algorithm de PSO

II.6 Dispositif D-STATCOM

Le D-STATCOM est un dispositif shunt de la famille des D-FACTS qui ouvrent de nouvelles opportunités pour contrôler les paramètres interdépendants qui régissent le fonctionnement des réseaux électriques. Son utilisation sur les réseaux de distribution est plus intéressante car sa puissance est proportionnelle à la tension que plutôt au carré de la tension comme pour un condensateur. Le modèle du D-STATCOM est constitué alors d'une source continue de tension (condensateur), d'un convertisseur de tension continue alternative et d'un transformateur de couplage au réseau comme le montre la figure II.8 [12].

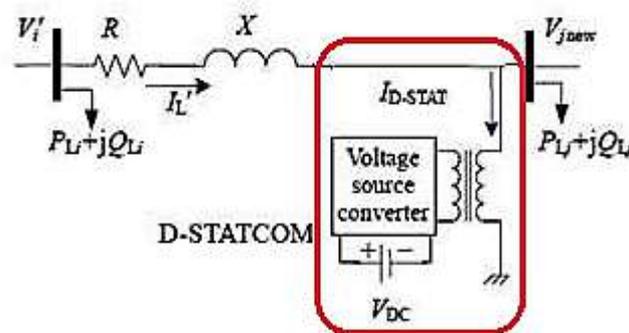


Figure II- 6 : Réseau élémentaire de deux nœuds d'un réseau de distribution en présence d'un D-STATCOM.

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit la méthode directe d'écoulement de puissance dans un réseau de distribution. Deux matrices BIBC et BCBV ont été formées à partir des caractéristiques du système de distribution. La matrice BIBC relie les courants de branche aux courants de charge, tandis que la matrice BCBV relie les tensions des nœuds aux courants de branche.

Nous avons aussi abordé dans ce chapitre la méthode d'optimisation par essaim de particules, où nous avons présenté le principe de la méthode d'optimisation ainsi que son organigramme. Pour finir, nous avons brièvement décrit le principe du dispositif D-STATCOM.

CHAPITRE III

*Taille et positionnement optimaux
d'une production décentralisée et du
DSTATCOM : Résultats de simulation
et discussions*

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous avons tout d'abord appliqué la méthode de balayage avant et arrière dite directe afin d'étudier l'écoulement de puissance dans un réseau de distribution standard IEEE à 33 nœuds. Pour l'emplacement optimal de la production décentralisée et du DSTATCOM, nous avons utilisé le facteur de sensibilité aux pertes actives et l'indice de stabilité respectivement. La méthode d'optimisation par essaim de particules a été appliquée pour déterminer la taille optimale du DG et du DSTATCOM afin de réduire les pertes actives totales dans le réseau.

III.2 Réseau de distribution testé

Le réseau testé est un réseau de distribution standard IEEE à 33 nœuds, dont les principales caractéristiques sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau III- 1 : Caractéristiques du réseau de distribution IEEE à 33 nœuds.

Nombre de jeux de barres	33
Nombre de branches	32
N° de jeu de barres de référence	1
Tension de base	12.66 kV
Puissance de base	100 kVA

La figure III-1 représente le schéma unifilaire du réseau IEEE à 33 nœuds.

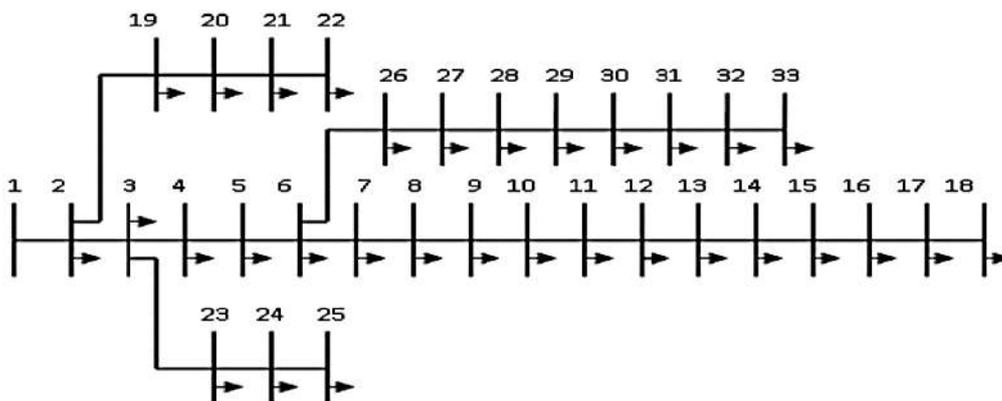


Figure III- 1 : Système de distribution simple à 33 jeux de barres.

III.3 Résultat de l'écoulement de puissance

III.3.1 Profil de tension des nœuds

Tableau III- 2 : La tension et angle de phase des tensions des nœuds.

N nœud	Tension (pu)	Déphasage (degré)	N nœud	Tension (pu)	Déphasage (degré)
1	1.0000	0.000	17	0.9137	-0.485
2	0.9970	0.014	18	0.9131	-0.495
3	0.9829	0.096	19	0.9965	0.004
4	0.9755	0.162	20	0.9929	-0.063
5	0.9681	0.228	21	0.9922	-0.083
6	0.9497	0.134	22	0.9916	-0.103
7	0.9462	-0.096	23	0.9794	0.065
8	0.9413	-0.060	24	0.9727	-0.024
9	0.9351	-0.133	25	0.9694	-0.067
10	0.9292	-0.196	26	0.9477	0.173
11	0.9284	-0.189	27	0.9452	0.229
12	0.9269	-0.177	28	0.9337	0.312
13	0.9208	-0.269	29	0.9255	0.390
14	0.9185	-0.347	30	0.9220	0.496
15	0.9171	-0.385	31	0.9178	0.411
16	0.9157	-0.408	32	0.9169	0.388
			33	0.9166	0.380

Le tableau III-2 regroupe les amplitudes et le déphasage de la tension de tous les nœuds de réseau testé. Nous remarquons que 21 jeux de barres ont des amplitudes de tension inférieures à 0,95 pu. La tension la plus faible $V=0,9131$ pu est enregistrée au jeu de barres numéro 18.

