

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البلدية  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الآلية والكهر وتقني  
Département d'automatique & Electrotechnique



## Mémoire de Master

Filière Électrotechnique  
Spécialité Machines électriques

Présenté par

Belhadef Sidali

&

Kadri Abdelghani

---

# Thème

Contribution à l'optimisation des réseaux  
électriques par une méthode méta heuristique

---

**Proposé par: Dr KHERFANE Naas**

Année Universitaire 2021-2022

# Remerciement

Qu'il me soit d'abord permis de remercier et d'exprimer ma gratitude envers **Allah**, qui m'a donné la patience et la volonté pour que je puisse continuer ce travail. Je tiens à remercier **Dr. NASS KHERFANE** pour son encadrement de ce mémoire et surtout pour ces qualités scientifiques et humaines.

Nous adressons nos vifs remerciements au président du jury ainsi qu'aux examinateurs qui ont accepté de juger ce travail.

d'avoir accepté d'honorer par leurs présences ma soutenance de master.

Je remercie également tous mes collègues pour leurs soutiens morales durant cette année de préparation de ce mémoire.

# *Dédicaces*

Je remercie **Allah** pour m'avoir donné la force d'accomplir ce travail

pour aller plus loin

Je dédie ce travail à mes parents pour ses encouragements et ses prières

Je le dédie à mes sœurs et frères

À toute ma chère famille

A tous mes amies avec lesquelles j'ai partagé mes

Moments de Joie et de bonheur

 ABDEL GHANI

# *Dédicaces*

Je remercie Allah pour m'avoir donné la force d'accomplir ce travail pour  
aller plus loin

Je dédie ce travail à mes parents pour ses encouragements et ses prières

Je le dédie à mes sœur et frères

À toute ma chère famille

A tous mes amies avec lesquelles j'ai partagé mes

Moments de Joie et de bonheur

# Résumé

L'exploitation des réseaux électriques pose de nombreux problèmes d'ordre technique et économique. Les programmes de gestions élaborés par les experts doivent garantir en tout temps et en tout lieu la couverture de l'énergie demandée, d'assurer une qualité acceptable de la puissance livrée et de procurer une sécurité d'alimentation élevée avec un coût aussi faible que possible.

En l'absence de possibilité de stockage de l'énergie à grande échelle, il est indispensable de maintenir à tout instant l'équilibre entre la production et la consommation avec minimisation du coût des unités de production, ce processus de gestion optimale est appelé dispatching économique.

Ce travail est une contribution dans ce sens-là en utilisant une méthode méta heuristique.

REMERCEIMENTS

DEDICACE

RESUME

LISTE DES ABREVIATIONS

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Introduction générale .....	1
Introduction .....	3
1. Définition du Réseau Electrique.....	3
2. Système électrique .....	4
2.1 Production de l'énergie électrique.....	5
2.2 Type des centrales de production .....	5
<b>2.2.1 Centrales Thermique Classiques</b> .....	6
<b>2.2. 2 Centrales Renouvelables:</b> .....	6
3. Présentation (Description) des réseaux électriques.....	7
3.1 Réseaux de transport et d'interconnexion.....	7
3.2 Réseaux de répartition.....	8
3.3 Réseaux de distribution .....	9
<b>3.3.1 Réseaux de distribution à moyenne tension</b> .....	9
<b>3.3.2 Réseaux de distribution à basse tension</b> .....	9
4. Niveaux de tension .....	10
5. Structure des réseaux électriques.....	10
6. La protection des réseaux électriques .....	12
Conclusion.....	14
Introduction .....	15
1. Dispatching économique .....	15
1.1 Définition dispatching économique .....	15
1.2 L'objectif du dispatching économique .....	16
1.3 Dispatching économique avec pertes .....	16
1.4 Dispatching économique sans pertes .....	16

1.5 La fonction coût .....	17
<b>1.5.1 Minimisation des coûts de génération</b> .....	17
<b>1.5.2 Pertes de transmission</b> .....	18
1.6 Les contraintes .....	18
<b>1.6.1 Contraintes d'égalité</b> .....	18
<b>1.6.2 Contraintes d'inégalités</b> .....	19
2. Méthode méta-heuristique.....	20
2.1 Définition .....	20
2.2 Classification des méthodes méta-heuristiques.....	21
<b>2.2.1 Méthodes méta-heuristiques à parcours</b> .....	22
<b>2.2.3 Méthode méta-heuristique à population</b> .....	22
2.3 Application.....	23
<b>2.3.1 Méta- heuristique à recuit simulé</b> .....	23
<b>2.3.2 Les méta- heuristiques évolutionnaires/génétiques</b> .....	24
<b>2.3.3 Les méta- heuristiques éthologiques/colonies de fourmis</b> .....	26
<b>2.3.4 Optimisation par les essaims de particules</b> .....	27
<b>2.3.5 Optimisation par la Colonie Artificiel des Abeilles</b> .....	28
<b>2.3.6 L'algorithme de l'optimisation par coucou</b> .....	30
3. Ant Lion Optimizer .....	31
3.1 Marche aléatoire des fourmis .....	31
3.2 Piégeage dans les fosses de fourmis .....	32
3.3 Piège de construction .....	33
3.4 Glisser les fourmis vers Ant Lion .....	33
3.5 Attraper des proies et reconstruire la Foss .....	34
3.6 Élitisme .....	34
Conclusion.....	36
Introduction .....	37
Simulation .....	37
2.1 Exemple 1 .....	37
2.2 Exemple 2 .....	42
Conclusion.....	46
Conclusion générale .....	47

# Liste des figures

N ° Figures	Titres des figures	page
<b><u>Chapitre 1</u></b>		
Figure 1.1 :	Schéma simplifié d'un réseau électrique.....	4
Figure 1.2 :	Schéma bloc d'un réseau électrique.....	4
Figure 1.3 :	Organigramme représentant les étapes de la production d'électricité.....	5
Figure 1.4 :	Architecture générale d'un réseau d'énergies électrique.....	7
Figure 1.5 :	Réseau d'interconnexion de la région d'Alger.....	8
Figure 1.6 :	Réseau de répartition Région d'Alger.....	9
Figure 1.7 :	Schéma du réseau radial.....	11
Figure 1.7 :	Topologie d'un réseau bouclé.....	11
Figure 1.8 :	Topologie d'un réseau maillé.....	1
<b><u>Chapitre 2</u></b>		
Figure 2.1 :	Modèle du système électrique utilisé dans le dispatching économique.....	16
Figure 2.2:	Classification des Méta-heuristiques.....	21
Figure 2.3 :	Expérience de sélection des branches les plus courtes par une colonie de fourmis.....	27
Figure 2.4 :	Volée d'Anser en formation en V .....	28
Figure 2.5 :	La danse en rond qu'effectue l'abeille en fonction de la direction de la source de nourriture.....	29
Figure 2.6:	la danse frétilante.....	29
Figure 2.7 :	Organigramme de l'algorithme de l'optimisation par la recherche coucou.....	30
Figure 2.8	Pièges coniques et comportement de chasse des antlions.....	31
Figure 2.9:	Organigramme de la méthode ALO.....	35
<b><u>Chapitre 3</u></b>		
Figure 3.1 :	Puissance générées optimales obtenus par ALO, CM, et PSO.....	39
Figure 3.2	Cout total obtenus par ALO, CM et PSO.....	40

<b>Figure 3.3 :</b> P Loss obtenus par ALO, CM et PSO.....	40
<b>Figure 3.4:</b> Puissance générée optimale obtenus par ALO, BSA et ISCA.....	44
<b>Figure 3.5 :</b> Cout total obtenus par ALO, CM et PSO.....	45
<b>Figure 3.7 :</b> la convergence d'après le MATLAB.....	45

## Liste des tableaux

N° Tableau	Titre des tableaux	Page
------------	--------------------	------

### Chapitre 3

<b>Tableau 3.1 :</b> Puissance générées optimales obtenus par ALO, CM, et PSO.....	39
<b>Tableau 3.2</b> Cout total obtenus par ALO, CM et PSO.....	40
<b>Tableau 3.3 :</b> P Loss obtenus par ALO, CM et PSO.....	40
<b>Tableau 3.4:</b> Puissance générée optimale obtenus par ALO, BSA et ISCA.....	44
<b>Tableau 3.5 :</b> Cout total obtenus par ALO, CM et PSO.....	45
<b>Tableau 3.7 :</b> la convergence d'après le MATLAB.....	45

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

## Introduction générale

Le rôle principal de toute entreprise chargée de la production d'énergie électrique est d'assurer à tout moment, et en tout lieu, la couverture des demandes des utilisateurs en puissances actives et réactives. L'entreprise doit en outre garantir une qualité acceptable de la puissance avec un coût d'exploitation réduit. Pour bien exploiter un réseau électrique donné, il faut tout d'abord résoudre les problèmes d'ordre technique et économique. Souvent, on se trouve confronté à un problème, qui est celui de la répartition économique des puissances. Au début, la solution utilisée consiste à charger ou à faire produire au maximum les unités ayant le meilleur rendement. Cette solution n'est pas rentable puisque l'abus de fonctionnement des machines diminue leurs durées de vie et par conséquent, les frais d'entretien et de maintenance augmentent considérablement. L'extension et la complexité du réseau, laisse le choix aux chercheurs pour le développement de nouvelles méthodes afin de contribuer à l'allègement de ce problème.

L'objectif principal de ce travail est l'étude et l'analyse de la répartition optimale de puissance. La fonction objective qu'on veut minimiser est la fonction coût de production des puissances actives des générateurs. Ant Lion optimisation (ALO) a été appliquée pour la résolution de ce nouveau problème d'optimisation. La méthode proposée a été simulée dans l'environnement Matlab, et testées sur plusieurs réseaux standards. La performance de cette méthode a été comparée avec des résultats obtenus par d'autres méthodes classiques et méta heuristiques. Afin en tenant compte des pertes de puissance active et les déviations des tensions aux niveaux des jeux de barres .

L'exploitation du grand développement du domaine informatique et l'apparition des nouvelles générations d'ordinateurs plus rapides et plus puissants, ont conduit à une étude plus profonde et un calcul plus précis et rigoureux du réseau électrique, en général cette étude est divisée en trois chapitres:

Dans le premier chapitre, nous présentons le système d'énergie électrique et son Organisation, et les différentes centrales de production et leurs parties liées à la stratégie de fonctionnement des différentes centrales électriques

Le deuxième chapitre a illustré le concept du problème d'optimisation, plus particulièrement le problème de dispatching économique et les méthodes de résolution de ce problème qui a été classées en deux catégories méthodes classiques et méta heuristique enfin ,

quelques définitions et formulation de base du problème de dispatching économique (ALO) pour minimiser le coût total de production des centrales électriques avec leurs contraintes pratiques.

Le troisième chapitre est axé sur l'application en détail de la méthode d'optimisation proposée.

# **Chapitre 1 :**

Généralités sur les  
réseaux électriques.

## Introduction

A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable, il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue.

Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines (centrales électriques) capables de produire de l'électricité en grande quantité. Une fois la puissance produite doit être acheminée jusque chez le consommateur.

Dans un pays, le Transport et la Distribution Publique assurent le transit de l'énergie électrique entre les points de production et les points de consommation.

## 1. Définition du Réseau Electrique

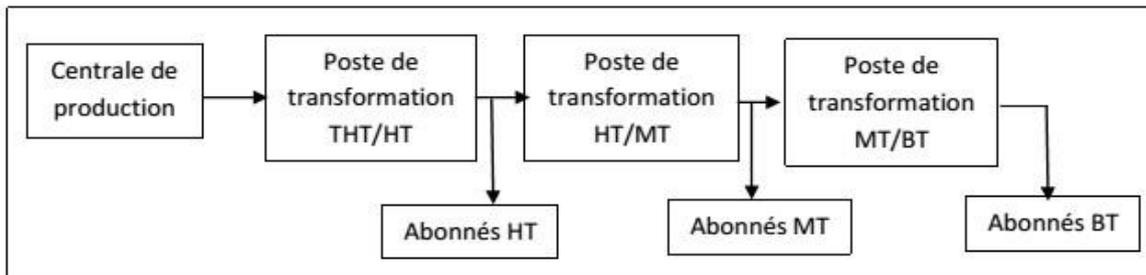
Un réseau, c'est d'abord un certain nombre de fonctions et de comportements d'ensemble, qu'il faut définir, mettre en œuvre, maîtriser grâce à une conception et une exploitation convenable. Ce sont en suite des ouvrages et des matériels (lignes aériennes et souterraines, postes, câbles, appareillage, transformateurs, parafoudres, etc.) qui, assemblés, forment le réseau physique ; la qualité conditionne très largement celle du réseau, donc celle de la desserte en électricité de ses clients. C'est enfin tout un ensemble d'automatismes et de transmission d'informations et de commandes, ensemble coordonné, donc système nerveux absolument indispensable à la protection des ouvrages et des matériels, à la robustesse du réseau vis-à-vis des défaillances internes et des agressions extérieures telles la foudre et les conditions climatiques extrêmes ; système indispensable aussi à la maîtrise par l'exploitant d'un outil technique qui, pour les réseaux publics, du moins, n'est pas concentré en un site, mais couvre des milliers et des centaines de milliers de kilomètres carrés.

Les réseaux électriques ont pour fonction d'interconnecter les centres de production tels que les centrales hydrauliques, thermiques..., avec les centres de consommation (villes, usines...). L'énergie électrique est transportée en haute tension, voire très haute tension pour limiter les pertes joules (les pertes étant proportionnelles au carré de l'intensité puis progressivement abaissée au niveau de la tension de l'utilisateur final.

Une distribution électrique, importante et complète comprend les diverses parties suivantes :

- Les usines de production de l'énergie électrique ou centrales électriques.
- Un réseau de lignes de transport à (très) haute tension.
- Des postes de transformation, d'interconnexion, de répartition.

- Des réseaux de lignes de distribution en moyenne tension .
- Des postes de transformation (cabines) « associés à des lignes d'utilisation à basse tension.

