

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées  
Département de Génie Electrique



**Mémoire**

**MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Réseaux électriques

Présenté par :

Salhi Safa

**Thème:**

**Minimisation des pertes d'un réseau de  
distribution en présence de sources  
d'énergie dispersées**

Soutenu le 11/06/2022

Devant un jury composé de :

M <sup>r</sup> Bouhadouza Boubekour	MAA	Président	UKM Ouargla
M <sup>r</sup> Guehrar Youcef	MAA	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
M <sup>r</sup> Sadaoui Fares	MCA	Examineur	UKM Ouargla

**Année universitaire 2021/2022**

# Remerciements

*On tient tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui me a donné la force, la volonté et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Mes remerciements vont au corps enseignants et mes collègues administrateurs de la faculté des sciences appliquées, génie électrique, pour la richesse et la qualité de leur enseignement pour leurs efforts afin offrir à leurs étudiants une formation à jour.*

*J' exprime mes profonds remerciement et tous mes respects à mes chers parents et à mon mari, qui m'ont soutenu par tous les moyens, jours après jours. Je présente mes sincères remerciements pour Mr Guehrar Youcef, L'encadreur de ce travail pour sa disponibilité, ses éclaircissements scientifiques, et pour ses précieux conseils et ses aides durant toute la période du travail.*

*mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant d'examiner mon mémoire et de l'enrichir par leurs recommandations.*

*je tient à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon acheminement de ce travail.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce projet de fin d'études .....*

*Aux deux êtres les plus chers, mes parents*

*"brahim & nadjma"*

*A mes frères et sœurs :charaf, tahar,adbel mojibe, rabab,rayan,rihan*

*A ma petite famille, mon mari Sofian et mes précieuses filles :Salsabil  
,Fida et Sirine*

*A toute la famille de salhi et kherfi*

*A tous mes collègues administrateurs de la faculté des sciences  
appliquées,*

*Enfin, je dédie ce travail à tous mes collègues de la promotion Réseaux  
électriques 2021/2022*

## Table des matières

Titre	Page
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations et symboles	
Introduction générale	1
<b>Chapitre 01 : Production décentralisée et réseaux d'énergie électrique</b>	
1.1 .Introduction	4
1.2. Différents types de production d'énergie	4
1.2.1. Les sources de production décentralisée (non renouvelables)	4
1.2.1.A. Energies fossiles (gaz ,charbon, pétrole	4
1.2.1.B. Energie d'hydrogène	4
1.2.1.C. Cogénération	5
1.2.2 Les sources de production décentralisée renouvelable	5
1.2.2.A . Les centrales hydrauliques	5
1.2.2.B. Eolienne	5
1.2.2.C les centrales géothermiques	5
1.2.2.D. Solaire photo voltaïques	5
1.3. Le réseau électrique	6
1.4. Les réseaux de distribution	6
1.4.1. Caractéristique réseau de distribution	6
1.5 Intégration des GED dans le réseau électrique	6
1.5.1 Classifications en fonction du type de puissance délivrée	7
1.6 Impacts de la production décentralisée sur les réseaux de distribution	7
1.6.1. Modification du transit de puissance	8
1.6.2. Variation de la tension	10
1.6.3 Effets sur le plan de protection	11
1.6.4 Impact sur la qualité de tension	12
1.6.5 Impacts économiques sur la marchés de l'énergie	12
1.7 Conclusion	12
<b>Chapitre 02 : Méthodologie de calcule pour minimisation des pertes actives</b>	

2.1. Introduction	14
2.2. L'étude de l'écoulement de puissance	14
2.2.1. Méthode de (Backward/Forward Sweep) BFS	14
2.2.1.1 Construction de la Matrice BIBC	14
2.2.1.2 Les pertes de puissances active et réactive	16
2.2.1.3. Algorithme de BFS	17
2.3 Facteurs de sensibilité aux pertes (Loss Sensitivity Factors LSF)	17
2.4. L'optimisation par essaim particulaire (PSO)	18
2.4.1. Principe de la méthode	18
2.4.2. Formalisation	19
2.5 Pertes de puissance active (fonction objective)	21
2.6 Contraintes	21
2.7. Algorithme de calcul de la fonction objective	22
2.8. Organigramme de calcul global	24
2.9. Conclusion	25
<b>Chapitre 03 : Application et résultats de simulation</b>	
3.1 Introduction	27
3.2 Résultats et interprétations	27
3.2.1. Les pertes d'un ce réseaux sans GED	27
3.2.2. Jeux de barre candidat	29
3.2.2.1. Paramètres du PSO	30
A) 1er cas: insertion d'un seul GED	30
B) 2eme cas : insertion deux GEDs	31
C) 3eme cas : insertion trois GEDs	35
3.3. Comparaison avec des résultats des autres chercheurs	38
3.4 Conclusion	39
Conclusion générale	41
Bibliographique	43
Annexe	

## Liste des Figure

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure (1.1)</b> : Organisation des différents niveaux de tension du system de réseau électrique	6
<b>Figure (1.2)</b> : Organisation du réseau de distribution en présence des GEDs	7
<b>Figure (1.3)</b> : Flux de puissance dans les réseaux de distribution sans et avec GED	9
<b>Figure (1.4)</b> : Flux d'énergie sur un réseau de distribution en présence de GED	10
<b>Figure (1.5)</b> : Variation de la tension du réseau	10
<b>Figure (1.6 .a)</b> : Problème du déclenchement intempestif de protections	11
<b>Figure ( 1.6 .b)</b> : Problème d'aveuglement de protections	12
<b>Figure (2.1)</b> : Réseau de distributions simple	15
<b>Figure (2.2)</b> : Circuit équivalent du système de distribution radial	18
<b>Figure (2.3)</b> : Déplacement d'une particule	19
<b>Figure (2.4)</b> : Organigramme de l'algorithme de calcul optimale	24
<b>Figure (3.1)</b> : Schéma unifilaire de réseau de 33 jeux de barres	27
<b>Figure (3.2)</b> : Profil de tension sans GED	28
<b>Figure (3.3)</b> : les valeurs de LSF en fonction de JDB	29
<b>Figure (3.4)</b> : Convergence de la fonction objective « <i>les pertes actives</i> » pour réseau 33 JDB, FP=1	30
<b>Figure (3.5)</b> : Profil de tension en (pu) de réseau 33 JDB sans et avec GED au JDB 6, avec FP = 1, 0.9, 0.8	31
<b>Figure (3.6)</b> : Profil de tension en (pu) de réseau 33 JDB sans et avec GEDs aux JDB 13 et 30 avec FP= 1 ,0.9, 0.8	34
<b>Figure (3.7)</b> : Profil de tension en (pu) de réseau 33 JDB sans et avec GEDs aux JDB 6 et 14 et 30 avec FP= 1 ,0.9, 0.8	37

## Liste des Tableaux

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau (1.1)</b> : Type de GED et l'injection de puissance et la consommation	8
<b>Tableau (2.1)</b> : Résultat des coefficients $w$ , $c_1$ , $c_2$	21
<b>Tableau (3.1)</b> : Les caractéristiques du réseau de distribution pour le réseau de 33 JDB	27
<b>Tableau (3.2)</b> : Pertes de puissances active et réactive dans les branches du réseau IEEE 33JDB	28
<b>Tableau (3.3)</b> : Valeurs des paramètres du PSO	30
<b>Tableau (3.4)</b> : Résultat globale pour réseau 33 JDB	31
<b>Tableau (3.5)</b> : Résultats pour réseau 33 JDB avec deux GEDs de FP=1	32
<b>Tableau (3.6)</b> : Résultats pour réseau 33 JDB avec deux GEDs de FP=0.9	32
<b>Tableau (3.7)</b> : Résultats pour réseau 33 JDB avec deux GEDs de FP=0.8	33
<b>Tableau (3.8)</b> : Résultat globale pour 2eme cas	34
<b>Tableau (3.9)</b> : Résultats pour réseau 33 JDB avec trois GEDs de FP=1	35
<b>Tableau (3.10)</b> : Résultats pour réseau 33 JDB avec trois GEDs de FP=0.9	35
<b>Tableau (3.11)</b> : Résultats pour réseau 33 JDB avec trois GEDs de FP=0.8	36
<b>Tableau (3.12)</b> : Résultat globale pour le 3 eme cas	36
<b>Tableau (3.13)</b> : Résultat globale pour réseau 33 JDB des autres méthodes	38

## Liste des abréviations et symboles

HTA : Haute de Tension class A.

HTB : Haute de Tension class B.

MT : Moyenne Tension.

B : Courants des Branches.

BFS: Backward and Forward Sweep (Balayage arrière et avant)

BIBC : Bus Injection Branch Current (courant injecté au nœud-courant de branche)

BCBV : Branch Current Bus Voltage (Tension de bus courant de branche)

EP : Ecoulement de puissance

FP : Facteur de Puissance.

JDB : Jeu De Barre.

GED : Générateurs d'Energie Décentralisés.

P : Puissance Active.

Q : Puissance Réactive.

$SGED(i)$  : Puissance de GED au JDB  $i$ .

LSF : Loss Sensitivity Factors (facteur de sensibilité des pertes de puissance)

PSO : Particule Swarm Optimisation (optimisation par essaim de particules)

$S(i)$  : Nouvelle Puissance de JDB.

$S(i)'$  : Ancien Puissance de JDB.

PTM : Perte Totale Meilleur

PT : Perte Totale

LM : Liste Meilleur.

ELF: Exhaustive Load Flow

IA: Méthode Analytical

GA: Algorithme Génétique.

CSA: Crow Search Algorithm.

ADPSO : Adaptive Dissipative PSO

PSOPC : PSO Passive Congregation





# **Introduction générale**

## **Introduction générale**

Depuis plusieurs années, les réseaux électriques de nombreux pays industrialisés ont subi de profondes mutations dues à des bouleversements à l'échelle internationale des politiques énergétiques. Les dérégulations du marché de l'énergie ont générés une privatisation progressive des secteurs de la production et de la distribution du produit '*électricité*', et donc la désintégration verticale du système électrique. Ces phénomènes ont amené une restructuration complète du secteur électrique avec de nouvelles formes d'organisation. De plus, l'utilisation des ressources conventionnelles comme le charbon, le pétrole et l'énergie nucléaire est actuellement limitée ou n'est pas encouragée pour des raisons liées à l'environnement [1].

Le développement de nouvelles sources de production décentralisée ou de génération dispersée (GED) est désormais une réalité dans plusieurs pays à travers le monde grâce à la déréglementation du marché de l'énergie ainsi qu'aux évolutions technologiques des moyens de production de petite puissance. Cette manière de production d'énergie est destinée à être produite localement (au plus près des centres de consommation et donc destinée à être transportée sur de courtes ou moyennes distances) [2]. Généralement insérées au niveau du réseau de distribution.

L'insertion de ces nouvelles productions n'est pas sans effets négatifs sur des réseaux auxquels elles sont interconnectées et qui n'ont pas été conçus à cet effet. Elles peuvent cependant poser certains problèmes qui doivent être examinés entre les producteurs et les gestionnaires de réseaux. Citons par exemple [3] :

**1** L'emplacement non optimal des DGs peut influencer sur le profil de tension qui peut dépasser les limites admissibles.

**2** Le dysfonctionnement des protections contre les courts-circuits...etc.

La solution de ces problèmes passe par l'intégration optimale des GED dans les réseaux de distribution, donc l'objectif de ce mémoire est la détermination de la taille et l'emplacement optimal de productions décentralisées pour réduire au mieux les pertes de puissances, et améliorer le profil de tension.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres. Dans le premier chapitre, présente la définition des différents types de production centralisée et décentralisée. Ensuite, on mettra en évidence les effets liés au raccordement du GED au réseau de distribution.

Dans le second chapitre, nous présentons les étapes de la méthode BFS pour calculer l'écoulement de puissance des réseaux de distribution, puis nous définissons le facteur de

sensibilité aux pertes utilisé pour trouver les JDB candidates. en suite nous expliquons en détail le principe d'optimisation de l'essaim de particules (PSO) et à la fin de ce chapitre nous élaborerons un algorithme de calcul.

Dans le troisième chapitre, nous avons procédé à une simulation sur le logiciel de calcul MATLAB pour minimiser les pertes actives d'un réseau teste IEEE 33JDB par l'intégration de plusieurs GEDs et pour différentes valeur de facteur de puissance



# ***Chapitre 01 :***

**Production décentralisée et réseaux  
d'énergie électrique**

## 1.1 .Introduction

La production (génération) décentralisée (distribuée, dispersée) se définit par opposition à la production classique centralisée qui est caractérisée par des unités de grosses puissances raccordées au réseau électrique haute tension. Les réseaux de distribution (qui se distinguent des réseaux de transport ou des réseaux de répartition par les tensions de fonctionnement et la puissance transitée) représentent le maillon du système de puissance où le développement de la production décentralisée (GED) est le plus attendu [4].

Ce chapitre est consacré à la définition des différents types de production décentralisée. En suite nous mettrons en évidence les effets liés au raccordement du GED au réseau de distribution (effets sur les grandeurs électriques et sur la planification et l'exploitation du réseau de distribution).