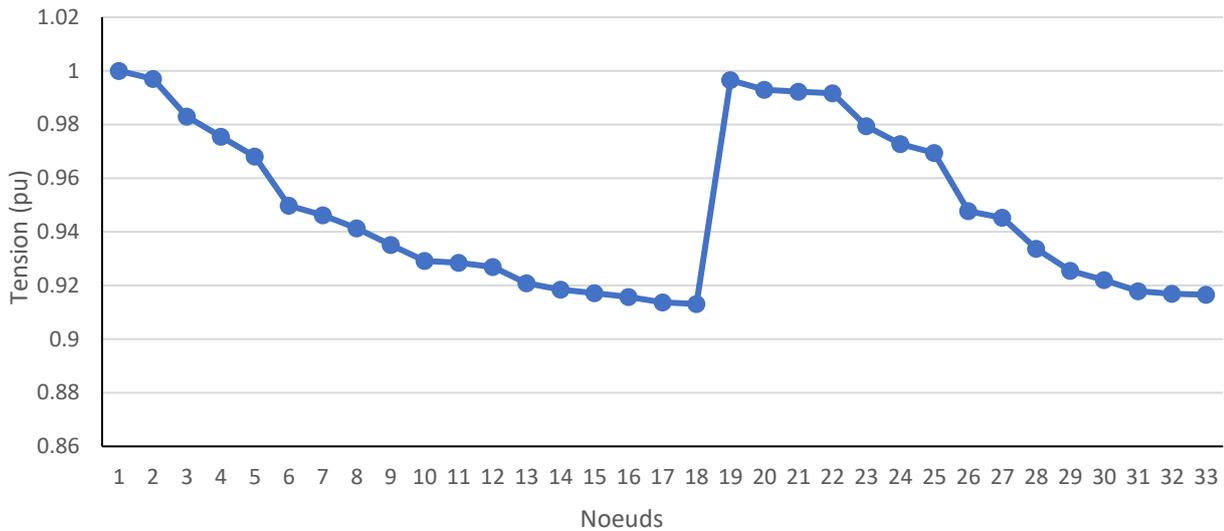


Figure III- 2 : Profil de tension des nœuds du réseau de distribution IEEE à 33 nœuds.

III.3.2 Pertes active et réactive dans les branches

Tableau III- 3 : Pertes actives et réactives dans les branches du réseau IEEE à 33 nœuds.

Br No.	Br départ	Br arrivé	Pertes Actives (kW)	Pertes Réactives (kVar)	Br No.	Br départ	Br arrivé	Pertes Actives (kW)	Pertes Réactives (kVar)
1	1	2	12.24	6.24	17	17	18	0.05	0.04
2	2	3	51.79	26.38	18	2	19	0.16	0.15
3	3	4	19.90	10.13	19	19	20	0.83	0.75
4	4	5	18.70	9.52	20	20	21	0.10	0.12
5	5	6	38.25	33.02	21	21	22	0.04	0.06
6	6	7	1.91	6.33	22	3	23	3.18	2.17
7	7	8	4.84	1.60	23	23	24	5.14	4.06
8	8	9	4.18	3.00	24	24	25	1.29	1.01
9	9	10	3.56	2.52	25	6	26	2.60	1.32
10	10	11	0.55	0.18	26	26	27	3.33	1.69
11	11	12	0.88	0.29	27	27	28	11.30	9.96

12	12	13	2.67	2.10	28	28	29	7.83	6.82
13	13	14	0.73	0.96	29	29	30	3.90	1.98
14	14	15	0.36	0.32	30	30	31	1.59	1.57
15	15	16	0.28	0.21	31	21	32	0.21	0.25
16	16	17	0.25	0.34	32	32	33	0.01	0.02

Pertes actives totales (kW)	Pertes réactives totales (kVar)
202,66	135,13

Les pertes de puissance active et réactive dans les branches du réseau de distribution sont illustrées dans le tableau (III.3). Les pertes de puissance totale active et réactive sont respectivement de 202,66 kW et 135,13 kVar. Les plus grandes pertes de puissance active et réactive sont enregistrées respectivement au niveau de la 2^{ème} et la 5^{ème} branche avec des valeurs de 51,79 kW et 33,02 kVar, cela est justifié par les valeurs des impédances de ces lignes et du courant qui y traverse.

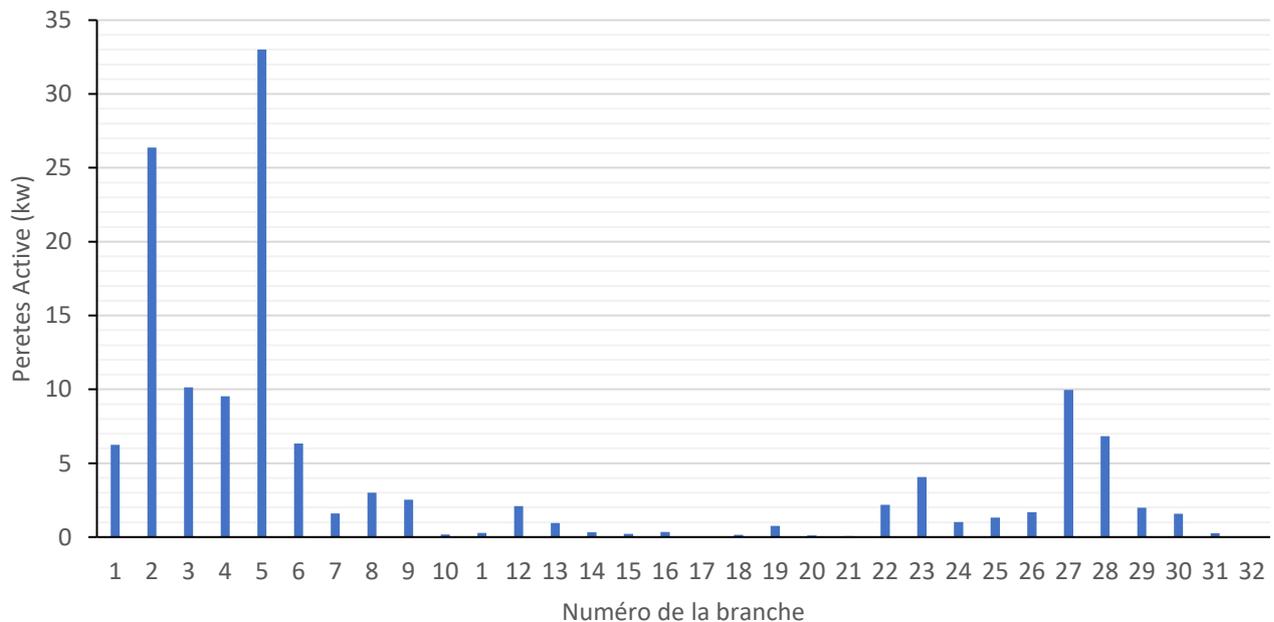


Figure III- 3 : Pertes active dans les branches du réseau de distribution à 33 nœuds.