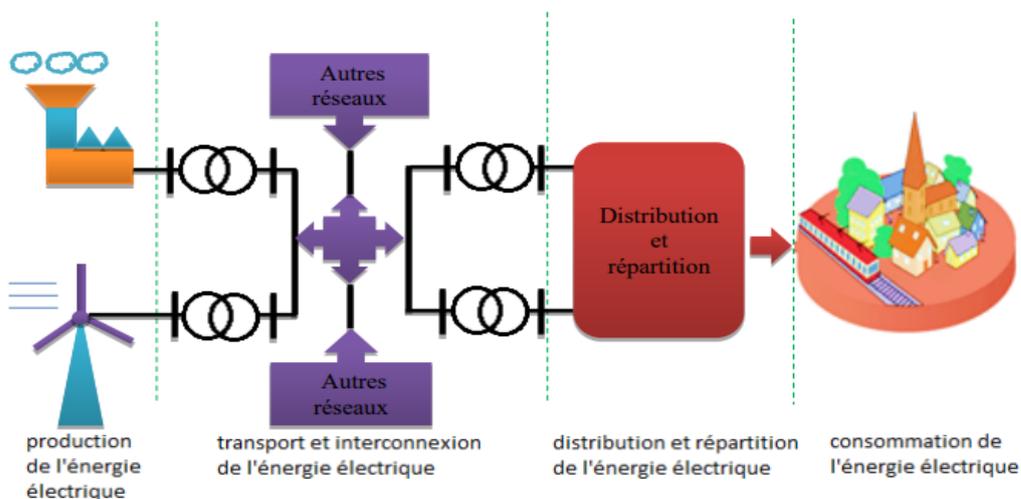


**Figure 1.1 :** Schéma simplifié d'un réseau électrique.

## 2. Système électrique

Un système électrique est formé par l'ensemble des parties principales, la première partie est les centres de la production d'énergie électrique « les différents types des centrales électriques » et puis les lignes qui assurent le transport de cette énergie fournisseur « réseaux de transport » et enfin les centres des consommateurs « les différents charges ou les clients », tout en respectant des conditions pour un raison technoeconomique.

Les systèmes électriques sont interconnectés et fonctionnent dans une structure maillée très complexe. [1]



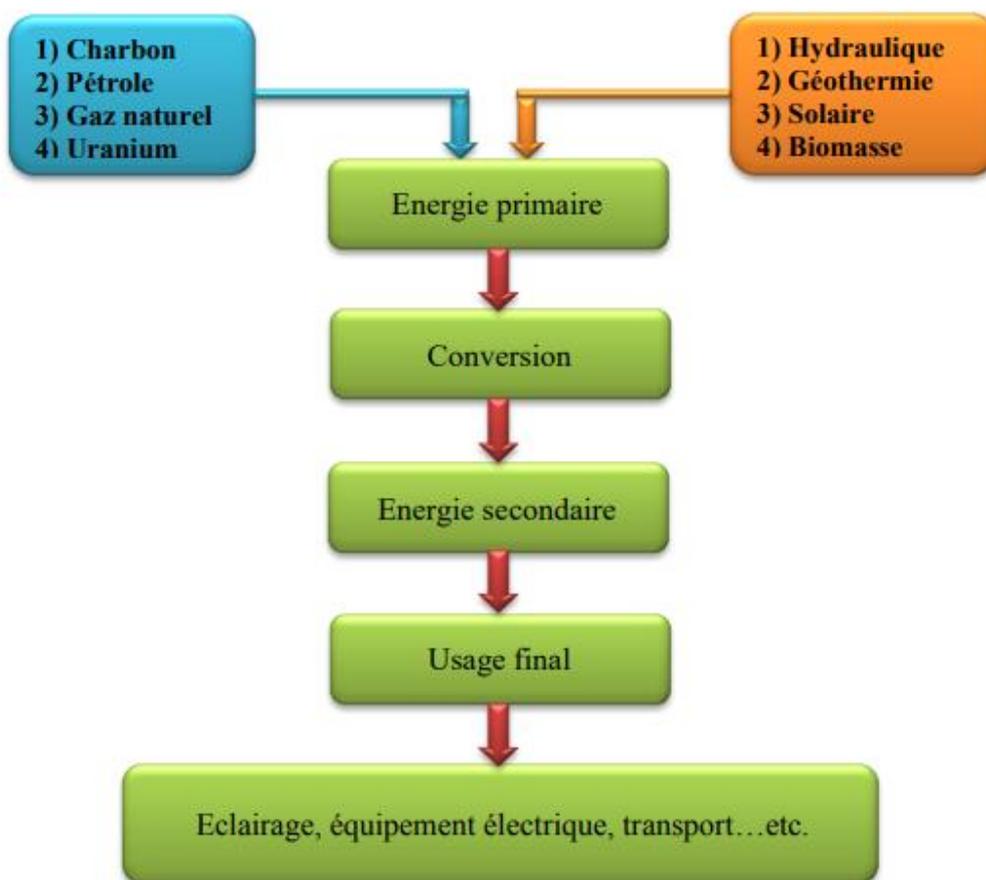
**Figure 1.2 :** Schéma bloc d'un réseau électrique

## 2.1 Production de l'énergie électrique

Les grands groupes de production d'énergie électrique sont en général basés sur des alternateurs synchrones de grandes tailles entraînés par des turbines à vapeur, à gaz ou hydrauliques. Ils sont connectés sur le réseau de transport via un transformateur élévateur. La production peut être classée suivant le type d'énergie primaire utilisée pour générer de l'électricité.

## 2.2 Type des centrales de production

Il y'a plusieurs types des centrales de production de l'énergie électrique polluante ou renouvelable (énergie propre). En peut le classé à partir leur temps de repense, puissance fournie, le rendement, le coût de construction....etc.



**Figure 1.3 :** Organigramme représentant les étapes de la production d'électricité.

## 2.2.1 Centrales Thermique Classiques

Les centrales à combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel).

Les centrales nucléaires.

### ❖ Les avantages:

✓ Gros pouvoir énergétique

### ❖ Les inconvénients:

✓ Pollution importante, émission de CO<sub>2</sub> augmentant l'effet de serre et modifiant le climat

✓ Les stocks de d'uranium s'épuisent

✓ Production de déchets radioactifs difficiles ou impossible à recycler

✓ Industrie dangereuse en cas d'accidents

## 2.2.2 Centrales Renouvelables:

Les centrales hydroélectriques.

Les centrales solaires ou photovoltaïques.

Les centrales éoliennes.

Les Centrales Biomasse.

### ❖ Les avantages :

✓ Source Illimité

✓ Énergie considérée comme propre

✓ Fort potentiel de développement

✓ Technologie maîtrisée

### ❖ Les inconvénients :

✓ Stockage difficile

✓ Production discontinue

✓ Coût élevé

✓ Rendement énergétique faible

### 3. Présentation (Description) des réseaux électriques

Les réseaux électriques classiques sont décomposés en trois sous-systèmes : la production, le transport et la distribution (Figure 1.4).

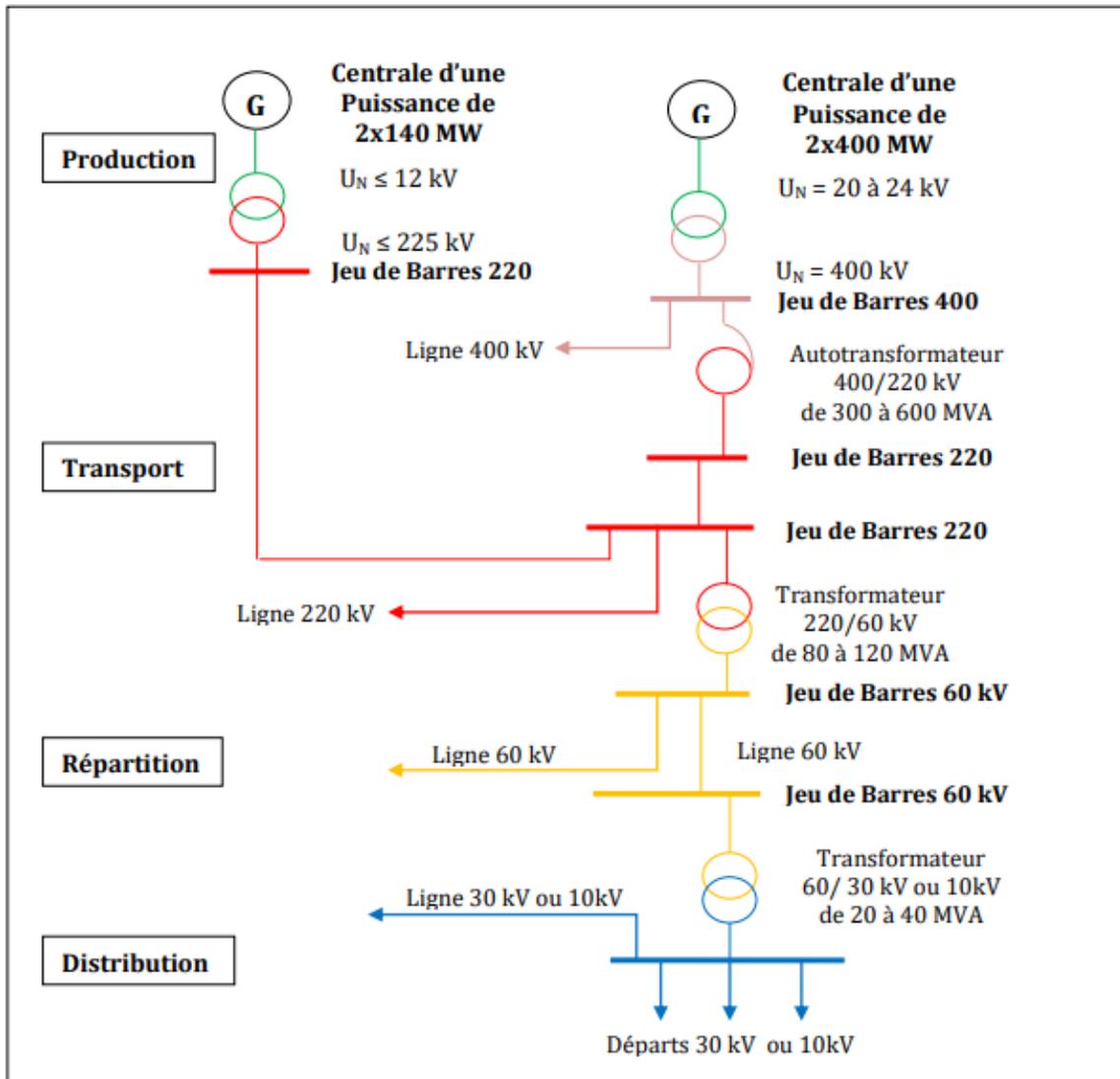
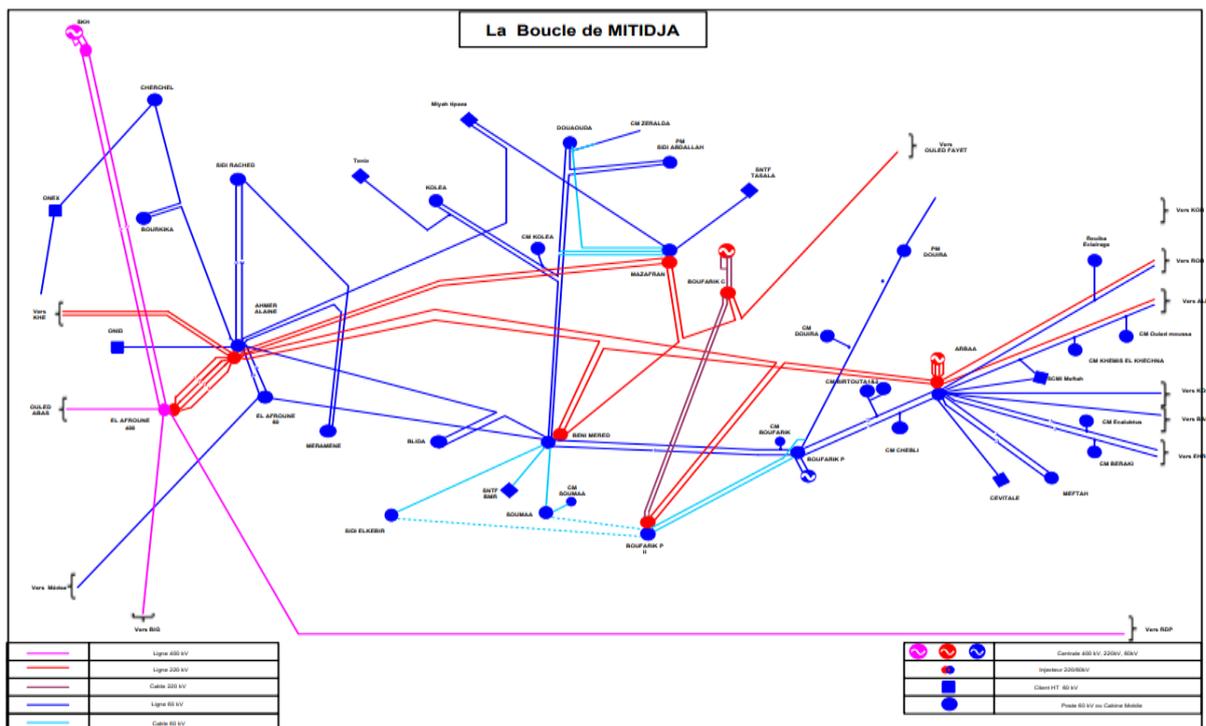


Figure 1.4 : Architecture générale d'un réseau d'énergies électrique

#### 3.1 Réseaux de transport et d'interconnexion

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission :

- De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport).
- De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion). La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 400 kV, Neutre directement mis à la terre, Réseau maillé. [2][3][4]



**Figure 1.5 :** Réseau d'interconnexion de la région d'Alger

## 3.2 Réseaux de répartition

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions. Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation [2] [4]. En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres. Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et d'autre part, les utilisateurs industriels dont la taille (supérieure à 60 MVA) nécessite un raccordement à cette tension.

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

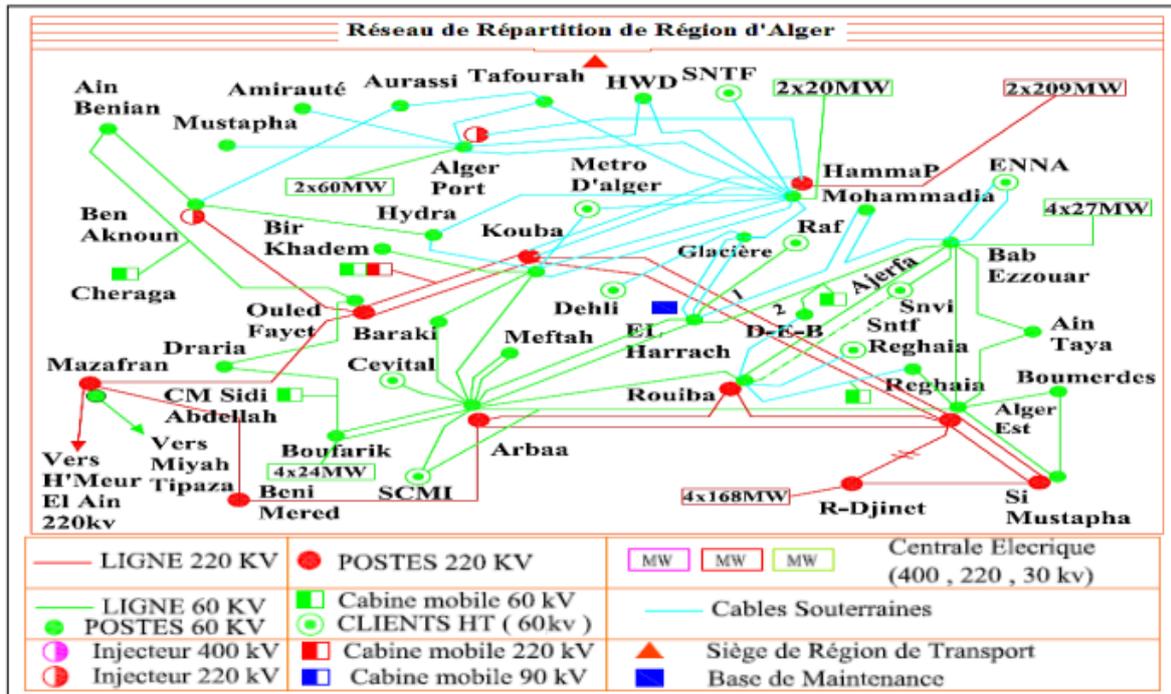


Figure 1.6 : Réseau de répartition Région d'Alger [7].

