

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 :

Debbakh Saad

Elbar Yakoub

Thème:

Minimisation des pertes d'un réseau électrique de distribution en présence d'un générateur d'énergie dispersé par une méthode hybride PSO-Firefly

Soumis au jury composé de :

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

Année universitaire 2020/2021

Remerciements

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Au nom d'Allah le Clément, le Miséricordieux.

Tout d'abord, Nous remercions ALLAH, le Tout puissant, pour toutes ses bénédictions

On trouve dans la tradition prophétique le hadith

« Celui qui ne remercie pas les gens n'a pas remercié Allah »

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à mon encadreur
monsieur Guehrrar Youcef, maitre assistant à l'université de Kasdi Merbah
Ouargla, d'avoir proposé le sujet de ce mémoire et de me faire profiter de
ses conseils et de sa grande

compétence dans le domaine du réseau électrique.

J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur Louazen , Chef de département de
génie électrique de l'université Kasdi Merbah Ouargla,

Mes remerciements vont au corps enseignants et administratifs de la Faculté des sciences
appliquées, en particulier ceux du département de Génie électrique, pour la richesse et la
qualité de leur enseignement et les efforts déployés pour assurer à leurs étudiants une
formation actualisée.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous
ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A ma mère, source d'affection, de courage et d'inspiration qui a

Autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour .

A la mémoire de mon très cher père, source de respect, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qui m'a toujours apporté

A mes frères et sœurs Farid , Rida , samir , Abd Arahman, Tahar ,

Noura , Fatima , Nadia , Sabrina

A tous mes oncles ainsi qu'à leurs familles.

A toutes mes tantes et leurs familles.

A tous mes ami(e)s du département,

A toute la famille,

A tous mes amis,

Une spéciale dédicace à mon collègue Yakoub Elbar

Enfin, je dédie ce travail à tous mes collègues et amis de la

promotion Réseaux électriques 2020/2021

Saad Debbakh

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes parents en signe de reconnaissances pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me voir réussir, et voilà, l'occasion s'est présentée

A mes frères Mohammed boudiaf , Abd mouaiz

et mes sœurs Kenza , Safa et Maroua et à toute la famille

A tous mes amis sans exception

A toutes les personnes importantes dans ma vie

Une spéciale dédicace à mon collègue Saad Debbakh

je dédie ce travail à tous mes collègues et amis de la
promotion Réseaux électriques 2020/2021.

Yakoub Elbar

Liste des abréviations et symboles

BT : Basse Tension.

B : Courants des Branches.

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

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

BIBC : Bus Injection Branch Current (Branche d'injection de bus).

FP : Facteur de Puissance.

JDB : Jeu De Barres.

HTA : Haute de Tension classe A.

HTB : Haute de Tension class B.

GED : Générateur d'Energie Décentralisé.

k : Nombre d'itérations.

MT : Moyenne Tension.

P : Puissance Active.

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

FA : Firefly Algorithme.

Q : Puissance Réactive.

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

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

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

LSF : Loss Sensitivity Factors.

PV : Photovoltaïque.

Pam : Pertes Actives Minimales .

Pbesti: Meilleure position de la particule i .

Gbest : Meilleure position de l'ensemble des particules de l'essaim .

Iv: Intensité lumineuse.

r: Distance entre deux particules .

Xi: Réactance de la ligne de transmission i .

xi : position de la particule i .

vi : position de la particule i .

ω : Masse d'inertie.

C1, C2 : Coefficients d'accélération.

Vi: Tension au nœud i.

Table des figures

Chapitre I :

Figure (I.1): Réseau d'étude utilisé pour la mise en évidence des impacts de l'insertion de GED .	7
Figure (I.2) : Transit des puissances dans le réseau test sans GED .	8
Figure (I.3) : Transit de puissance dans le réseau test avec une GED connecté au nœud 5 .	8
Figure (I.4) : Exemple d'un export de puissance vers le réseau de transport .	9
Figure (I.5) : Impact de DEG sur la sélectivité du défaut .	11
Figure(I.6) : Aveuglement de la protection du départ en défaut .	11

Chapitre II :

Figure (II.1) : Réseau de distribution radiale .	14
Figure (II.2): Déplacement d'une particule .	17
Figure (II.3): Organigramme de l'algorithme d'optimisation d'essaim de particules standard .	18
Figure (II.4) : Organigramme de l'algorithme Firefly	20
Figure (II.5): Organigramme de l'algorithme HFPSO proposé	22
Figure (II.6): Une ligne de distribution avec une impédance et une charge .	23
Figure (II.7) : Organigramme de l'algorithme de calcul optimal .	27

Chapitre III :

Figure (III.1) : Schéma unifilaire de réseau de 33 jeux de barres .	30
Figure (III.2) : Profil de tension en (pu) sans GED	30
Figure (III.3) : Profil LSF pour tous les jeux de barres pour réseau 33 JDB avec un GED	32
Figure (III.4) : Convergence de la fonction objective « <i>lespertesactives</i> » pour réseau 33 JDB, ,JDB candidat 06 (FP=1).	33
Figure (III.5) : Profil de tension en (pu) sans et avec GED au JDB candidat 06 ,facteur de puissance = 1 , réseau 33 JDB .	34
Figure (III.6) : Convergence de la fonction objective « <i>lespertesactives</i> » pour réseau 33 JDB, ,JDB candidat 06 (FP=0.9).	35
Figure (III.7) : Profil de tension en (pu) sans et avec GED au JDB candidat 06	35

,facteur de puissance = 0.9 , réseau 33 JDB .	
Figure (III.8) : Convergence de la fonction objective « <i>lespertesactives</i> » pour réseau 33 JDB, ,JDB candidat 06 (FP=0.8).	36
Figure (III.9) : Profil de tension en (pu) sans et avec GED au JDB candidat 06 ,facteur de puissance = 0.8 , réseau 33 JDB .	37
Figure (III.10) : Profil de tension en (pu) sans et avec GED	38

Liste des tableaux

Chapitre III :

Tableau (III.1) : Caractéristiques du réseau de distribution pour le réseau de 33 JDB	29
Tableau (III.2) : L'amplitude de la tension aux jeu de barres du réseau distribution de 33 JDB sans insertion de GED	31
Tableau (III.3) : Valeurs des paramètres du HFPSO de notre problème.	33
Tableau (III.4) : Résultat global pour réseau 33 JDB	37

Table des matières

Liste des abréviations et symboles

Table des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I :Intégration de GED dans les réseaux de distribution	
I.1.Introduction.....	2
I.2. Réseaux de distribution.....	3
I.2.1.Réseaux de distribution à moyenne tension.....	3
I.2.2.Réseaux de distribution à basse tension.....	3
I.3.Différents modèles de GED dans le réseau électrique.....	3
I.3.1. GED de type 1 capable d'injecter de la puissance active (P) uniquement.....	3
I.3.2. GED de type 2 capable d'injecter à la fois de la puissance active (P) et de la puissance réactive (Q).....	4
I.3.3. GED de type 3 capable d'injecter de la puissance réactive (Q) uniquement.....	4
I.3.4. GED de type 4 capable d'injecter de la puissance active (P), mais consommer de la puissance réactive (Q).....	4
I.4.Avantages des GED.....	4
I.5. Difficultés des GED.....	5
I.6. Impact de la production décentralisée sur le réseau de distribution.....	6
I.6.1.Impact sur le plan de tension.....	6
I.6.2. Impacts sur le sens de transit de puissance.....	7
I.6.3.Impacts sur la stabilité du système.....	9
I.6.4. Impacts sur la qualité de service.....	9
I.6.5. Impacts sur l'observabilité et de contrôlabilité du système.....	9
I.6.6. Impacts sur la continuité de service.....	10
I.6.7. Impact sur le plan de la protection.....	10
I.6.7.1.Impact sur les courants de court-circuit.....	10
I.6.7.2. Influence sur la sélectivité des protections.....	10
I.6.7.3. Aveuglement de la protection du départ en défaut.....	11
I.7. Conclusion.....	11
Chapitre II : Elaboration d'un algorithme de calcul optimal par PSO-Firefly	
II.1. introduction.....	13
II.2. Ecoulement de puissance du réseau de distribution.....	13

II.2.1.Méthode BFS (BALAYAGE ARRIÈRE / AVANT)	13
II.2.2.Algorithme de BIBC.....	14
Formulation de la matrice BIBC	15
II.2.3. Algorithme de BFS	15
II.3. Optimisation par la méthode Hybrid Firefly-Particle Swarm.....	16
II.3.1. Méthode de L'optimisation par essaim de particules (PSO)	16
II.3.2. Algorithme d'optimisation Firefly	18
II.3.3. Méthode de L'optimisation (HFPSO)	21
II.4.Elaboration de l'algorithme de calcul	23
II.4.1. Facteurs de sensibilité aux pertes (Loss Sensitivity Factors) (LSF).....	23
II.4.2. La fonction objective (Algorithm de Backward/Forward Sweep modifier).....	24
II.5. Organigramme de calcul global.....	26
II.6.Conclusion.....	27
Chapitre III: Résultats Et Discussions	
III.1. Introduction	29
III.2. Résultats et interprétations	29
III.2.1. Jeu de barres candidat	30
III.2.2. Paramètres du HFPSO.....	33
III.3. Réseau test 33 JDB.....	33
III.3.1. FP = 1	33
III.3.2. Amélioration du profil de tension	34
III.3.3. FP = 0.9	34
III.3.4. Amélioration du profil de tension	35
III.3.5. FP = 0.8	36
III.3.6. Amélioration du profil de tension	37
III.4. Comparaison entre les résultats.....	37
III.5. Conclusion.....	38
Conclusion générale.....	40
Références bibliographiques	41

Introduction générale

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs. Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production, transport et consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble [1].

Les réseaux de distribution sont la dernière phase dans la procédure d'acheminement de l'énergie électrique à partir des centrales de production aux consommateurs. Ils constituent conventionnellement des circuits électriques passifs dans lesquels les flux de puissance active et réactive s'écoulent des hautes vers les basses tensions. Ces flux ainsi que les tensions sont déterminés par les charges.

L'objectif de ce mémoire consiste à trouver le meilleur emplacement de GED avec une taille optimale dans un réseau de distribution dans le but de réduire les pertes actives dans ces réseaux.

Ce mémoire est constitué de trois chapitres. Dans le premier chapitre, on présentera une description et un état de l'art sur la production décentralisée. On décrira par la suite les différents modèles de GED insérés dans le réseau électrique. Le deuxième chapitre exposera le problème d'optimisation basé sur la méthode PSO-Firefly. Dans le chapitre trois, l'algorithme présenté au chapitre deux sera appliqué sur un réseau de distribution test IEEE 33 JDB. Enfin, une conclusion générale de ce mémoire dans laquelle nous ferons une synthèse récapitulative du travail réalisé.

Chapitre I :Intégration de GED dans les réseaux de distribution

I.1.Introduction

Les réseaux électriques sont considérés comme des infrastructures hautement critiques pour notre société. Ces réseaux sont conçus traditionnellement d'une manière verticale où les transferts de l'énergie suivent le schéma dit « du haut en bas » : Production -Transport- Distribution. [2]

Les réseaux électriques sont traditionnellement exploités d'une manière centralisée. Ainsi, la plus grande partie de la production électrique est centrée autour de centrales à grande capacité de production (type centrales hydrauliques, thermiques, nucléaires). Cette production est souvent liée à des emplacements géographiques adéquats (sources d'eau, impératifs techniques, ...). L'énergie est ensuite acheminée vers les grands centres de consommation à travers un réseau de lignes aériennes et de câbles, souvent à de grandes distances et à des niveaux de tension plus au moins importants. Cette structure a été construite sur des bases économiques, de sécurité du système et de qualité de fourniture de l'énergie.

Les réseaux de distribution sont des réseaux de topologie radiale ramifiée et ont plusieurs jeux de barres (JDB) de charges. Le problème qui se pose est comment choisir le meilleur emplacement de GED avec une taille optimale dans un réseau de distribution pour réduire les pertes dans ces réseaux.

Les principaux problèmes liés au raccordement de Génération d'Énergie Décentralisée (nommée GED) sur le réseau de distribution sont liés aux problèmes de capacité technique d'accueil d'une part et aux problèmes réglementaires qui obligent le distributeur à accepter leur raccordement d'un producteur sur le réseau de distribution d'autre part. En effet, le réseau de distribution n'a pas été conçu, à la base, pour accepter de la production. Cette problématique peut remettre largement en cause la façon de planifier et d'exploiter les réseaux de distribution.

Dans ce chapitre, nous présenterons les caractéristiques de réseaux de distribution. Nous décrirons par la suite les différents types de GED et l'impact de ce dernier sur le fonctionnement du réseau

I.2. Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 60 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique.