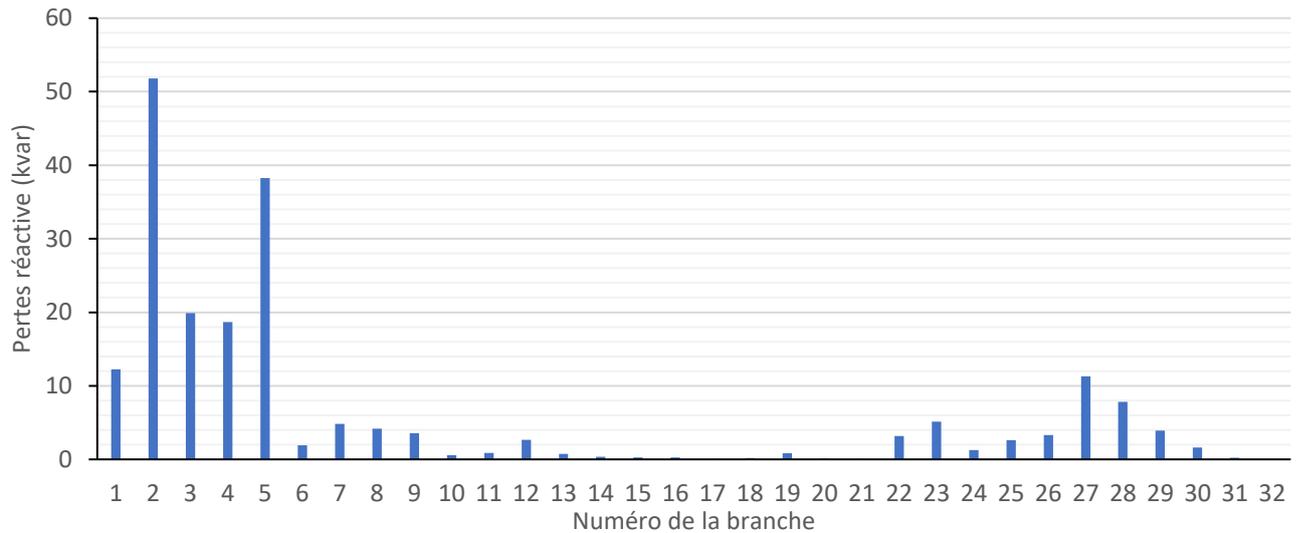


Figure III- 4 : Pertes réactives dans les branches du réseau de distribution à 33 nœuds.

III.4 Emplacement optimal de la production décentralisée

III.4.1 Facteur de sensibilité des pertes de puissance

On considère deux nœuds i et $i + 1$ d'un réseau de distribution reliés par une branche i , de résistance R_i et d'une réactance X_i , comme illustré sur la figure III.5.

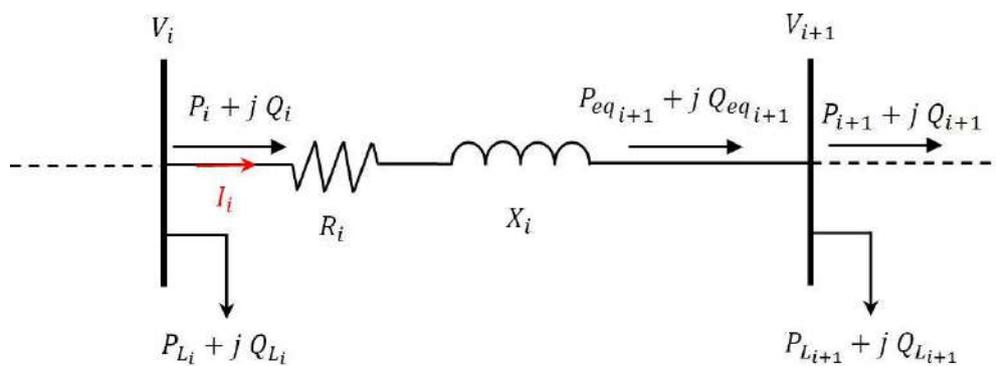


Figure III- 5 : Présentation de deux nœuds d'un réseau de distribution.

Les pertes de puissance active et réactive peuvent être formulées à partir des équations ci-dessous :

$$P_{Loss i} = \frac{(P_{i+1} + P_{L_{i+1}})^2 + (Q_{i+1} + Q_{L_{i+1}})^2}{V_{i+1}^2} R_i = \frac{(P_{eq_{i+1}}^2 + Q_{eq_{i+1}}^2)}{V_{i+1}^2} R_i \quad (III.1)$$

$$Q_{Loss i} = \frac{(P_{i+1} + P_{L_{i+1}})^2 + (Q_{i+1} + Q_{L_{i+1}})^2}{V_{i+1}^2} X_i = \frac{(P_{eq_{i+1}}^2 + Q_{eq_{i+1}}^2)}{V_{i+1}^2} X_i \quad (III.2)$$

Où

- $P_{eq_{i+1}}$ et $Q_{eq_{i+1}}$ sont la puissance active et réactive en fin de branche i ;
- P_{i+1} et Q_{i+1} sont la puissance active et réactive en début de branche $i + 1$.

En se basant sur la matrice $[BIBC]$, les puissances P_{eq} et Q_{eq} s'obtiennent comme suit :

$$[P_{eq}] = [BIBC] [P_L] \quad (III.3)$$

$$[Q_{eq}] = [BIBC] [Q_L] \quad (III.4)$$

Où

$[P_L]$ et $[Q_L]$ sont respectivement la matrice des puissances actives et réactives de charge.

Le facteur de sensibilité des pertes de puissance LSF (Loss Sensitivity Factor) est calculé pour trouver l'emplacement optimal d'une production décentralisée capable fournir une puissance active au réseau de distribution. Ce facteur est donné par :

$$\frac{\partial P_{Loss i}}{\partial P_{eq_{i+1}}} = \frac{2 P_{eq_{i+1}} R_i}{V_{i+1}^2} \quad (III.5)$$

Tableau III- 4 : LFS de chaque nœud.