## 1.2. Différents types de production d'énergie

Plusieurs types de générateurs d'énergie se développent dans le monde sur la base d'unités de production traditionnelle, de système à énergie renouvelable ou de cogénération installée par des producteurs indépendants. Les différentes technologies de production d'énergie appartiennent à deux groupes qui sont [1] :

- les sources d'énergie décentralisée non renouvelables ;
- les sources d'énergie décentralisée renouvelable;

### 1.2.1. Sources de production décentralisée non renouvelables

**1.2.1.A. Energies fossiles (gaz ,charbon, pétrole) :**elles sont utilisées comme l'énergie primaire pour produire l'électricité.ces énergies se trouvent dans les :

- ✓ **Turbines à combustion :** Les niveaux de puissance varient de 25kW a 200MW
- ✓ **Micro-turbines à combustion :** les niveaux de puissance disponibles dans le marche varient entre 30 et 250 kW.
- ✓ **Moteurs à gaz :** niveau de puissance varie de 5kW à 5MW
- ✓ **Moteurs diesel :** le gabarit des puissances varie de 100kW à 25MW

### 1.2.1.B. Energie d'hydrogène

Les piles à combustible produisent directement de l'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène par réaction inverse de l'électrolyse de l'eau. [1]

### **1.2.1. C. Cogénération**

La cogénération électricité – chaleur est une technique qui permet de récupérer la chaleur produite par toute microcentrale électrique proche des bâtiments et fonctionnant à haute température, qu'ils s'agissent de centrales thermiques classiques ou de certains types de piles à combustible. Le rendement énergétique global d'une telle installation peut atteindre 90% et l'utilisation locale de la chaleur produite permet d'éviter une consommation supplémentaire d'énergie pour le chauffage des bâtiments

### **1.2.2 Sources de production décentralisée renouvelables**

Les sources d'énergie renouvelable contribuent progressivement à la construction de générateurs d'énergie. Mais à part pour les grands et les champs d'éoliennes de grande superficie, les sources d'énergie renouvelable sont souvent dispersées géographiquement et ne permettent une production électrique que de faible puissance. Les principales sources d'énergie renouvelable les plus communes sont [1] :

#### **1.2.2. A. Centrales hydrauliques**

Les centrales hydrauliques fonctionnent grâce à l'énergie potentielle de pesanteur de l'eau des rivières, des lacs ou des fleuves. Celle-ci est transformée en énergie électrique par un alternateur entraîné par une turbine mue par la force de l'eau qui est due soit à la hauteur de chute de centrales alimentées par une conduite forcée, soit au débit dans le cas de centrale au fil de l'eau [1]

#### **1.2.2.B. Eolienne**

Les aérogénérateurs, ou éolien, tirent leur énergie du vent transmise par le rotor et le multiplicateur de vitesse à une génératrice. Cette source d'énergie commence à atteindre sa maturité technologique et de plus en plus répandue grâce à son fort attrait écologique.

#### **1.2.2.C les centrales géothermiques**

Les centrales géothermiques utilisent la chaleur de nappes d'eau souterraines qui peuvent atteindre 350 C° dans les zones les plus favorables. Cette eau chaude est pompée vers la surface pour passer dans des échangeurs. La vapeur produite est turbinée dans une installation thermique classique

#### **1.2.2.D. Solaire photo voltaïques**

Les panneaux solaires convertissent directement l'énergie reçue par rayonnement solaire en énergie électrique à courant continu. Ils sont très utilisés pour l'alimentation de sites isolés (non connectés aux réseaux) en association avec un système de stockage.

### 1.3. Le réseau électrique

Physiquement, le réseau électrique est organisé en différents niveaux de tension : le réseau de transport et de répartition, auxquels sont connectés les grands groupes de production centralisée, et le réseau de distribution alimentant la plupart des consommateurs. La figure (1.1) illustre l'architecture ou l'organisation physique générale des réseaux électrique [3].

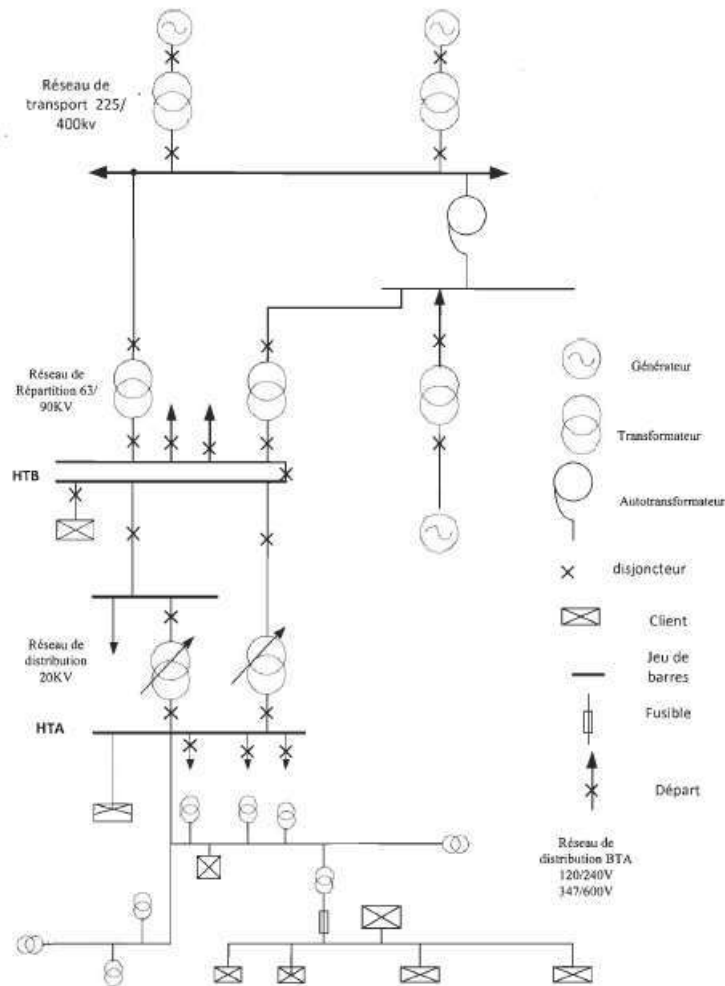


Figure (1.1) : Organisation des différents niveaux de tension du system de réseau électrique [2]

### 1.4. Les réseaux de distribution

Les réseaux de distribution constituent l'architecture la plus importante du système électrique. Ils assurent la distribution de l'énergie électrique au niveau local. Leur tension est inférieure ou égale à 50 kV (HTA). Ils sont constitués de deux types de réseaux : le réseau moyenne tension (MT) avec un niveau de 10 kV et 30 kV connecté au réseau de transport, et le réseau basse tension (BT) de tension de 400V [3].

### 1.4.1. Caractéristique réseau de distribution

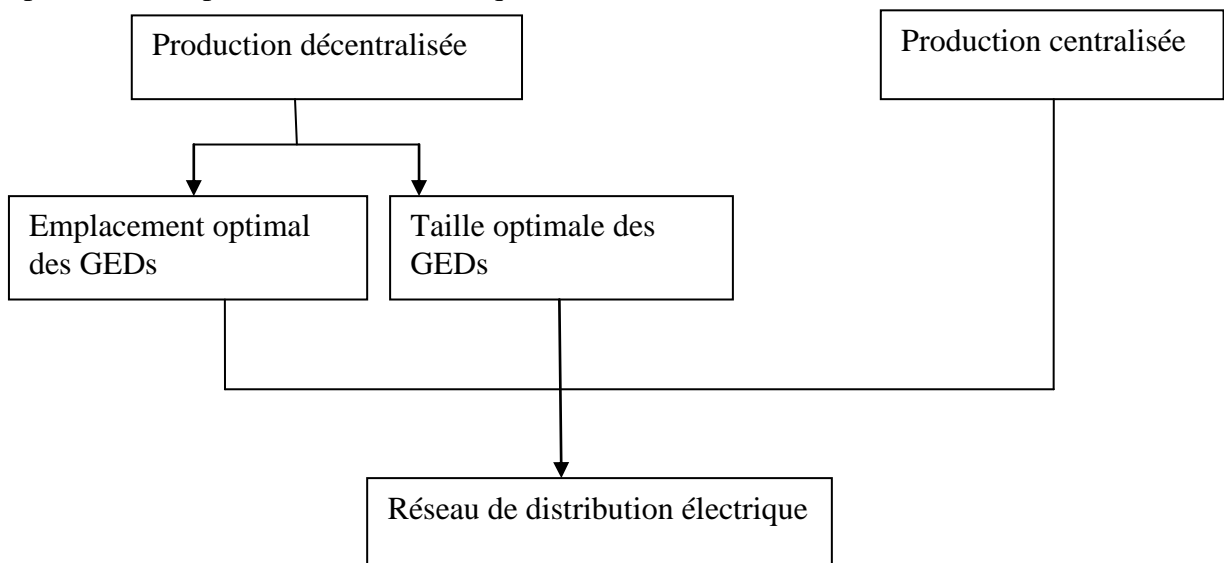
Un réseau de distribution est généralement organisé radialement, chaque point de connexion au réseau de moyenne tension desservant un « arbre » se subdivisant à plusieurs reprises avant d'atteindre les transformateurs de distribution.

Ces réseaux radiaux se rejoignent en des points d'interconnexion normalement ouverts : ils permettent, au besoin, de fournir une source alternative d'électricité à une partie d'un réseau radial voisin, en cas de panne du tracé de desserte normal

Le réseau de distribution permet d'adapter la tension et la puissance distribuées aux besoins de chaque utilisateur grâce à des réseaux de distribution moyenne et basse tension, à des transformateurs et à des postes de distribution. Dans la plupart des cas, les petites unités de productions (centrale au fil de l'eau, éolienne, panneaux solaires, etc.) sont directement reliées aux réseaux de distribution[10].

### 1.5. Intégration des GED dans le réseau électrique

Auparavant, le réseau de distribution conçu pour recevoir de la puissance provenant d'une production centralisée est complètement dépendant à cette source pour satisfaire les besoins de la clientèle. Actuellement, et dans le but de renforcer le réseau et diminuer cette dépendance en assurant la qualité et la quantité de la puissance demandée, une autre production dite production décentralisée ou génération dispersée (GED) est installée au niveau du réseau de distribution figure (1.2). Afin que cette insertion soit efficace et rentable et aura un impact positif sur le comportement du réseau, il faut que son intégration soit optimale en respectant les caractéristiques du réseau



**Figure (1.2) :** Organisation du réseau de distribution en présence des GEDs



Les GEDs doivent être installées de façon à réduire le coût de transport, les pertes de puissance en lignes et l'appel de puissance réactive au niveau du poste source. Donc il faut que l'emplacement des GEDs dans le réseau de distribution soit optimal de telle sorte que les tensions dans tous les jeux de barres soient dans les limites admissibles et les pertes de puissance actives et réactives soient minimales.

En plus et afin de ne pas avoir un effet inverse sur le plan de tension et les pertes de puissance, il faut que la puissance délivrée par chaque GED installée soit optimale pour équilibrer entre la puissance demandée et la puissance générée pendant les différentes périodes de charges [3].

### 1.5.1 Classifications en fonction du type de puissance délivrée

Les GED peuvent être classées en quatre grands types basés sur la capacité de fournir de la puissance active et réactive.

**Tableau 1** : Types de GED et l'injection de puissance [8]

	Type GED	Facteur de puissance	Technologie
<b>1</b>	capable de fournir que la puissance active GED ( $P^+$ )	Unité	Systèmes solaires PV micro turbine.et Piles à combustible, qui sont intégrés au réseau à l'aide des convertisseurs / onduleurs.
<b>2</b>	capable de fournir que la puissance réactive GED ( $Q^+$ )	zero	Condensateur synchrone,banc de capacité
<b>3</b>	capable de délivrer des puissances active et réactive GED ( $P^+$ et $Q^+$ )	0.8-0.99 (avant)	Machines synchrones (cogénération. Turbine à gaz, etc)
<b>4</b>	capable de délivrer une puissance active en consommant de la puissance réactive. GED ( $P^+$ et $Q^-$ )	0.8-0.99 (arrière)	Parc éolien basé sur DFIG

## 1.6 Impacts de la production décentralisée sur les réseaux de distribution

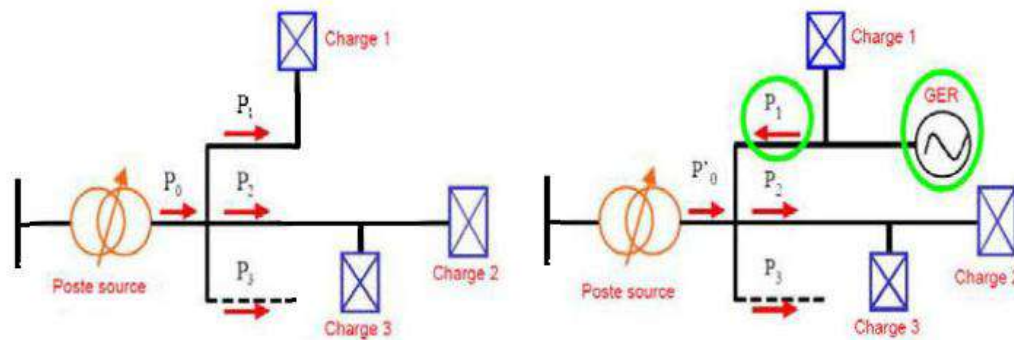
Les principaux impacts sur le système de distribution sont les suivants :

### 1.6.1. Modification du transit de puissance

Sur la Figure (1.3), la représentation du transit de puissance active est donnée pour un réseau de distribution sans générateurs d'énergie (schéma à gauche) et en présence de producteurs d'énergie (schéma à droite). Pour ce réseau, la puissance totale consommée est égale à  $P_o$ . Cette puissance provient du réseau de répartition et se répartit sur les différents départs du réseau Quand le générateur d'énergie est introduit (schéma à droite), la puissance qui transite

au travers du poste source diminue et devient égale à  $P+P'o$ . Dans le même temps, la puissance  $P_1$  change de sens (si la puissance du producteur est supérieure à la puissance de la charge 1).