I.2.1. Réseaux de distribution à moyenne tension

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

I.2.2. Réseaux de distribution à basse tension

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

I.3. Différents modèles de GED dans le réseau électrique

Les modèles de GED sont classés en fonction de leur capacité d'injection de puissance active et / ou réactive dans le réseau. En conséquence, les modèles GED sont regroupés de la manière suivante :

I.3.1. GED de type 1 capable d'injecter de la puissance active (P) uniquement

Le GED capable d'injecter de la puissance active (P) uniquement comme le photovoltaïque (PV), les micro turbines, les piles à combustible intégrées au réseau à l'aide d'onduleurs [7,8], est modélisé comme une charge négative.

I.3.2. GED de type 2 capable d'injecter à la fois de la puissance active (P) et de la puissance réactive (Q)

Le GED capable d'injecter à la fois de la puissance active (P) et de la puissance réactive (Q) sont les unités de GED qui sont basées sur la machine synchrone comme les petites hydroélectriques, géothermiques et les cycles combinés. Le GED avec les générateurs synchrones peut être modélisé soit avec contrôle de la tension (tension à ces bornes constant) ou avec contrôle du facteur de puissance (facteur de puissance constante). Les GED avec le mode de contrôle de tension sont considérés comme des nœuds PV et les GED avec le contrôle du facteur de puissance sont considérés comme des nœuds PQ [4].

I.3.3. GED de type 3 capable d'injecter de la puissance réactive (Q) uniquement

Les unités GED équipées de compensateur synchrone sont considérées comme catégorie de type 3.

I.3.4. GED de type 4 capable d'injecter de la puissance active (P), mais consommer de la puissance réactive (Q)

Le générateur à induction à cage d'écureuil à vitesse fixe utilisé pour le système de production d'éoliennes entre dans cette catégorie. En mode super-synchrone. Il est capable d'injecter de la puissance active dans le réseau alors qu'il exige une puissance réactive du réseau [5].

I.4. Avantages des GED

Les avantages de la production décentralisée sont énumérés ci-dessous : [6,7]

- Si les GED sont installés correctement et avec la bonne taille, ils amélioreront le profil de tension du système d'alimentation électrique et ils réduiront considérablement les pertes du système.
- En générant de l'énergie à proximité des centres de charge, ils éliminent le besoin de transmettre la puissance en vrac, ce qui réduit la pression sur les systèmes de transmission ;
- Une grande partie de l'énergie électrique fournie par les GED est fondée sur des sources d'énergie renouvelable qui sont très respectueuses de l'environnement et ne produisent pas d'émissions de gaz à effet de serre ;

- Le GED est un très bon choix pour l'électrification rurale où les coûts de transmission et de distribution sont trop élevés ;
- Les unités GED modulaires peuvent être installées facilement et rapidement par les services publics et les clients ;
- Si les GED sont attribués correctement, ils peuvent améliorer la fiabilité du système et la qualité de l'alimentation ;
- Les technologies GED continuent à progresser, leur coût diminue et leur efficacité augmente, il est donc envisagé qu'elles deviennent des choix plus attractifs pour la production d'électricité dans le futur ;
- Les GED accroissent la diversité des sources d'énergie et, par conséquent, sur les marchés de l'énergie libéralisés, ils accroissent la concurrence entre les acteurs du marché, améliorant ainsi la qualité et diminuant le coût de l'énergie pour les utilisateurs finaux ;
- Puisque les GED sont modulaires, leur risque d'investissement est faible et leur délai d'exécution est court ;
- Les unités GED modulaires à petite échelle peuvent suivre de près les variations de charge. Comme les unités GED sont petites et n'ont pas besoin de beaucoup d'espace, contrairement aux centrales électriques centralisées, elles peuvent être facilement installées dans les centres de distribution ;
- Les GED sont efficaces dans le rasage de pointe et contribuent ainsi à la réduction des coûts d'exploitation du système ;
- Grâce à l'amélioration de l'environnement, les GED réduisent les coûts des soins de santé.

I.5. Difficultés des GED

Malgré leurs avantages très précieux, les GED peuvent entraîner certains défis énumérés ci-dessous. [7-9] :

- Les systèmes de distribution ont été conçus et construits à l'origine pour gérer les flux de puissance unidirectionnels allant des utilitaires aux utilisateurs finaux, tandis que l'ajout d'unité GED peut conduire à une alimentation bidirectionnelle du flux de puissance. Cette

caractéristique affecte et perturbe particulièrement les performances des relais de protection.

- Dans les systèmes de distribution intégrés GED, l'îlotage peut se produire. L'îlotage peut mettre en danger l'équipage et le public et provoquer des surtensions.
- Le processus de contrôle des GED appartenant à des clients semble difficile.
- Dans les GED fondées sur l'énergie renouvelable telle que le PV et le vent, la puissance de sortie sont fonctions de l'irradiation solaire / de la vitesse du vent, leur puissance de sortie est donc intermittente et elles ne sont pas dispatchables.

I.6. Impact de la production décentralisée sur le réseau de distribution

La tendance vers la dérégulation devient de plus en plus répandue dans le monde, d'ailleurs, la préoccupation accordée à l'aspect environnemental et au développement durable a encouragé les producteurs à développer la production décentralisée d'électricité sur la base des énergies nouvelles et renouvelables.

Ces évolutions sont les deux facteurs essentiels qui favorisent l'introduction des nombreux producteurs de taille petite ou moyenne aux réseaux électriques de niveau de tension inférieure (HTA et BT). [10]

Ce nouveau phénomène peut être positif et négatif à la fois. D'une part, l'insertion des unités de la génération d'énergie dispersée (GED) est présentée comme un facteur de renforcement des moyens de production du système. D'autre part, elles apportent également des impacts négatifs à échelle du système en le fragilisant notamment dans les situations critiques.

Les gestionnaires du réseau se préoccupent de ce type d'étude lors de la phase de planification ou de l'approbation d'un projet de raccordement des GED. Les principaux impacts à rappeler sont les suivants [10] :

I.6.1. Impact sur le plan de tension

Le réseau de distribution fonctionne sous une tension de (30kV et 10 kV). L'utilisation de conducteurs pour transporter l'énergie aux consommateurs est responsable d'une chute de tension ,c'est-à-dire que la tension relevée aux nœuds consommateurs est plus faible que la tension relevée au niveau du poste source. Une tension trop faible

provoque le dysfonctionnement du matériel chez le consommateur et une tension trop forte peut endommager les équipements du réseau et ceux du consommateur. Ainsi un compromis technico-économique exige que la tension sur le réseau de distribution doive rester dans les limites de $\pm 5\%$ de la tension nominale.

La chute de tension dépend directement des puissances actives et réactives injectées mais également du type et de la longueur des conducteurs utilisés. Ainsi la connexion de GED sur le réseau peut faire varier le plan de tension, La tension peut alors dépasser les limites admissibles même avec le fonctionnement des régleurs en charge [2].

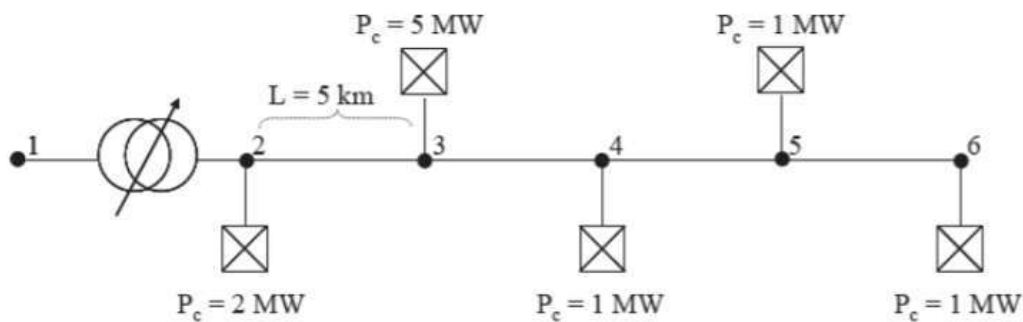


Figure (I.1):Réseau d'étude utilisé pour la mise en évidence des impacts de l'insertion de GED

I.6.2. Impacts sur le sens de transit de puissance

La connexion de GED sur le réseau de distribution modifie le transit de puissance dans le réseau.

Nous reprenons l'exemple de la Figure (I-1). La Figure (I-2) montre les transits de puissance obtenus sur ce réseau test sans GED. Les flux de puissance sont unidirectionnels et proviennent du réseau amont, le réseau de transport. Le transformateur HTB/HTA symbolise la frontière entre le réseau de distribution et le réseau de transport.

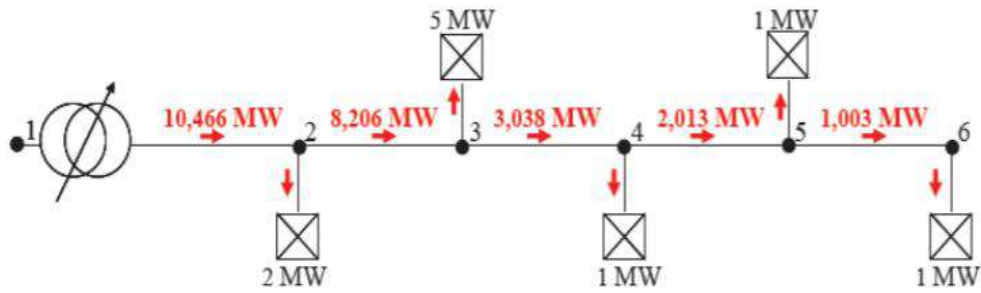


Figure (I.2) : Transit des puissances dans le réseau test sans GED

On connecte un GED au nœud 5 de puissance 5 MW comme indiquée sur la Figure (I.3).

On suppose que ce GED fonctionne à sa puissance maximale. Non seulement il alimente la charge connectée au même nœud mais, en plus, il va exporter de la puissance vers les autres charges. Les flux de puissance deviennent alors bidirectionnels. La puissance provenant du réseau de répartition est alors de 5,123 MW. Par ailleurs, dans le cas précédent où la puissance provenait intégralement du réseau amont, les pertes sur le réseau de distribution étaient de 465,6 kW. Dans le cas d'un GED connecté au nœud 5, les pertes sont réduites à 122,5 kW. L'introduction de ce GED a donc diminué les pertes sur le réseau d'un facteur 3,8. Les pertes Actives peuvent s'exprimer par la formule suivante :

$Pertes = \frac{R}{v^2} \times (P^2 + Q^2)$ (I.1) Ainsi grâce à la production locale de ce GED, les transits de puissance active ont diminué et par conséquent les pertes également.

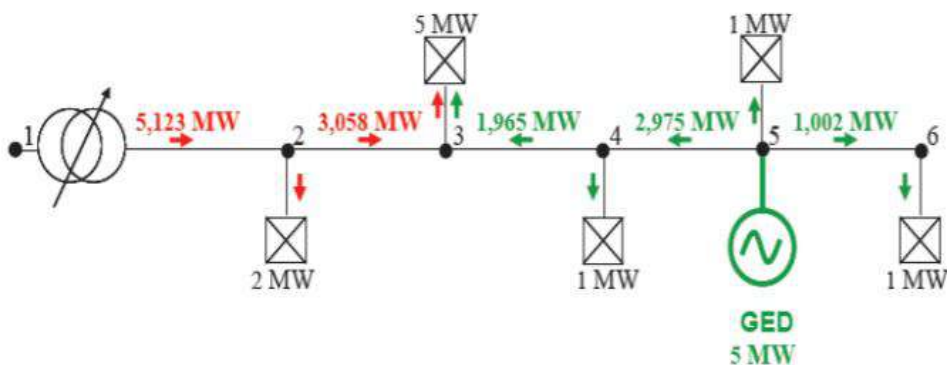


Figure (I.3) : Transit de puissance dans le réseau test avec un GED connecté au nœud 5

Selon le nombre et la taille des GED connectés au réseau, on peut se trouver dans une situation d'export d'énergie vers le réseau de transport. La Figure (I-4) illustre un exemple de cas d'export de puissance si on connecte, par exemple, 1 GED au nœud 3 de 5 MW et 1 GED au nœud 5 de 6 MW.

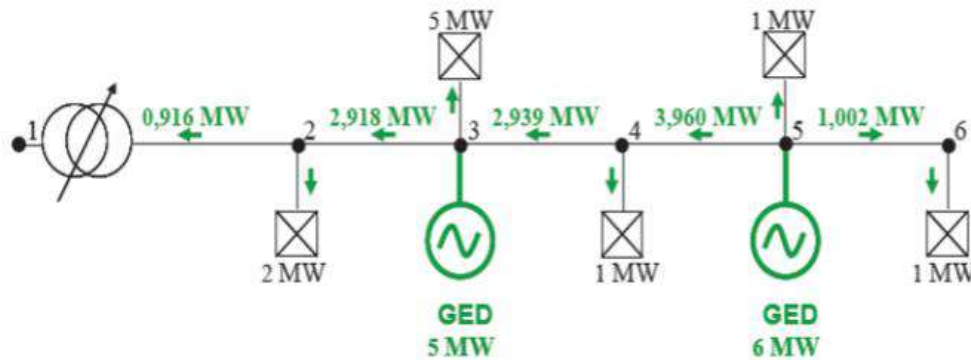


Figure (I.4) : Exemple d'un export de puissance vers le réseau de transport

I.6.3. Impacts sur la stabilité du système

Les générateurs de production décentralisés peuvent être de type synchrone ou asynchrone. L'insertion de générateurs synchrones dans le réseau va changer le temps critique d'élimination de défaut (correspondant à la durée maximale d'une perturbation à laquelle le système peut résister sans perte de stabilité). Ceci influencera directement la limite de la stabilité dynamique du système en considération [10].