N° du nœud	Valeur du LFS	N° du nœud	Valeur u LFS
2	0.0043	18	0.0009
3	0.0204	19	0.0007
4	0.0105	20	0.0051
5	0.0104	21	0.0009
6	0.0221	22	0.0008
7	0.0027	23	0.0053
8	0.0083	24	0.0097
9	0.0093	25	0.0048
10	0.0086	26	0.0025
11	0.0015	27	0.0032
12	0.0026	28	0.0113
13	0.009	29	0.008
14	0.0029	30	0.0043
15	0.0022	31	0.0056
16	0.0021	32	0.0011
17	0.0026	33	0.0003

III.4.2 Résultats de simulation

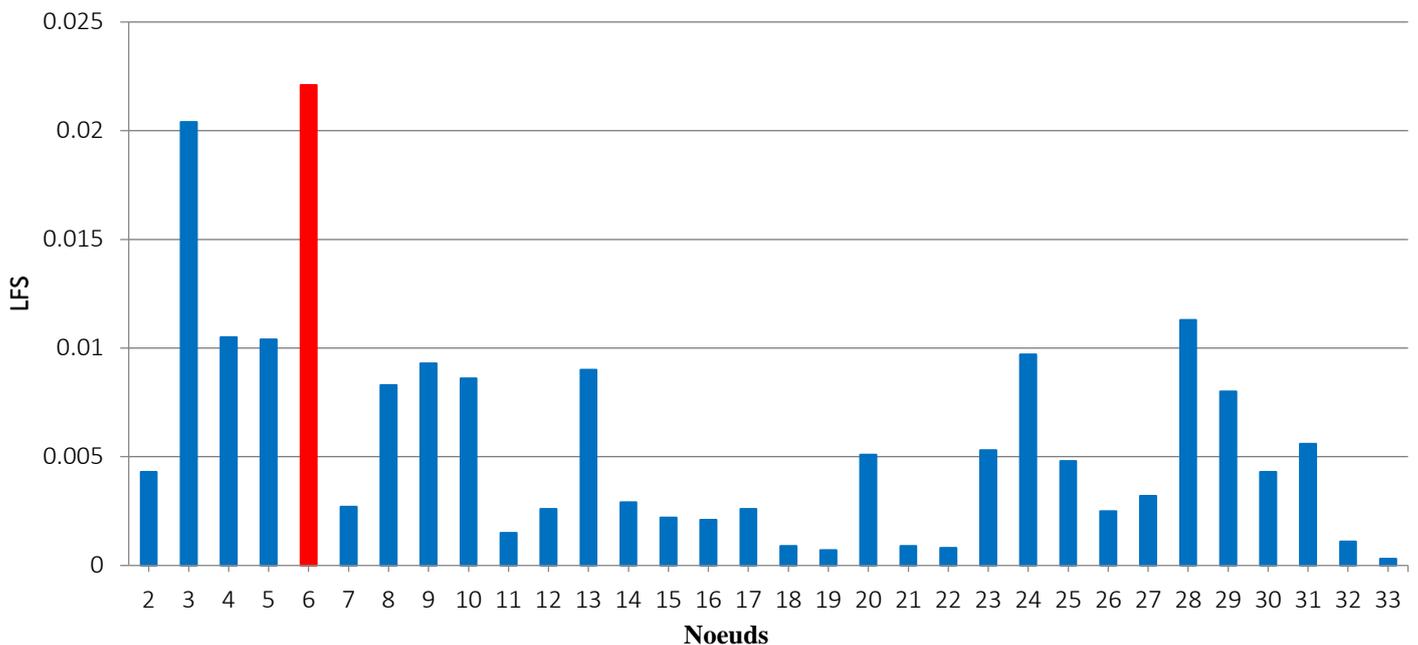


Figure III- 6 : LFS dans chaque jeu de barres.

La figure (III-6) représente les valeurs de LFS de l'ensemble des nœuds du réseau testé. Nous remarquons que la plus grande valeur de **LFS** est obtenue pour le bus 6 (0,0221). Donc le nœud 6 représente le meilleur emplacement de la production décentralisée.

III.5 Emplacement optimal du D-STATCOM

Nous avons utilisé l'indice de stabilité de la tension VSI pour retrouver le nœud candidat pour l'emplacement du D-STATCOM.

III.5.1 Méthode de calcul de VSI

L'indice de stabilité est calculé à partir de l'équation de tension du système de distribution radial. L'indice VSI est donné ci-dessous en considérant qu'une ligne d'impédance $R+jX$ est connectée entre deux nœuds comme le montre la figure II.5. Le courant circulant dans la ligne est donné par :

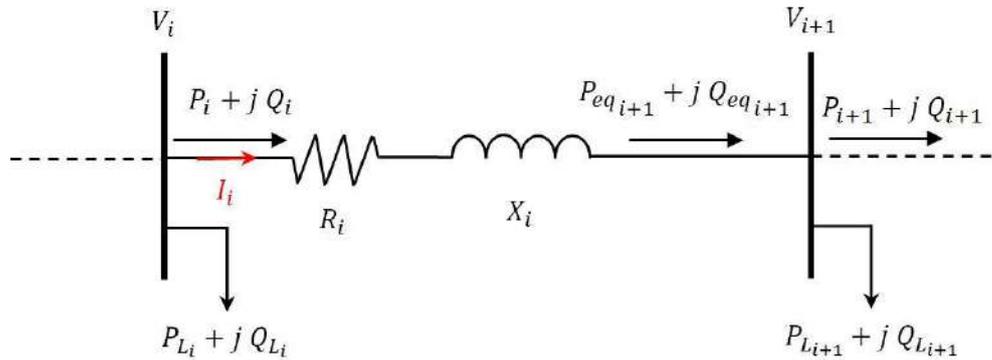


Figure III- 7 : Représentation de deux nœuds d'un réseau de distribution.

$$I(i) = \frac{V(i)\angle\theta_i - V(j)\angle\theta_j}{R(i) + jX(i)} \quad (\text{III.6})$$