Ainsi, la puissance qui transite dans cette branche ne provient plus du poste source, mais du producteur d'énergie. De plus, il peut arriver, selon l'état de charge du réseau et de la puissance délivrée par la production d'énergie, que la puissance qui transitait dans le poste source ( $P'o$ ) change de signe. Dans ce cas, le transit de puissance se fait du réseau de distribution vers le réseau de répartition [1]



**Figure (1.3) :** Flux de puissance dans les réseaux de distribution sans et avec GED

Les réseaux électriques ont été, à l'origine, conçus pour des flux de puissance active descendants depuis le poste source vers les consommateurs. Dans cette configuration, le réseau électrique achemine l'électricité des centrales de productions principalement situées sur le réseau de transport vers les clients via le réseau de distribution. Dans ce cas, la circulation d'électricité est unidirectionnelle. Par contre, la présence de production d'énergie peut créer des flux bidirectionnels de puissance active à l'intérieur des réseaux de distribution, voire aussi, quand la production dépasse la consommation, pourquoi pas des flux ascendants vers les réseaux de transport. La figure (1.4) illustre le phénomène.

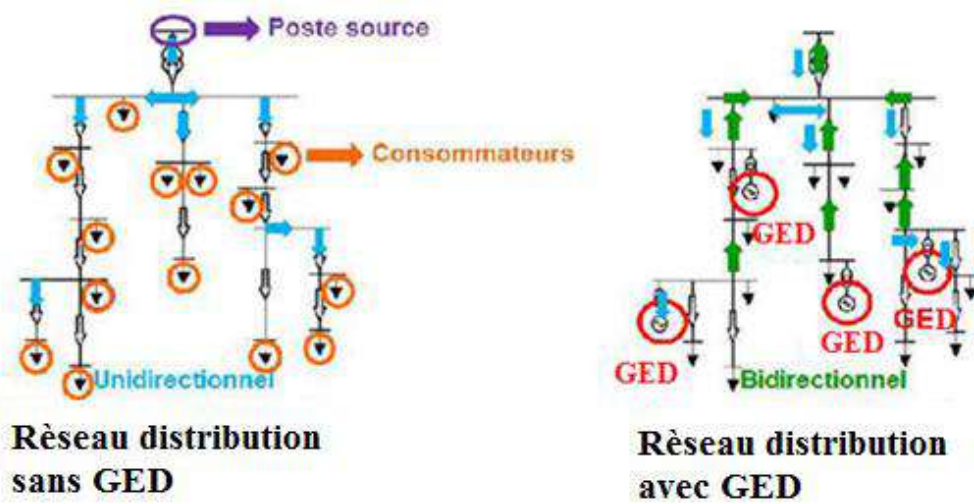


Figure (1.4) : Flux d'énergie sur un réseau de distribution en présence de GED

Cependant, la modification du transit de puissance peut provoquer le changement des matériels présents sur les réseaux de distribution (appareils de mesure, protections, etc.) qui sont très souvent unidirectionnels.

### I.6.2. Variation de la tension

Lorsque les GED sont connectées, la tension à certains nœuds du réseau peut devenir supérieure ou inférieure à la limite autorisée. Dans ce travail, les auteurs montrent deux courbes de tension du réseau avec et sans les GED intégrées. La tension du réseau est augmentée avec l'intégration des GED (figure 1.5). Ces surtensions peuvent être éliminées par une adaptation de la puissance réactive générée par les GED. Selon la valeur de la tension, la valeur réactive est plus ou moins importante [6].

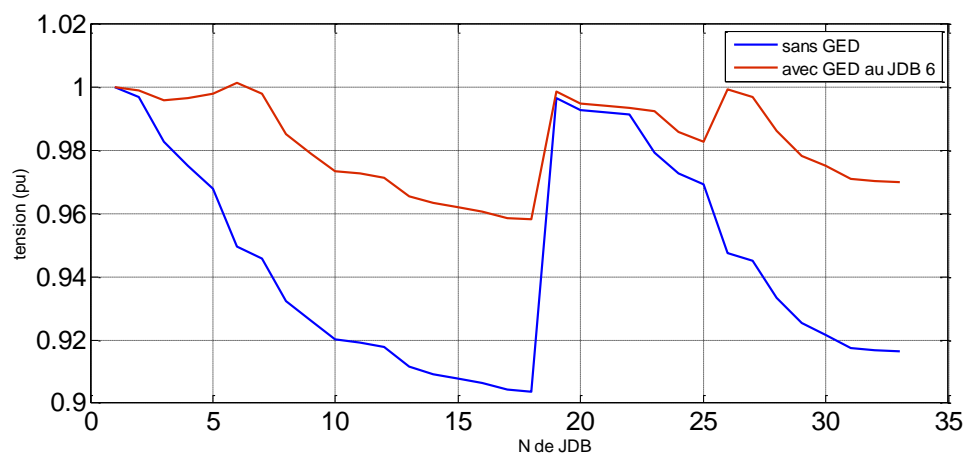


Figure (1.5) : Variation de la tension du réseau 33JDB

### 1.6.3. Effets sur le plan de protection

L'insertion des GED sur le réseau de distribution peut provoquer une modification du fonctionnement des appareils de protection. Cette modification du fonctionnement se traduit notamment par une perte de sélectivité entre les différentes protections du réseau. Cette perte de sélectivité est due à la modification des valeurs de courants de défaut et de la répartition de ces courants [9].

Aussi ces GED provoquent des modifications des courants en cas de défaut. Les générateurs des GED participent aux courants de court-circuit. Ce phénomène peut provoquer un déclenchement intempestif de tous les organes de protections des départs adjacents. À titre d'exemple sur Figure (1.6.a) la GED participe au courant de court-circuit, ainsi, le courant de défaut apporté par celle-ci peut déclencher la protection P2 si le courant apporté est supérieur au seuil de la protection P2. L'alimentation des courants de court-circuit par les GED peut aussi poser un problème d'aveuglement des protections si le déclenchement de la protection est basé sur la mesure du courant injecté par le réseau amont, sachant que ce courant peut rester inférieur au courant de seuil, car c'est la GED qui alimente aussi le courant de court-circuit et réduisant le courant du réseau amont, ce phénomène est illustré sur la Figure( 1.6 .b).

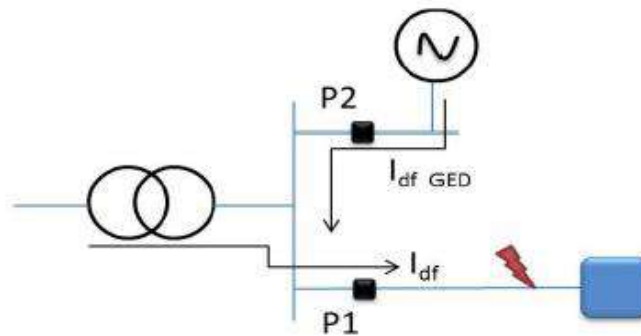
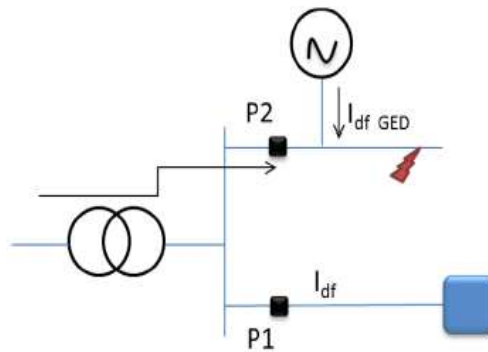


Figure (1.6 .a) : Problème du déclenchement intempestif de protections



(Figure 1.6 b) : Problème d'aveuglement de protections

#### 1.6.4. Impact sur la qualité de la tension

La connexion de GED sur le réseau de distribution peut également altérer la qualité de l'onde de tension. Celle-ci est déterminée grâce à un ensemble d'indices

- ✓ Les creux et l'élévation de la tension.
- ✓ Flicker.
- ✓ harmonique

#### 1.6.5. Impacts économiques sur les marchés de l'énergie

Des associations et accords entre producteurs décentralisés pourraient favoriser la concurrence et, au final, une baisse du prix de l'énergie (marché journalier, mécanismes de compensations des équilibres, marché des réserves, services systèmes). [3]

### 1.7 Conclusion

L'insertion de génération d'énergie au sein des réseaux existants modifie sensiblement le fonctionnement de ceux-ci. Il a été montré que ces modifications peuvent engendrer des problèmes de surtension et de sous tension, de perte de stabilité, etc. Il est par conséquent nécessaire d'avoir recours à des méthodes d'optimisation afin que ces nouveaux générateurs puissent s'insérer correctement dans les réseaux existants.

Les objectifs du chapitre suivant nous allons définir et expliquer les écoulements de puissance, et la méthode d'optimisation PSO et une méthodologie de calcul pour minimiser les pertes active d'un réseau de distribution.

# **Chapitre 02 :**

**Méthodologie de calcule pour  
minimisation des pertes actives**

## 2.1. Introduction

L'optimisation est définie comme la science qui détermine la meilleure solution à certains problèmes mathématiquement définie. En fait, l'optimisation cherche à améliorer une performance en se rapprochant d'un point optimum.

Dans ce chapitre, nous présentons dans la première section, les étapes de la méthode de BFS pour calculer l'écoulement de puissance. Dans la deuxième section nous définissons le facteur de sensibilité aux pertes et nous expliquons en définissant le principe d'optimisation de l'essaim de particules (PSO) dans la 3ème section. A la fin de ce chapitre un algorithme de calcul global sera présenté.

## 2.2. Etude de l'écoulement de puissance

L'étude de l'écoulement de puissance permet d'avoir la solution des grandeurs d'un réseau électrique en fonctionnement normal équilibré en régime permanent. Ces grandeurs sont les tensions aux nœuds, les puissances injectées aux nœuds et celles qui transitent dans les lignes. Les pertes et les courants s'en déduisent. [6]

La technique proposée d'un ce mémoire pour le calcul de l'écoulement de puissance dans le réseau de distribution, la méthode (Backward/Forward Sweep) BFS

### 2.2.1. Méthode de BFS (Backward/Forward Sweep)

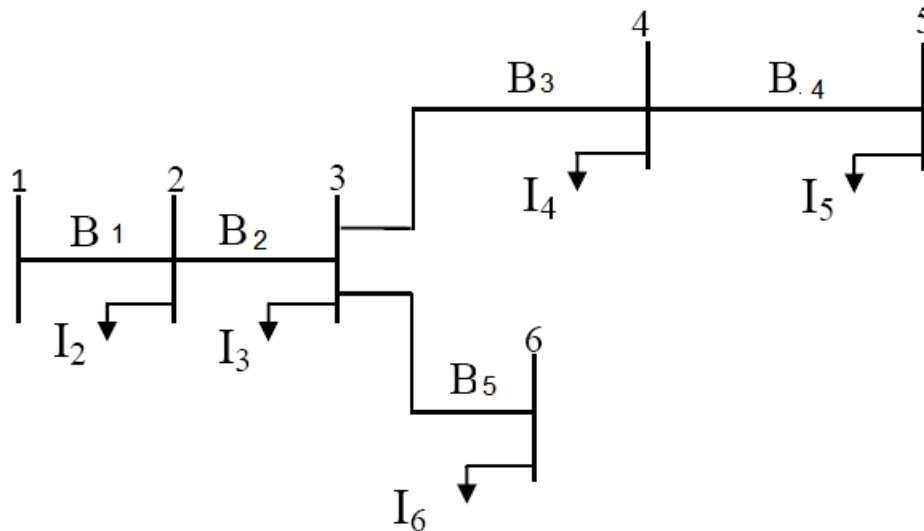
Cette méthode comprend deux étapes : le balayage vers l'arrière et le balayage vers l'avant. Dans le balayage vers l'arrière, les courants sont calculés en utilisant la loi de Kirchhoff de courant à partir du nœud le plus éloigné du nœud source. Dans le balayage vers l'avant, la tension aval est calculée à partir du nœud source. Les données de base requises sont les puissances actives et réactives des charge, la nomenclature des nœuds et un modèle d'impédance de séquence positive pour toutes les branches. [3]

#### 2.2.1.1 Construction de la Matrice BIBC

Les courants de charge au niveau des jeux de barres sont obtenus en utilisant l'équation suivante:

$$I_i^k = \left( \frac{P_i + jQ_i}{V_i^k} \right)^* \quad (2.1)$$

Les courants traversant les branches sont calculés par l'application de la loi de Kirchhoff au réseau de distribution. Un réseau de distribution simple de 6 jeux de barres et 5 branches présenté par la figure (2.1) est utilisé comme exemple pour faciliter l'explication de la méthode de détermination de la matrice BIBC.



**Figure (2.1) :** Réseau de distributions simple

Les courants des branches du réseau peuvent être exprimés en fonction des courants de charges comme suit :

$$\begin{aligned}
 B_1 &= I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \\
 B_2 &= I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \\
 B_3 &= I_4 + I_5 \\
 B_4 &= I_5 \\
 B_5 &= I_6
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

Donc, la relation entre les courants de charge des jeux de barres et les courants de branches peut être écrite sous forme matricielle comme suit :

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix}
 \tag{2.3}$$

D'une forme générale, l'équation (2.3) peut s'écrire comme suit

$$[B] = [BIBC][I]
 \tag{2.4}$$

Où BIBC est la matrice des courants injectés dans les jeux de barres qui est une matrice triangulaire supérieure contenant les valeurs 0 et 1 uniquement. La matrice BIBC peut se former selon l'algorithme suivant :

- 1 Pour un réseau de distribution de  $m$  branches et  $n$  jeux de barres, les dimensions de la matrice BIBC sont  $m \times (n - 1)$



2 Si la branche  $B_k$  est située entre le jeu de barres  $i$  et le jeu de barres  $j$ , copier la colonne du  $i^{\text{ème}}$  jeu de barres de la matrice BIBC dans la colonne du  $j^{\text{ème}}$  jeu de barres et écrire 1 à la position de l'élément de la  $k^{\text{ème}}$  ligne (branche) et la  $j^{\text{ème}}$  colonne (jeu de barres).