I.6.4. Impacts sur la qualité de service

L'effet de l'intégration de GED sur la qualité de l'énergie concerne trois aspects majeurs :

- ❖ Les creux et l'élévation de la tension.
- ❖ Flicker.
- ❖ harmoniques.

I.6.5. Impacts sur l'observabilité et de contrôlabilité du système

Les GED, notamment celles à type énergie nouvelle et renouvelable, sont caractérisés par l'intermittence des sources primaires. Cela sera difficile pour l'opérateur

d'estimer la puissance de sortie de ces producteurs, donc la puissance fournie du système, par conséquent.

I.6.6. Impacts sur la continuité de service

Pour la même raison concernant la caractéristique d'intermittence, l'indisponibilité des GED lors que le système les sollicite peut occasionner la rupture d'électricité par manque de puissance [10].

I.6.7. Impact sur le plan de la protection

La modification des courants de court-circuit due à l'insertion de GED peut conduire à une modification du réglage des protections voire même à leur changement. Deux principaux problèmes apparaissent suite à une insertion de GED : le problème d'aveuglement de protections et celui déclenchement intempestif des protections[11].

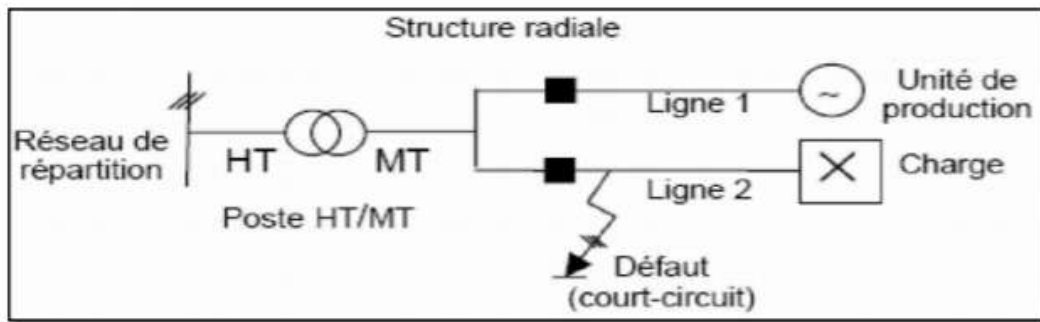
I.6.7.1. Impact sur les courants de court-circuit

L'introduction de GED dans le réseau de distribution modifie l'impédance globale du réseau et donc les courants de court-circuit et la puissance de court-circuit. Ainsi, il est possible que le courant de court-circuit soit modifié [12] et puisse provoquer le dysfonctionnement du matériel de protection. Par ailleurs, lors d'un défaut, les producteurs alimentent le courant de défaut. Celui-ci peut alors dépasser la limite admissible des éléments du réseau (conducteurs entre autres).

I.6.7.2. Influence sur la sélectivité des protections

La sélectivité des protections peut être affectée par l'introduction d'unités de production décentralisées dans le réseau de distribution dont la structure est de type radial. Pour illustrer cette influence, considérons le schéma de la figure (I.5) ci-après d'alimentation par une sous-station du réseau d'une charge par la liaison 2, et la connexion à la sous-station par la liaison 1 d'une unité de production décentralisée. Ces deux liaisons sont chacune protégées par un disjoncteur contre les surintensités comme c'est l'usage [11].

Dans cet exemple, la protection de la ligne 1 déconnecte inutilement l'unité de production lors d'un défaut sur la ligne 2, car le courant du générateur lors de ce défaut est supérieur au seuil de protection en cas de défaut sur la ligne 2. Les seuils de protection doivent donc être revus pour que seule la ligne en défaut soit déconnectée [11].

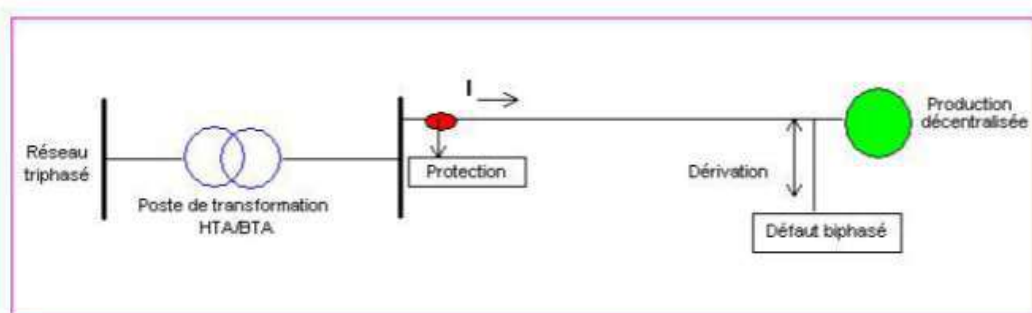


Figure(I.5) : Impact de DEG sur la sélectivité du défaut

Pour toute implantation d'une unité de production décentralisée dans le réseau de distribution, il faut impérativement vérifier la sélectivité des protections et le cas échéant les ajuster.

I.6.7.3. Aveuglement de la protection du départ en défaut

Lorsque la production décentralisée est loin du poste source HT/MT et qu'un défaut apparaît sur une dérivation proche de la centrale, il peut arriver que l'impédance de la ligne entre le poste source et le défaut devienne très importante devant l'impédance entre la centrale et le défaut ; on observe alors une diminution du courant de défaut injecté au niveau du poste source par rapport au cas où la centrale n'est pas en fonctionnement, Figure (I.6). Il peut donc arriver que la protection au niveau du poste source ne détecte plus dans un premier temps le défaut.



Figure(I.6) : Aveuglement de la protection du départ en défaut

I.7. Conclusion

L'intégration de production décentralisée dans le réseau de distribution provoque de nombreuses modifications du comportement du réseau. Tout d'abord, les transits de puissance, le plan de tension et les courants de court-circuit sont modifiés. Ces

modifications peuvent être bénéfiques pour le réseau mais également préjudiciables (augmentation des tensions et des courants de court-circuit).

Dans le chapitre suivant, nous allons définir et expliquer la méthode d'optimisation hybride PSO-Firefly et élaborer une méthodologie de calcul pour minimiser les pertes actives d'un réseau de distribution.

Chapitre II : Elaboration d'un algorithme de calcul optimal par PSO-Firefly

II.1. introduction

L'optimisation est une branche des mathématiques qui cherche à analyser et à résoudre analytiquement ou numériquement les problèmes qui consistent à déterminer le meilleur élément d'un ensemble, au sens d'un critère quantitatif donné.

Dans ce chapitre, ensuite nous présentons d'abord les étapes de la méthode de BFS, ensuite nous expliquons en détail le principe d'optimisation de l'essaim de particules (PSO), de l'algorithme de Firefly (FA) ainsi que la méthode hybride HFPSO. Un algorithme de calcul est abordé à la fin du chapitre.

II.2. Ecoulement de puissance du réseau de distribution

L'identification de la topologie du réseau par la détermination des vecteurs des types des jeux de barres et des lignes est exploitée dans la solution de l'écoulement de puissance pour calculer :

- Le courant dans chaque branche ;
- La puissance transitée dans chaque branche ;
- Les pertes totales de puissance active et réactive dans le réseau ;
- La tension de chaque jeu de barres.

II.2.1.Méthode BFS (BALAYAGE ARRIÈRE / AVANT)

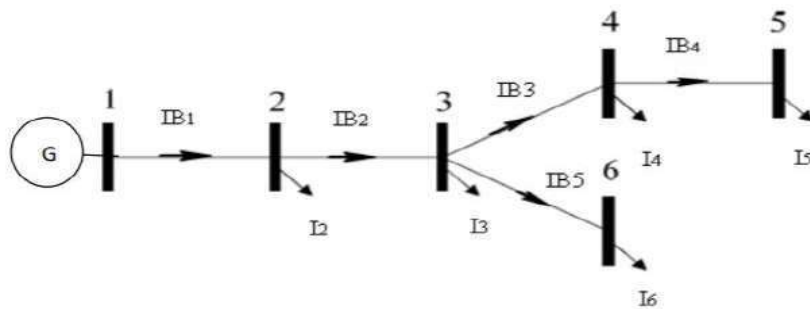
Le calcul d'écoulement de puissance peut être effectué à l'aide d'une méthode spécifique, connue sous le nom de balayage arrière / avant. Cette méthode se compose de deux étapes

- Balayage vers l'arrière, où, à partir des nœuds d'extrémité et en allant vers le nœud source, et en utilisant la loi de Kirchhoff, le courant à chaque nœud de charge, ainsi que le courant circulant à travers sa branche entrante, sont calculés.
- Balayage avant, où, en partant dans le sens inverse, du nœud source (dont la tension constante est prise comme référence) et allant vers les nœuds d'extrémité, en utilisant la loi d'Ohm, la chute de tension sur chaque branche, ainsi que la tension à chaque nœud de charge, sont calculés [13].

II.2.2.Algorithme de BIBC

Le réseau de distribution radiale illustré à la Figure (2.1) peut être utilisé comme exemple. Les puissances injectées peuvent être converties en courants équivalents injectés I_i

Les courants des branches peuvent être obtenus en appliquant les lois de Kirchhoff au réseau de distribution. Les courants des branches peuvent être exprimés en fonction des courants de charges



Figure(II.1) :Réseau de distribution radial

$$IB_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$IB_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$IB_3 = I_4 + I_5$$

$$IB_4 = I_5$$

$$IB_5 = I_6$$

Par conséquent, le rapport entre les courants injectés aux nœuds et les courants de branche peuvent être exprimé comme suit :

$$\begin{bmatrix} IB_1 \\ IB_2 \\ IB_3 \\ IB_4 \\ IB_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix}$$

Formulation de la matrice BIBC

Étape (1) : Créer une matrice nulle de dimension $m * (n-1)$

Où,

m : nombre de branches.

n : nombre de Jdb.

Étape (2) : Si une section de ligne (B_k) est située entre le bus i et le bus j , copier le colonne du $i^{\text{ème}}$ bus de la matrice BIBC à la colonne du $j^{\text{ème}}$ bus et remplir un +1 dans la position de la $k^{\text{ème}}$ ligne et de la $j^{\text{ème}}$ colonne de bus.

Étape (3) : Répéter l'étape (2) jusqu'à ce que toutes les sections de ligne soient incluses dans la matrice BIBC.

II.2.3. 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_0 $i=1, 2, \dots, n$ $[V] = [V_0]$

Etape 5 : sauvegardé le vecteur et $[Va] = [V]$

Etape 6 : Calculer les courants injectés $[I]$ par la relation $I_i = (S_i/V_i) *$

Etape 7 : Calculer les courants traversant les branches $[Ib]$ par $[Ib] = [bIBC] [I]$

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

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.

II.3. Optimisation par la méthode Hybrid Firefly-Particle Swarm

Avant de parler sur la méthode Hybride PSO-Firefly, il faut d'abord parler sur les deux méthodes séparément.

II.3.1. Méthode de L'optimisation par essaim de particules (PSO)

Dans cet algorithme, les solutions candidates d'une population, appelés particules, coexistent et évoluent simultanément en se basant sur le partage des connaissances avec les particules voisines. Alors qu'il volait à travers l'espace de recherche, chaque particule génère une solution utilisant son vecteur vitesse. Chaque particule modifie sa vitesse pour trouver une meilleure solution (position) en appliquant sa propre expérience de vol (c-à-d. mémoire ayant la meilleure position trouvée dans les vols précédents) et l'expérience de particules voisines (c-à-d meilleure solution trouvée de la population).

Le déplacement d'une particule est influencé par trois composantes [14] :

- **une composante d'inertie** : la particule tend à suivre sa direction courante de déplacement.
- **une composante cognitive** : la particule tend à se fier à sa propre expérience et, ainsi, à se diriger vers le meilleur site par lequel elle est déjà passée.
- **une composante sociale** : la particule tend à se fier à l'expérience de ses congénères et, ainsi, à se diriger vers le meilleur site déjà atteint collectivement par l'essaim.