La puissance apparente est donnée comme : $S=VI^*$

$$I(i) = \frac{P(j) - jQ(j)}{V^*(j)} \quad (\text{III.7})$$

L'égalité entre les équations (III.6) et (III.7)

$$[V(i)\angle\theta_i - V(j)\angle\theta_j][V(j)\angle-\theta_j] = [P(j) - jQ(j)][R(i) + jX(i)] \quad (\text{III.8})$$

En séparant les parties réelles et imaginaires de (III.8), on obtient

$$V(i)V(j)\cos(\theta_i - \theta_j) - V(j)^2 = P(j) \times R(i) + Q(j)X(i) \quad (\text{III.9})$$

$$X(i)P(j) - R(i)Q(j) = V(i)V(j)\sin(\theta_i - \theta_j) \quad (\text{III.10})$$

Comme dans les systèmes de distribution On a : $(\theta_i - \theta_j) \approx 0$, l'équation (III.9), devient :

$$V(i)V(j) - V(j)^2 = P(j)R(i) + Q(j)X(i) \quad (\text{III.11})$$

A partir de l'équation (III.10), on obtient :

$$X(i) = \frac{R(i) * Q(j)}{P(j)} \quad (\text{III.12})$$

D'après les équations (III.11) et (III.12), on aura :

$$V(j)^2 - V(i) * V(j) + P(j) \times R(i) + \frac{R(i) * Q(j)^2}{P(j)} = 0 \quad (\text{III.13})$$

$$V(j)^2 - V(i) * V(j) + \frac{R(i) [P(j)^2 + Q(j)^2]}{P(j)} = 0 \quad (\text{III.14})$$

Les racines de l'équation (III.14) sont réelles si :

$$V(i)^2 - \frac{4R(i)[P(j)^2 + Q(j)^2]}{P(j)} \geq 0 \quad (\text{III.15})$$

Donc,

$$\frac{4R(i)[P(j)^2 + Q(j)^2]}{V(i)^2 P(j)} \leq 1 \quad (\text{III.16})$$

Où :

$$VSI = \frac{4R(i)[P(j)^2 + Q(j)^2]}{V(i)^2 P(j)} \quad (\text{III.17})$$

Pour la stabilité d'un nœud particulier, l'indice de stabilité de tension doit être :

$$VSI \leq 1 \quad (\text{III.18})$$

La plage de valeurs de VSI est donc :

$$0 < VSI \leq 1. \quad (\text{III.19})$$

Si la valeur de VSI se rapproche ou est supérieure à l'unité, alors ce nœud est très instable.

L'emplacement optimal de D-STATCOM est déterminé par le calcul de l'indice de stabilité de tension de tous les jeux de barres du réseau de distribution. Le bus ayant la valeur maximale de l'indice de stabilité est sélectionné comme bus candidat calcul l'indice de sensibilité. Le tableau (III.5) regroupe les valeur de l'indice VSI de tous les nœuds du réseau.

Tableau III- 5 : Valeurs de l'indice de stabilité de tension pour un réseau de distribution IEEE à 33 nœuds.

N° Noeud	VSI
2	0.0003
3	0.0013
4	0.0016
5	0.0007
6	0.0015
7	0.0013
8	0.0050
9	0.0019
10	0.0020
11	0.0004
12	0.0009
13	0.0034
14	0.0028
15	0.0011
16	0.0015
17	0.0026
18	0.0024
19	0.0005
20	0.0041
21	0.0011
22	0.0019
23	0.0013
24	0.0120
25	0.0122
26	0.0004
27	0.0006
28	0.0020
29	0.0037
30	0.0296
31	0.0052
32	0.0024

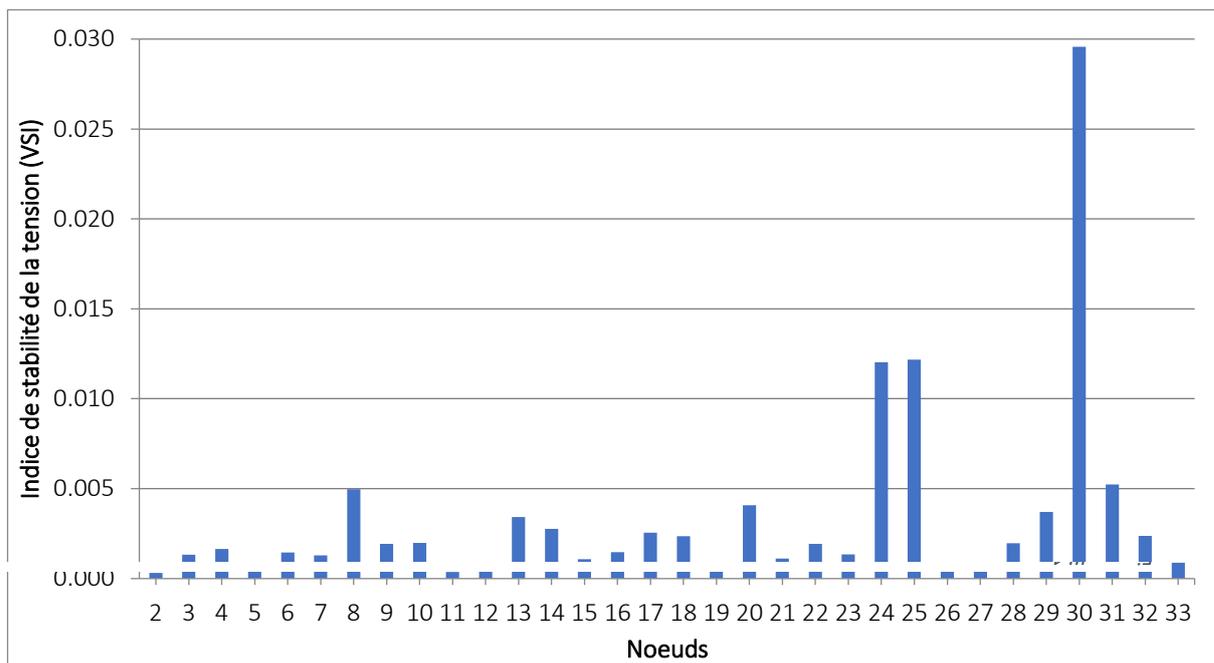


Figure III- 8 : Indice de stabilité de la fonction des nœuds du réseau.