3 Répéter la deuxième opération jusqu'à ce que toutes les branches seront incluse dans la matrice BIBC [3]

La tension de nœud peut être exprimée comme une fonction des courants de branche, des paramètres de ligne, et de la tension de référence au niveau du poste source (HTB/HTA). La relation entre les courants de branche et les tensions de nœud, comme obtenue par l'équation (2.5) et (2.6)

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

$$[\Delta V] = [BCBV][B] \quad (2.6)$$

Où  $BCBV$  (en Anglais Branch Current Bus Voltage) est la matrice qui représente la relation entre les courants de branches et les tensions des nœuds,  $V_i$ ,  $i = 2,3, \dots, 6$  est la tension du nœud «  $i$  », et  $Z_{im}$  est l'impédance de ligne entre le nœud «  $i$  » et le nœud «  $m$  ». Les matrices  $BIBC$  et  $BCBV$  sont élaborées en fonction de la structure topologique du réseau de distribution. En combinant les équations (2.4) et (2.6), la relation entre ces deux matrices peut être exprimée comme [15] :

$$[\Delta V] = [BCBV][BIBC][I] \quad (2.7)$$

### 2.2.1.2 Les pertes de puissances active et réactive

Les pertes de puissance active au niveau d'une branche ( $i$ ) de la figure (2.1) s'écrivent comme suit:

$$P_{loss,i} = R_i \cdot B_i^2 \quad (2.8)$$

Les pertes totales de puissance active dans le réseau peuvent être déterminées en additionnant les pertes de toutes les branches

$$P_{T,loss} = \sum_{i=1}^{Nbr} P_{loss,i} \quad (2.9)$$

Les pertes de puissance réactive au niveau d'une branche ( $i$ ) s'écrivent comme suit:

$$Q_{loss,i} = X_i \cdot B_i^2 \quad (2.10)$$

Les pertes totales de puissance réactive dans le réseau peuvent être déterminées en additionnant les pertes de toutes les branches

$$Q_{T,loss} = \sum_{i=1}^{Nbr} Q_{loss,i} \quad (2.11)$$

### II.2.1.3. Algorithme de BFS

Etape 1 : Lire les données du réseau

Etape 2 : Détermination de la puissance

Etape 3: Détermination de la matrice [BIBC]

Etape 4 : Initialiser la tension de tous les jeux de barres à la tension de jeu de barre référence  
 $V_{0i}=V_1 \quad i=1, 2, \dots, n \quad [V]=[V_0]$

Etape 5 : Sauvegardé le vecteur  $[Va]=[V]$

Etape 6 : Calculer les courants injectés  $[I]$  par la relation  $I_i = \left(\frac{S_i}{V_i}\right)^*$

Etape 7 : Calculer les courants traversant les branches  $[B]$  par  $[B]=[BIBC] [I]$

Etape 8 : Calculer les nouvelles tensions (modules et phases) au niveau de tous les jeux de barres par  $[V]=[V_0]-[BIBC]' [Zd] [B]$  où  $[Zd]$  matrice diagonale des impédances des éléments de réseaux  $Z_{djj} = R_j + i X_{jj} = 1 \dots m$

Etape 9 : Une fois le test de convergence est vérifié  $\Delta V = \max(|[V] - [Va]|) \leq \epsilon$ , les valeurs des tensions de la dernière itération sont retenues, Sinon retourner à l'étape 5

Etape 10 : Calculer les pertes dans le réseau.

## 2.3 Facteurs de sensibilité aux pertes (Loss Sensitivity Factors LSF)

Cette méthode est capable de prédire quels jeux de barre aura la plus grande réduction des pertes. Par conséquent, ces jeux de barre sensibles peuvent servir de jeux de barre candidats pour le placement des GED. L'estimation de ces jeux de barre candidats aide essentiellement à la réduction de l'espace de recherche pour l'optimisation de notre problème Pour branche connectée entre les JDB 'I' et 'K', comme indiqué à la Figure (2.2) Les pertes de puissance active dans cette ligne est spécifiée par [16]

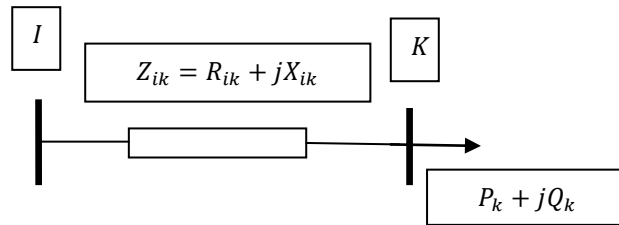
$$P_{ik-loss} = \frac{(P_k^2 + Q_k^2) R_{ik}}{(V_k)^2} \quad (2.12)$$

Ou  $P_K + jQ_K$  est la puissance qui transite dans la branche('iK')

LSF est trouvé par dérivation en facteur de puissance réactive de cette équation :

$$\frac{\partial P_{ik-loss}}{\partial Q_k} = \frac{2Q_k * R_{ik}}{(V_k)^2} \quad (2.13)$$

Les facteurs de sensibilité sont évalués au niveau de chaque jeu de barre, à partir de l'écoulement sans GED. Les jeux de barre sont classés par ordre décroissant des valeurs des facteurs de sensibilité pour former une liste prioritaire.



**Figure (2.2) :** Circuit équivalent du système de distribution radial

Les tensions normalisées inférieure à 1.01 sont les JDB candidatent

- ✓ Les tensions normalisées sont obtenues en divisant les tensions sur 0,95.

$$V_{busn} = \frac{V_{bus}}{0.95} < 1.01 \quad (2.14)$$

## 2.4. L'optimisation par essaim particulaire (PSO)

Les méta-heuristiques, sont des méthodes d'optimisation permettant d'obtenir une valeur approchée de la solution optimale en un temps raisonnable. Elles ont pour objectif la résolution d'un ensemble de problèmes dans différents domaines sans avoir à modifier le principe de base de l'algorithme de la méthode. Un intérêt particulier est apporté à la méthode d'optimisation approchée PSO. Elle est basée sur les « interactions sociales » entre des « agents » appelés « particules », dans le but d'atteindre un objectif donné dans un espace de recherche commun où chaque particule a une certaine capacité de mémorisation et de traitement de l'information. Cette méta-heuristique d'optimisation stochastique a été proposée en 1995 par James Kennedy socio-psychologue et Russell Eberhart ingénieur électricien [13].

### 2.4.1. Principe de la méthode

Dans PSO le comportement social est modélisé par une équation mathématique permettant de guider les particules durant leur processus de déplacement. Le déplacement d'une particule est influencé par trois composantes : la composante

d'inertie, la composante cognitive et la composante sociale. Chacune de ces composantes reflète une partie de l'équation, (figure 2.3) :

- 1) **La composante d'inertie** : la particule tend à suivre sa direction courante de déplacement ;
- 2) **La composante cognitive** : la particule tend à se diriger vers le meilleur site par lequel elle est déjà passée ;
- 3) **La composante sociale** : la particule tend à se diriger vers le meilleur site atteint par ses voisines. [13]

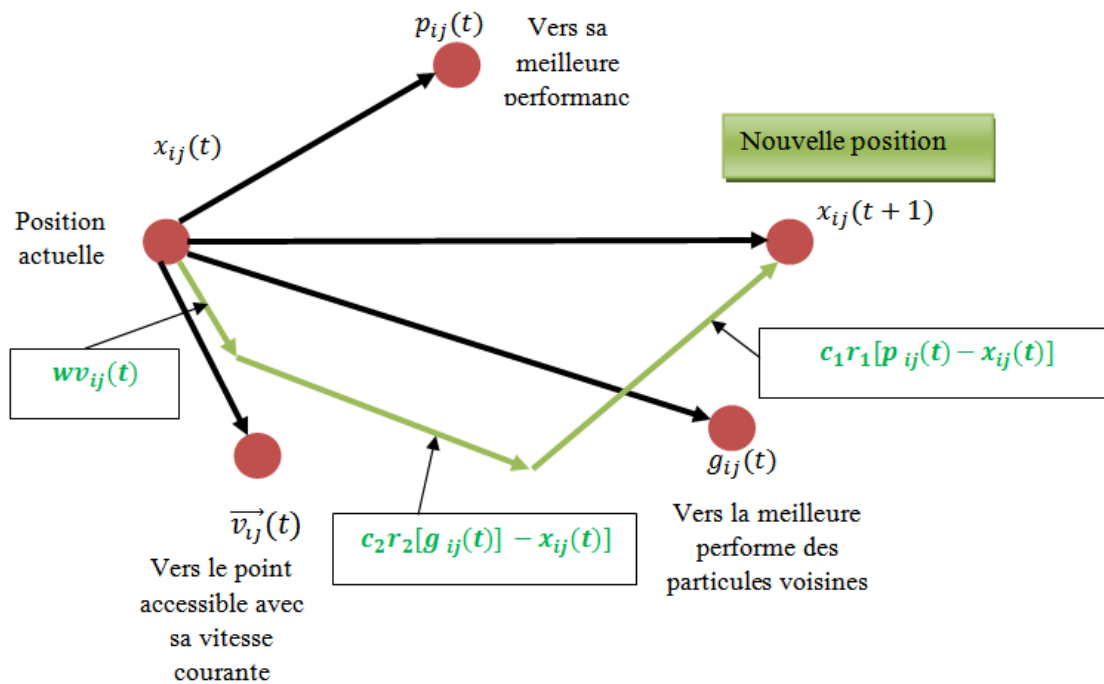


Figure (2.3) : Déplacement d'une particule

### 2.4.2. Formalisation

La position à l'itération  $(t + 1)$  de la particule  $i$  est alors définie par l'équation :

$$x_{ij}(t + 1) = x_{ij}(t) + v_{ij}(t + 1) \tag{2.15}$$

$$v_{ij}(t + 1) = wv_{ij}(t) + c_1r_1 (p_{ij}(t) - x_{ij}(t)) + c_2r_2 (g_j(t) - x_{ij}(t)) \tag{2.16}$$

$$i = 1,2,3 \dots N_p \quad j = 1,2,3 \dots N_d \quad t = 1,2,3 \dots t_{max} .$$

Avec :

$N_p$  est le nombre de particules de l'essaim

$N_d$  est le nombre de variables du problème (c-à-d dimension d'une particule).

$t_{max}$  est le nombre maximal d'itération.

$v_{ij}(t)$  est la vitesse de la  $j^{ième}$  composante de la  $i^{ième}$  particule à la  $k^{ième}$  itération.

$p_{ij}$  est la  $j^{ième}$  composante de la meilleure position occupée par la  $i^{ième}$  particule de l'essaim enregistrée dans les itérations précédentes (local best).

$g_j$  est la  $j^{ième}$  composante de la meilleure position occupée par l'essaim (global best).

$x_{ij}$  est la  $j^{ième}$  coordonnée de la position actuelle de la particule  $i$ , à la  $t^{ième}$  itération.

$w$  est en général une constante appelée coefficient d'inertie,  $c_1$  et  $c_2$  sont deux constantes appelées coefficients d'accélération,  $r_1$  et  $r_2$  sont deux nombres aléatoires tirés uniformément dans  $[0,1]$  à chaque itération et pour chaque dimension.

$wv_{ij}(t)$  correspond à la composante physique du déplacement. Le paramètre  $w$  contrôle l'influence de la direction de déplacement sur le déplacement futur. Il est à noter que, dans certaines applications, le paramètre  $w$  peut-être variable [11].

$c_1 r_1 (p_{ij}(t) - x_{ij}(t))$  Correspond à la composante cognitive du déplacement où  $c_1$  contrôle le comportement cognitif de la particule.

$c_2 r_2 (g_j(t) - x_{ij}(t))$  Correspond à la composante sociale du déplacement, où  $c_2$  contrôle l'aptitude sociale de la particule.

Les gammes appropriées de valeur pour,  $c_1$  et  $c_2$  sont de 1 à 2.

Le coefficient d'inertie peut être variable selon notre calcul

$$c_1 = \varphi 1 * w \quad (2.17)$$

$$c_2 = \varphi 2 * w \quad (2.18)$$

Le coefficient d'inertie peut être variable selon notre calcul

$$w = \frac{2k}{|2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}|} \quad (2.19)$$

### Coefficients de constriction

$$k = 1$$

$$\varphi 1 = 2.05$$

$$\varphi_2 = 2.05$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

**Tableau 2.1** : Résultat des coefficients w, c1, c2

coefficient d'inertie W	coefficients d'accélération C1	coefficients d'accélération C2
0.7298	1.4962	1.4962

## 2.5. Pertes de puissance active (fonction objective)

Notre fonction objective est les pertes actives totales calculées par la méthode BFS.

$$PT (SGED) = \sum_{i=1}^N \text{real} ((Z \times (B \times B^*)) \times S_b) \quad (2.20)$$

$PT (SGED)$  : les pertes actives en fonction de puissance GEDs

$SGED$  : Vecteur de puissance de GED

$N$  : nombre de jeux de barre

$Z$  : Impédance de branches

$B$  : Courant de branche.

$B^*$  : Courant de branches conjugué.