Dans un espace de recherche de dimension D , la particule i de l'essaim est modélisée par son vecteur position $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})^T$. T et par son vecteur vitesse

$$v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})^T$$

La qualité de sa position est déterminée par la valeur de la fonction objective en ce point. Cette particule garde en mémoire la meilleure position par laquelle elle est déjà passée, que l'on note $P_{best\ i} = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})^T$. La meilleure position atteinte par ses particules voisines est notée

$$g_{best} = (g_1, g_2, \dots, g_D)^T$$

La mise à jour de la nouvelle vitesse et la nouvelle position de la particule i se fait par les deux équations (II.1) ,(II.2)

$$v_i(t + 1) = \omega v_i(t) + c_1 r_1 (p_{best_i}(t) - x_i(t)) + c_2 r_2 (g_{best}(t) - x_i(t)) \quad (II.1)$$

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + v_i(t + 1) \quad (II.2)$$

La figure (II.3) représente l'organigramme de la méthode PSO

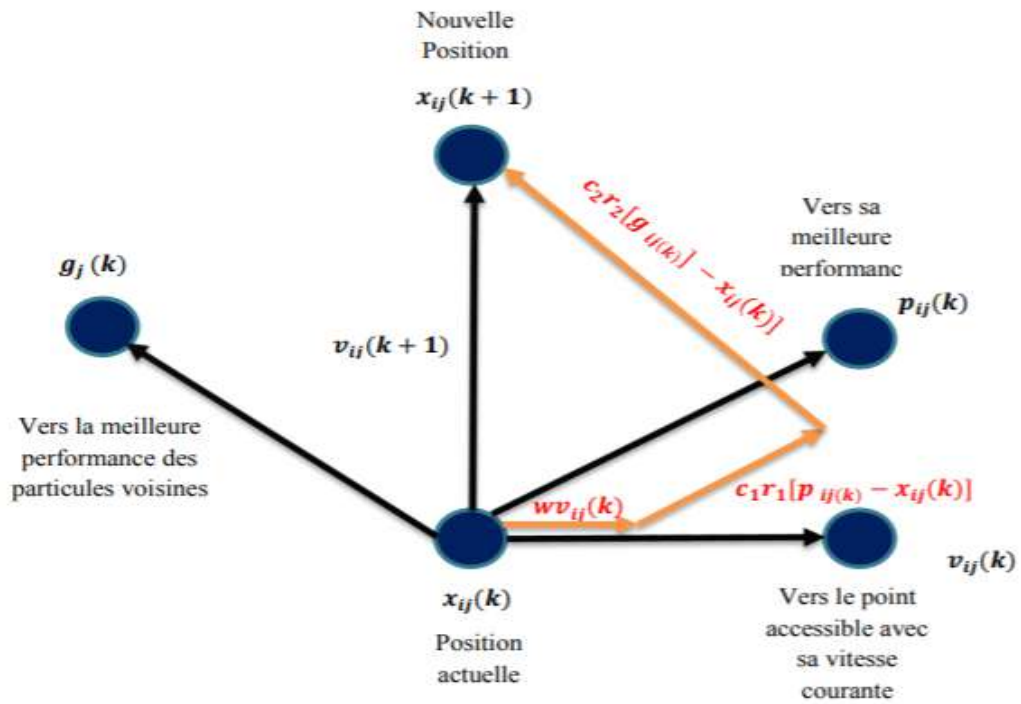


Figure (II.2): Déplacement d'une particule

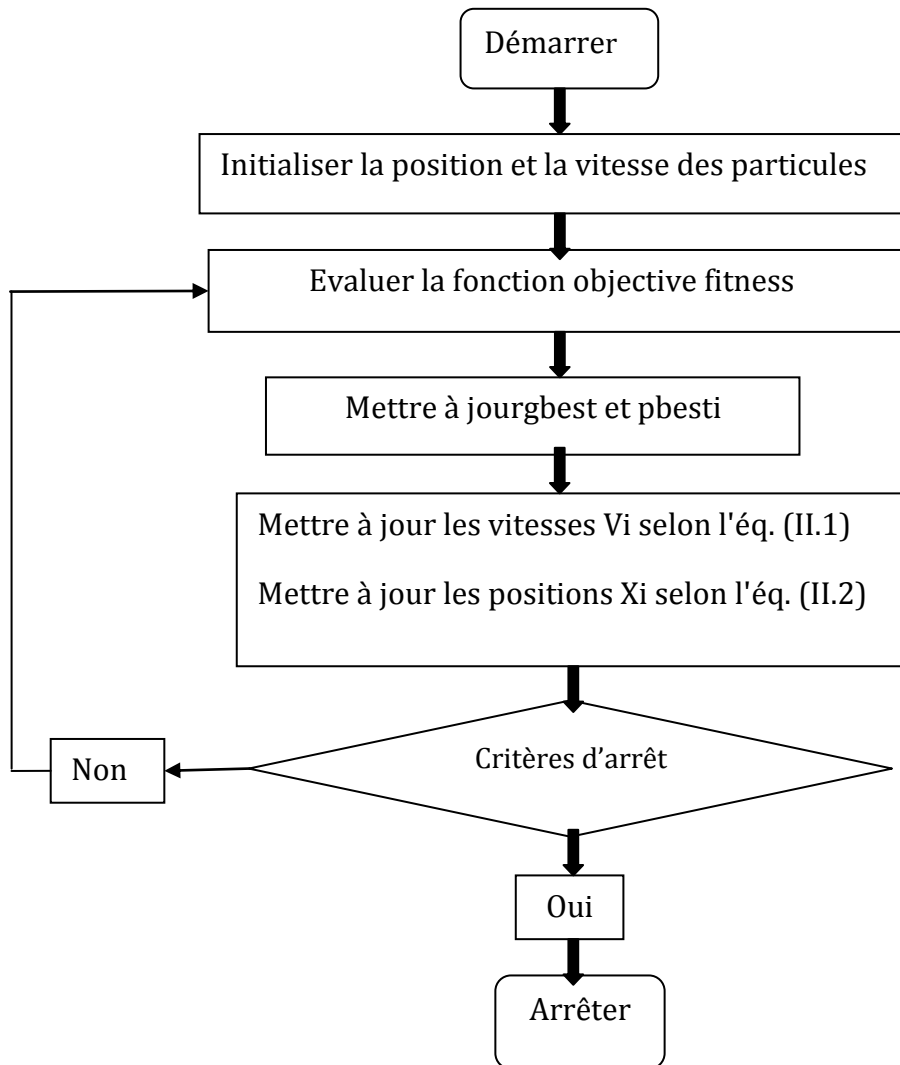


Figure (II.3): Organigramme de l'algorithme d'optimisation d'essaim de particules standard

II.3.2. Algorithme d'optimisation Firefly

L'algorithme Firefly a été inspiré par les lucioles, une sorte d'insecte dans la nature. La plupart des lucioles génèrent des rythmes et clignotements courts. Le type de flashes est souvent unique pour un type spécifique. La lumière clignotante est générée par un processus de bioluminescence, et sa véritable fonction est encore un sujet de débat parmi les chercheurs. Les lucioles utilisent leur attractivité de la lumière chimique pour communiquer, chasser et avertir leurs ennemis. L'organigramme de l'algorithme Firefly est donné. L'intensité lumineuse (I_v) à une distance spécifique (r) d'une source lumineuse est déterminée par la loi du carré inverse. Par conséquent, l'intensité lumineuse diminue à l'opposé des augmentations de distance. De plus, l'air absorbe la lumière et son

intensité diminue et s'affaiblit à mesure que la distance augmente. Pour ces raisons, la plupart des lucioles peuvent être vues à une distance limitée de quelques centaines de mètres et il est généralement satisfaisant pour les lucioles de communiquer. Ainsi, la lumière clignotante peut être formulée comme la fonction objectif à optimiser, de sorte qu'elle fournit un nouvel algorithme d'optimisation Firefly inspiré de la nature (FA) basé sur la population. Selon la loi du carré inverse, une intensité lumineuse (I_v) à (r) distance d'une source lumineuse (l_s) est peut être calculé par Eq (II.3)

$$I_v(d) = \frac{l_s}{r^2} \text{ (II. 3)}$$

Dans un environnement, la lumière est absorbée avec un coefficient d'absorption lumineuse constant (γ) $\in [0, \infty]$. Cette équation peut être formée en gaussienne par l'équation (II.4).

$$B(r) = B_0 e^{-\gamma r^2} \text{ (II. 4)}$$

$B(r)$ est l'attractivité d'une luciole à une distance et B_0 est l'attractivité lorsque $r = 0$.

En supposant que i ve j soient deux lucioles et que leurs positions soient $X_i(x_i, y_i)$ et $X_j(x_j, y_j)$ respectivement. La distance r_{ij} entre les deux firefly est calculé sur la base euclidienne par l'équation (II.5).

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \text{ (II. 5)}$$

Ainsi, la nouvelle position de la luciole i moins brillante et le mouvement vers une luciole j plus attrayante sont calculés par l'équation (II.6) [16].

$$x_i = x_i + B_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + a \epsilon_i \text{ (II. 6)}$$

Dans l'équation (II.6) ϵ_i est le vecteur de variables aléatoires et a est le paramètre de randomisation, avec $(a) \in [0,1]$

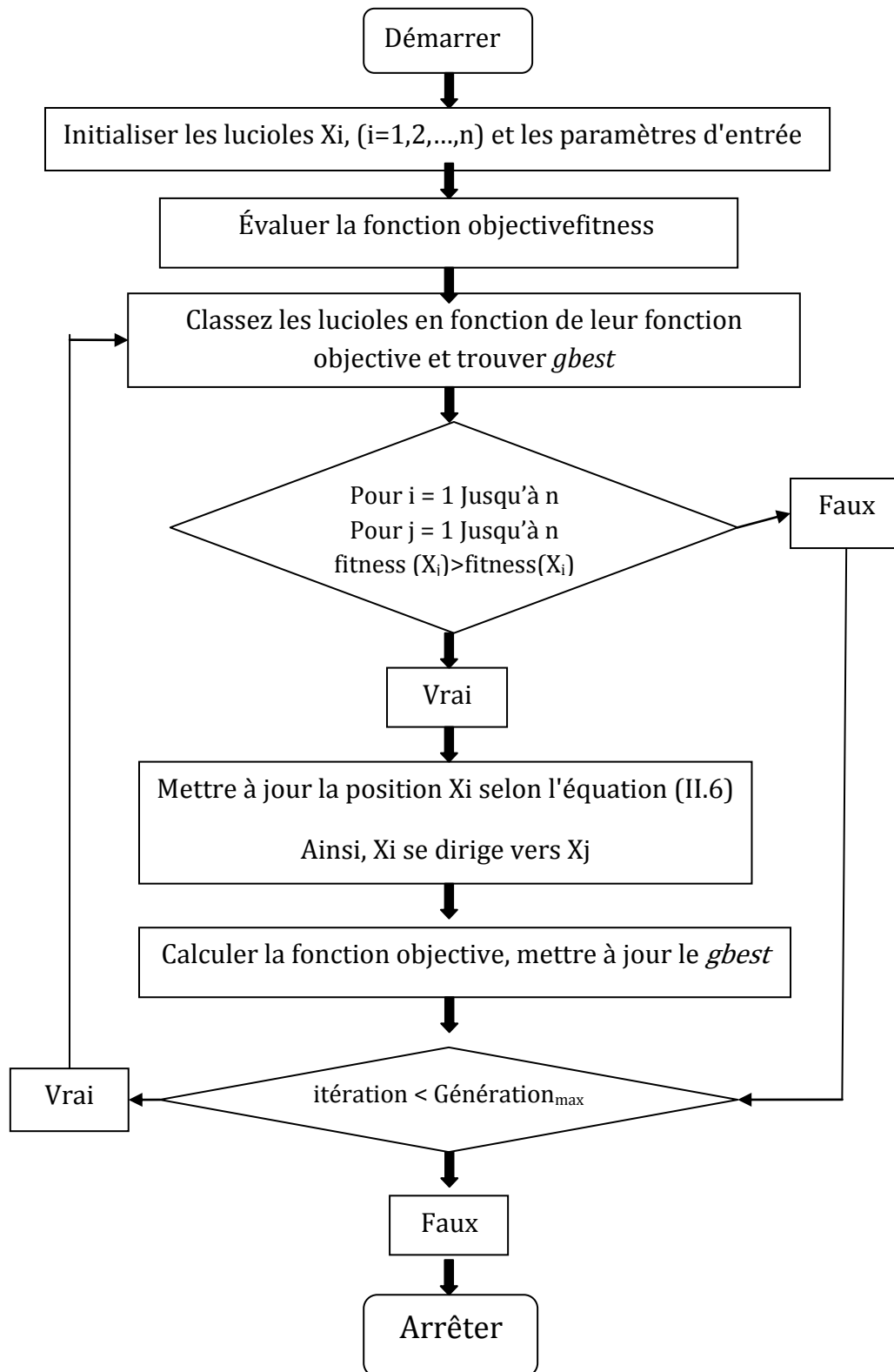


Figure (II.4) : Organigramme de l'algorithme Firefly

II.3.3. Méthode de L'optimisation (HFPSO)

Dans ce travail, nous utilisons un algorithme (HFPSO) qui est proposé par[15]. Cet algorithme d'optimisation qui combine la capacité de recherche des algorithmes d'optimisation FA et PSO. En utilisant cette combinaison, un équilibre entre l'exploration et l'exploitation vise à établir et il profite aux forces des deux algorithmes. Les lucioles n'ont pas de mémoire de vitesse (V) et de meilleure position personnelle (*pbest*) par rapport aux particules. Dans la combinaison hybride de deux algorithmes, PSO est généralement utilisé dans la recherche globale, car il permet une convergence rapide dans l'exploration.