Les valeurs de l'indice de stabilité pour tous les nœuds sont calculées en utilisant l'équation (III.17). On remarque que le bus 30 possède un VSI le plus élevé (0,0296). Donc, il est le nœud le plus instable et le plus faible du réseau. Par conséquent il est sélectionné comme le nœud candidat pour l'intégration du D-STATCOM.

III.6 Optimisation de la taille du DG et du D-STATCOM

L'objectif de la méthode d'optimisation par essaim de particule est de retrouver la taille de la production décentralisée de type 1 (pv), intégré aux bus 6, ainsi que la taille du D-STATCOM inséré au bus 30, dans le but de réduire les pertes actives dans le réseau. Les paramètres de la méthode PSO sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III- 6 : Paramètres PSO.

Paramètre	Valeur
Taille de la population	50
Nombre de générations	100
ω min	0.4
ω max	0.9
C_1 et C_2	2

III.7 Contraintes

III.7.1 Contraintes d'égalité

Ces contraintes traduisent l'équilibre entre les puissances générées par le poste source, la production décentralisée et le dispositif DSTATCOM et celles demandées par les charges. Elles peuvent être représentées par :

$$P_s + P_{GED} = \sum_{i=1}^n P_{Li} + \sum_{i=1}^m P_{Loss\ i} \quad (III.17)$$

$$Q_s + Q_{DSTATCOM} = \sum_{i=1}^n Q_{Li} + \sum_{i=1}^m Q_{Loss\ i} \quad (III.18)$$

Avec :

- P_s et Q_s sont la puissance active et réactive générées par le poste source ;
- $Q_{DSTATCOM}$ est la puissance réactive injectée par le DSTATCOM ;
- P_{DG} est la puissance active fournie par la production décentralisée.

III.7.2 Contraintes d'inégalité

Ces contraintes sont liées aux conditions de fonctionnement du réseau de distribution.

III.7.3 Contraintes de tension

La tension au niveau des nœuds du réseau de nœud doit être exploitée entre les tensions de service minimale V_{min} et maximale V_{max} .

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max} \quad (III.19)$$

III.7.4 Contraintes liées au dimensionnement de GED

$$P_{GED} \leq \sum_{i=1}^n P_{Li} + \sum_{i=1}^m P_{Loss\ i} \quad (III.20)$$

$$P_{GED\ min} \leq P_{GED} \leq P_{GED\ max} \quad (III.21)$$

III.7.5 Contraintes liées au dimensionnement de DSTATCOM

$$Q_{DSTATCOM} \leq \sum_{i=1}^n Q_{Li} + \sum_{i=1}^m Q_{Loss\ i} \quad (III.22)$$

$$Q_{DSTATCOM\ min} \leq Q_{DSTATCOM} \leq Q_{DSTATCOM\ max} \quad (III.23)$$

Où, $Q_{\text{DSTATCOM max}}$ et $Q_{\text{DSTATCOM min}}$ sont les tailles max et min autorisées pour les D-STATCOM à installer dans le réseau.

III.7.6 Contraintes de tension du jeu de barre

$$V_{j \min} \leq V_j \leq V_{j \max}, j = 1, 2 \dots \dots, n \quad (\text{III.24})$$

Où, $V_{j \min}$ et $V_{j \max}$ sont les tensions minimale et maximale du jeu de barres j respectivement. n est le nombre total des jeux de barres.

Les limites en termes de tension et de dimensionnement de la production décentralisée et du D-STATCOM sont regroupé dans le tableau suivant

Tableau III- 7 : Limites des contrainte d'inégalité utilisée.

Paramètre	Limite inférieure	Limite supérieure
Amplitude de tension	0,9	1,1
Puissance active de DG(MW)	0	3
Puissance réactive injectée par le D-STATCOM (kVar)	0	3000

Tableau III- 8 : Amplitude des tensions des nœuds.

N° nœuds	Réseau initiale	Avec DG	Avec DSTATCOM	Avec DG et DSTATCOM
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.9970	0.9986	0.9974	0.9990
3	0.9829	0.9928	0.9856	0.9952
4	0.9755	0.9915	0.9797	0.9953
5	0.9681	0.9906	0.9740	0.9958
6	0.9497	0.9862	0.9617	0.9968
7	0.9462	0.9828	0.9583	0.9935
8	0.9413	0.9782	0.9535	0.9889
9	0.9351	0.9722	0.9473	0.9830
10	0.9292	0.9666	0.9415	0.9774
11	0.9284	0.9657	0.9407	0.9766
12	0.9269	0.9643	0.9392	0.9752
13	0.9208	0.9584	0.9332	0.9694
14	0.9185	0.9563	0.9310	0.9672
15	0.9171	0.9549	0.9296	0.9659
16	0.9157	0.9536	0.9282	0.9646
17	0.9137	0.9516	0.9262	0.9627
18	0.9131	0.9511	0.9256	0.9621
19	0.9965	0.9981	0.9969	0.9984
20	0.9929	0.9945	0.9933	0.9949
21	0.9922	0.9938	0.9926	0.9942
22	0.9916	0.9931	0.9920	0.9935
23	0.9794	0.9893	0.9820	0.9916
24	0.9727	0.9827	0.9753	0.9850
25	0.9694	0.9794	0.9720	0.9818
26	0.9477	0.9843	0.9607	0.9958
27	0.9452	0.9819	0.9593	0.9946
28	0.9337	0.9709	0.9558	0.9912
29	0.9255	0.9630	0.9536	0.9890
30	0.9220	0.9596	0.9523	0.9877
31	0.9178	0.9556	0.9483	0.9839
32	0.9169	0.9547	0.9474	0.9830
33	0.9166	0.9544	0.9471	0.9827
Vmin	0.9131	0.9511	0.9256	0.9621
Nombre de bus $V < 0,95$ p.u.	0	0	0	0

Tableau III- 9 : Comparaison des résultats d'écoulement de puissance avec D-STATCOM et avec DG et avec D-STATCOM et DG d'un réseau de distribution IEEE à 33 nœuds.