$S_b$  : Puissance de base réseau.

## 2.6. Contraintes

### ➤ Contrainte liée à la tension

L'amplitude de la tension sur chaque jeu de barre limitée par l'équation suivante :

$$V_{min} \leq V_{(i)} \leq V_{max} \quad (2.21)$$

$V_{(i)}$  : Tension du jeu de barres i.

$V_{min}$  : Tension minimum de jeux de barre égale à 0.95.

$V_{max}$  : Tension maximum de jeux de barre égale à 1.05.

### ➤ Contraintes liées à la capacité des GED

Les GED à installer doivent avoir des capacités limitées, pour assurer l'équilibre du système de réseau.

$$S_{GED}^{min} \leq S_{GED}(i) \leq S_{GED}^{max} \quad (2.22)$$

Et

$$\sum_{i=1}^{N_{GED}} S_{GED}(i) < S_{totale} \quad (2.21)$$

$$TP = S_{GED}(i) / S_{Totale} \quad (2.22)$$

Où:

$S_{GED}(i)$  : Puissance du GED au jeu de barres  $i$ .

$S_{totale}$  : Puissance totale du réseau.

$N_{GED}$  : Nombre de GEDs à installer

$S_{GED}^{min}$  : Puissance minimale de GED

$S_{GED}^{max}$  : Puissance maximale de GED (TPM 100%)

TP : taux de pénétration

## 2.7. Algorithme de calcul de la fonction objective

Notre fonction objective est les pertes en fonction de la puissance de GED pour cela on va modifier l'algorithme de BFS à une fonction avec une variable SGED

### 1<sup>ere</sup> étape :

Lire les données de réseau.

### 2<sup>eme</sup> étape

Pour  $i=1$  à  $N_{GED}$

Modifier la puissance du  $i^{\text{eme}}$  JDB (JDB candidat) comme suit :

$$S(i) = S(i)' - SGED(i) \times (FP + i\sqrt{1 - fp^2})$$

$(i)$ : Nouvelle puissance du  $i^{\text{eme}}$  JDB

$(i)'$ : Ancienne puissance du  $i^{\text{eme}}$  JDB

$SGED(i)$ : Puissance de GED au  $i^{\text{eme}}$  JDB

$FP$  : Facteur de puissance de GED.

Fin

### 3<sup>eme</sup> étape

Initialiser la tension des tous les jeux de barres à 1 pu.

### 4<sup>eme</sup> étape

Détermination la matrice  $[BIBC]$  et  $[BCBV]$ .

### 5<sup>eme</sup> étape

Calcule des courant injecte  $[I]$  en applique l'équation (2.1).

### 6<sup>eme</sup> étape

Calculer les courants traversant les branches en utilisent l'équation (2.4).

**7<sup>ème</sup> étape**

Calculer les nouvelles tensions module et phase au niveau de tous les jeux de barres en appliquant l'équation (2.6).

**8<sup>ème</sup> étape :**

Une fois le test de convergence est vérifié, les valeurs des tensions de la dernière itération sont retenues. On calcule les pertes de puissance active et réactive dans chaque branche selon les équations (2.8) et (2.10).

Calculer les pertes totales active et réactive selon les équations (2.9) et (2.11) et afficher les résultats finaux. Sinon retourner à l'étape 5



## 2.8. Organigramme de calcul global

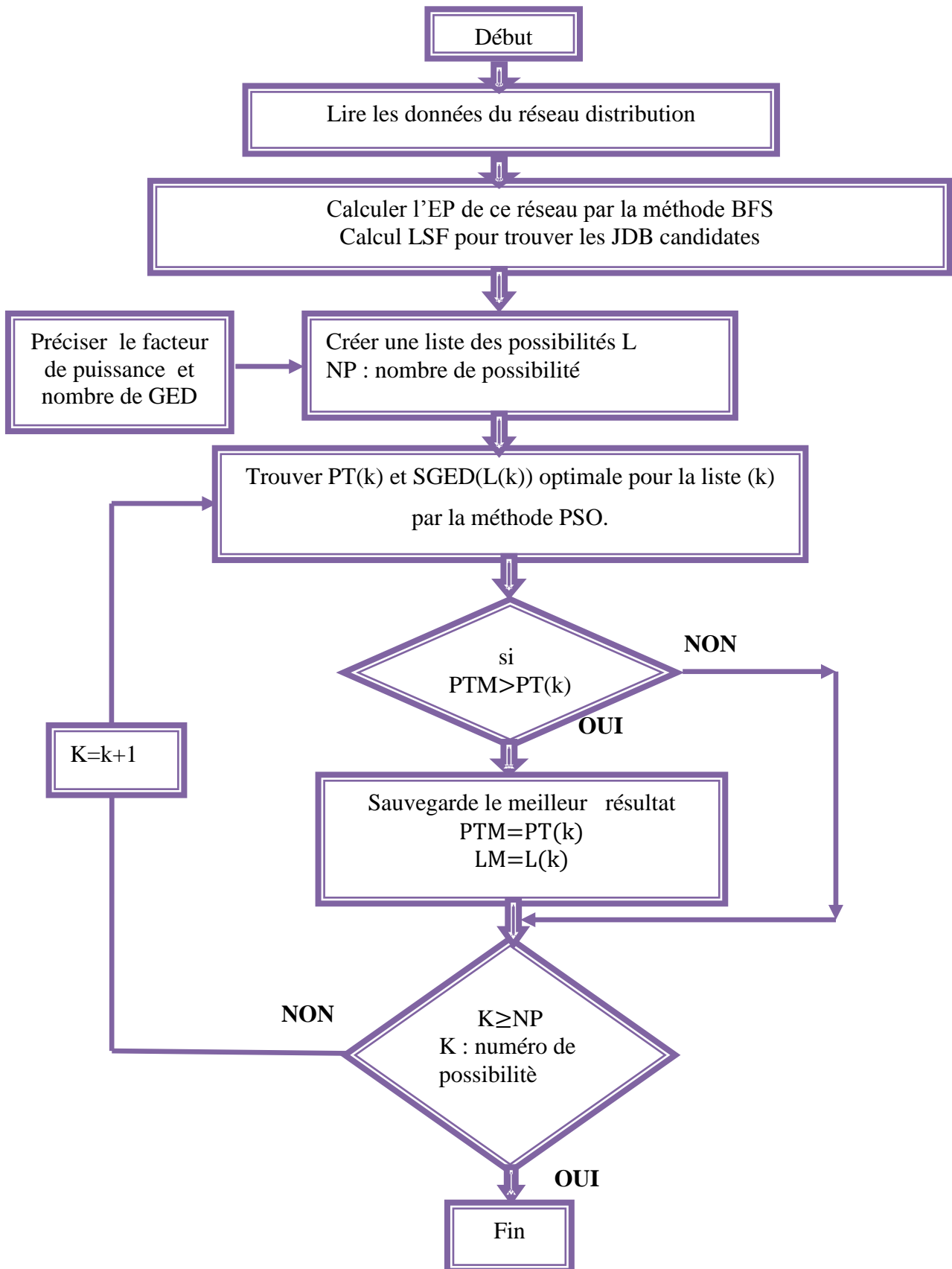


Figure (2.4) : Organigramme de l'algorithme de calcul optimal

L : liste de possibilités.

PT(k) : perte active totale de possibilité k.

PTM : perte active totale meilleur.

## **2.9. Conclusion**

La méthode PSO est une méthode méta heuristique stochastique à base de population de solutions. Elle recherche des solutions optimales basées sur les notions de coopération et de voisinages.

Nous avons présenté dans ce chapitre la méthodologie appliquée pour calculer la solution optimal d'une fonction objectif.

Dans le chapitre suivant, nous appliquerons cette méthode pour diminuer les pertes actives d'un réseau de distribution.

# *Chapitre 03:*

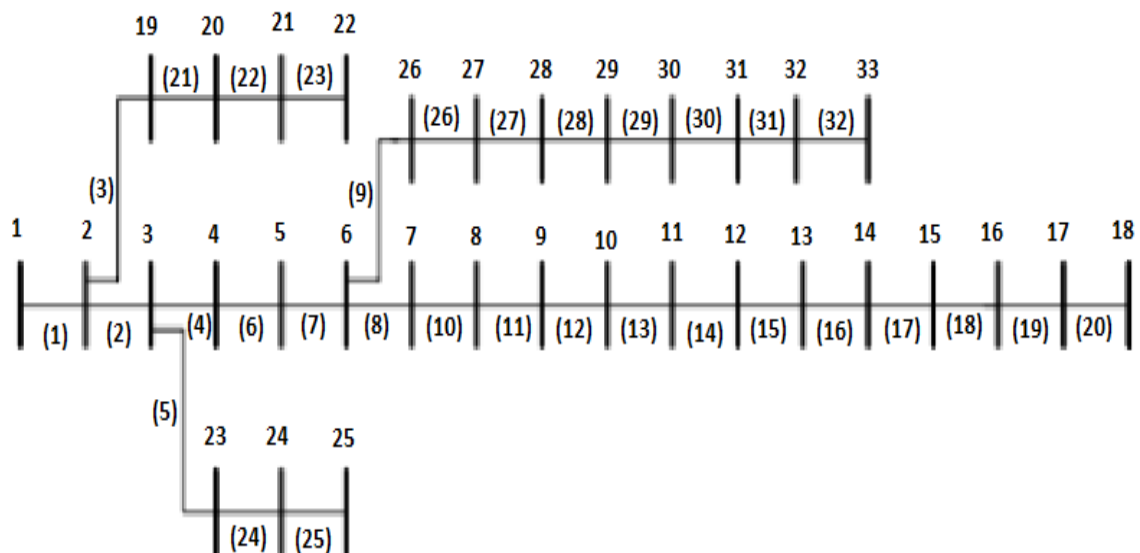
**Application et résultats de simulation**

### 3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons procédé à une simulation sur le logiciel de calcul « MATLAB » pour minimiser les pertes actives dans réseau teste IEEE 33JDB pour trois cas insertion de GEDs, nous avons comparé nos résultats avec ceux a des autres Méthodes précédemment étudiées.

### 3.2. Résultats et interprétations

Pour tester notre algorithme de calcul, un réseau de distribution a été utilisé. Il s'agit d'un réseau de 33 jeux de barres. Le schéma unifilaire et les caractéristiques de ce réseau sont représentés sur la figure 3.1 et le tableau 3.1 respectivement. Les données de ce réseau sont décrites dans l'annexe.



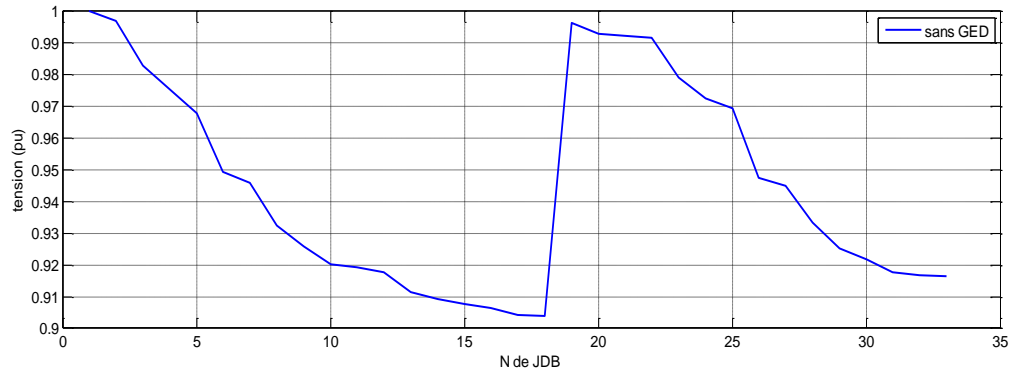
**Figure (3.1) :** Schéma unifilaire du réseau de 33 jeux de barres

**Tableau (3.1) :** Les caractéristiques du réseau de distribution 33 JDB

Nombre de jeux de barres	Nombre de branches	Jeu de barres de référence N°	Tension de base (KV)	Puissance de base (KVA)	Les pertes actives sans GED (KW)
33	32	1	12,66	10000	211.0046

#### 3.2.1. Les pertes actives dans le réseau sans GED

Après la simulation sur programme « MATLAB » nous obtenons les résultats suivants :



**Figure (3.2) : Profil de tension sans GED**

**Tableau (3.2) : Pertes de puissances active et réactive dans les branches du réseau IEEE 33JDB**

Jeux de barre	La tension Sans GED (pu)	Nombre de Branche	Pertes Active(Pu)	Pertes réactive (pu)
JDB1	1	/	/	/
JDB2	0.9970	1	0.00123	0.00062
JDB3	0.9829	2	0.0052	0.0026
JDB4	0.9755	3	0.002	0.001
JDB5	0.9681	4	0.0018	0.00096
JDB6	0.9497	5	0.0038	0.0033
JDB7	0.9462	6	0.00019	0.00064
JDB8	0.9413	7	0.00118	0.00085
JDB9	0.9351	8	0.00042	0.00030
JDB10	0.9292	9	0.00036	0.00025
JDB11	0.9284	10	0.000056	0.000018
JDB12	0.9269	11	0.000089	0.000018
JDB13	0.9208	12	0.00027	0.00021
JDB14	0.9185	13	0.000074	0.000097
JDB15	0.9171	14	0.000036	0.000032
JDB16	0.9157	15	0.000028	0.000020
JDB17	0.9137	16	0.000025	0.000034
JDB18	0.9131	17	0.0000054	0.0000042
JDB19	0.9965	18	0.000016	0.000015
JDB20	0.9929	19	0.000083	0.000074
JDB21	0.9922	20	0.0000100	0.000011
JDB22	0.9916	21	0.0000043	0.0000057
JDB23	0.9794	22	0.00031	0.00021
JDB24	0.9727	23	0.00051	0.00040
JDB25	0.9694	24	0.00012	0.00010
JDB26	0.9477	25	0.00026	0.00013
JDB27	0.9452	26	0.00033	0.00016