De plus, FA est généralement utilisé dans la recherche locale, car il permet un réglage fin de l'exploitation .L'organigramme de l'algorithme HFPSO est présenté sur la figure (II.5). Tout d'abord, les paramètres d'entrée qui sont utilisés par les deux algorithmes dans les étapes suivantes sont insérés. Ensuite, des vecteurs de particules uniformes sont préparés au hasard dans les plages de recherche et de vitesse prédéfinies. Les particules globales (*gbest*) et personnelles (*pbest*) sont calculées et attribuées. Dans l'étape de comparaison suivante, il est comparé que si la particule a une amélioration de sa valeur de fitness dans la dernière itération selon l'équation. (II.11).

Ainsi, si une particule a une valeur de fitness meilleure ou égale à la meilleure valeur globale précédente, on suppose que la recherche locale démarre et la particule est gérée par un FA imitatif, sinon la particule sera gérée par le PSO et le PSO continue ses procédés standards avec cette particule selon l'équation. (II.1) et (II.2). Dans l'étape de comparaison suivante, les évaluations des fonctions de fitness et les limites de portée sont vérifiées pour toutes les particules et les lucioles. Si maximum la limite d'itération est atteinte, l'algorithme hybride sera terminé et *gbest* et sa valeur de fitness sera donnée comme sortie de l'algorithme hybride proposé.

$$w = w_i - \left(\frac{w_i - w_f}{iteration_{max}} \right) \times iteration \quad (II.10)$$

$$f(i, t) = f(x) = \begin{cases} vrai, si fitness(particle_i^t) \leq gbest^{t-1} \\ faux, defitness(particle_i^t) > gbest^{t-1} \end{cases} \quad (II.11)$$

$$v_i(t + 1) = x_i(t + 1) - x_{i_temp} \quad (II.12)$$

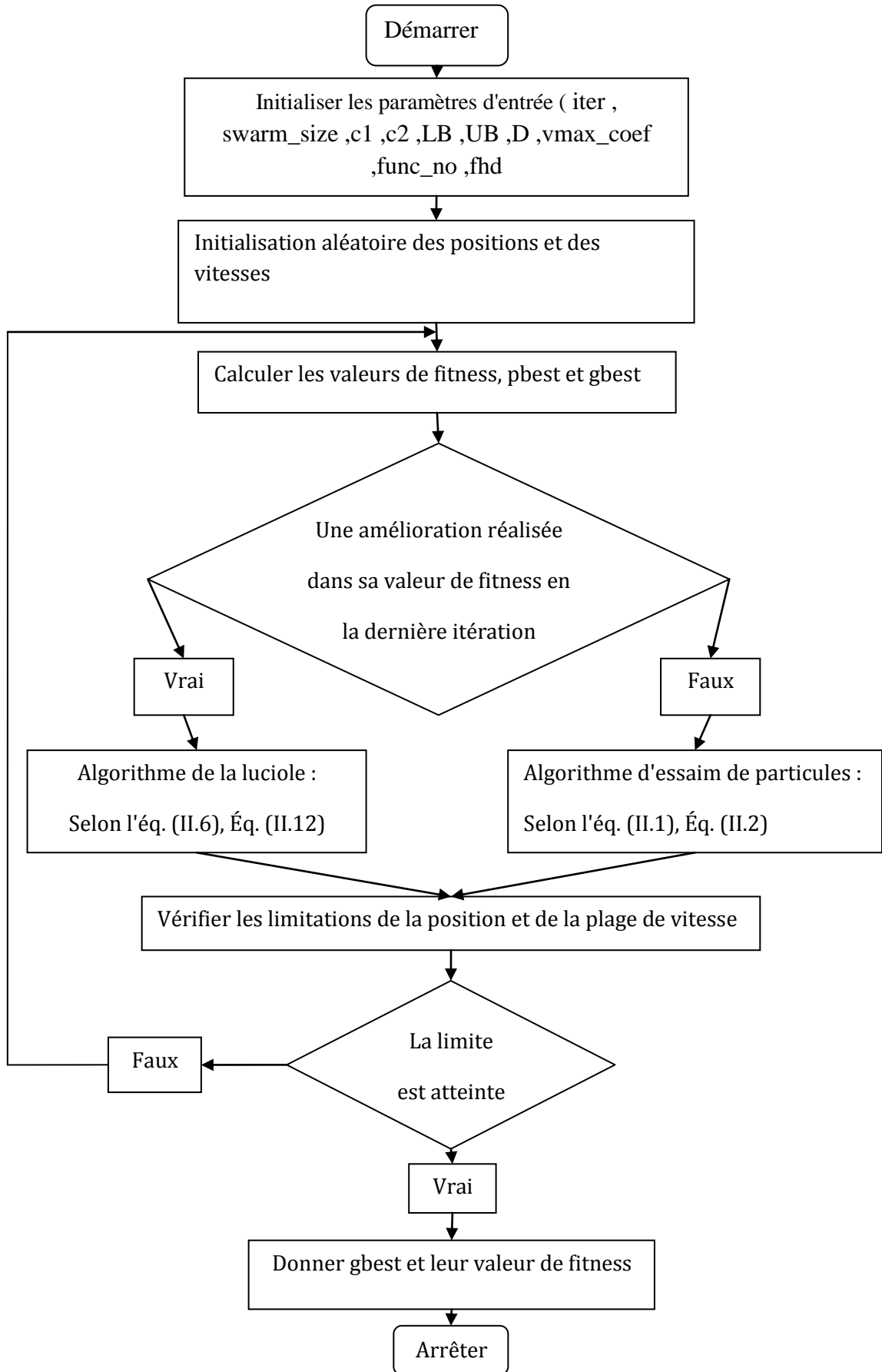


Figure (II.5): Organigramme de l'algorithme HFPSO proposé

II.4. Elaboration de l'algorithme de calcul

II.4.1. Facteurs de sensibilité aux pertes (Loss Sensitivity Factors) (LSF)

Pour identifier l'emplacement du placement du générateur d'énergie décentralisée dans un système de distribution, les facteurs de sensibilité aux pertes ont été utilisés.

Le facteur de sensibilité aux pertes est capable de prédire quel sont les nœuds qui engendrent moins de pertes actives et ils sont considérés comme nœuds candidats pour le placement des GED . Cette démarche aide essentiellement à réduire l'espace de recherche pour l'optimisation du problème.

Considérons une ligne de distribution k avec une impédance $Z[k]= R[k] + jX[k]$ et une charge de $P_{eff} + jQ_{eff}$ connectée au nœud j comme indiqué ci-dessous dans la figure (II.6)

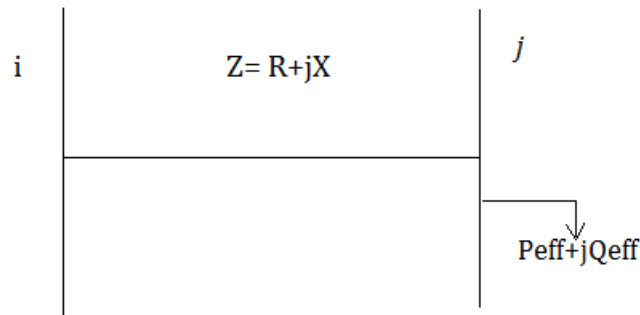


Figure (II.6): Une ligne de distribution avec une impédance et une charge .

Ces pertes de puissance actives dans la ligne de la figure (II.6) sont données par $[I_k^2 R]$, qui peuvent également être exprimées comme :

$$P_{loss}[j] = \frac{(P_{eff}^2[j] + Q_{eff}^2[j])R[k]}{(V[j])^2} \quad (II.14)$$

De même, les pertes de puissance réactive dans la ligne sont données par

$$Q_{loss}[j] = \frac{(P_{eff}^2[j] + Q_{eff}^2[j])X[k]}{(V[j])^2} \quad (II.15)$$

Où

$P_{eff}[j]$ = Puissance active effective totale fournie au-delà du bus (j)

$Q_{eff}[j]$ = Puissance réactive effective totale fournie au-delà du bus (j)

Désormais, les facteurs de sensibilité aux pertes peuvent être calculés comme suit :

$$\frac{\partial P_{loss}}{\partial P_{eff}} = \frac{(2 * P_{eff}[j]) * R[k]}{(V[j])^2} \quad (II.16)$$

$$\frac{\partial Q_{loss}}{\partial Q_{eff}} = \frac{(2 * Q_{eff}[j]) * X[k]}{(V[j])^2} \quad (II.17)$$

II.4.2. La fonction objective (Algorithm de Backward/Forward Sweep modifier)

Notre fonction objective est les pertes en fonction de la puissance du GED. Pour cela, on va modifier l'algorithme de BFS comme suit :

1^{ère} Etape :

Lire les données du réseau.

2^{ème} Etape :

Modifier la puissance du JDB candidat comme suit :

$$S(i) = S(i)' - SGED(i) \times FP$$

$S(i)$: Nouvelle puissance du JDB candidat.

$S(i)'$: Ancienne puissance du JDB candidat.

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

FP : Facteur de puissance du GED.

3^{ème} Etape :

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

4^{ème} Etape :

Détermination des matrices $[BIBC]$ et $[BCBV]$

BIBC (en Anglais Bus injection Branch Current) est la matrice qui exprime la relation entre le courant injecté au nœud et le courant de branche.

BCBV (en Anglais Branch Current Bus Voltage) est la matrice qui représente la relation entre les courants de branches et les tensions des nœuds.

5^{ème} Etape :

Calculer les courants injectés $[I]$ en appliquant l'équation suivante :

$$I_i^k = \left(\frac{P_i + jQ_i}{V_i^k} \right)^* \quad (II.18)$$

6^{ème} Etape :

Calculer les courants traversant les branches en appliquant l'équation suivante:

$$[B] = [BIBC] [I]$$

7^{ème} Etape :

Calculer les nouvelles tensions (modules et phases) au niveau de tous les jeux de barres en appliquant l'équation suivante :

$$[\Delta V] = [BCBV][B]$$

8^{ème} Etape :

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 suivantes :

$$P_{Loss,i} = R_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{|V_i|^2}$$

$$Q_{Loss,i} = X_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{|V_i|^2}$$

Calculer les pertes totales active et réactive selon les équations ci-dessous et afficher les résultats finaux.