### 3.3 Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 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 [5] [6].

#### 3.3.1 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.

#### 3.3.2 Réseaux de distribution à basse tension

- BTA (230 / 400 V).
- Neutre directement à la terre.

➤ Réseaux de type radial, maillés et bouclés.

## 4. Niveaux de tension

Les niveaux de tension utilisés diffèrent d'un type de réseau à un autre et diffèrent d'un pays ou d'une région à une autre. Selon la norme IEC (International Electrotechnical Committee) les niveaux de tension sont définis comme suit :

- **THT (VHV)** : Très haute tension (Very high voltage), pour des tensions composées supérieures à 220 kV.
- **HT (HV)** : Haute tension (High voltage), des tensions composées supérieures comprises entre 33 kV et 220 kV.
- **MT (MV)** : Moyenne tension (Medium voltage), des tensions composées comprises entre 1 kV et 33 kV.
- **Basse tension (Low voltage)** : tension comprise entre 100 V et 1 kV.
- **TBT (VLV)** : Très basse tension (Very low voltage), inférieure à 100 V.

D'autres normes existent, notamment la norme IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Celle-ci définit la tension moyenne sur une large plage (de 1 kV jusqu'à 69 kV). La norme IEEE est utilisée surtout en Amérique du nord. Il y a aussi la norme française qui définit les niveaux comme suit : [8]

- **HTB** : supérieure à 50 kV, HTA : entre 1 kV et 50 kV, BTB : entre 500 V et 1 kV.
- **BTA** : entre 50 et 500 V.
- **TBT** : inférieur à 50 V.

Remarque : En pratique, il y a des valeurs de tensions standards pour chaque niveau. En Algérie ces niveaux sont 220 kV en transport, 60 kV et 30 kV en répartition et distribution MT et 400 V en distribution BT.

## 5. Structure des réseaux électriques

Il y a trois différents types de topologies :

- Les réseaux radiaux
- Les réseaux bouclés.
- Les réseaux maillés

## Réseau radial:

Si l'énergie transportée par un réseau vers un client y parvient par un seul parcours, on parle de distribution radiale (Utilisé pour le réseau rural). La figure 1.7 représente la structure d'un réseau radial.

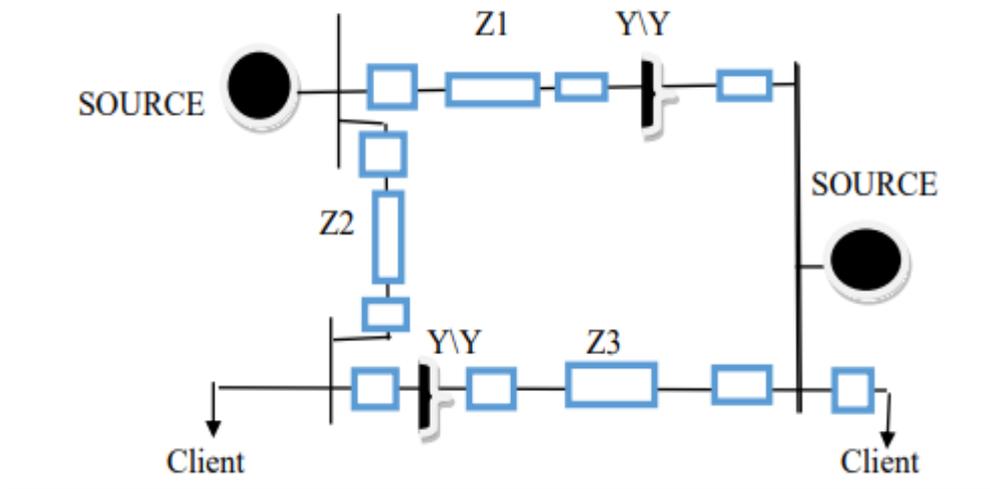


Figure 1.7: Schéma du réseau radial

## Réseau bouclé:

Si l'énergie transportée par un réseau vers un client y parvient par plusieurs parcours, on parle de distribution bouclée (Utilisé pour les réseaux de répartition). La figure 1.7 représente le schéma unifilaire d'un réseau bouclé.

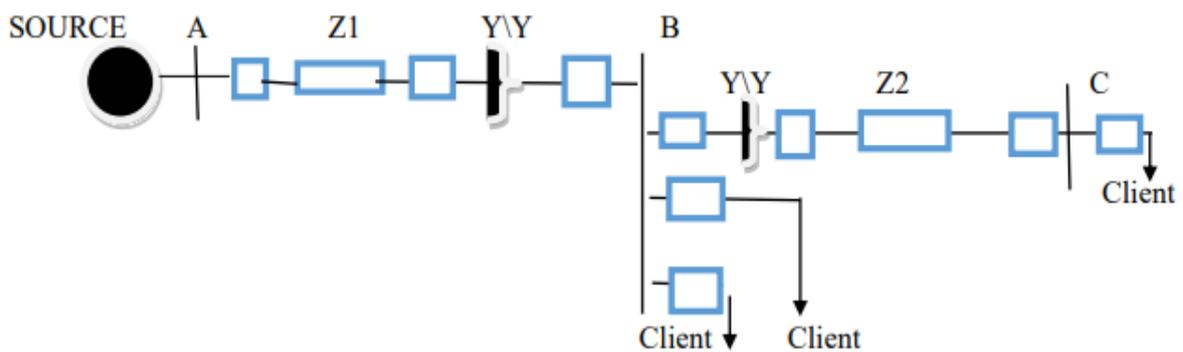


Figure 1.7 : Topologie d'un réseau bouclé.

## Réseau maillé:

Les réseaux maillés sont des réseaux où toutes les lignes sont bouclées formant ainsi une structure analogue à la maille d'un filet. Ils sont utilisés pour les réseaux de transport. La topologie d'un réseau maillé est présentée dans la figure 1.8.

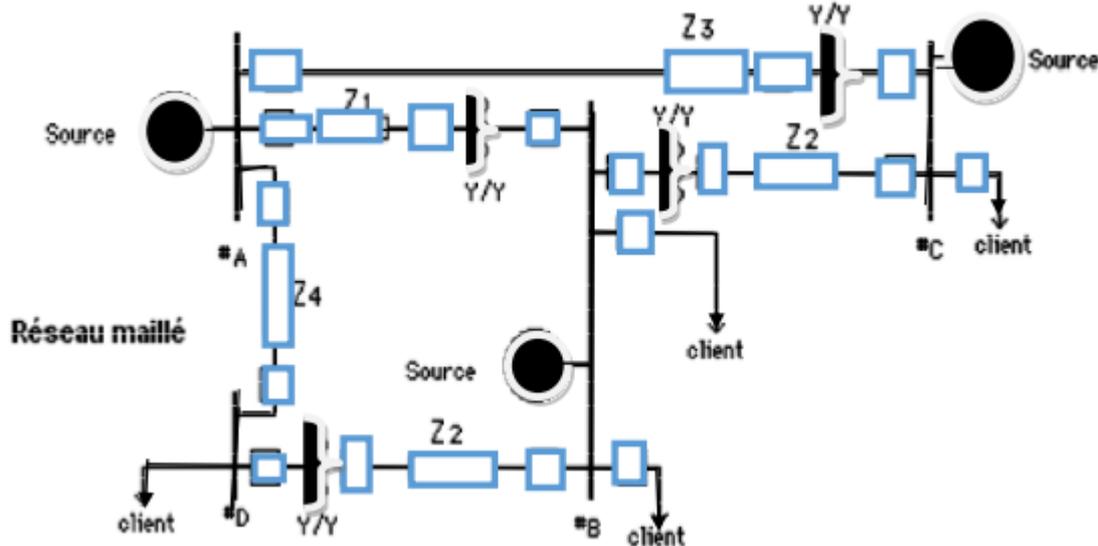


Figure 1.8 : Topologie d'un réseau maillé.

## 6. La protection des réseaux électriques

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité d'un réseau électrique. Cette protection est nécessaire pour éviter la destruction accidentelle d'équipements coûteux et pour assurer une alimentation électrique ininterrompue. Elle doit également garantir la stabilité des réseaux électriques.

La Commission électrotechnique internationale (C.E.I) définit la protection comme l'ensemble des dispositions destinées à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs disjoncteurs et, si nécessaire d'élaborer d'autres ordres de signalisations.

La plupart des systèmes de fourniture d'énergie électrique sont interconnectés et doivent bénéficier de telles protections. Elles doivent être réglées en fonction des nombreux paramètres : architecture du réseau, régime de neutre, courant de court-circuit, quels sont les capteurs de mesure en place, sélectivité. Une étude réseau est donc nécessaire. La sélectivité

est une qualité très importante pour la protection électrique, différentes méthodes existent pour la réaliser.

Pour la protection, on divise le réseau électrique en zones délimitées par les disjoncteurs. Chaque zone doit être correctement protégée. Les zones se recouvrent pour ne laisser aucun point du réseau sans protection.

Les protections électriques mettent en œuvre différents éléments : des capteurs, des relais, des automates et des disjoncteurs. Elles fonctionnent typiquement en l'espace de quelques centaines de millisecondes.

Chaque composant du réseau nécessite des types de protections spécifiques.

Comme son nom l'indique une protection électrique permet de protéger contre les défauts électriques. Il convient de les identifier correctement afin de définir correctement la protection adéquate. Les défauts possibles sont : [9]

- Court-circuit phase-phase.
- Court-circuit phase-terre.
- Choc de foudre.
- Hoc de manœuvre.
- Surtension.
- Défaillance d'un disjoncteur.
- Défaut à la masse.
- Surcharge thermique.

Par ailleurs, il faut les différencier en fonction de leur nature [10] :

**Fugitif** : nécessitent une coupure très brève du réseau. Par exemple : balancement des conducteurs sous l'effet du vent, objets divers charriés par le vent, brouillard givrant, pluie en zone polluée, branche d'arbre proche d'une ligne, et brûlée par l'arc.

**Permanent** : nécessitent une intervention humaine pour remettre en route le réseau. Par exemple : rupture d'un câble, ou de sa pince d'ancrage, et chute sur le sol, chute d'un arbre, ou d'une grue, sur la ligne, acte de malveillance conduisant, par exemple, à la ruine d'un pylône, d'étrégnage d'un brin de conducteur, qui s'approche d'une autre masse métallique.

**Auto-extincteur** : disparaissent spontanément rapidement.

**Semi-permanent** : nécessitent une coupure longue, de l'ordre de quelques dizaines de secondes, pour disparaître. [9]

Remarque : Les principales qualités d'un système de protection sont définies par : La rapidité  
La sélectivité, La sensibilité, La fiabilité (sûreté et sécurité)

## Conclusion

On a fait dans ce chapitre une étude générale du réseau électrique, avec l'étude de ses différents composants nécessaire à la production, au transport, à la distribution et à la livraison de l'énergie électrique.

Le but premier d'un réseau d'énergie est de pouvoir alimenter la demande des consommateurs. Comme on ne peut encore stocker économiquement et en grande quantité l'énergie électrique il faut pouvoir maintenir en permanence l'égalité :  $\text{Production} = \text{Consommation} + \text{pertes}$ .

Le réseau électrique doit permettre de livrer aux utilisateurs un bien de consommation adaptée à leurs besoins, caractérisé par :

Une puissance disponible, fonction des besoins quantitatifs du client ;

Une tension fixée, fonction de cette puissance et du type de clientèle ;

Une qualité traduisant la capacité à respecter les valeurs et la forme prévues de ces deux paramètres et à les maintenir dans le temps.

# **Chapitre2 :**

## **Méthodes d'optimisation méta- heuristique**

### Introduction

Les problèmes d'optimisation occupent actuellement une place importante dans la communauté scientifique. Les problèmes peuvent être combinatoires (discrets) ou à variables continues, avec un seul ou plusieurs objectifs (optimisation multi-objectif), statiques ou dynamiques. Cette liste n'est pas exhaustive et un problème peut être à la fois continu et dynamique.

Dans ce chapitre et dans sa première partie nous allons présenter une introduction générale sur le dispatching économique, des définitions et la fonction et incrémentation de cout, puis nous avons entamé l'étude des méthodes méta heuristiques, tels que l'algorithme Ant Lion Optimiser.

Lion Ant Optimiser (ALO) est un récent modèle inspiré de la nature basé sur le mécanisme de chasse aux fourmis dans la nature.

## 1. Dispatching économique

### 1.1 Définition dispatching économique

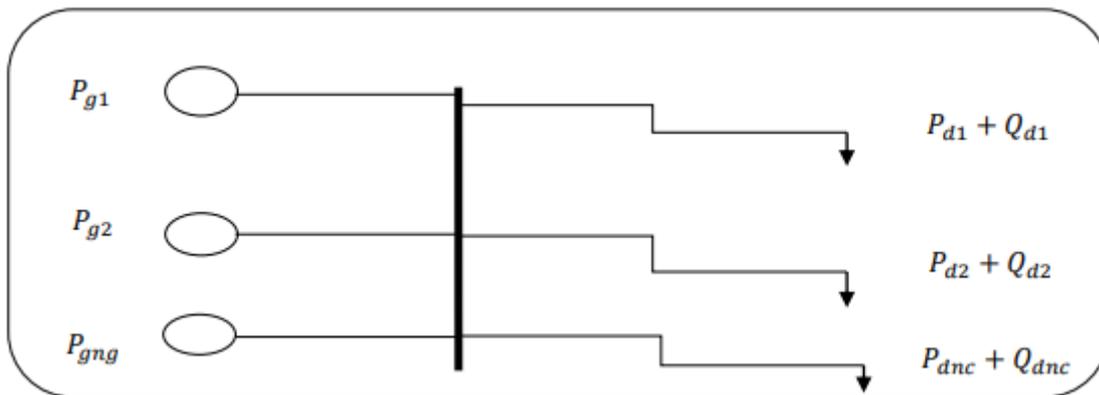
Le dispatching économique est un problème d'optimisation statique qui consiste à répartir la production de la puissance active demandée entre les différentes centrales du réseau, de sorte à exploiter ce dernier de la manière la plus économique possible. Cette distribution doit évidemment respecter les limites de production des centrales. La variable à optimiser est donc le coût de production. Le problème du dispatching économique sans perte est peu complexe car le seul paramètre qui influence le coût est la puissance active générée par la centrale (sans tenir compte de la puissance perdue dans les lignes lors des transits de puissance entre les centrales et les charges).