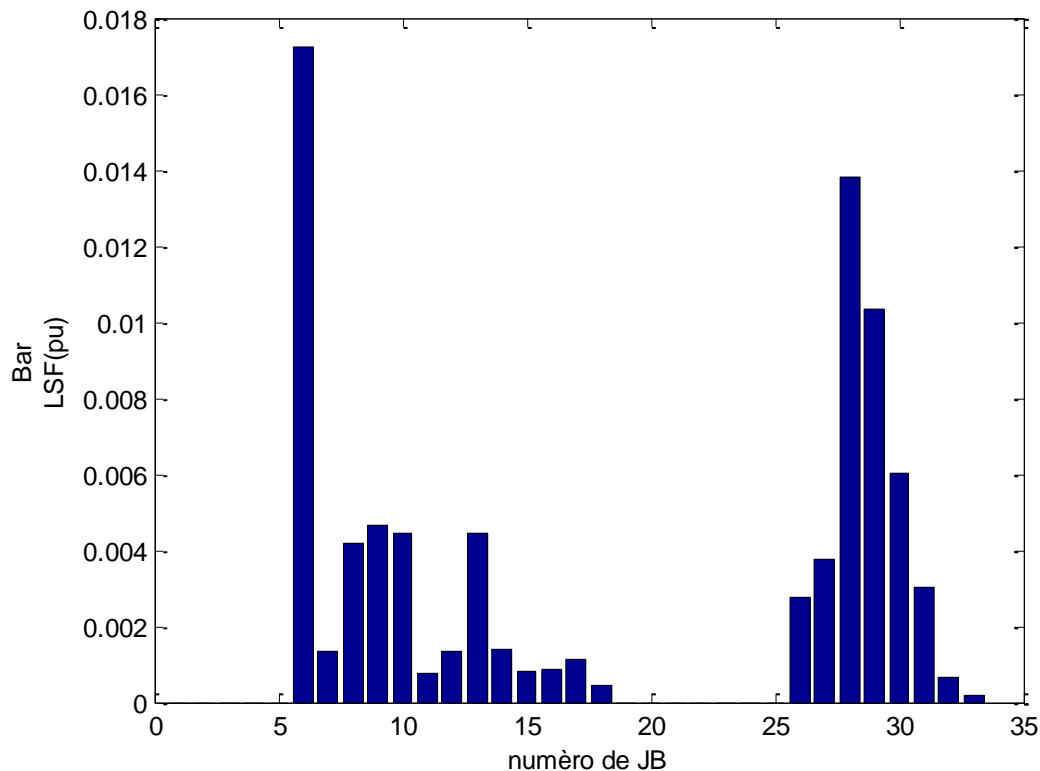
JDB28	0.9337	27	0.0011	0.0010
JDB29	0.9255	28	0.00078	0.00068
JDB30	0.9219	29	0.00038	0.00019
JDB31	0.9178	30	0.00015	0.00015
JDB32	0.9169	31	0.000021	0.000024
JDB33	0.9166	32	0.0000013	0.0000024
Total	-	-	0.0211	0.01460

Ce tableau représente la tension à chaque JDB et les valeurs des pertes actives et réactives à chaque branche.

### 3.2.2. Jeux de barre candidat

Comme nous l'avons mentionné précédemment dans le deuxième chapitre, pour trouver les JDBs candidats, nous utilisons la méthode LSF.

La figure (3.3), représente les valeurs des LSF pour l'ensemble des jeux de barres les JDB candidats sont 6 à 18 et de 26 à 33. Le JDB 6 a la valeur maximale de LSF suivi par le JDB 28.



**Figure (3.3) :** les valeurs de LSF en fonction de JDB

### 3.2.2.1. Paramètres du PSO

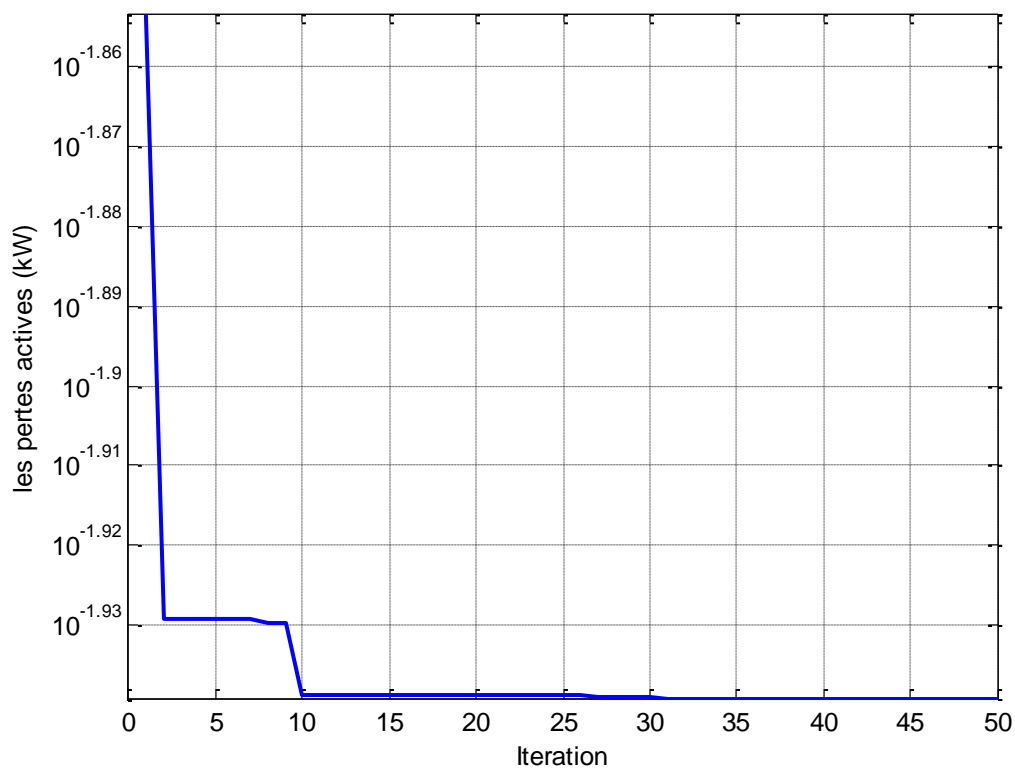
**Tableau (3.3) :** Valeurs des paramètres du PSO

Paramètres	Nombre de particules	Nombre d'itération	coefficient d'inertie W	coefficients d'accélération C1	coefficients d'accélération C2
Valeur	5	50	0.7298	1.4962	1.4962

#### A) 1<sup>er</sup> cas: insertion d'un seul GED

La figure (3.4) représente la variation de la fonction objective de PSO (les pertes actives) en fonction du nombre d'itération. On remarque que la convergence de PSO à l'optimum globale est obtenue avant 30 itérations.

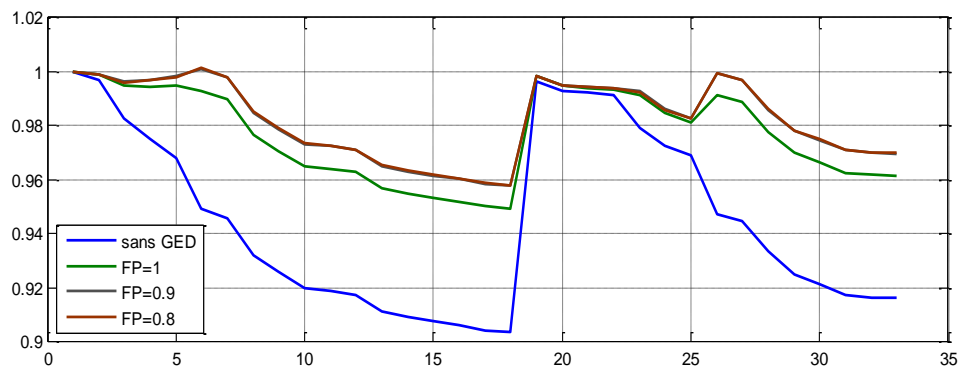
Les résultats de simulation sont représentés sur le tableau 3.4 et la figure (3.5) pour les trois facteurs de puissance 1, 0.9 et 0.8.



**Figure (3.4) :** Convergence de la fonction objective « *les pertes actives* » pour un réseau 33 JDB, FP=1

**Tableau (3.4) : Résultat globale pour réseau 33 JDB**

FP	JDB	taille GED (kVA)	Perte active (kW)	Taux de pénétration (%)	$V_{\min}$ (pu)	Réduction des pertes (%)
Sans GED	/	/	211	/	0.91	/
1	6	3133.70	115.03	71.72	0.95	45.48
0.9	6	3073.38	70.86	70.33	0.9574	66.41
0.8	6	3103.65	68.08	71	0.9582	67.73

**Figure (3.5) : Profil de tension en (pu) du réseau 33 JDB sans et avec GED au JDB 6, avec  $FP = 1, 0.9, 0.8$** 

- ✓ Le JDB 6 est le meilleur emplacement du GED permettrait de minimiser les pertes qui possède une valeur maximal de LFS.
- ✓ L'amélioration du profil de tension, la valeur minimale est augmentée de 0,91pu à 0.95pu pour un FP unitaire et à 0,9574 pu et 0.9582 pour un FP 0.9 et 0.8 respectivement.
- ✓ La taille optimale de GED est 3133.70kW, 3073.38kVA et 3103.65kVA pour un FP 1, 0.9 et 0.8 respectivement. pour un taux de pénétration de 71.72% ,70.33%, et 71% respectivement
- ✓ Les pertes sont réduites de 45.48%, 66.41% et 67.73% pour un FP 1, 0.9 et 0.8 respectivement. Un GED de FP=0.8 est le meilleur choix.

### B) 2<sup>eme</sup> cas : insertion deux GEDs

Dans cette partie, nous insérons deux GEDs dans le réseau teste avec un facteur de puissance de 1, 0.9 et 0.8.



On représente dans les tableaux 3.5, 3.6 et 3.7 les 12 meilleures possibilités des JDBs candidates parmi tous les possibilités.

**Tableau (3.5):** Résultats pour réseau 33 JDB avec deux GEDs de FP=1

JB1	JB2	SGED1 (kVA)	SGED2 (kVA)	Taux de pénétration (%)	Perte active (kW)	Réduction (%)
6	13	1874.81	673.11	58.31	91.64	56.56
6	18	2071.15	483.17	58.45	94.14	55.38
6	15	1936.24	614.91	58.38	91.54	56.61
11	26	801.96	1683.45	65.88	93.12	55.86
12	30	957.72	1114.51	47.42	87.26	58.64
13	29	833.49	1229.14	47.20	87.42	58.56
<b>13</b>	<b>30</b>	<b>851.36</b>	<b>1157.88</b>	<b>45.98</b>	<b>87.16</b>	<b>58.69</b>
14	31	842.05	1034.76	42.95	89.28	57.68
15	32	821.04	1006.79	41.83	91.40	56.68
16	32	772.24	1020.28	41.02	92.94	55.95
17	30	658.58	1242.07	43.49	92.04	56.37
18	32	657.36	1060.16	39.30	97.63	53.72

Dans ce cas, on remarque que les pertes de 12 possibilités ont des valeurs entre 87kW et 98kW donc une réduction entre 53% et 59%. On observe aussi que la valeur des pertes actives minimales est de 87.16 kW (réduction de 58.69%). Cette valeur est obtenue par l'insertion de GED au JDB13 et JDB30 avec puissance de 851.36 kW et de 1157.88kW respectivement avec le taux de pénétration 45.9%.