$$P_{T, Loss} = \sum_{i=1}^n P_{Loss,i}$$

$$QT, Loss = \sum_{i=1}^n QLoss, i$$

Sinon retourner à l'étape 5

II.5. Organigramme de calcul global

La figure (II.7) représente l'organigramme de calcul global de notre problème. Cet organigramme est très simple. Au départ, on lit les données de réseau choisi puis on fait un calcul de l'écoulement de puissance sans insertion de GED pour trouver le JDB candidat par la méthode LFS. Si le JDB candidat est déterminé, on peut choisir un facteur de

puissance de GED pour trouver la puissance de GED optimale par la méthode HFPSO

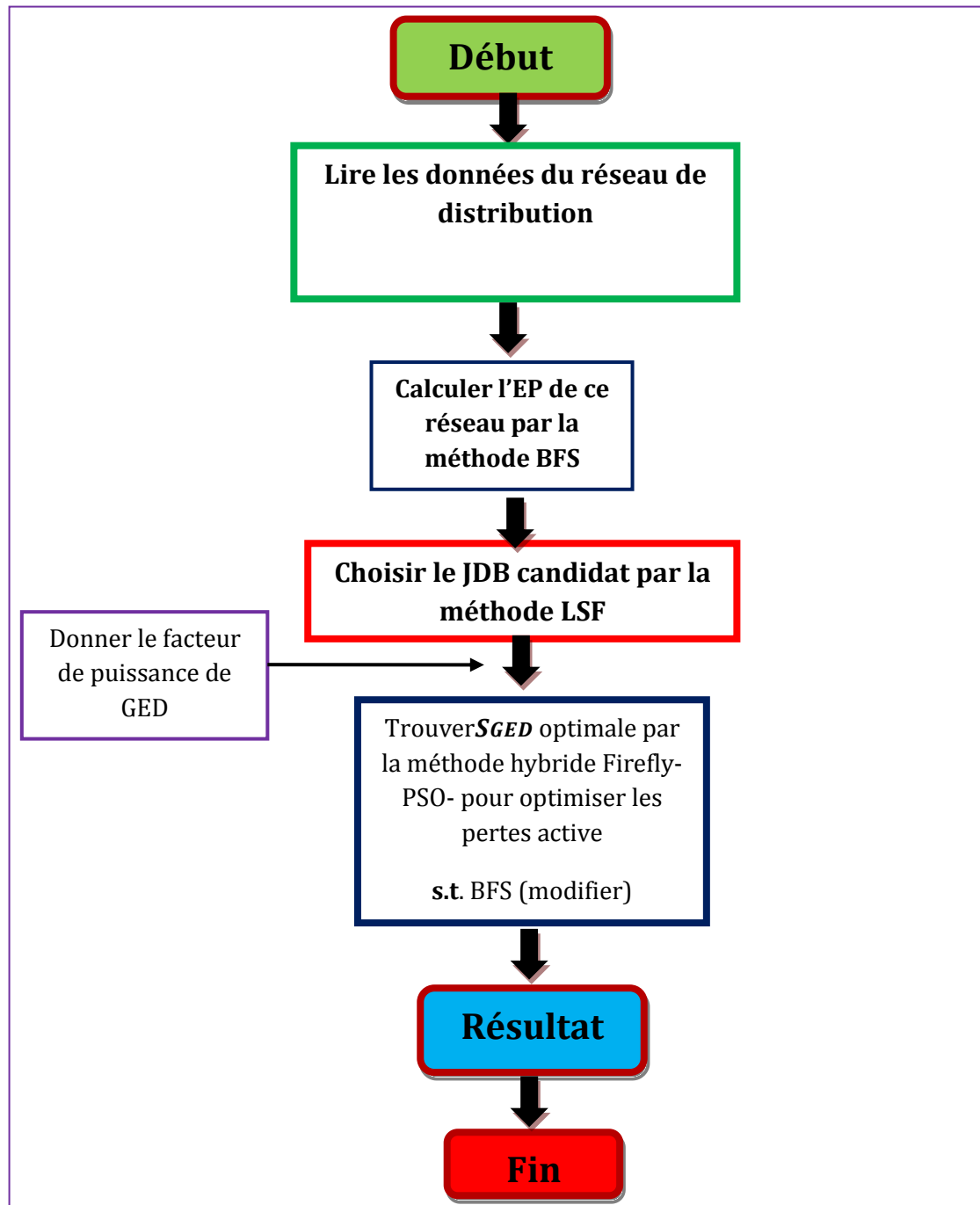


Figure (II.7) : Organigramme de l'algorithme de calcul optimal .

II.6.Conclusion

La méthode HFPSO proposée combine les capacités de recherche des deux méthodes : essaim de particules et algorithme d'optimisation Firefly . Une combinaison

équilibrée entre la capacité de recherche locale et globale est obtenue. Par conséquent, les avantages des deux algorithmes sont utilisés dans une hybridation appropriée

Dans ce chapitre, un algorithme hybride combinant PSO et FA est proposé. Les avantages et points forts de PSO et FA sont combinés et les inconvénients de ces algorithmes sont atténués, c'est-à-dire la convergence prématurée et les optima locaux sont essayé d'être atténué. L'utilisation hybride de ces algorithmes permet de trouver un équilibre entre l'exploration et processus d'exploitation

Dans le chapitre suivant, nous allons appliquer cette méthode pour diminuer les pertes actives du réseau de distribution.

Chapitre III: Résultats Et Discussions

III.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de déterminer le meilleur emplacement et la taille optimale du GED dans les réseaux de distribution dans l'objectif de minimiser les pertes actives.

Les différents algorithmes de calcul décrit au chapitre 2 sont implantés sur le logiciel Matlab.

Nous présenterons les résultats des pertes actives et le profil de tension d'un réseau de distribution IEEE 33 JDB avant et après l'insertion d'un générateur décentralisé avec des valeurs de facteur de puissance de 1,0.9 et 0.8.

III.2. Résultats et interprétations

Pour tester notre algorithme, un réseau de distribution de 33 jeux de barres a été utilisé figure(III.1) . Les données de ce réseau sont consignées dans le tableau(III.1)

Tableau (III.1) : Les caractéristiques du réseau de distribution pour le réseau de 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

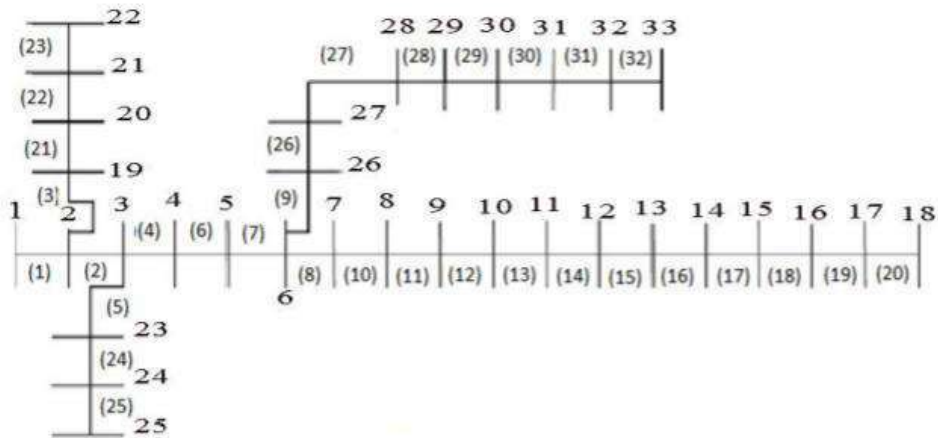


Figure (III.1) : Schéma unifilaire de réseau de 33 jeux de barres

III.2.1. Jeu de barres candidat

Les résultats de l'écoulement de puissance du réseau test avant l'insertion du GED sont illustrés dans le tableau (III.2)

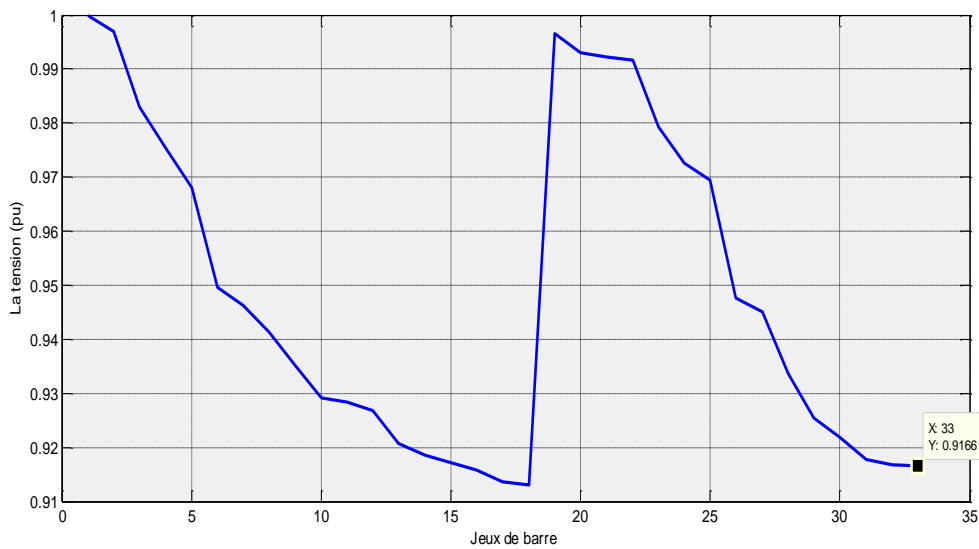


Figure (III.2) : Profil de tension en (pu) sans GED

Tableau (III.2) : L'amplitude de la tension aux jeu de barres du réseau distribution de 33 JDB sans insertion de GED

N°Je udeba rres	La tensio n Sans GED (pu)	Puissanc e active	Puissanc e réactive	Numéro de La branche	Résistance	Réactance
1	1	/	/	/	/	/
2	0.997	0.0100	0.0060	1	0.00575	0.00293
3	0.9829	0.0090	0.0040	2	0.03076	0.01567
4	0.9755	0.0012	0.0080	3	0.02284	0.01163
5	0.9681	0.0060	0.0030	4	0.02378	0.01211
6	0.9497	0.0060	0.0020	5	0.05110	0.04411
7	0.9462	0.0200	0.0100	6	0.01168	0.03861
8	0.9413	0.0200	0.0100	7	0.04439	0.01467
9	0.9351	0.0060	0.0020	8	0.06426	0.04617
10	0.9292	0.0060	0.0020	9	0.06514	0.04617
11	0.9284	0.0045	0.0030	10	0.01227	0.00406
12	0.9269	0.0060	0.0035	11	0.02336	0.00772
13	0.9208	0.0060	0.0035	12	0.09159	0.07206
14	0.9185	0.0120	0.0080	13	0.03379	0.04448
15	0.9171	0.0060	0.0010	14	0.03687	0.03282
16	0.9157	0.0060	0.0020	15	0.04656	0.03400
17	0.9137	0.0060	0.0020	16	0.08042	0.10738
18	0.9131	0.0090	0.0040	17	0.04567	0.03581
19	0.9965	0.0090	0.0040	18	0.01023	0.00976
20	0.9929	0.0090	0.0040	19	0.09385	0.08457
21	0.9922	0.0090	0.0040	20	0.02555	0.02985
22	0.9916	0.0090	0.0040	21	0.04423	0.05848
23	0.9794	0.0090	0.0050	22	0.02815	0.01924
24	0.9727	0.0420	0.0200	23	0.05603	0.04424

25	0.9694	0.0420	0.0200	24	0.05590	0.04374
26	0.9477	0.0060	0.0025	25	0.01267	0.00645
27	0.9452	0.0060	0.0025	26	0.01737	0.00903
28	0.9337	0.0060	0.0020	27	0.06607	0.05826
29	0.9255	0.0120	0.0070	28	0.05018	0.04371
30	0.9219	0.0200	0.0600	29	0.03161	0.01613
31	0.9178	0.0150	0.0070	30	0.06080	0.06008
32	0.9169	0.0210	0.0100	31	0.01937	0.02258
33	0.9166	0.0060	0.0040	32	0.02128	0.03308

Avant l'insertion de GED , les pertes actives sont de 0.0203 pu.

Pour déterminer le jeu de barres candidat pour l'insertion du GED , on a utilisé la méthode LFS. La figure (III.3) représente les valeurs de LFS obtenues pour chaque jeu de barres . Nous remarquons que le JDB 06 a la plus faible valeur LFS, donc on le sélectionne comme le jeu de barres candidat .

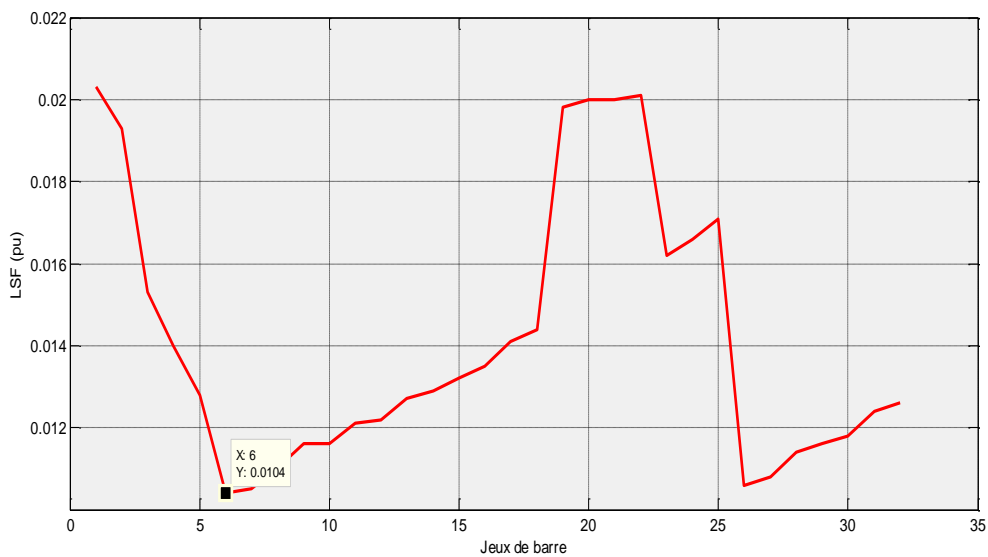


Figure (III.3) : Profil LSF pour tous les jeux de barres du réseau IEEE 33 JDB

III.2.2. Paramètres du HFPSO

Tableau (III.3) : Valeurs des paramètres du HFPSO de notre problème.

Paramétré	Nombred'itération	Taille de l'essaim	w	C1	C2
Valeur	100	30	0.9	1.49445	1.49445

III.3. Réseau test 33 JDB

III.3.1. FP = 1

L'insertion d'un GED au JDB 06 d'une puissance optimal de 0.2575 pu a permis de réduire les pertes actives ($P=0.0104$ pu).