Les générateurs à combustibles distincts possèdent différents coûts pour fournir le même montant d'énergie électrique. C'est important de se rendre compte que le générateur le plus efficace du système ne peut pas produire de l'électricité au plus bas coût et qu'un générateur bon marché ne peut pas être le plus rentable. Puisqu'un générateur qui se trouve trop loin du centre de la charge donne des pertes de transmission énormes, et donc

le rend peu économique de fonctionner. [11]

## 1.2 L'objectif du dispatching économique

L'objectif est de résoudre le problème économique de production de l'énergie électrique, c'est-à-dire de minimiser le coût total du combustible nécessaire pour cette production qui se présente sous forme d'une fonction non linéaire, en tenant compte de certaines contraintes de type égalité et de type inégalité. [12]



**Figure 2.1** : Modèle du système électrique utilisé dans le dispatching économique

## 1.3 Dispatching économique avec pertes

Deux approches sont essentiellement utilisées pour la solution de dispatching économique avec pertes, la première est le développement d'une expression mathématique des pertes en fonction des puissances de sortie de chaque unité de production (comme celle de beta coefficient). La deuxième approche consiste à utiliser les équations de l'écoulement de puissances optimal (optimal power flow) [13].

### A-Considération des pertes constant

Dans ce cas, la valeur de pertes se rassembler avec la puissance demandée totale et le problème sera étudié comme le cas sans pertes [14].

### B-Pertes variables

Nous devenons à développer une expression mathématique des pertes de puissances actives, en fonction des puissances actives des générateurs [14].

## 1.4 Dispatching économique sans pertes

La solution du dispatching économique est obtenue à l'aide de deux types de méthodes d'optimisation, le premier type utilise le gradient (*fonction de Lagrange*)

comme : La méthode de Kuhn-Tucker et la méthode de gradient. Le deuxième type utilise les itérations (*minimisation sans gradient*) : la méthode d'itération de Lambda. Dans certains cas on peut considérer le problème de dispatching comme linéaire par parties (*Piece Wise linear*).

Si on considère le problème du dispatching comme un problème linéaire on utilise la programmation linéaire [15].

### 1.5 La fonction coût

Le coût de production d'une centrale est généralement modélisé par une fonction polynomiale du second degré en PG (puissance active générée par la centrale) dont les coefficients sont des constantes propres à chaque centrale :

$$C = \sum_{i=1}^{ng} C_i(P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} aP_{gi}^2 + bP_{gi} + c \quad (2.1)$$

Dans le cas où ces coefficients (a, b et c) ne sont pas connus et les données des unités de production sont en forme de tableaux associant chaque puissance active générée à son coût de production. On doit utiliser plusieurs techniques mathématiques pour déterminer les constantes a, b et c comme : l'analyse de régression « regression analysis » avec la méthode des moindres carrés « least-squares method », la logique floue «fuzzy logic » etc. [16]

#### 1.5.1 Minimisation des coûts de génération

Le but principal du dispatching économique est la minimisation du coût de production de chaque générateur et donc le coût total. D'autre part, on sait très bien que les facteurs influençant sur le coût sont résumés en trois points essentiels :

- Le rendement de fonctionnement des générateurs.
- Le coût du combustible.
- Les pertes dans les lignes de transmission.

Et pour minimiser la fonction de coût, on peut ajuster sur l'un des points précédents. Cette minimisation peut être traduite par la condition suivante :

$$\text{Min}(F_T) = \text{Min}(\sum_{i=1}^{Ng} Fi(P_{Gi})) \quad \text{avec : } F = \sum_{i=1}^{Ng} Fi(P_{Gi})$$

(Ng) : Le nombre des générateurs.

F : La fonction de cout total de la production

### 1.5.2 Pertes de transmission

Pertes de transmission: C'est la différence entre les unités générées et distribuées. Ceux-ci sont divisés en pertes techniques et pertes non techniques ou commerciales. Les pertes techniques sont dues à l'énergie dissipée dans conducteurs et équipements utilisés dans les lignes de transmission et pertes magnétiques dans les transformateurs

$$P_L = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{Ng} B_{0i} P_i + B_{00} \quad (2.2)$$

$B_{ij}$ ,  $B_{0i}$  et  $B_{00}$  : sont les coefficients de perte ou B-coefficients.

$B_{0i}$  : facteur linéaire variable.

$B_{00}$  : Facteur constant.

**B-Coefficients**: on les appelle aussi les coefficients de perte, supposés constants pour une base gamme de charges, et une précision raisonnable est attendue lorsque les conditions de fonctionnement réelles sont proches de la base conditions de cas utilisées pour calculer les coefficients. Ils sont généralement représentés par  $B_{ij}$ .

Autre méthode de calcul des pertes :

$$P_L = B_{ij} P_{Gi}^2$$

## 1.6 Les contraintes

Les puissances actives générées optimales correspondant à un coût minimal, doivent obligatoirement respecter les contraintes de type égalité et inégalité. Les contraintes de sécurité expriment qu'en cas de perte d'un ou plusieurs ouvrages de production et/ou de transport, le réseau continue à fonctionner dans des limites admissibles [17].

### 1.6.1 Contraintes d'égalité

Le choix optimal des puissances générées doit obéir à l'équilibre statique de l'énergie dans le système électrique. Ces contraintes sont représentées par des équations non linéaires de l'écoulement puissance [17].

On peut dire que les contraintes d'égalités vérifient la loi de Kirchhoff, bilans

d'énergie [18].

### 1.6.1.1 Cas d'un système sans pertes

Dans ce cas, la seule contrainte est que la somme de toutes les puissances actives générées, soit égale à la charge totale de système [19].

$$\sum_{i=1}^{ND} P_{Gi} = P_D \quad (2.3)$$

### 1.6.1.2 Cas d'un système avec pertes

Dans ce cas, la somme de toutes les puissances actives générées, soit égale à la somme de la puissance demandé par la charge de système et les pertes de transmission de cette puissance [16].

$$\sum_{i=1}^{Ng} P_{Gi} - P_D - P_L = 0 \quad (2.4)$$

$P_D$  : la puissance active totale absorbée par toute la charge.

$P_{Di}$  : la puissance active absorbée par la charge (i).

$P_L$  : les pertes actives dans les lignes de transmission

$ND$  : le nombre de nœuds consommateurs.

### 1.6.2 Contraintes d'inégalité

On les appelle aussi les contraintes de sécurité, directement liées aux limites associées aux centrales électriques.

$$P_{Gi}^m \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^M \quad (2.5)$$

D'où

La puissance active minimale que génère le générateur (i)  $P_{Gi}^m$

La puissance active maximale que génère le générateur (i)  $P_{Gi}^M$

## 2. Méthode méta-heuristique

### 2.1 Définition

Un méta heuristique est un algorithme d'optimisation visant à résoudre des problèmes d'optimisation difficile (souvent issus des domaines de la recherche opérationnelle, de l'ingénierie ou de l'intelligence artificielle) pour lesquels on ne connaît pas de méthode classique plus efficace.

Les métras heuristiques sont généralement des algorithmes stochastiques itératifs, qui progressent vers un optimum global, c'est-à-dire l'extremum global d'une fonction, par échantillonnage d'une fonction objective. Elles se comportent comme des algorithmes de recherche, tentant d'apprendre les caractéristiques d'un problème afin d'en trouver une approximation de la meilleure solution (d'une manière proche des algorithmes d'approximation).

Il existe un grand nombre de méta heuristique différent, allant de la simple recherche locale à des algorithmes complexes de recherche globale. Ces méthodes utilisent cependant un haut niveau d'abstraction, leur permettant d'être adaptées à une large gamme de problèmes différents.

Les métras heuristiques sont souvent inspirés par des systèmes naturels, qu'ils soient pris en physique (cas du recuit simulé), en biologie de l'évolution (cas des algorithmes génétiques) ou encore en éthologie (cas des algorithmes de colonies de fourmis ou de l'optimisation par essais particuliers). [20]

Elles peuvent être vues comme des méthodologies de niveau supérieur servant à guider la conception d'heuristiques implicitement dédiées à la résolution d'un problème spécifique. Elles sont donc composées d'éléments génériques ou invariants, ainsi que d'éléments spécifiques au problème considéré, tels que la représentation ou l'évaluation d'une solution. [21]

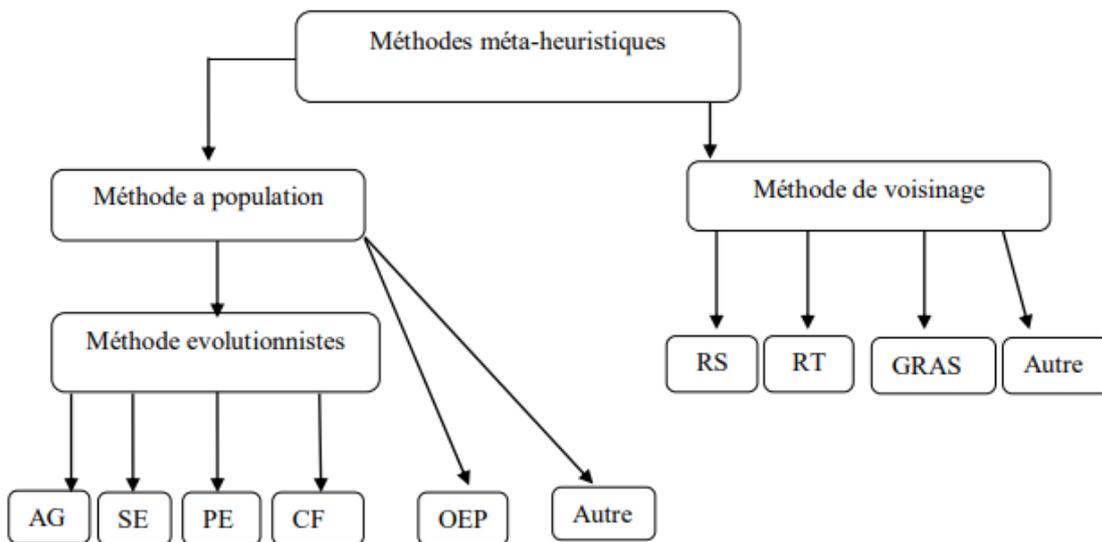
Il existe un grand nombre de méta-heuristiques d'optimisation. Elles se distinguent classiquement en deux groupes : les méthodes locales et les méthodes de recherche globale.

➤ A partir d'un point de départ quelconque, **les méthodes locales** permettent d'obtenir le minimum local le plus proche du point de départ. Elles essaient toujours d'améliorer la solution courante et sont donc incapables de s'extraire d'un minimum local puisque cela impliquerait d'accepter de dégrader la solution courante.

➤ **Les méthodes globales** (Tabou, recuit simulé, algorithmes évolutionnaires, etc.) possèdent un mécanisme leur permettant de s'extraire des minimas locaux. Elles sont plus adaptées à l'exploration globale de l'espace de recherche le plus souvent au détriment de l'exploration locale. [22]

### 2.2 Classification des méthodes méta-heuristiques

Dans notre étude, nous nous sommes basés sur une classification qui distingue les méthodes à recherche locale (de voisinages) se basant sur une solution unique et celles faisant évoluer une population de solution que nous allons opter pour faire une illustration adapter à notre problème (Figure 2.2) [21].



**Figure(2.2):** Classification des Méta-heuristiques

Où :

- CF : Colonie de Fourmies
- AG : Algorithmes Génétique
- SE : Stratégies d'Evolution
- PE : Programmation Evolutionnaire

- OEP : Optimisation par Essaim de Particules
- RS : Recuit Simulé
- RT : Recherche Taboue
- GRASP: Greedy Randomized Adaptive Search Procedure

### 2.2.1 Méthodes méta-heuristiques à parcours

Pour ce type de méta heuristiques, on utilise un parcours pour avoir un optimum. A partir d'une solution unique  $x_0$ , considérée comme point de départ (calculée par exemple par une heuristique constructive) , la recherche consiste à passer d'une solution à une solution voisine par déplacements successifs.

L'ensemble des solutions que l'on peut atteindre à partir d'une solution  $x$  est appelé voisinage  $N(x)$  de cette solution. Déterminer une solution voisine de  $x$  dépend bien entendu du problème traité. Ce type regroupe par exemple le Recuit Simulé (RS), la Recherche Taboue (RT), et la méthode GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procédure). [23]

- Unique. Ce parallélisme implicite permet de proposer plusieurs solutions différentes en fin d'exécution.
- Il n'est pas nécessaire de savoir formaliser le problème. Seul l'évaluation de la solution doit pouvoir être faite. Les algorithmes génétiques utilisent des règles de transition probabilistes, et non déterministes, ce qui permet de s'extraire des optima locaux.

### 2.2.3 Méthode méta-heuristique à population

Ce genre de méthodes exige une population des individus ou de particules dans un domaine de recherche pour l'exploration et la recherche d'un optimum global. Parmi ces méthodes on trouve:

- Les méthodes de calcul évolutionnaire qui engendrent les algorithmes génétiques (GA), Stratégies d'évolution (SE), la programmation évolutionnaire (PE) et l'évolution différentielle (DE).
- L'optimisation par l'essaim particulaire (OEP ou PSO) [23].

### 2.3 Application

Les méta- heuristiques sont souvent inspirés par des systèmes naturels, qu'ils soient pris en physique (**les méthodes de voisinage comme le recuit simulé et la recherche tabou**), en biologie de l'évolution (**les algorithmes évolutifs comme les algorithmes génétiques et les stratégies d'évolution**) ou encore en étiologie (**les algorithmes de colonies de fourmis et AntLion**).

#### 2.3.1 Méta- heuristique à recuit simulé

La méthode de recuit simulé s'inspire du processus de recuit physique. Ce processus utilisé en métallurgie pour améliorer la qualité d'un solide cherche un état d'énergie minimale qui correspond à une structure stable du solide. Les origines du recuit simulé remontent aux expériences réalisées par **Métropolies et al** dans les années 50 pour simuler l'évolution d'un tel processus de recuit physique. **Métropolies et al** utilisent une méthode stochastique pour générer une suite d'états successifs du système en partant d'un état initial donné. Tout nouvel état est obtenu en faisant subir un déplacement (**une perturbation**) aléatoire à un atome quelconque [24,25].

Le processus du recuit simulé répète une procédure itérative qui cherche des configurations de coût plus faible tout en acceptant de manière contrôlée des configurations qui dégradent la fonction de coût. A chaque nouvelle itération, un voisin de la configuration courante est généré de manière aléatoire. Selon les cas, ce voisin sera soit retenu pour remplacer celle-ci, soit rejeté. Si ce voisin est de performance supérieure ou égale à celle de la configuration courante, il est systématiquement retenu.

Dans le cas contraire, il est accepté avec une probabilité qui dépend de deux facteurs : d'une part l'importance de la dégradation (**les dégradations plus faibles sont plus facilement acceptées**). D'autre part un paramètre de contrôle, la température (**une température élevée correspond à une probabilité plus grande d'accepter des dégradations**).