**Tableau (3.6) :** Résultats pour réseau 33 JDB avec deux GEDs de FP=0.9

JB1	JB2	Taille DG1 (kVA)	Taille DG2 (kVA)	Taux de pénétration (%)	Perte active (kW)	Réduction %
6	13	2277.28	739.11	69.03	48.97	76.79
6	15	2340.21	677.08	69.05	48.98	76.78
6	18	2500.15	533.82	69.43	51.86	75.42
11	26	882.92	2064.02	67.44	49.86	76.36
12	30	1050.60	1445	57.11	35.34	83.25
13	29	917.18	1572.94	57	36.72	82.59
<b>13</b>	<b>30</b>	<b>938.56</b>	<b>1491.89</b>	<b>55.62</b>	<b>35.24</b>	<b>83.29</b>
14	31	948.98	1326	52.06	39.54	81.26
15	32	916.68	1289.70	50.49	42.60	79.81
16	32	863.73	1309.90	49.74	44.42	78.94
16	32	863.73	1309.90	49.74	44.42	78.94
18	32	740.21	1355.43	47.96	49.70	76.44

Pour le FP=0.9, on remarque que les pertes de 12 possibilités ont des valeurs entre 35kW et 51kW donc une réduction entre 75% et 83%. On observe aussi que la valeur des pertes actives minimales est de 35.24 kW (réduction de 83.29%).cette valeur est donné par l'insertion de GED au JDB13 et JDB30 avec puissance de 851.36 kW et de 1157.88kW respectivement et le Taux de pénétration égale à 55.52%

**Tableau (3.7) : Résultats pour réseau 33 JDB avec deux GEDs de FP=0.8**

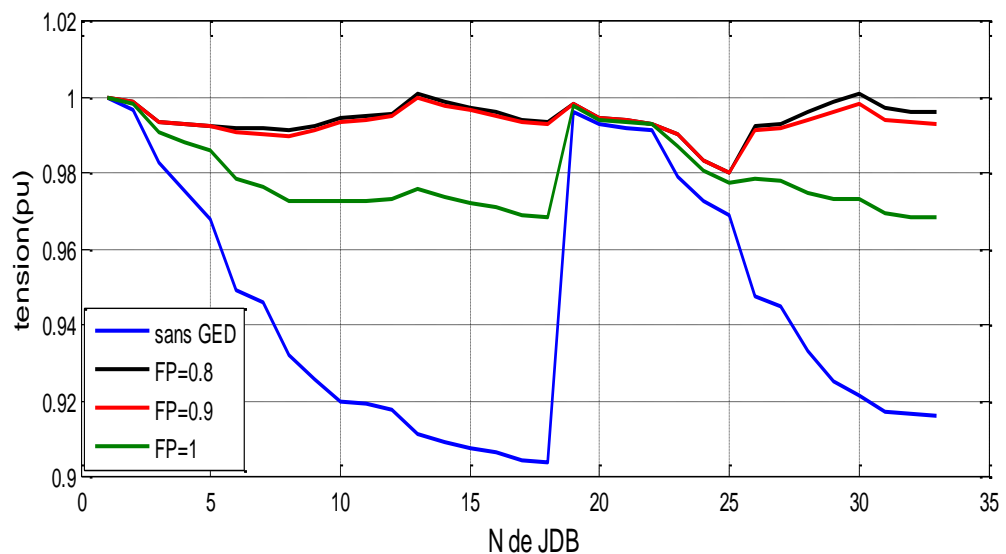
JB1	JB2	Taille DG1 (kw)	Taille DG2 (kw)	Taux de pénétration (%)	Perte active (kw)	Réduction %
6	13	2325.06	724.36	69.79	47.19	77.63
6	15	2384.07	664.31	69.76	47.23	77.61
6	18	2533.66	525.48	70.01	50.01	76.29
11	26	864.10	2114.51	68.17	47.72	77.38
12	30	1028.77	1502.85	57.94	30.48	85.55
13	29	896.97	1630.74	57.85	32.35	84.66
<b>13</b>	<b>30</b>	<b>917.10</b>	<b>1551.62</b>	<b>56.50</b>	<b>30.39</b>	<b>85.59</b>
14	31	932.39	1375.81	52.82	35.37	83.23
15	32	902.63	1336.76	51.25	38.60	81.7
16	32	848.83	1357	50.48	40.39	80.85
17	30	716.23	1642.52	53.98	35.66	83.09
18	32	729.28	1402.63	48.79	45.46	78.45

Et dans ce cas on obtenir les même meilleurs JDB par l'insertion de GED dans le (JDB 13 et JDB30),avec minimisé les pertes jusque 30.39kW (réduction de 85.59%).pour le puissance de GED de 917.10kVA (JDB13) et 1551.62kVA (JDB30) le Taux de pénétration égale à 56.50% .

Les résultats de simulation sont présentés sur le tableau 3.9 et la figure (3. 6) pour les trois facteurs de puissance 1, 0.9 et 0.8.

**Tableau (3.8) :** Résultat globale pour 2eme cas

FP	Emplacements de GED		Puissance de GED (kVA)		Pertes active (kW)	$V_{\min}$ (pu)	Réduction des pertes (%)
	JDB1	JDB2	GED1	GED2			
Sans GED	/	/	/	/	211	0.91	/
1	13	30	851.36	1157.88	87.16	0.9685	58.69
0.9	13	30	938.56	1491.89	35.24	0.9803	83.29
0.8	13	30	917.10	1551.62	30.39	0.9803	85.59

**Figure (3.6) :** Profil de tension en (pu) de réseau 33 JDB sans et avec GEDs aux JDB 13 et 30 avec FP= 1 ,0.9, 0.8**Remarques :**

- ✓ Le JDB 13 et JDB30 est le meilleur emplacement pour deux GEDs pour minimiser les pertes avec FP= 1, 0.9 et 0.8.
- ✓ L'amélioration du profil de tension, la valeur minimale est augmentée de 0,91pu à 0,9685pu pour un FP unitaire et à 0,9803 pu pour un FP 0.9 et 0.8.
- ✓ Les pertes sont minimisés de 58.69.%, 83.29% et 85.59% pour un FP 1, 0.9 et 0.8 respectivement. Donc Un GED de FP=0.8 est le meilleur choix.

### C) 3<sup>eme</sup> cas : insertion trois GEDs

**Tableau (3.9) :** Résultats pour réseau 33 JDB avec trois GEDs de FP=1

JDB1	JDB2	JDB3	Taille GED1 (kVA)	Taille GED2 (kVA)	Taille GED3 (kVA)	TP(%)	Perte active (kW)	Réduction (%)
6	12	31	1083.03	753.29	703.17	58.12	80.25	61.96
6	13	30	1066.26	673	783.98	57.74	79.35	62.39
<b>6</b>	<b>14</b>	<b>31</b>	<b>1181.64</b>	<b>646.82</b>	<b>692.91</b>	<b>57.70</b>	<b>78.46</b>	<b>62.81</b>
6	15	32	1251.48	615.12	655.25	57.71	78.88	62.61
6	28	29	2060.15	823.83	235.53	71.39	106	49.76
6	29	33	1792.26	1130.81	198.19	71.43	106.53	49.51
8	14	30	673.13	554.25	1000.62	51	81.29	61.47
10	15	30	568.28	425	1094.92	47.79	83.64	60.36
10	16	28	556.75	378.84	1283.38	50.78	86.11	59.18
10	26	33	817.64	1047.94	592.99	56.26	82.73	60.79
13	26	30	699.18	978.55	768.80	56	80.27	61.95
14	26	32	676.18	1131.17	638.57	55.98	79.54	62.30

Après analyse des résultats obtenus dans le tableau 3.9 on observe que valeur les pertes entre 78kW et 106kW donc une réduction entre 49% et 62%., on remarque que les JDB 6, JDB14 et JDB 31 est les meilleurs emplacements de GEDs avec un valeur des pertes actives minimales de 78.46kW (réduction de 62.81%) avec Taux de pénétration 57.70%.

**Tableau (3.10) :** Résultats pour réseau 33 JDB avec trois GEDs de FP=0.9

JDB1	JDB2	JDB3	Taille GED1 (kVA)	Taille GED2 (kVA)	Taille GED3 (kVA)	TP(%)	Perte active (KW)	Réduction (%)
6	12	31	1207.58	831.76	927.35	67.89	28.82	86.34
6	13	30	1139.32	738.49	1083.69	67.77	26.87	87.26
<b>6</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>1152.88</b>	<b>714.43</b>	<b>1091.29</b>	<b>67.71</b>	<b>26.55</b>	<b>87.41</b>
6	14	31	1286.81	711.80	940.94	67.27	26.90	87.25
6	15	31	577.54	555.27	1248.23	54.49	34.85	83.48
6	18	33	1611.31	543.40	820.52	68.09	31.96	84.85
6	15	32	1415.19	672.66	877.05	67.78	27.75	86.84
6	29	33	1886.75	633.35	490.84	68.91	48.12	77.19
8	14	30	751.98	645.40	1302.81	57.67	29.01	86.25
10	15	30	423.68	146.31	1128.40	38.87	51.60	75.54
10	16	28	620	406.29	1652.52	61.30	37.81	82.08
10	26	33	896.8	1204.29	807.9	66.57	32.25	84.71
13	26	30	768.54	1043.77	1070.41	65.97	27.89	86.78

On observe dans le tableau 3.10 que les valeurs de perte entre 26kW et 51kW donc une réduction entre 75% et 87%., observe aussi les JDB 6,14 et JDB 30 est les meilleurs emplacements de GEDs, vu que les valeurs des pertes actives sont minimales à 26.55kW avec un réduction des pertes à 87.41% Taux de pénétration est de 67.71%

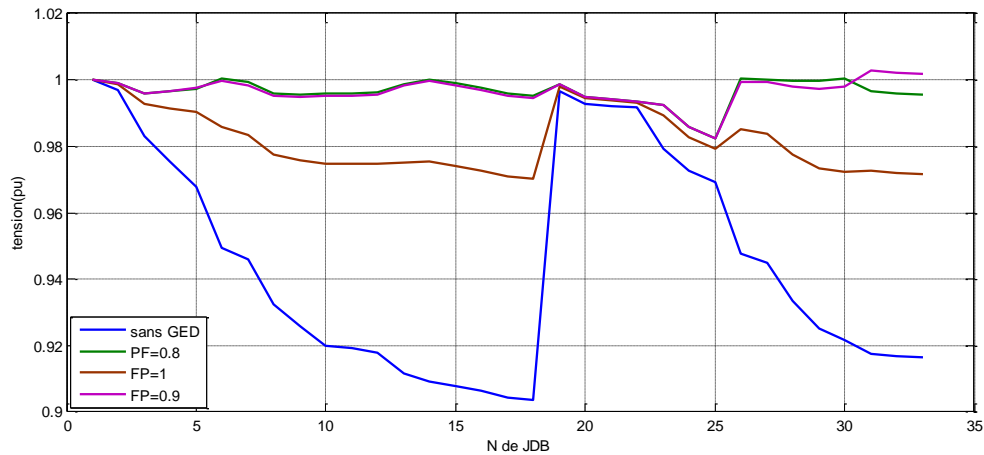
**Tableau (3.11) :** Résultats pour réseau 33 JDB avec trois GEDs de FP=0.8

JDB1	JDB2	JDB3	Taille GED1 (KW)	Taille GED2 (KW)	Taille GED3 (KW)	TP(%)	Perte active (KW)	Réduction (%)
6	12	31	1774.49	650.43	808.36	74	26.87	87.26
6	13	30	1082.07	726.15	1174.22	68.25	22.45	89.36
<b>6</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>1140.90</b>	<b>692.24</b>	<b>1152.80</b>	<b>68.33</b>	<b>22.15</b>	<b>89.50</b>
6	15	32	1383.46	679.37	929.3	68.47	23.96	88.64
6	15	31	1333.5	658.34	987.08	68.17	23.31	88.95
6	14	31	1322.06	696.59	969.22	68.38	22.96	89.11
6	18	33	1586.49	525.91	874.55	68.36	28.16	86.65
8	14	30	739.15	572.13	1378.26	61.55	24.33	88.46
10	15	30	610.07	462.28	1479.72	58.40	26.83	87.28
10	16	28	599.90	404.92	1685.64	61.57	34.41	83.69
10	26	33	873.09	1215.27	842.45	67.07	28.35	86.56
13	26	30	754.21	1016.08	1135.61	66.50	23.42	88.91
14	26	32	724.09	1274.21	906.23	66.47	24.48	88.39

Le tableau 3.11 obtenus des valeurs entre 22kW et 34kW donc une réduction entre 83% et 89%., on remarque que les JDB 6,14 et JDB 30 est les meilleurs emplacements de GEDs, vu que les valeurs des pertes actives minimales à 22.15kW et la réduction des pertes à 89.50% et le Taux de pénétration 68.33%

**Tableau (3.12) :** Résultat globale pour la 3eme cas

FP	JDB1	JDB2	JDB3 (kVA)	GED1 (kVA)	GED2 (kVA)	GED3 (kVA)	Perte active(kW)	V <sub>min</sub> (pu)	Réduction (%)
Sans GED	/	/	/	/	/	/	211	0.91	/
1	6	14	31	1181.64	646.82	692.91	78.46	0.9702	62.81
0.9	6	14	30	1152.88	714.43	1091.29	26.55	0.9825	87.41
0.8	6	14	30	1140.90	692.24	1152.80	22.15	0.9825	89.50



**Figure (3.7) :** Profil de tension en (pu) de réseau 33 JDB sans et avec GEDs aux JDB 6 et 14 et 30 avec FP= 1 ,0.9, 0.8

D'après le tableau 3.13 et la figure (3.8) on peut faire des

**Remarques :**

- ✓ Les JDB 6 et 14 et 31 est les meilleur emplacement pour insertion trois GEDs pour minimiser les pertes dans FP= 1, et les JDB 6 , 14, 30 est les meilleurs emplacement dans FP =0.8 et 0.9
- ✓ Pour le profil de tension, la valeur minimale est augmentée de 0,91pu à 0.9702pu pour un FP unitaire et à 0,9825 pu pour un FP 0.9 et 0.8.
- ✓ Les pertes sont minimisés de 62.81%, 87.41% et 89.50% pour un FP 1, 0.9 et 0.8 respectivement. Donc Un GED de FP=0.8 est le meilleur choix.

### 3.3. Comparaison avec des résultats des autres chercheurs

**Tableau (3.13) :** Résultat globale pour réseau 33 JDB des autres méthodes

Cas	Résultats trouver par	Méthodes utilisés	JDBs	Puissances des GEDs (kVA)	Pertes (kW)	Réduction des pertes (%)
Un GED	Notre méthode	<b>LSF/PSO</b>	<b>6</b>	<b>3133.70</b>	<b>115.03</b>	<b>45.48</b>
	[1]	PSOPC	15	1000	136.75	35.18
	[17]	IA	18	1000	142.34	33.29
	[12]	GA	6	2380	132.64	37.13
Deux GEDs	Notre méthode	<b>LSF/PSO</b>	<b>13, 30</b>	<b>851.36, 1157.88</b>	<b>87.16</b>	<b>58.69</b>
	[18]	LSF	18,33	720,900	87.17	58.69
	[7]	CSA	13 ,30	850,1160	91.63	56.61
	[1]	DAPSO	13,32	1227,738	95.93	54.53
Trois GEDs	Notre méthode	<b>LSF/PSO</b>	<b>6, 14, 31</b>	<b>1181.64, 646.82, 692.91</b>	<b>78.46</b>	<b>62.81</b>
	[7]	CSA	13, <b>24</b> , 30	760 ,1030,1040	72.79	65.46
	[18]	ELF	13 ,30,24	900,900,900	74.27	64.83
	[19]	PSO	14, <b>24</b> ,30	770,1090,1070	72.79	65.50

Dans le tableau 3.13 on compare notre résultats avec les résultats d'études précédents: Nous notre étude donné des résultats satisfaisants en termes de choix du jeux de barres et minimisation des pertes actives, et c'est la preuve de l'efficacité de la méthode PSO pour un placement optimal des multi GEDs par rapport à des autres méthodes.