La figure (III.4) représente la variation de la fonction objective de HFPSO (les pertes actives) en fonction du nombre d'itération. On remarque que la convergence de HFPSO à l'optimum globale est obtenue avant la 10^{ième} itération, cela prouve que la puissance de la méthode HFPSO pour la minimisation de notre problème.

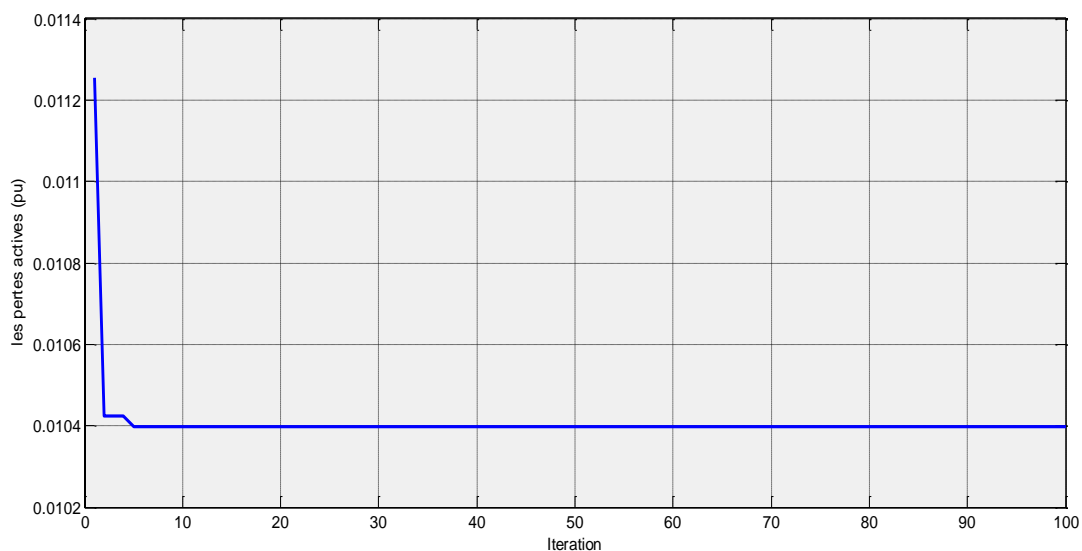


Figure (III.4) : Convergence de la fonction objective «*les pertes actives*» pour réseau 33 JDB, JDB candidat 06 (FP=1).

III.3.2. Amélioration du profil de tension

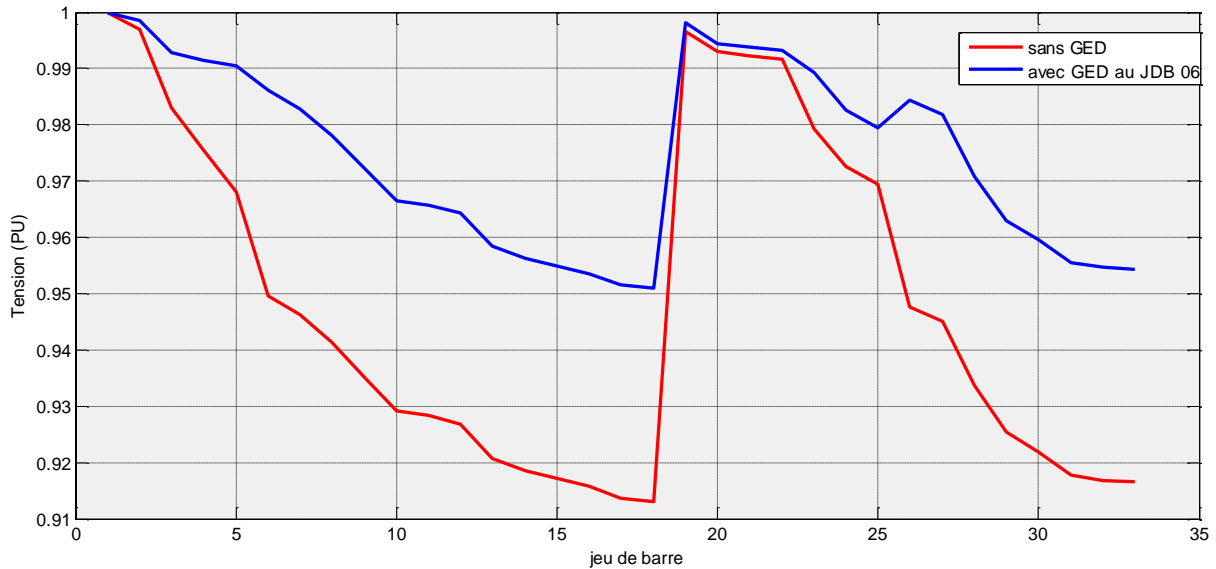


Figure (III.5) : Profil de tension en (pu) sans et avec GED au JDB candidat 06 ,facteur de puissance = 1 , réseau 33 JDB.

On remarque qu'il y a une amélioration du profil de tension après l'insertion de GED

III.3.3. FP = 0.9

Le JDB 06 est le JDB candidat vu que les valeurs des pertes actives diminuent de 0.0200 pu (sans GED) à 0.0064 pu. La taille optimale du GED injecté au JDB 06 est dans ce cas égale à 0.3056 pu .

La variation de la fonction objective de HFPSO (les pertes actives) en fonction du nombre d'itération est représentée sur la figure (III.6) :

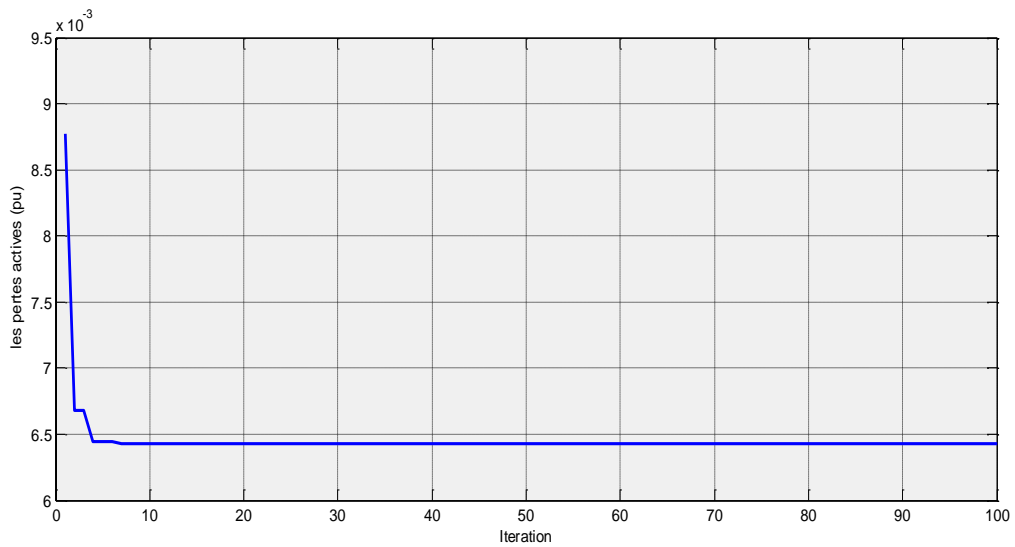


Figure (III.6) : Convergence de la fonction objective « les pertes actives » pour un réseau 33 JDB, JDB candidat 06 (FP=0.9).

III.3.4. Amélioration du profil de tension

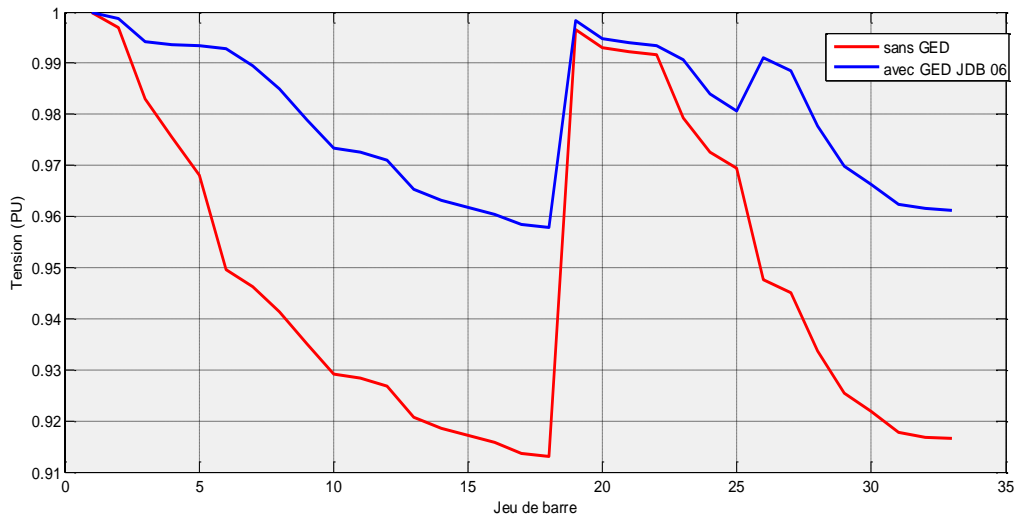


Figure (III 3.7) : Profil de tension en (pu) sans et avec GED au JDB candidat 06, facteur de puissance = 0.9, réseau 33 JDB

A partir de la figure (3.7), on remarque que le profil de tension s'est amélioré avec un GED de facteur de puissance 0.9. La tension minimale obtenue est meilleure par rapport à la tension obtenue avec un GED de facteur de puissance unitaire.

III.3.5. FP = 0.8

Le JDB 06 est le JDB candidat vu que les valeurs des pertes actives diminuent de 0.0200 pu (sans GED) à 0.0062 pu, alors 0.3086 pu est la taille optimale de GED injectée au JDB 06 pour diminuer les pertes actives dans le réseau teste 33 JDB

La figure (3.8) représente la variation de la fonction objective de HFPSO (les pertes actives) en fonction du nombre d'itération. On remarque que la convergence de HFPSO à l'optimum globale est obtenue avant la 60^{ième} itération, cela prouve la puissance de la méthode HFPSO pour la minimisation de notre problème

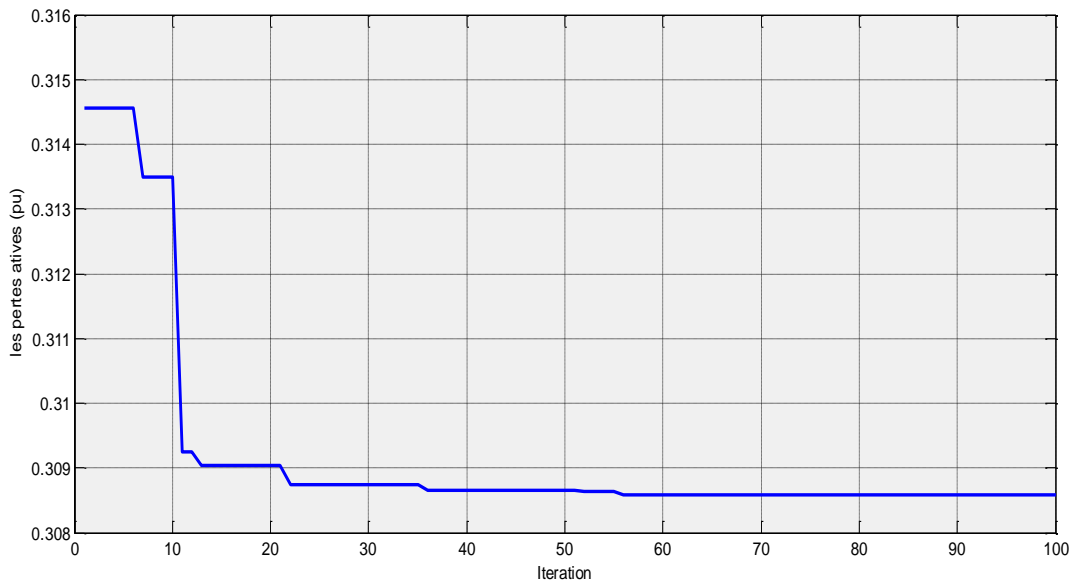


Figure (3.8) : Convergence de la fonction objective «*les pertes actives* » pour réseau 33JDB ,le JDB candidat 06 (FP=0.8)

III.3.6. Amélioration du profil de tension

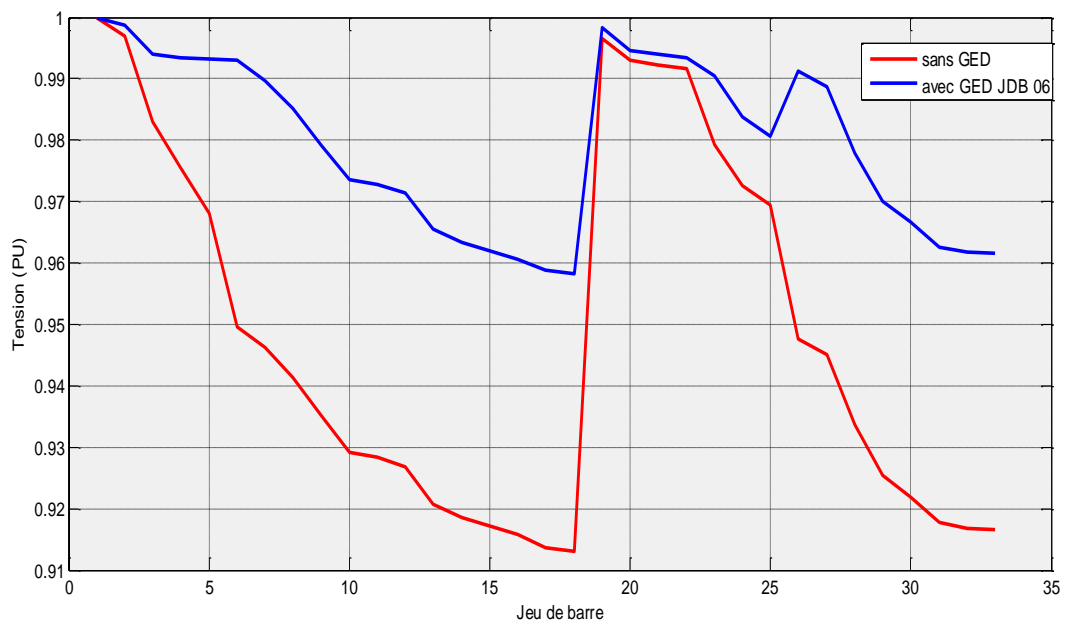


Figure (3.9) : Profil de tension en (pu) sans et avec GED au JDB candidat 06 ,facteur de puissance = 0.8 , réseau 33 JDB.