La température est contrôlée par une fonction décroissante qui définit un schéma de refroidissement.

Les deux paramètres de la méthode définissent la longueur des paliers et la fonction permettant de calculer la suite décroissante des températures.

En pratique, l'algorithme s'arrête et retourne la meilleure configuration trouvée lorsque aucune configuration voisine n'a été acceptée pendant un certain nombre d'itérations à une température ou lorsque la température atteint la valeur zéro.

La performance du recuit simulé dépend largement du schéma de refroidissement utilisé. De nombreux schémas théoriques et pratiques ont été proposés. De manière générale, les schémas de refroidissement connus peuvent être classés en trois catégories :

- **Réduction par paliers** : chaque température est maintenue égale pendant un certain nombre d'itérations, et décroît ainsi par paliers.
- **Réduction continue**: la température est modifiée à chaque itération.
- **Réduction non- monotone**: la température décroît à chaque itération avec des augmentations occasionnelles.

Il existe des schémas qui garantissent la convergence asymptotique du recuit simulé. En pratique, on utilise des schémas relativement simples même s'ils ne garantissent pas la convergence de l'algorithme vers une solution optimale.

Le recuit simulé constitue, parmi les méthodes de voisinage, l'une des plus anciennes et des plus populaires. Il a acquis son succès essentiellement grâce à des résultats pratiques obtenus sur de nombreux problèmes NP- difficiles. La preuve de convergence a également contribué à cette popularité, bien que cette preuve n'ait pas de portée en pratique.

### 2.3.2 Les méta- heuristiques évolutionnaires/génétiques

- **Origines** :

Les algorithmes génétiques appartiennent à une famille d'algorithmes appelés méta-

heuristique dont le but est d'obtenir une solution approchée, en un temps correct, à un problème d'optimisation, lorsqu'il n'existe pas de méthode exacte pour le résoudre.

Les algorithmes génétiques utilisent la notion de sélection naturelle développée par le scientifique Charles Darwin au XIX<sup>ème</sup> siècle. [26,27]

- **Principe :**

Le principe fondamental d'un algorithme génétique consiste à représenter l'évolution naturelle d'organismes (individus), générations après générations, en respectant les phénomènes d'hérédité et la loi de survie énoncés par Darwin. Selon ces principes, au sein d'une population d'individus, seuls les plus forts, c'est-à-dire les mieux adaptés au milieu naturel, survivent et peuvent donner une descendance. [28]

Dans un algorithme génétique, un individu (une solution) est caractérisé par une structure de données qui représente son empreinte génétique. Les opérateurs génétiques de croisement et de mutation sont des procédures qui agissent sur les structures de données associées aux individus et doivent permettre de parcourir l'espace de solutions du problème.

Un algorithme génétique est un algorithme itératif, il manipule une population de taille donnée. Cette population est formée de chromosomes. Chaque chromosome représente le codage d'une solution potentielle au problème à résoudre, il est constitué d'un ensemble de gènes.

En appliquant les opérateurs génétiques (la sélection, le croisement et la mutation) à la population initiale, on arrive à créer une nouvelle population contenant le même nombre de chromosomes que la précédente.

Mais qui ont des qualités meilleures que les précédentes et ainsi de suite , en répétant le même processus, on renouvelle à chaque fois la population à chaque génération en améliorant les qualités des chromosomes qui sont mieux adaptées à leur environnement, qui est représenté par la fonction objective et de cette manière les chromosomes vont tendre vers l'optimum de la fonction. [28, 29]

La sélection des meilleurs chromosomes est la première opération dans un algorithme génétique .Au cours de cette opération l'algorithme sélectionne les meilleurs

éléments. Le croisement permet de générer deux chromosomes nouveaux "enfants" à partir de deux chromosomes sélectionnés "parents", tandis que la mutation réalise l'inversion d'un ou plusieurs gènes d'un chromosome. [30]

### 2.3.3 Les méta- heuristiques éthologiques/colonies de fourmis

Cette méta- heuristique s'inspire des comportements collectifs des fourmis dans leurs découvertes de nouvelles sources de nourriture. En effet ces insectes utilisent des phéromones afin de marquer les informations qu'ils ont recueillies sur leur environnement. On appelle cela «stigmergie».

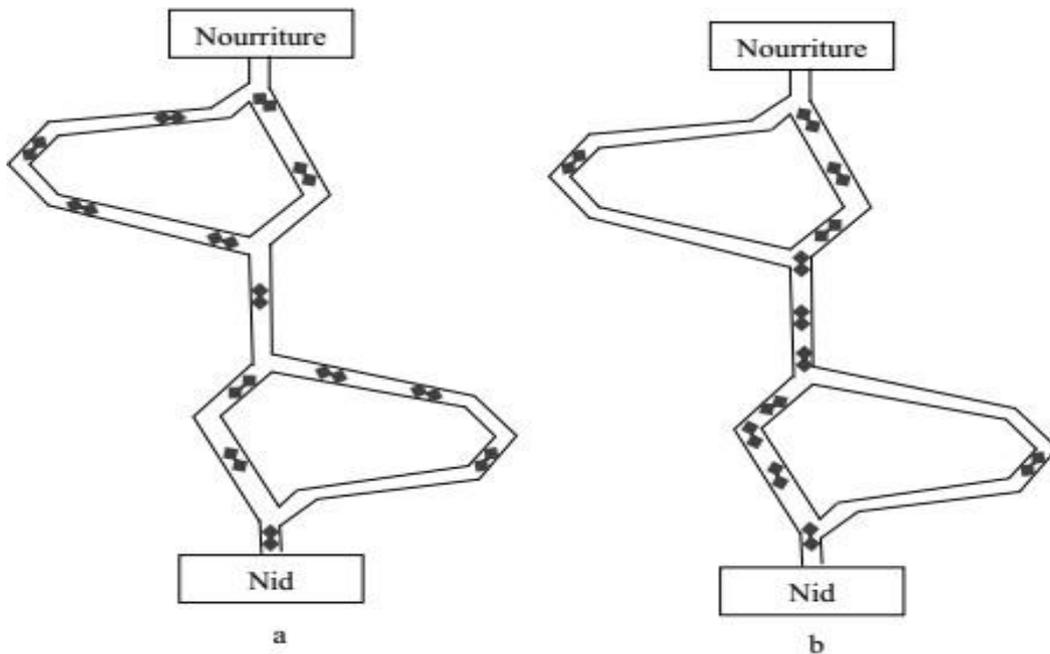
L'utilisation de ces phéromones leur permettent de repérer les plus courts chemins entre une source de nourriture et leur nid. Car malgré leur capacité cognitive limitée, elles sont collectivement capables de résoudre des problèmes complexes.

L'optimisation par colonies de fourmis, s'inspire du comportement des fourmis lorsque celles-ci sont à la recherche de nourriture. Une fourmi en se déplaçant pose de la phéromone, substance olfactive et volatile, sur son chemin. Les fourmis se dirigent de manière probabiliste en tenant compte de la quantité de phéromone qui est autour d'elles et qui a été précédemment déposée par les autres membres de la colonie.

Plus la quantité de phéromone indiquant un chemin est grande, plus la fourmi a tendance à suivre ce chemin. Cependant, comme la phéromone s'évapore progressivement, le choix probabiliste que prend une fourmi pour choisir son chemin évolue continuellement [31].

Comme l'illustre la figure (2.3), les fourmis qui reviendront au nid le plus rapidement, après avoir visité la source de nourriture, sont celles qui auront emprunté les deux branches les plus courtes. Ainsi, la quantité de phéromone présente sur le plus court chemin est relativement plus importante que celle présente sur le chemin le plus long.

En sachant qu'une piste présentant une plus grande concentration en phéromone est plus attirante pour les fourmis, elle aura une plus grande probabilité d'être choisie. Le chemin le plus court sera renforcé par les passages successifs et deviendra à terme la piste empruntée par la majorité des insectes [32].



**Figure (2.3) :** Expérience de sélection des branches les plus courtes par une colonie de fourmis (a) au début de l'expérience, (b) à la fin de l'expérience [27].

### 2.3.4 Optimisation par les essaims de particules

En 1995, Russel Eberhart, ingénieur en électricité et James Kennedy, socio-psychologue, s'inspirent du monde du vivant pour mettre en place une méta-heuristique : l'optimisation par « essaim particulaire » **PSO** (*Particle Swarm Optimization*).

Cette méthode se base sur la collaboration des individus entre eux : chaque particule se déplace et à chaque itération, la plus proche de l'optimum communique aux autres sa position pour qu'elles modifient leur trajectoire. Cette idée veut qu'un groupe d'individus peu intelligents puisse posséder une organisation globale complexe.

Cette méthode s'inspire fortement des relations grégaires des oiseaux migrateurs qui doivent parcourir des longues distances et qui doivent donc optimiser leurs déplacements en termes d'énergie dépensée, comme par exemple la formation en V.



**Figure (2.4) :** Volée d'Anser en formation en V

L'algorithme de base de la P.S.O travaille sur une population appelée *essaim* de solutions possibles, elles-mêmes appelées *particules*. Ces particules sont placées aléatoirement dans l'espace de recherche de la fonction objectif.

A chaque itération, les particules se déplacent en prenant en compte leur meilleure position (déplacement égoïste) mais aussi la meilleure position de son voisinage (déplacement panurgien). [32]

### 2.3.5 Optimisation par la Colonie Artificiel des Abeilles

L'optimisation par colonie d'abeilles est une famille très récente des méta heuristiques .Son principe est basé sur le comportement des abeilles réelles dans la vie pour l'exploration de la nourriture. L'abeille qui cherche à manger, appelée « éclaireuse », se trouve devant une tâche formidable. [33].

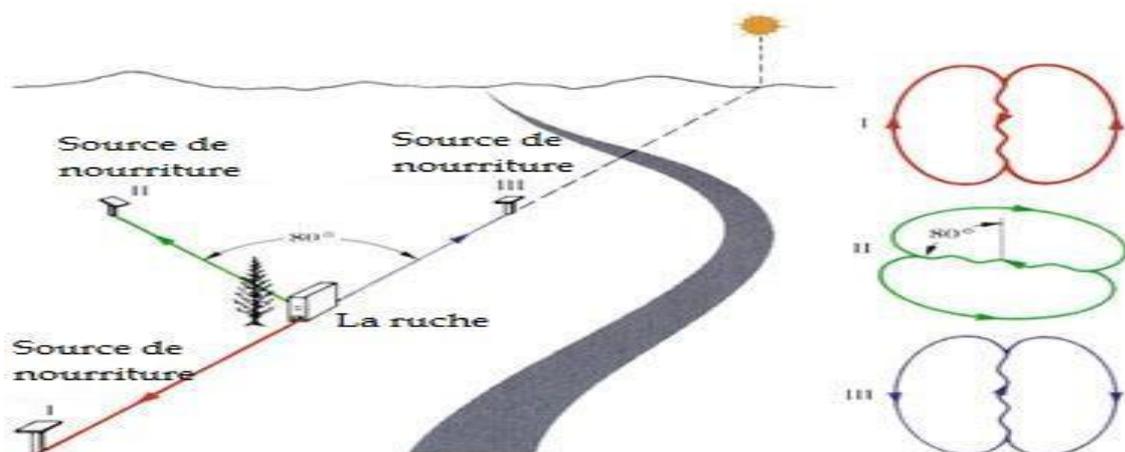
Elle quitte la ruche, cherche dans de vastes zones et vole de longues distances, elle doit donc reconnaître les bonnes sources de nourriture et avant que les abeilles butineuses retournent à la ruche, elle doit enregistrer sa position par rapport à la ruche et déposent une odeur spéciale sur leur source de nourriture.

Une fois qu'une source de nourriture a été localisée et marquée, elle doit retourner à la ruche pour informer les autres ouvrières de sa découverte. Pour cela, elle doit utiliser des informations sur la direction de la ruche même si, pour arriver où elle est, elle fait tout un circuit. Après, elle doit communiquer aux autres ouvrières la direction et la distance de la source de nourriture par rapport à la ruche, et elle doit donner certaines

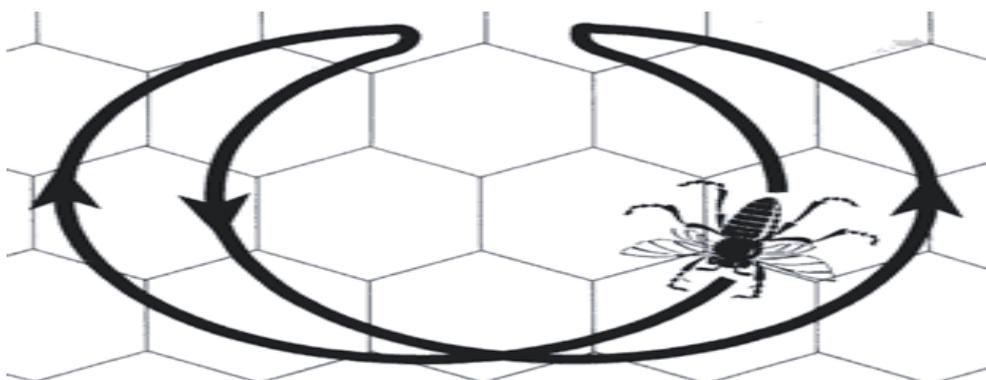
indications sur sa qualité. Ceci doit être fait de la façon la plus économique possible. Elle doit donc attirer l'attention des autres ouvrières, qui peuvent déjà être occupées à autre choses ou avoir reçu des messages d'autres abeilles.

L'abeille est capable, par la danse ou par la production de substances chimiques appelées

« Pheromone », de communiquer aux autres abeilles l'endroit où elle a découvert de la nourriture. Elle **danse en rond** (Figure 2.5) quand elle a trouvé du pollen à faible distance (moins de 25 mètres). Elle utilise une danse très compliquée dite la **danse frétillante** (Figure 2.6), ou danse en huit, si la nourriture se trouve à moins de 10 kilomètres. La direction de la nourriture est exprimée par rapport à la position du soleil. La distance est exprimée par le nombre et la vitesse des tours effectués par l'abeille sur elle-même. Afin de survivre à l'hiver, les abeilles doivent recueillir et stocker environ 15 à 50 Kg de nectar. [34].