En plus il existe d'autres méthodes qui donnent des meilleurs résultats, surtout dans le cas de l'insertion multi GED par exemple les chercheurs [7] et [18] trouvent que les JDB meilleurs sont les JDB13, 24 et 30, parce que ils utilisent tous les combinaisons pour trouver les JDB meilleurs. Par contre dans notre simulation le JDB 24 n'est pas un JDB candidat.

### 3.4 Conclusion

D'après les résultats et les discussions, on peut conclure que :

- l'insertion de GED dans le réseau électrique diminue les pertes actives et améliore le profil de tension.
- l'insertion de multi GEDs donne un meilleur résultat par rapport à un seul GED.
- l'optimisation par l'essaim de particules minimise efficacement les pertes de puissance active totale en satisfaisant les limites et les contraintes pour trouver la taille optimale des multi GEDs.
- le JDB 6 meilleur emplacement dans le 1<sup>er</sup> cas et JDB 13 30 dans le 2eme cas et JDB 6 14 30 dans le 3eme cas pour la minimisation des pertes.
- le facteur de puissance de fonctionnement des GED pour minimiser les pertes égale à 0.8 ou 0.9 représentent l'injection d'énergie réactive dans ce réseau.





# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Dans cette mémoire nous avons présenté un algorithme de choix et calcul de l'emplacement et la taille des générateurs d'énergie dispersé. Cette algorithme est basé sur trois méthodes le 1<sup>er</sup> méthode est la meilleur méthode de calcul de l'écoulement de puissance des réseaux de distribution à la méthode BFS. La 2eme méthode est la méthode qui nous donne le choix des JDB candidat pour minimisé l'espace de recherche, dance si la méthode LSF.la 3eme méthode est la méthode PSO qui nous permis de trouver la taille optimale de GED.

Notre algorithme est programmé sous l'enivrement MATLAB et il est testé sur le réseau teste IEEE33 JDB les types de GED utilisé dans notre étude sont de type 1 et de type 3 avec FP 1, 0.9 et 0.8.

Notre résultats sont représentées pour 3 cas est l'insertion d'un seule GED dans le réseau teste et le 2eme cas est l'intégration de deux GEDs est on injecté 3 GEDs dans le 3<sup>eme</sup> cas. D'après les résultats travers, on peut conclure ce qui suit

- L'intégration de trois GED a prouvé son efficacité qu'une seule GED et deux GED pour la minimisation des pertes totales de puissance en assurant un profil de tension acceptable.
- la méthode PSO pour le déterminé la taille optimal des multi GEDs, donné à prouver efficacité.
- Un GED de FP=0.8 est le meilleur choix pour minimiser les pertes actives
- la méthode LSF donné des bonnes résultats pour le choix de l'emplacement optimale de GED dans le 1<sup>er</sup> cas la meilleur emplacement est celle de valeur maximale de LSF pour le 2<sup>eme</sup> cas l'emplacement optimale des GEDs sont dans la liste de JDB candidat.

Mais avec la comparaison de notre résultat de 3eme cas avec les résultats des autres chercheurs, on trouve que l'emplacement optimal n'est pas dans la liste des JDB candidat.

Finalement, on peut donner comme perspective notre travail :

- 1) élaborer une méthode efficace pour trouve multi GED l'emplacement optimal pour multi GED
- 2) Trouver le facteur de puissance optimal des GEDs pour minimise les pertes
- 3) Appliquer la méthode sur d'autre fonction objective sur un problème à multi objective



# **Bibliographique**

- [1] ABDELLAH BOUAKRA, « impacte et régulation de la tension à la suite d’insertion d’énergie renouvelable dans réseau de distribution électrique » Maitrise en Ingénierie Université du Québec en Abitibi-Témiscamngue Mai 2016
- [2] PAUL MAKANGA KOUMBA «étude d’intégration de source d’énergie renouvelable à un réseau électrique autonome» l’université du Québec à Trois-Rivières 11/2013
- [3] M. KETFI Nadhir, «Contribution à la gestion des réseaux de distribution en présence de génération d’énergie dispersée». Option : Réseaux Electriques. Université de Batna 2014.
- [4] TRAN KHANH VIET DUNG« interconnexion des sources d’énergie renouvelable au réseau de distribution électrique» thèse du doctorat en gène électrique l’université du Québec à Trois-Rivières aout 2009
- [5] manafi H Ghadimi N ojaroudi M farhadi P «optimal placement of distribution generation in radial distribution system using various PSO and DE algorithm electron ir elektrotehnika201319(10):53-7
- [6] Bahri Said «étude de l’écoulement de puissance optimal utilisant la méthode des essaim de particule» Master en électrotechnique Université Constantine1 2012/2013
- [7]Anand Kumar Pandya« Minimization of Power Losses With Different Types of DGs Using CSA»INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH No.4, December, 2020
- [8] Kola Sampangi Sambaiah «A Review on Optimal Allocation and Sizing Techniques for DG in Distribution Systems»School of Electrical Engineering, VIT University, Vellore, India
- [9]Ahmed HADJ SAID«Intégration du stockage dans les méthodes de planification des réseaux électriques basse tension» thèse Docteur de la Communauté Université Grenoble Alpes 31 janvier 2018,
- [10] NAIDJI Mourad « étude d’impact de l’intégration des sources PV dans les réseaux de distribution d’énergie » Magister en électrotechnique Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene 17/01/2015
- [11] Y. Cooren, “Perfectionnement d’un algorithme adaptatif d’optimisation par essaim particulaire - applications en génie médical et en électronique,” Thèse de Doctorat de l’Université Paris 12, Val de Marne, 2008.
- [12] shukla T,singh S«optimal sizing of distributed generation placed on radial distribution system. èlèctr power components syste2010:38(3):260-74
- [13] Maria Zemzami<sup>1</sup>, Norelislam Elhami<sup>2</sup>«Application d’un modèle parallèle de la méthode PSO au problème de transport d’électricité» LITIS, Université de Normandie

- [14] M.PADMA LALITHA<sup>1</sup>,V.C. VEERA REDDY<sup>2</sup>, V.USHA<sup>3</sup>«optimal DG placement for minimum real power loss in radial distribution systems using PSO» Electrical & Electronics Engineering Dept , S.V.U.C.E,S.V.University,Tirupathi, A.P
- [15] Tuba Gözel, M. Hakan Hocaoglu «An analytical method for the sizing and siting of distributed generators in radial systems» Department of Electronics Engineering, 41400 Gebze, Kocaeli, Turkey
- [16] E.S. Ali <sup>a</sup> , S.M. Abd Elazim<sup>\*</sup>, <sup>a</sup>, A.Y. Abdelaziz <sup>b</sup> «Ant Lion Optimization Algorithm for Renewable Distributed Generations» Electric Power and Machine Department, Faculty of Engineering, Zagazig University, Zagazig, Egypt
- [17] Naik S khatod D. Sharma M “ optimal allocation of combined DG and capacity for real power loss minimization in distribution networks” Int J electr power energy syst 2013:53:967-73
- [18] Duong Quoc Hung«Multiple Distributed Generator Placement in Primary Distribution Networks for Loss Reduction» IEEE Transactions on Industrial Electronics,Vol. 60, NO. 4, April 2013
- [19] S. Kansal and V.K., Barjeev Tyagi, "Optimal placement of different type of DG sources in distribution networks",Electrical Power and Energy Systems, 21 May 2013.



# **Les Annexe**

Donnes de réseau de 33 JDB dans le tableau A : La tension de base à 12.66 kV, la puissance de base est de 10000 Kva

**Tableau A** : Donnes de réseau de 33 JDB

Numéro de la branche	Nœuds de départ	Nœuds d'arrivée	R(pu)	X(pu)	P(pu)	Q(pu)
1	1	2	0,00575	0,00293	0,01	0,006
2	2	3	0,03076	0,01567	0,009	0,004
3	3	4	0,02284	0,01163	0,012	0,008
4	4	5	0,02378	0,01211	0,006	0,003
5	5	6	0,0511	0,04411	0,006	0,002
6	6	7	0,01168	0,03861	0,02	0,01
7	7	8	0,04439	0,01467	0,02	0,01
8	8	9	0,06426	0,04617	0,006	0,002
9	9	10	0,06514	0,04617	0,006	0,002
10	10	11	0,01227	0,00406	0,0045	0,003
11	11	12	0,02336	0,00772	0,006	0,0035
12	12	13	0,09159	0,07206	0,006	0,0035
13	13	14	0,03379	0,04448	0,012	0,008
14	14	15	0,03687	0,03282	0,006	0,001
15	15	16	0,04656	0,034	0,006	0,002
16	16	17	0,08042	0,10738	0,006	0,002
17	17	18	0,04567	0,03581	0,009	0,004
18	2	19	0,01023	0,00976	0,009	0,004
19	19	20	0,09385	0,08457	0,009	0,004
20	20	21	0,02555	0,02985	0,009	0,004
21	21	22	0,04423	0,05848	0,009	0,004
22	3	23	0,02815	0,01924	0,009	0,005
23	23	24	0,05603	0,04424	0,042	0,02
24	24	25	0,0559	0,04374	0,042	0,02
25	6	26	0,01267	0,00645	0,006	0,0025
26	26	27	0,01773	0,00903	0,006	0,0025
27	27	28	0,06607	0,05826	0,006	0,002
28	28	29	0,05018	0,04371	0,012	0,007
29	29	30	0,03166	0,01613	0,02	0,06
30	30	31	0,0608	0,06008	0,015	0,007
31	31	32	0,01937	0,02258	0,021	0,01
32	32	33	0,02128	0,03308	0,006	0,004

**Tableau B** : les JDB candidate et les nombre de possibilités

JDB candidate	NP 1 <sup>er</sup> Cas	NP2 <sup>eme</sup> Cas	NP3 <sup>eme</sup> Cas
6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16	21 possibilités	399 possibilités	1139 possibilités
17,18,26,27,28,29,30,31,32,33			

**Résumé :**

La production distribuée offre une source d'électricité fiable et économique aux consommateurs. Ceux-ci sont connectés directement au réseau de distribution aux points de charge des consommateurs. L'intégration d'unités GED dans le réseau a une importance considérable en raison de ses innombrables avantages. L'objectif principal de l'allocation et du taille optimal GED est d'améliorer l'efficacité globale du réseau avec une perte de puissance minimale, une sécurité maximale de ce réseau et une stabilité de tension.

Le but de cette mémoire est de déterminer le meilleur emplacement et la meilleure taille des GEDs pour minimiser les pertes active dans réseau de distribution, pour trouver l'emplacement et la taille optimale des GEDs on utilisé un programme sous « MATLAB » basé sur trois méthodes :

La méthode BFS pour calculé de la fonction objective des pertes avec contraintes .La méthode LSF pour déterminer les JDB candidat et la méthode PSO pour minimiser la fonction objective.

Mots clés :BFS écoulement de puissance, multi GEDs, PSO, optimisation, LSF

**Abstract :**

Distributed generation provides consumers with a reliable and economical source of electricity. These are connected directly to the distribution network at consumer charging points. The integration of GED units in the network is of considerable importance due to its innumerable advantages. The main objective of optimal GED allocation and sizing is to improve overall network efficiency with minimum power loss, maximum network security and voltage stability.

The purpose of this memory is to determine the best location and the best size of the GEDs to minimize the active losses in the distribution network. To find the location and the optimal size of multi GEDs, we used a program under "MATLAB" based on three methods: The BFS method for calculating the objective functions of power losses with constraints, the LSF method for determining the candidate bus, and the PSO method for minimizing the objective function.

Keywords: BFS power flow , multi GEDs, PSO, optimization, LSF

**ملخص :**

يوفر التوليد الموزع للمستهلكين مصدرًا موثوقًا واقتصاديًا للكهرباء. هذه متصلة مباشرة بشبكة التوزيع عند نقاط شحن المستهلك. يعد دمج وحدات GED في الشبكة ذا أهمية كبيرة نظرًا لمزاياها التي لا حصر لها. الهدف الرئيسي من تخصيص GED الأمثل وحجمه هو تحسين الكفاءة الكلية للشبكة مع الحد الأدنى من فقدان الطاقة ، والحد الأقصى من أمان الشبكة واستقرار الجهد.

الغرض من هذه المذكرة هو تحديد أفضل موقع وأفضل حجم لـ GEDs لتقليل الخسائر النشطة في شبكة التوزيع ، للعثور على الموقع والحجم الأمثل لـ GEDs ، استخدمنا برنامج "MATLAB" يعتمد على ثلاثة طرق :طريقة BFS لحساب وظيفة الهدف الموضوعية للخسائر مع القيود، طريقة LSF لتحديد المرشحة وطريقة PSO لتقليل خسائر الطاقة.

الكلمات المفتاحية: تدفق الطاقة BFS، GEDs المتعددة ، PSO ، التحسين ، LSF.