	Réseaux initial	Avec DSTATCOM	Avec DG	Avec DSTAT+DG
Position optimale de la production décentralisée	-	-	6	6
Taille optimale de la production décentralisée (kW)	-	-	2575.3	2513
Position optimale du DSTATCOM	-	30	-	30
Taille optimale du DSTATCOM (kVar)	-	1253	-	1250
Perte actives totales (kW)	202.66	143.6	103.96	51.8
Pertes réactives totales (kVar)	135.13	96.34	74.79	40.45
Taux de réduction des pertes actives (%)	-	29.15	48.70	74.44
Tension minimale V_{min} (p.u.) (bus 18)	0.9131	0.9256	0.9511	0.9621
Nombre de bus dont $V < 0,95$	21	13	0	0

Le tableau III-11 représente une comparaison des valeurs obtenues dans quatre cas différents : sans DG et DSTATCOM, avec DG uniquement, avec DSTATCOM uniquement, et avec à la fois DG et DSTATCOM. Nous remarquons que :

- En l'absence de DG et de DSTATCOM, nous avons enregistré des pertes actives de 202,66 kW et réactives de 103,96 kVar.
- La présence d'un DSTATCOM au nœud 30 de taille de 1253 kVar de réduire les pertes actives (143,6 kW), c'est à dire un taux de réduction de 29,15%.
- La présence d'un DG au nœud 6 de taille de 2575,3 kW a permis de réduire les pertes actives (103,96 kW), c'est à dire un taux de réduction de 48,7%.
- Dans le cas de la présence de DSTATCOM et DG, nous avons remarqué une diminution significative de la valeur des pertes actives (51,8 kW), et réactives (74,44 kVar).

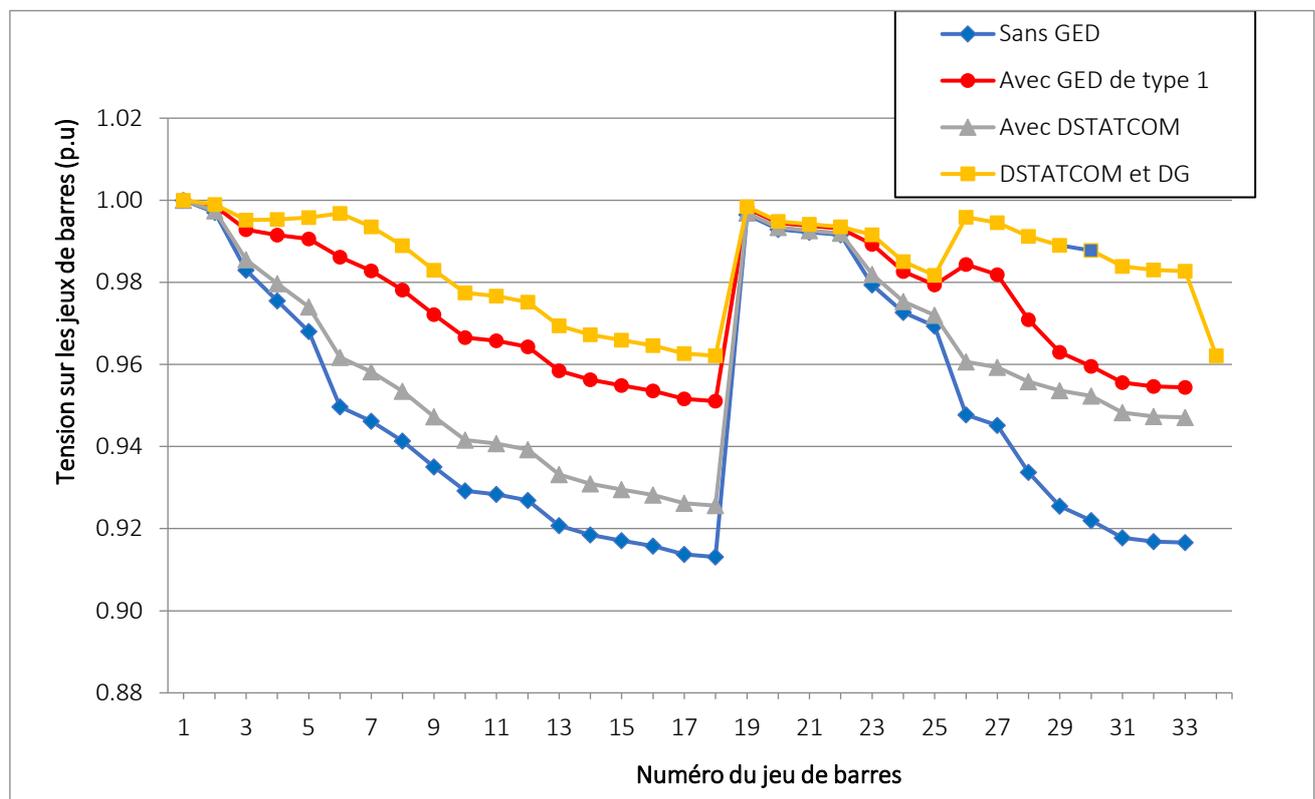


Figure III- 10 : Profil de tension pour les déférant cas étudiés

L'intégration optimale d'un DG et d'un DSTATCOM a permis l'amélioration du profil de tension du réseau de distribution.

III.8 Conclusion

Dans ce chapitre, le DG et le DSTATCOM basés sur PSO et la détermination du dimensionnement ont été intégrés au système de distribution de trois systèmes de test différents. Fini. L'étude a été menée sur trois cas différents. Les résultats sont comparés .

Dans ce chapitre, nous avons discuté de l'étude de la position optimale de DG et DSTATCOM pour réduire les pertes actives et réactives.

Nous avons conclu après avoir appliqué LSF que la position optimale pour DG sur la branche 6 (LSF=0.0221) et la taille est 2513 kW.

Après avoir appliqué VSI, nous avons conclu que la position optimale de DSTATCOM sur le bus 30 (0.0296) et la taille est 1250 kVar.

Sur la base des résultats obtenus ci-dessus, nous concluons que la position optimale de DG est au niveau de la porteuse qui contient la plus grande valeur de Facteur de sensibilité

aux pertes (LFS), et la position optimale de DSTATCOM est la porteuse qui contient la plus grande valeur de l'indice de stabilité de tension (VSI).

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ces dernières années, la production décentralisée a connu un taux élevé d'utilisations mondiales, ce qui coïncide avec la crainte croissante d'épuisement des combustibles fossiles.

Dans notre travail, nous avons discuté des moyens améliorer le réseau de distribution en utilisant Production décentralisée, où nous avons appliqué les résultats recherche sur le réseau IEE33.