**Figure (2.5) :** La danse en rond qu'effectue l'abeille en fonction de la direction de la source de nourriture



**Figure (2.6):** la danse frétillante,

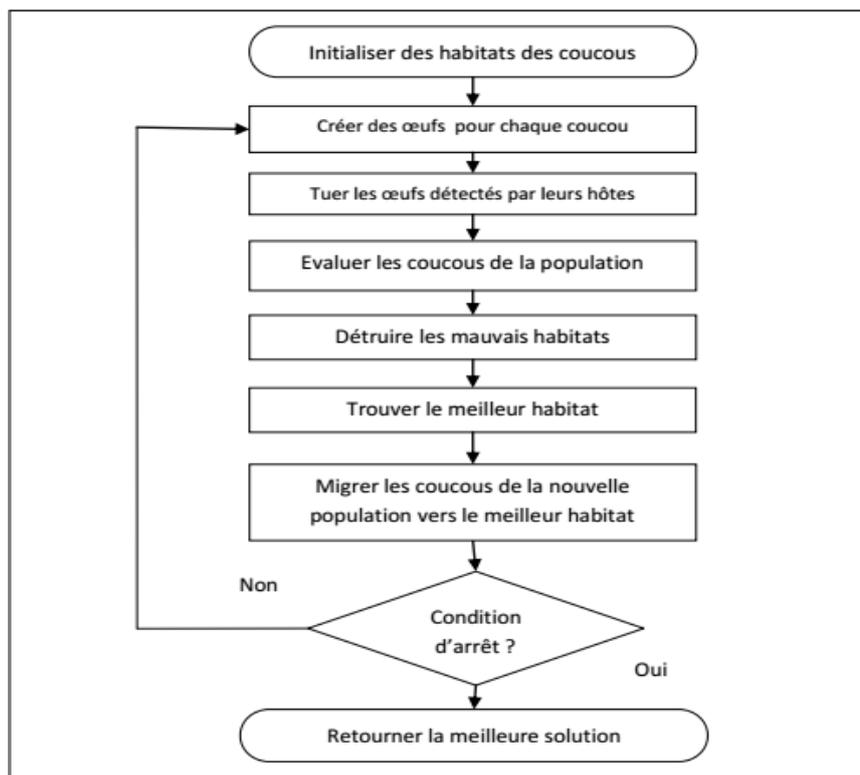
### 2.3.6 L'algorithme de l'optimisation par coucou

L'algorithme d'optimisation par coucou (COA: Cuckoo Optimisation Algorithm) est aussi un très jeune méta heuristique. Elle a été proposée en 2011 par Rajabioun [35].

L'algorithme d'optimisation par coucou s'inspire du comportement des coucous dans leur vie, reproduction et développement. Dans l'algorithme COA, une solution donnée est appelée « habitat ». Un habitat représente une position actuelle du coucou dans l'espace de recherche. L'habitat de chaque coucou produit un certain nombre d'œufs, certains entre eux se développent et deviennent des coucous matures. La création des œufs est basée sur la position actuelle de l'habitat du coucou et sur la distance de ponte proportionnelle au nombre total des œufs du coucou lui-même et aussi à deux autres variables limitant l'intervalle d'où les valeurs des variables sont tirées (notées  $Var_{hi}$  et  $Var_{max}$ ).

A chaque itération, chaque coucou pond un ensemble d'œufs, certains d'entre eux survivent et migrent dans le but de rechercher le meilleur habitat. Les autres seront tués par leurs hôtes (l'oiseau propriétaire du nid), ou détruits à cause de leurs mauvaises qualités.

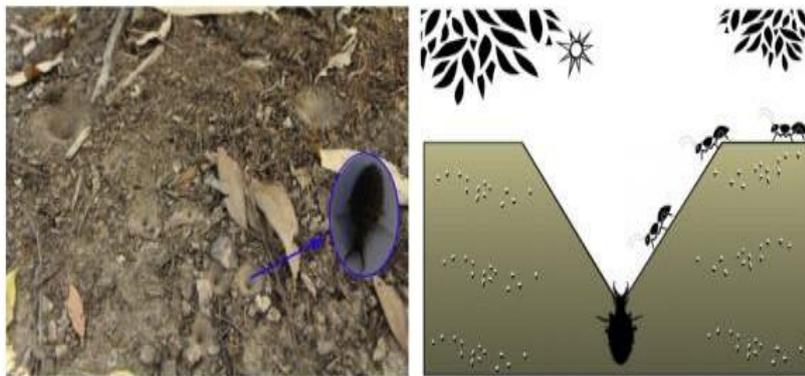
La figure (2.7) représente un organigramme résumant les étapes de l'algorithme COA [35].



**Figure (2.7)** : Organigramme de l'algorithme de l'optimisation par la recherche coucou.

### 3. Ant Lion Optimizer

Ant Lion Optimizer (ALO) est un nouvel algorithme inspiré de la nature proposé par Sayedali Mirjalili en 2015 [36]. L'ALO L'algorithme émule le mécanisme de chasse des antlions dans la nature. L'algorithme comporte cinq étapes principales telles que marche aléatoire des fourmis, construction de pièges, piègeage des fourmis dans des pièges, capture de proies et reconstruction de pièges. Les Antlions appartiennent à la famille des Myrméléonidé et à l'ordre des neuroptères (insecte à ailes en filet). Le cycle de vie des fourmiliers comprend deux phases: larves et adultes. Ils chassent principalement dans les larves et se reproduisent à l'âge adulte. Une larve de fourmiliers creuse une fosse en forme de cône dans le sable en se déplaçant le long d'un chemin circulaire et en jetant du sable à l'aide de mâchoires massives. Après avoir creusé le piège, les larves se cachent sous le fond du cône et attendent que l'insecte soit piégé dans la fosse. Quand une proie dans attrapé, il sera tiré et consommé. Après cela, les fourmiliers jettent les restes hors de la fosse et améliorent la fosse pour la prochaine chasse. [37]



**Figure (2.8)** Pièges coniques et comportement de chasse des antlions.

#### 3.1 Marche aléatoire des fourmis

L'algorithme ALO imite l'interaction entre les fourmis lions et les fourmis dans le piège. Pour de tels modèles d'interaction, les fourmis sont nécessaires pour se déplacer dans l'espace de recherche et les fourmis sont autorisés à les chasser et à devenir plus en forme à l'aide de pièges. Depuis les fourmis se déplacer de manière stochastique dans la nature lors de la recherche de nourriture, une marche aléatoire est choisie pour le mouvement des fourmis de modélisation comme suit:

$$x(t) = [0, \text{cums}(2r(t_1) - 1), \text{cums}(2r(t_2) - 1) \dots \dots, \text{cums}(2r(t_n) - 1)] \quad (2.6)$$

où *cums* calcule la somme cumulée et *r* (t) est défini comme suit:

$$r(t) = \begin{cases} 1, & \text{if } rand > 0.5 \\ 0, & \text{if } rand < 0.5 \end{cases} \quad (2.7)$$

La position des fourmis est stockée et utilisée pendant le processus d'optimisation dans la matrice suivante:

$$M_{ant} = \begin{bmatrix} ant_{1,1} & ant_{1,2} & \dots & \dots & ant_{1,d} \\ ant_{2,1} & ant_{2,2} & \dots & \dots & ant_{2,d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ ant_{n,1} & ant_{n,2} & \dots & \dots & ant_{n,d} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

où,  $M_{ant}$  est une matrice pour enregistrer la position de chaque fourmi,  $ant_{ij}$  est la valeur de la  $j$ -ème variable (dimension) de la  $i$ -ème fourmi,  $n$  est le nombre de fourmis, et  $d$  est le nombre de variables. Pendant le processus d'optimisation, la matrice  $M_{ant}$  sauvegardera la position de toutes les fourmis (variables de toutes les solutions). La marche aléatoire des fourmis est normalisée pour les maintenir en mouvement dans l'espace de recherche en utilisant l'équation suivante:

Où  $a_i$  indique le minimum de marche aléatoire de la  $i$ -ème variable,  $d_i$  est le maximum de marche aléatoire dans la  $i$ -ème variable,  $c_i^t$  est le minimum de la  $i$ -ième variable à la  $t$ -ième itération, et  $d_i^t$  indique la  $i$ -ième variable maximale à la  $t$ -ième itération.

$$X_i^t = \frac{(X_i^t - a_i) \times (d_i - c_i^t)}{(d_i^t - a_i)} + c_i \quad (2.9)$$

### 3.2 Piégeage dans les fosses de fourmis

Les équations suivantes sont utilisées pour représenter mathématiquement le modèle des fosses d'antlions.

$$C_i^t = Antlion_j^t + C^t \quad (2.10)$$

$$d_i^t = \text{Antlion}_j^t + d^t \quad (2.11)$$

où  $c_i^t$  est le minimum de toutes les variables à la t-ième itération,  $d_i^t$  indique le vecteur comprenant le maximum de toutes les variables à la t-ième itération  $c_i^t$   $t$  est le minimum de toutes les variables pour la i-ème fourmi,  $d_i^t$  est le maximum de toutes les variables pour la i-ème fourmi, et  $t$  Antlion  $j$  montre la position du j-ième antlion sélectionné à la t-ième itération.

### 3.3 Piège de construction

La capacité de chasse du lion de fourmi est modélisée par l'opérateur de la roue de roulette pour sélectionner les lions de fourmis en fonction de leur aptitude pendant optimisation. Ce mécanisme donne de grandes probabilités aux lions de fourmis plus aptes à attraper des proies. [37]

### 3.4 Glisser les fourmis vers Ant Lion

Les lions fourmis sont capables de construire des pièges proportionnels à leur forme physique et les fourmis sont nécessaires pour se déplacer au hasard. Une fois la fourmi est dans le piège, les lions fourmis tireront du sable vers le centre de la fosse. Ce comportement fait glisser la fourmi piégée dans le prendre au piège. Le rayon des promenades aléatoires des fourmis est représenté par (12) et (13).

$$c^t = \frac{c^t}{I} \quad (2.12)$$

$$d^t = \frac{d^t}{I} \quad (2.13)$$

où  $I$  est un rapport,  $c^t$  est le minimum de toutes les variables à la t-ième itération,  $d^t$  indique le vecteur comprenant le maximum de toutes les variables à la t-ième itération. Ces équations réduisent le rayon de mise à jour des positions des fourmis et imitent la manière glissante des proies à l'intérieur des fosses.

### 3.5 Attraper des proies et reconstruire la Foss

La dernière phase de la chasse est lorsque la fourmi atteint le fond de la fosse et est piégée dans la mâchoire du lion. Le lion fourmi attire la fourmi à l'intérieur du sable et consomme son corps. On suppose que la capture de proies se produit lorsque les fourmis deviennent plus en forme (va à l'intérieur du sable) que son lion fourmi correspondant. Ant lion est nécessaire pour moderniser son emplacement à la dernière position de la chassé la fourmi pour améliorer ses chances d'attraper de nouvelles proies.

Il est représenté par l'équation suivante :

$$Antlion_j^t = Ant_j^t, \text{ if } f(Ant_j^t) > f(Antlion_j^t) \quad (2.14)$$

où  $t$  est l'itération courante,  $Antlion_j^t$  indique la position du  $j$ -ème antlion sélectionné à la  $t$ -ième itération, et  $Ant_i^t$  indique la position de la  $i$ -ème fourmi à la  $t$ -ième itération.

### 3.6 Élitisme

Le meilleur lion fourmi obtenu à chaque itération est conservé comme élite, le lion fourmi le plus apte. Le lion fourmi le plus apte devrait pouvoir affecter les mouvements de toutes les fourmis lors des itérations. On suppose que chaque marche aléatoire de fourmis autour d'un ion de fourmi choisi en la roue de la roulette et l'élite instantanément comme suit :

$$Ant_t^t = \frac{R_A^t + R_E^t}{2} \quad (2.15)$$

où  $R_A^t$  est la marche aléatoire autour de l'antlion sélectionné par la roue de roulette à la  $t$ -ième itération,  $R_E^t$  est la marche aléatoire autour de l'élite à la  $t$ -ième itération, et  $Ant_i^t$  indique la position de la  $i$ -ème fourmi à la  $t$ -ième itération.

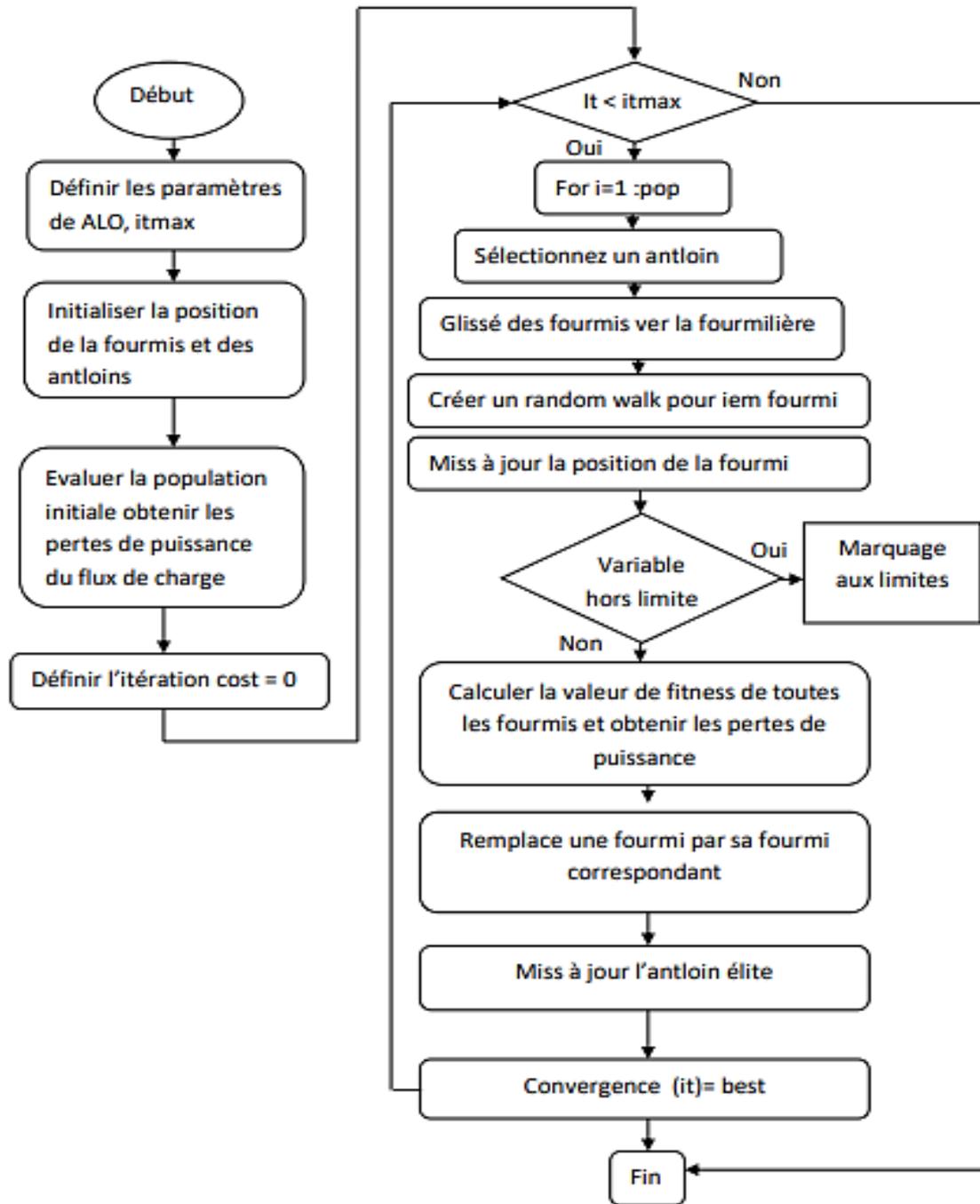


Figure 2.9: Organigramme de la méthode ALO.

### Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation des méthodes méta heuristiques les plus répandues destinées à la résolution des problèmes du dispatching.

Elles sont inspirées de l'analogie avec des domaines aussi variés que la physique, la génétique ou encore l'éthologie. Ces méthodes ont rencontré un très grand succès dans leurs domaines d'application comme la production industrielle, l'économie ou le transport en prouvant leurs capacités à traiter les problèmes les plus difficiles en variables continues et discrètes.

Nous avons également présenté notre méthode AntLion Optimizer (ALO) que nous allons appliquer dans le chapitre suivant.

# **Chapitre 3 :** Simulations et Résultats

## Introduction

ALO est utilisé pour résoudre le problème du dispatching économique pour 02 cas de test différents pour exprimer son potentiel d'optimisation, ou la fonction objective était limitée dans les plages de puissances des unités de production et les pertes de transmission étaient également prises en compte

## Simulation

### 2.1 Exemple 1

#### Paramètres de l'algorithme :

Nombre itération : 500

Nombre d'agents : 80

-Le réseau investi est un réseau à courant Alternatif à 6 nœuds producteurs. Les fonctions des couts et les limites de puissance des six générateurs sont les suivantes : [38]

Nœuds	$a_n$	$b_n$	$c_n$	$P_{n,\min}$ (MW)	$P_{n,\max}$ (MW)
1	0.15240	38.53	756.79886	10	125
2	0.10587	46.15916	451.32513	10	150
3	0.02803	40.39655	1049.9977	35	225
4	0.03546	38.30443	1242.5311	35	210
5	0.02111	36.32782	1658.5696	130	325
6	0.01799	38.27041	1356.6592	125	315

**Tableau 3.1** : Données du réseau

La matrice des coefficients des pertes est:

$$B_{mn}=10^{-4} \begin{bmatrix} 0.14 & 0.17 & 0.15 & 0.19 & 0.26 & 0.22 \\ 0.17 & 0.6 & 0.13 & 0.16 & 0.15 & 0.2 \\ 0.15 & 0.13 & 0.65 & 0.17 & 0.24 & 0.19 \\ 0.19 & 0.16 & 0.17 & 0.71 & 0.3 & 0.25 \\ 0.26 & 0.15 & 0.24 & 0.3 & 0.69 & 0.32 \\ 0.22 & 0.2 & 0.19 & 0.25 & 0.32 & 0.85 \end{bmatrix}$$

	AVEC PERTES		SANS PERTES	
Puissance demandé (MW)	600	700	600	700
P1(MW)	24.7508	29.3828	21.189	24.974
P2(MW)	10.0000	10.0000	10	10
P3(MW)	95.4207	118.6853	82.086	102.66
P4(MW)	100.5357	118.4595	94.371	110.63
P5(MW)	202.5489	230.4113	205.36	232.68
P6(MW)	180.8872	212.3591	186.99	219.05
Ploss (MW)	14.1434	19.2080		
Cout de fuel (\$/h)	32091,11453	36907.08234	31445.62289	36003.12394

**Tableau 3.2 :** Les puissances et le cout avec et sans pertes.

### 1) Comparaison avec des autres programmes

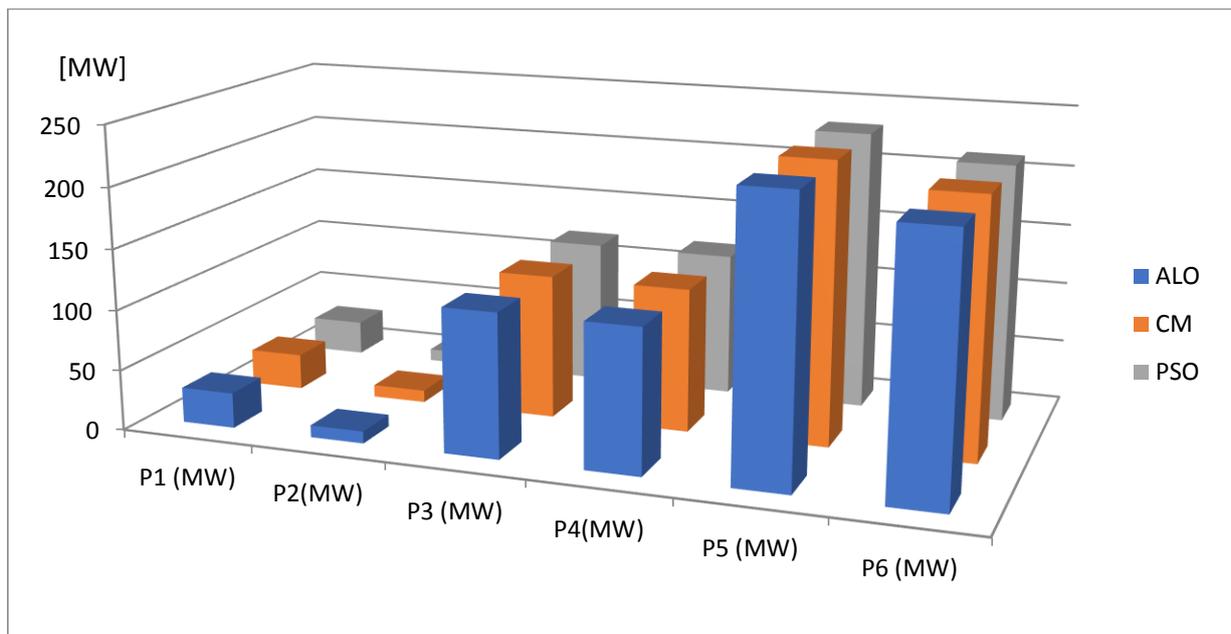
Pour une puissance demandée de 700MW, les résultats des puissances actives, les pertes de transmission et du cout total sont indiqués sous forme de résultats dans le **Tableau**. Ce dernier affiche les solutions optimales des méthodes suivantes:

- **ALO** : Ant Lion Optimisation.
- **CM** : Conventional Method (Lambda iterative technique).
- **PSO** : Particle Swarm Algorithm.

	ALO	CM [39]	PSO [39]
P1 (MW)	29.3828	29.4552	28.28
P2(MW)	10	10	10

P3 (MW)	118.6853	118.814	119.02
P4(MW)	118.4595	118.420	118.79
P5 (MW)	230.4113	230.559	230.78
P6 (MW)	212.3591	212.511	212.56
$P_{Loss}$ (MW)	19.2080	19.3361	19.4319
Cout de fuel (\$/h)	36907.12394	36926	36912.16

**Tableau 3.3 :** Solutions optimales (réseau 1).



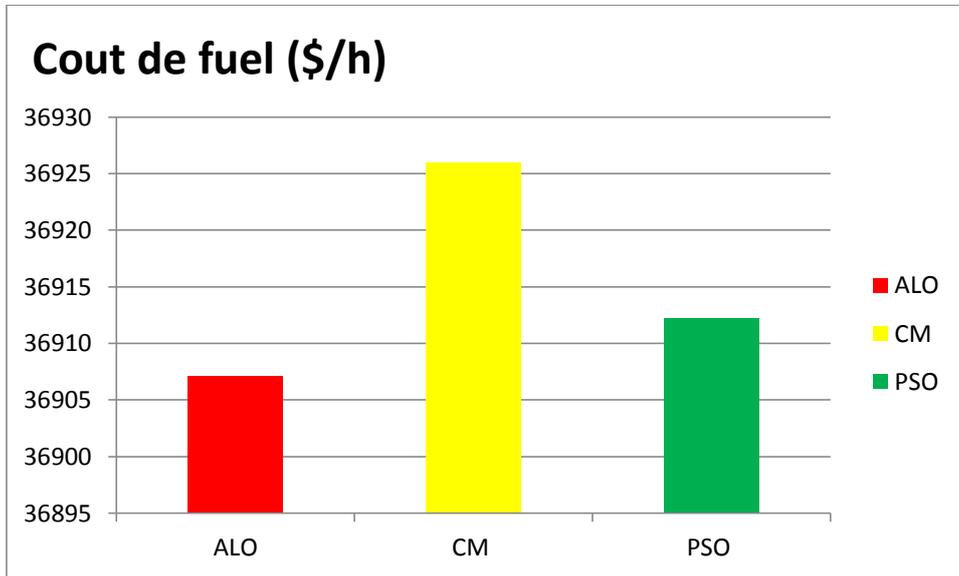
**Figure 3.1 :** Puissance générées optimales obtenus par ALO, CM, et PSO.

### *Interprétation*

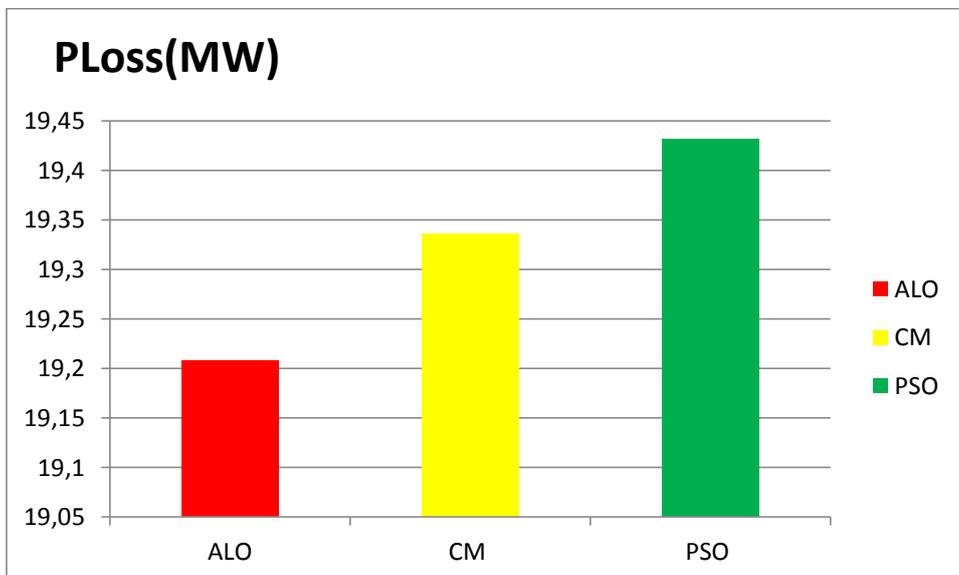
- ❖ A travers les résultats trouvés, on peut dire qu'il y a un écart entre les puissances générées optimales, le cout de production et les pertes de transmission pour les différents algorithmes.
- ❖ L'optimisation du cout de productions est meilleure lors de l'application de **PSO** par rapport à **CM**. **36912.16 \$/h** pour **PSO** et autour **36926 \$/h** pour **CM**, ce qui représente une différence de **13.84 \$/h**. Ceci a conduit à comparer les résultats de **PSO** avec ceux de **ALO**.
- ❖ Le cout total donné par **ALO** est de **36907.12394 \$/h** et autour de **36912.16\$/h** pour **PSO**, ce qui représente une différence de **5.03\$/h**.
- ❖ Les pertes de transmission sont les plus faible l'ors de l'application de **CM** par

rapport à **PSO**, Ceci a conduit à comparer les résultats de **CM** avec ceux de **ALO** .

- ❖ Les pertes données par **ALO** sont de **19.2080 MW** et de **19.3361 MW** pour **CM**, L'algorithmme **ALO** à fait diminuer **0.1281MW** par rapport à **CM**.



**Figure 3.2** Cout total obtenus par ALO, CM et PSO.



**Figure 3.3 :** P Loss obtenus par ALO, CM et PSO.

## 2) Comparaison des résultats avec différentes puissances demandées

Puissance demandé (MW)	Les pertes de puissances (MW)		
	Lambda itération	Particle Swarm Algorithmme	Ant Lion Optimisation
600	14.1639	14.2374	14.1434
700	19.3354	19.4319	19.2080
800	24.3397	25.3309	24.3298

**Tableau 3.4 :** Comparaison des pertes par des différentes méthodes (ALO, CM et PSO).

### Interprétation

- ❖ Pour les trois puissances demandées, les pertes totales obtenus par le Ant Lion optimisation sont les plus faible.

Puissance demandé (MW)	Cout de fuel (\$/h)		
	Lambda itération	Particle Swarm Algorithmme	Ant Lion Optimisation
600	32100	32094.69	32090,1145
700	36926	36912.16	36907.1239
800	41918	41896.66	41892,12504

**Tableau 3.5 :** Comparaison de coût de fuel par d'autres méthodes (ALO, CM et PSO).

### Interprétation

- ❖ A travers les résultats trouvés, on peut dire qu'il y a un écart entre le cout de production entre les différents algorithmes.
- ❖ Le cout total donné par **ALO** est toujours le meilleure pour les différentes puissances, la différence de cout entre la **SA** et **PSO** est **21.34\$/h** et entre **ALO** et **CM** est **4.53\$/h** pour la puissance de **800MW**.