On constate qu’il y a une amélioration de profil de tension avec GED au JDB 06

III.4. Comparaison entre les résultats

Tableau (III.4) : Résultat global pour un réseau 33 JDB

FP	Pertes active	S_{GED}	V_{min}
Sans GED	0.0203	/	/
1	0.0104	0.2575	0.951
0.9	0.0064	0.3056	0.965
0.8	0.0062	0.3086	0.966

Après l'analyse des résultats obtenus dans le tableau (III.4), avec les différents facteurs de puissance, on remarque que le JDB 06 est la meilleur position du GED vu que les pertes actives obtenues sont les plus faibles. Les pertes actives diminuent lorsque le facteur de puissance diminue.

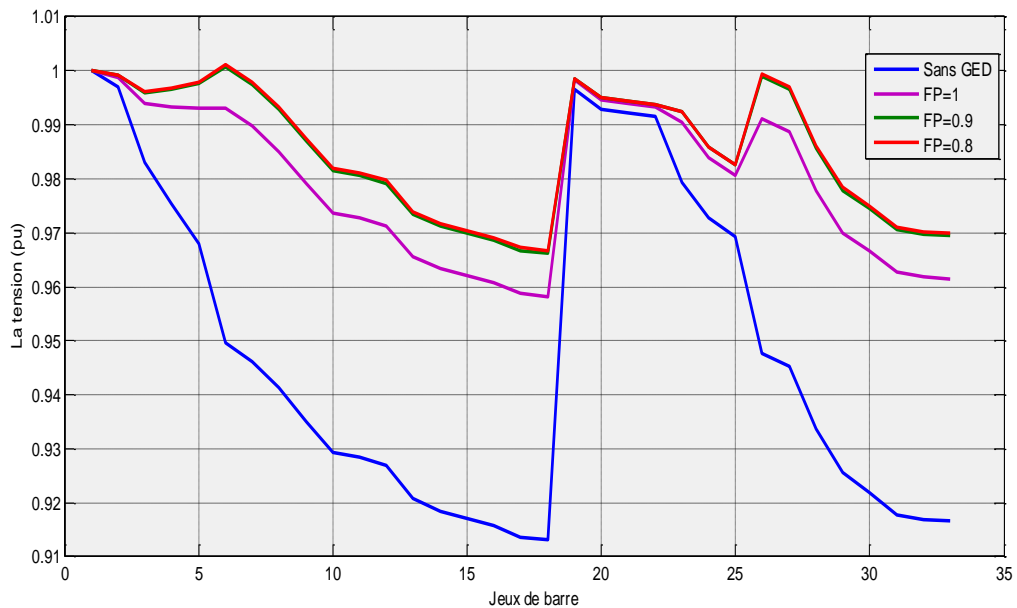


Figure (3.10) : Profil de tension en (pu) sans et avec GED

Après l'analyse de la Figure (3.7) représentant le profil des tensions, plusieurs constatations peuvent être faites pour ce raccordement :

- L'insertion d'un GED dans le réseau améliore la tension de la zone où il est raccordé.
- Pour toutes les dérivations de réseau, la tension est relevée aux limites admissibles grâce à l'insertion de ce GED.
- Nous remarquons que la meilleure courbe des tensions est celle associée au facteur de puissance 0.8 ou il y'a eu moins de chutes de tension.

III.5. Conclusion

Dans ce travail, on a présenté une étude sur l'emplacement et la taille optimale de GED par la méthode hybride PSO-Firefly . Cette méthode est programmée sur MATLAB, et elle est testée sur un réseau test IEEE à 33 jeux de barres. L'étude est réalisée sur trois types de GED qui sont : GED de facteur de puissance unitaire et GED opérant à un facteur de puissance 0,9 et 0.8 en retard. La méthode hybride PSO-Firefly donne la taille optimale de GED pour minimiser les pertes de puissance active pour chaque JDB. On peut conclure que :

- L'injection de puissance de GED dans le réseau électrique diminue les pertes actives et améliore le profil de tension.
- Le profil de tension avec un GED de FP =0,9 et 0.8 en retard a été amélioré par rapport à celui GED d'un facteur de puissance unitaire, puisque le GED fonctionnant au facteur de puissance retardé fournit une puissance réactive au réseau donc il fonctionne comme un compensateur.

Conclusion générale

La production décentralisée d'énergie n'est pas une chose nouvelle. Elle bénéficie cependant actuellement d'un essor important et trouve un écho important dans l'opinion. Elle n'est plus uniquement limitée à fournir de l'énergie dans les zones difficiles d'accès, elle permet de répondre à des besoins très divers, et couvre à ce titre une large plage de puissances. Celles-ci s'étendent de quelques kW raccordés aux réseaux de distribution HTA. L'injection d'énergie sur des réseaux qui n'avaient pas été conçus pour cela peut cependant poser certains problèmes qui doivent être examinés entre producteurs et gestionnaires de réseaux. Le premier problème concerne la localisation des installations de production et le second concerne la taille GED acceptée par le réseau de distribution.

Dans le premier chapitre nous nous sommes concentré sur la production décentralisée et intégration de GED dans des réseaux de distribution et leurs impacts sur les grandeurs électriques et sur plan de protection .

Dans le deuxième chapitre nous avons présenté la méthode PSO-Firefly et l'algorithme élaboré .

Pour finaliser cette étude, nous avons concrétisé la partie théorique par une simulation sur MATLAB d'un réseau test à 33 JDB avec différents facteurs de puissance 1, 0.9 et 0.8 du GED.

L'objectif principal de cette étude est trouver le meilleur emplacement et la taille optimale du GED dans un réseau de distribution.

Enfin, les résultats obtenus montrent que la méthode HFPSO donne de meilleures performances que d'autres algorithmes de référence.

Références bibliographiques

- [1]. Joseph Voufo , Joseph Kenfack ,Videme Bossou , John Ngundam Mucho , Tamo Tatiétsé , «Améliorations de Méthodes de Localisation de Défauts pour les Réseaux de Distribution Electrique» . INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES , 2277-9655,2017.
- [2].BAKHTA NAAMA, «LA PRODUCTION DECENTRALISEE» , Master 1. 2017. Université des Sciences et de la Technologie d’Oran-Mohamed Boudiaf-faculté de génie électrique , année universitaire 2016/2017.
- [3]. Ahmed Al, Ameri,«Méthodes analytiques d’étude pour la diminution des pertes de puissance dans les réseaux électriques maillés en utilisant des techniques d’optimisation pour le dimensionnement et l’emplacement des générateurs décentralisés», mémoire de doctorat , Université Le Havre Normandie , 2017.
- [4]. Freitas Walmir, Vieira Jose CM , Morelato Andre , « Influence of excitation system control modes on the allowable penetration level of distributed synchronous generators» , IEEE Trans Energy Convers , pp. 80–474,2005.
- [5]. Pankita Mehta, Praghnessh Bhatt, Vive k Pandya , «Optimal selection of distributed generating units and its placement for voltage stability enhancement and energy loss minimization» , AIN SHAMS Engineering Journal ,pp.2090-4479,2015.
- [6]. Murty V,Kumar A,«Optimal placement of DG in radial distribution systems based on new voltage stability index under load growth»,International Journal Electric Power Energy Syst,pp.246–56,2015.
- [7]. Khamis A, Sharee fH, Bizkevelci E, Khatib T, «A review of islanding detection techniques for renewable distributed generation systems»,Renew Sustain,pp.483–93, 2013.
- [8]. Short TA,«Electric power distribution hand book», CR C press, 2014.
- [9]. Gopalan SA, Sreeram V, Iu HHC ,«A review of coordination strategies and protection schemes for microgrids» .Renew Sustain Energy,pp.222–8,2014.

- [10]. Foued KOUADRA, « Etude Des Variations Rapides De Tension Pour Le Raccordement D'une Production Décentralisée Dans Un Réseau Mt », mémoire de Magistère en Electrotechnique , Université Constantine Algérie, 2009.
- [11]. R Caire, N Retière, N Hadjsaid, S Martino, C Andrieu , « Permanent Short Circuit Current Modification of Low Voltages Distributed Generation on Distribution Network », International Universities Power Engineering Conference UPEC 2002 Staffordshire, Université Royaume , 9-11 septembre 2002,
- [12]. Ciprian Bud, Bogdan, Mircea Chindriş, Antoni Sudrià i Anderu, « The Load Flow Calculation in Harmonic Polluted Radial Electric Networks with Distributed Generation », 9 ième conference international (electrical power quality and utilisation), Barcelon ,9-11 octobre 2007.
- [13] Y. Cooren, « Perfectionnement d'un algorithme adaptatif d'optimisation par essaim particulaire - applications en génie médical et en électronique», Thèse de Doctorat , Université Paris 12Val de Marne, 2008.
- [14]. Ibrahim Berkan Aydilek, « A Hybrid Firefly and Particle Swarm Optimization Algorithm for Computationally Expensive Numerical Problems», Applied Soft Computing Journal ,pp. 1568-4946,2018.

Résumé

Le but de ce mémoire est de déterminer le meilleur emplacement et la taille optimale d'un GED pour minimiser les pertes actives des réseaux de distribution. Une étude et une simulation pour sélectionner l'emplacement optimal de GED est réalisée par un programme basé sur le calcul de flux de puissance par la méthode BFS et la méthode d'optimisation HFPSO pour déterminer l'emplacement optimal et la taille de GED pour réduire les pertes actives

L'algorithme proposé est capable d'exploiter les forces de l'essaim de particules PSO et mécanismes de l'algorithme Firefly.

La qualité des résultats de la solution de cette étude montre que l'algorithme HFPSO proposé fournit des solutions d'optimisation rapides et fiables.

Mots clé : Réseau de distribution, GED , Firefly, PSO

المخلص

الهدف من هذه الرسالة هو تحديد أفضل موقع والحجم الأمثل ل (GED) لتقليل الخسائر النشطة لشبكات التوزيع و دراسة ومحاكاة لتحديد الموقع الأمثل لها حيث يتم تنفيذ هذه الدراسة بواسطة برنامجاً يعتمد على حساب تدفق الطاقة بطريقة (BFS) و طريقة (HFPSO).

الخوارزمية المقترحة قادرة على استغلال نقاط القوة في اختبار جسيم (PSO) وآلية خوارزمية (Firefly).

تُظهر جودة نتائج حل هذه الدراسة أن خوارزمية (HFPSO) المقترحة توفر حلول تحسين سريعة وموثوقة .

الكلمات المفتاحية : شبكة التوزيع, GED , Firefly, PSO

Abstract

The goal of this dissertation is to determine the best location and the optimal size of a GED to minimize the active losses of the distribution networks. A study and simulation to select the optimal location for GED. This study is carried out by a program based on the calculation of power flow by the BFS method and the HFPSO optimization method to determine the optimal location and size of GED to reduce active losses

The proposed algorithm is able to exploit the forces of the PSO particle swarm and mechanisms of the Firefly algorithm.

The quality of the results of the solution of this study shows that the proposed HFPSO algorithm provides fast and reliable optimization solutions.

Keywords: Distribution network, GED, Firefly, PSO