Dans le premier chapitre, nous avons discuté d'une explication détaillée des réseaux électriques en général et du réseau de distribution en particulier, en plus de la définition de la production décentralisée et comment l'inclure dans le réseau de distribution.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié l'écoulement de puissance à travers la méthode du réseau de distribution. Calculez ceci en utilisant l'algorithme PSO.

Traiter le facteur de sensibilité LFS par lequel, il est possible de connaître l'emplacement optimal pour DG. De plus, nous avons fourni une explication simplifiée de la façon de traiter VSI, ce qui nous permet de connaître l'emplacement optimal pour DSTATCOM

Dans le troisième chapitre, nous avons calculé LFS et VSI dans chaque transporteur, où nous avons conclu que l'emplacement optimal pour DG est le bus avec une valeur LFS élevée, et l'emplacement optimal pour DSTATCOM est le transporteur avec une valeur VSI élevée.

*LISTE DE
BIBLIOGRAPHIE*

Bibliographie

- [1] ADDOU A , BENBELKACEM H « Optimisation de l'emplacement et la taille d'une production décentralisée dans un réseau de distribution » mémoire de master, Université de Ouargla 2020.
- [2] KETFI Nadhir « Contribution à la gestion des réseaux de distribution en présence de génération d'énergie dispersée Thèse » Doctorat le, Université de Batna 2014.
- [3] Olivier Richardot « Réglage Coordonné de Tension dans les Réseaux de Distribution à l'aide de la Production Décentralisée » Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2000.
- [4] G. Rami « contrôle de tension auto adaptatif pour des productions décentralisées d'énergies connectées au réseau électrique de distribution » Thèse de doctorat Institut National Polytechnique de Grenoble, 2006.
- [5] C. Duc Pham « Détection et localisation de défauts dans les réseaux de distribution HTA en présence de génération d'énergie dispersée » Thèse de doctorat Institut National Polytechnique de Grenoble, 2005.
- [6] O. Richardot, « Réglage coordonné de tension dans les réseaux de distribution à l'aide de la production décentralisée », Thèse de doctorat. Dissertation, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2006.
- [7] K. Foued « Etude des variations rapides de tension pour le raccordement d'une production décentralisée dans un réseau MT » mémoire de magistère, Constantine.2010
- [8] « Arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique », Journal Officiel de la République Française, Avril 2008.
- [9] Abdenour ABDELLI « Optimisation multicritère d'une chaîne éolienne passive » Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2007.
- [10] Haizea Gaztanaga Arantzamendi. « Étude de structures d'intégration des systèmes de génération décentralisée : application aux micro- réseaux » Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2006.
- [11] Norelislam Elhami « Application d'un modèle parallèle de la méthode PSO au problème de transport d'électricité » Thèse de doctorat, Université de Normandie,2

Résumé :

Dans ce travail, un algorithme d'optimisation de l'essaim de particules a été appliqué pour trouver l'emplacement et la taille optimaux d'une production décentralisée (DG) et d'un dispositif DSTATCOM dans le but de réduire les pertes actives dans le réseau de distribution. En effet, le positionnement optimal du DG et du DSTATCOM permet de réduire les pertes actives dans les branches et d'améliorer le profil des tensions des nœuds du réseau de distribution. Le positionnement optimal du DG de type PV dans un réseau de distribution standard IEEE 33 nœuds a été choisi en se basant sur le facteur de sensibilité aux pertes actives. Le nœud 6 possède la plus faible valeur de LSF égale à 0,0221 est sélectionné comme jeu de barres candidat pour l'insertion du DG. Par contre, le dispositif DSTATCOM a été intégré au niveau du nœud 30, ayant une faible valeur de (VSI = 0,0296). Nous avons appliqué la méthode d'optimisation d'essaim de particules pour déterminer le dimensionnement optimal de la production décentralisée et du dispositif DSTATCOM dans l'objectif de réduire les pertes actives dans le réseau en respectant l'ensemble des contraintes de fonctionnement de ce dernier.

Mots clés : Réseau de distribution, Production désentrelacée, DSTATCOM, algorithme d'optimisation PSO, Facteur LSF, Indice VSI.

Abstract:

In this work, a particle swarm optimization algorithm was applied to find the optimal location and size of a distributed generation (DG) and DSTATCOM device with the aim of reducing active losses in the distribution network. Indeed, the optimal positioning of the DG and DSTATCOM makes it possible to reduce active losses in the branches and to improve the voltage profile of the nodes of the distribution network. The optimal positioning of the PV type DG in a standard IEEE 33 node distribution network was chosen based on the factor of sensitivity to active losses. Node 6 with the lowest LSF value of 0.0221 is selected as the candidate busbar for DG insertion. On the other hand, the DSTATCOM device was integrated at the level of the node 30, having a low value of (VSI = 0.0296). We applied the particle swarm optimization method to determine the optimal sizing of the decentralized production and the DSTATCOM device with the objective of reducing active losses in the network while respecting all the operating constraints of the latter. .

Keywords: Distribution network, Deinterlaced production, DSTATCOM, PSO optimization algorithm, LSF factor, VSI index.

المخلص:

في هذا العمل ، تم تطبيق خوارزمية تحسين سرب الجسيمات للعثور على الموقع والحجم الأمثل للجيل الموزع (DG) وجهاز DSTATCOM بهدف تقليل الخسائر النشطة في شبكة التوزيع. في الواقع ، يتيح الموقع الأمثل لـ DG و DSTATCOM تقليل الخسائر النشطة في الفروع وتحسين ملف الجهد لعقد شبكة التوزيع. تم اختيار الموقع الأمثل للنوع PV DG في شبكة توزيع عقدة IEEE 33 القياسية بناءً على عامل الحساسية للخسائر النشطة. يتم تحديد العقدة 6 ذات أقل قيمة لSF البالغة 0.0221 كشريط ناقل مرشح لإدراج DG. من ناحية أخرى ، تم دمج جهاز DSTATCOM على مستوى العقدة 30 ، بقيمة منخفضة (VSI = 0.0296). طبقنا طريقة تحسين سرب الجسيمات لتحديد الحجم الأمثل للإنتاج اللامركزي وجهاز DSTATCOM بهدف تقليل الخسائر النشطة في الشبكة مع احترام جميع قيود التشغيل الخاصة بالأخير.

الكلمات المفتاحية: شبكة التوزيع ، الإنتاج غير المتداخل ، DSTATCOM ، خوارزمية تحسين PSO ، عامل LSF ، مؤشر VSI.