## 2.2 Exemple 2

### Paramètres de l'algorithme :

Nombre itération : 500

Nombre d'agents : 80

-Le réseau investi est un réseau à 10 nœuds producteurs. Les fonctions des couts et les limites de puissance des dix générateurs sont les suivantes : [40]

Nœuds	$a_n$	$b_n$	$c_n$	$P_{n,\min}$ (MW)	$P_{n,\max}$ (MW)
1	0.12951	40.5407	1000.403	10	55
2	0.10908	39.5804	950.606	20	80
3	0.12511	36.5104	900.705	47	120
4	0.12111	39.5104	800.705	20	130
5	0.15247	38.5390	756.799	50	160
6	0.10587	46.1592	451.325	70	240
7	0.03546	38.3055	1243.531	60	300
8	0.02803	40.3965	1049.998	70	340
9	0.02111	36.3278	1658.569	135	470
10	0.01799	38.2704	1356.659	150	470

**Tableau 3.6** : Données du réseau 2.

La matrice des coefficients des pertes est : [40]

$$B_{mn} = 10^{-4} \begin{bmatrix} 0.49 & 0.14 & 0.15 & 0.15 & 0.16 & 0.17 & 0.17 & 0.18 & 0.19 & 0.20 \\ 0.14 & 0.45 & 0.16 & 0.16 & 0.17 & 0.15 & 0.15 & 0.16 & 0.18 & 0.18 \\ 0.15 & 0.16 & 0.39 & 0.1 & 0.12 & 0.12 & 0.14 & 0.14 & 0.16 & 0.16 \\ 0.15 & 0.16 & 0.1 & 0.4 & 0.14 & 0.1 & 0.11 & 0.12 & 0.14 & 0.15 \\ 0.16 & 0.17 & 0.12 & 0.14 & 0.35 & 0.11 & 0.13 & 0.13 & 0.15 & 0.16 \\ 0.17 & 0.15 & 0.12 & 0.1 & 0.11 & 0.36 & 0.12 & 0.12 & 0.14 & 0.15 \\ 0.17 & 0.15 & 0.14 & 0.11 & 0.13 & 0.12 & 0.38 & 0.16 & 0.18 & 0.18 \\ 0.18 & 0.16 & 0.14 & 0.12 & 0.13 & 0.12 & 0.16 & 0.4 & 0.15 & 0.16 \\ 0.19 & 0.18 & 0.16 & 0.14 & 0.15 & 0.14 & 0.16 & 0.15 & 0.42 & 0.19 \\ 0.2 & 0.18 & 0.16 & 0.15 & 0.16 & 0.15 & 0.18 & 0.16 & 0.19 & 0.44 \end{bmatrix}$$

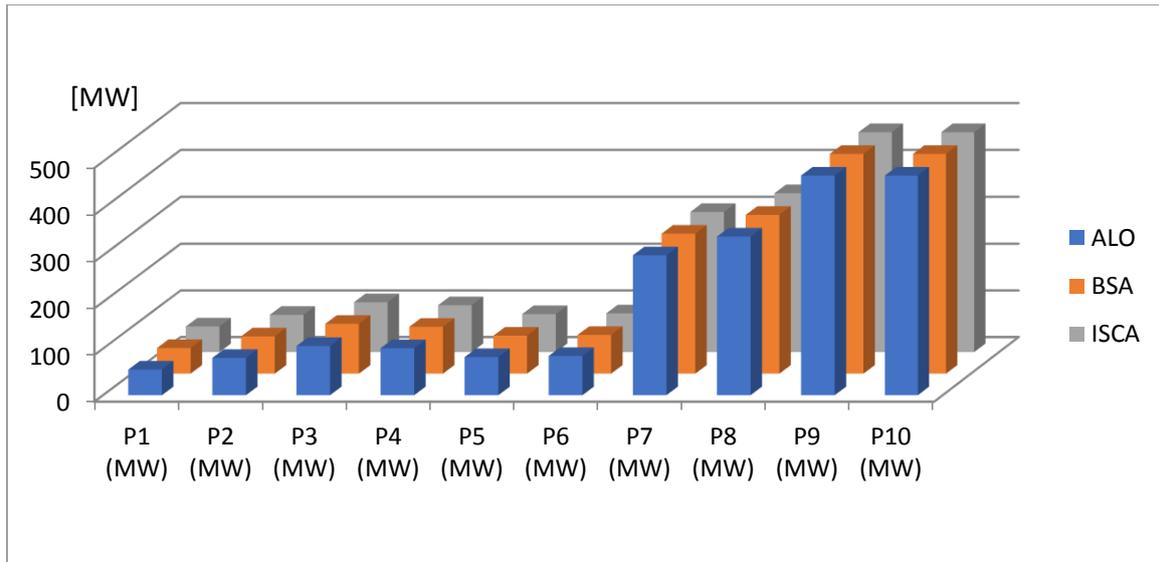
### 1) Comparaison avec des autres programmes

Pour une puissance demandée de 2000MW, les résultats des puissances actives, les pertes de transmission et du cout total sont donnés dans le Tableau (IV.10). Ce dernier regroupe les solutions optimales des méthodes suivantes :

- **ALO:** Antlion Optimisation
- **BSA:** Backtracking Search Algorithm
- **ISCA:** Improved Sine Cosine Algorithm.

	ALO	BSA[40]	ISCA[41]
P <sub>1</sub> (MW)	55.0000	55.0000	55.0000
P <sub>2</sub> (MW)	80.0000	80.0000	80.0000
P <sub>3</sub> (MW)	105.5464	106.9295	106.9499
P <sub>4</sub> (MW)	100.8157	100.6028	100.5763
P <sub>5</sub> (MW)	81.7552	81.4990	81.5010
P <sub>6</sub> (MW)	84.1220	83.0074	83.0116
P <sub>7</sub> (MW)	300.0000	300.0000	300.0000
P <sub>8</sub> (MW)	340.0000	340.0000	340.0000
P <sub>9</sub> (MW)	470.0000	470.0000	470.0000
P <sub>10</sub> (MW)	470.0000	470.0000	470.0000
P <sub>L</sub> (MW)	87.3294		
Cout de fuel (\$/h)	111280	111497	111495

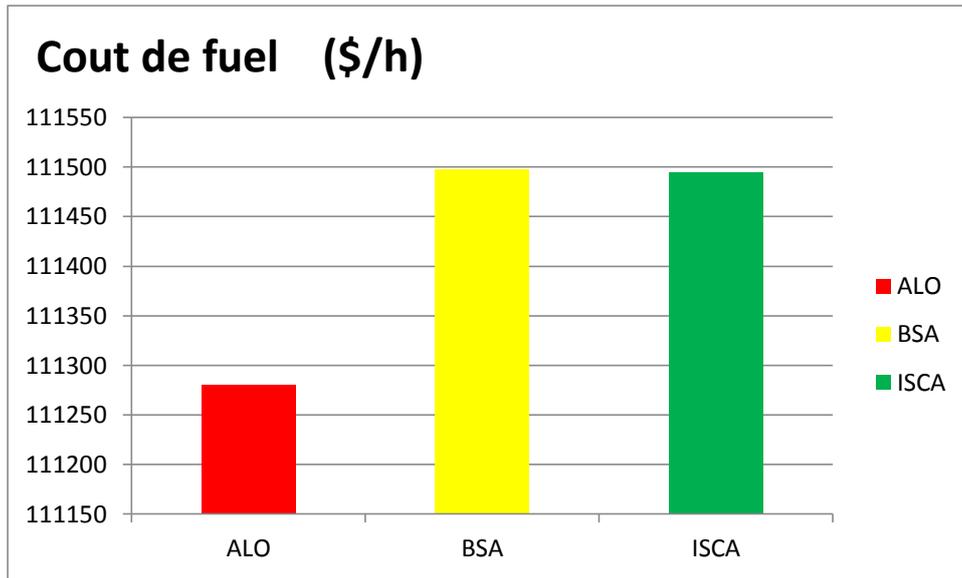
**Tableau 3.7 : Solutions optimales (réseau2).**



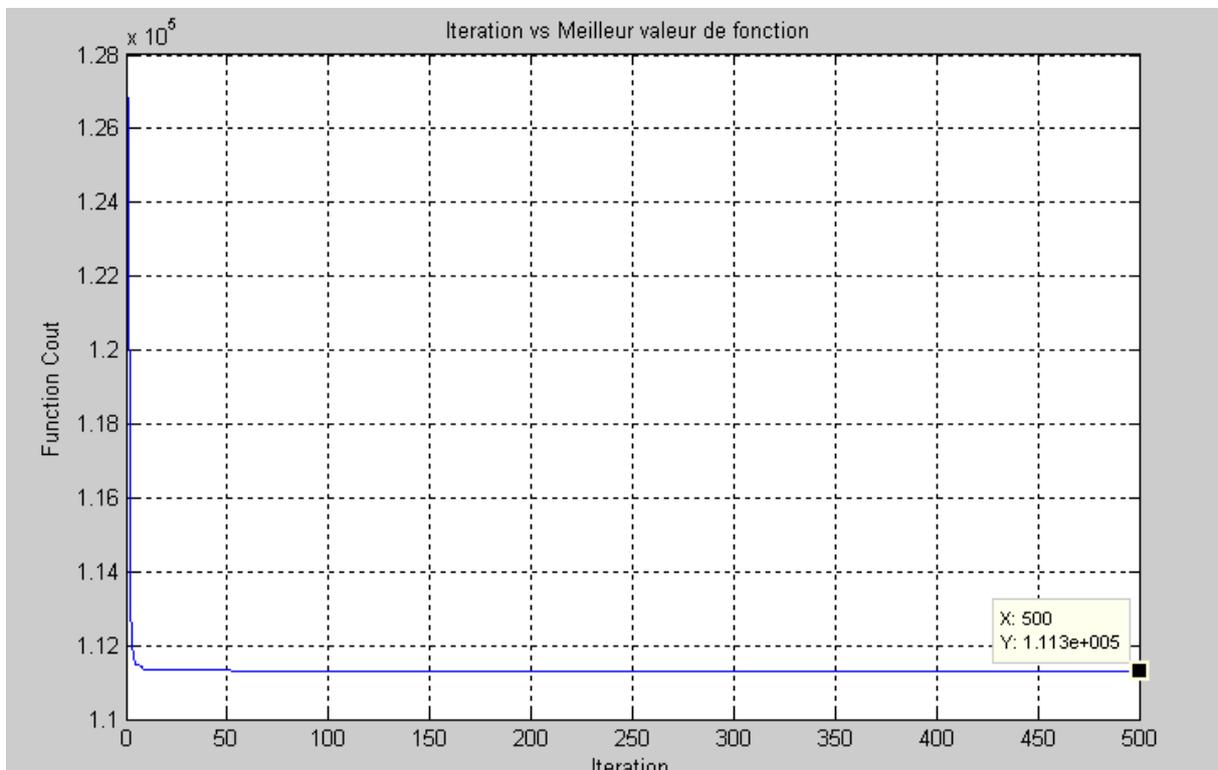
**Figure 3.4:** Puissance générée optimale obtenus par ALO, BSA et ISCA.

### **Interprétation**

- ❖ A travers les résultats trouvés, on peut dire qu'il y a un petit écart entre les puissances générées optimales, le coût de production pour les différents algorithmes.
- ❖ L'optimisation du coût de productions est meilleure lors de l'application d'ISCA par rapport aux BSA. Ceci a conduit à comparer les résultats de ISCA avec ceux de ALO.
- ❖ Le coût total donné par ALO est de **111280\$/h** et autour de **111495\$/h** pour PSO, ce qui représente une différence de **215\$/h**.
- ❖ Les pertes données par ALO sont de **87.3294MW**.



**Figure 3.5 :** Cout total obtenus par ALO, CM et PSO.



**Figure 3.7 :** la convergence d'après le MATLAB.

Notre algorithme a convergé rapidement

## Conclusion

Dans ce travail nous avons appliqué une nouvelle et récente méthode ALO pour résoudre le problème du dispatching économique, pour but de minimisation de cout et minimisation de pertes en respectant les contraintes d'égalités et inégalités du système, afin d'assurer une gestion optimale.

La méthode est appliquée sur un réseau avec 6 et 10 générateurs, en dressant chaque fois une comparaison avec les autres méthodes.

Enfin, l'analyse des résultats montre que l'optimisation de l'écoulement de puissance réactive dans le réseau par la méthode ALO a donné des résultats meilleurs en termes minimisation de pertes de puissance active à travers l'optimisation robuste des variables de contrôle. Nous avons également constaté que le technique ALO est fiable et donne des résultats satisfaisants.

# Conclusion générale

## Conclusion générale

Le travail de recherche présenté dans ce mémoire est une contribution dans le domaine de la répartition économique d'énergie électrique produite par les centrales électriques où une application d'un nouveau algorithme méta-heuristique appelé AntLion optimisation (ALO), a été présentée dans le but de résoudre le Problème de Economic Dispatch (EPD). Également, on a donné un aperçu général sur les différentes méthodes d'optimisation approchées et méta-heuristiques en sur la méthode des Algorithmes. AntLion optimisation (ALO). Mais Avant d'appliquer l'algorithme AntLion pour l'optimisation de coût, qui est la tâche principale de ce mémoire, il était primordial de procéder à un Choix judicieux des différents paramètres de l'algorithme. Plusieurs paramètres spécifiques différents ont été choisis pour valider notre algorithme qui sont des réseaux test (6unités et 10unités) Le programme est développé sous l'environnement de MATLAB version 2013. Les résultats des réseaux test standard présentent des performances acceptables de point de vue coût et perte de puissance, avec un strict respect des conditions techniques (respect de toutes les contraintes). Les perspectives de ce travail sont multiples, on peut citer :

- En premier lieu, la méthode d'optimisation présentée dans cette mémoire peut être améliorée, indépendamment de la stratégie d'hybridation, en allant vers des couplages forts.
- D'autres perspectives s'ouvrent au niveau du problème posé, c'est de traiter la répartition optimale des puissances actives et réactives simultanément.

### Références et Bibliographies

- [1] KHAMED OKBA, «Dispatching économique dynamique des réseaux électriques par les méthodes méta-heuristique», Mémoire de master en Réseau électrique, Université Mohamed Khider Biskra.
- [2] SIEMENS, « Power Engineering Guide - Transmission and Distribution » 4th Edition, 2005.
- [3] J.M. DELBARRE, « Postes à HT et THT - Rôle et Structure », Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie électrique, D 4570, 2004.
- [4] M. ZELLAGUI, « Etudes des protections des réseaux électriques MT (30 & 10kV) », Mémoire de Magistère en Electrotechnique, Université Mentouri Constantine, 2010.
- [5] Groupe Sonelgaz, XD, « Guide Technique de Distribution », Document technique de Groupe SONELGAZ, 1984.
- [6] Schneider Electric, « Architecteur de Réseau de Distribution », 2007.
- [7] C. PRÉVÉ, « Protection des Réseaux Electriques », Edition HERMES, Paris 1998.
- [8] Sellé TOURÉT. « Optimisation des réseaux « réseau actif et flexible » Thèse Doctorat.2014.
- [9] HAMED Mostefa, «Dispatching économique dynamique par utilisation de méthodes d'optimisation globales» Mémoire de Magister, Université Mohamed Khider-Biskra, 2013
- [10] BOUDAB Smail, « application des réseaux de neurones dynamiques à l'optimisation de l'écoulement de puissance dans un réseau électrique» Mémoire de Magister, Université Larbi Ben M' hidi-Oum El Bouaghi, 2011.
- [11] L. Abdelmalek et M Rahli « Répartition optimale des puissances actives par les méthodes Hessiennes » université d'Oran, Acta Electrotechnica ,volume49,number 2,2008.
- [12] SEGHEIR Tayeb. MOGDAD Med Tayeb, «Résolution de dispatching économique par la méthode pattern search» Mémoire de Master, Université d'EL-Oued, 2011.
- [13] AROUA Mohammd Hamza. BOUGHAZALA Mohammd Salah. TAMER Smail,

## Références et Bibliographies

---

«dispatching Economique optimale par la méthode swarm (PSO) » Mémoire Master, Universitaire d'El-Oued, 2009.

[14] FRIDJAT Zineddine. TAMMA Mohammed Elhadi, «Application des algorithmes génétiques à l'optimisation de la production énergie active dans réseau électrique»

Mémoire de Master, Université d'EL-Oued, 2014.

[15] BELGANDI Imad Eddine. MEDJBER Rédha, « Application de la méthode (simulated Annealing) pour le calcul du dispatching économique », Mémoire de Master, Université Tahar Moulay-Saïda, 2017.

[16] F. Michael, L. Yun Kang, «Projet de Conduite des réseaux électriques ELE234 : dispatching économique avec/sans pertes». Université libre de Bruxelles, 2007.

[17] SI TAYEB Abdelkader, «Méta heuristiques pour l'optimisation des puissances actives dans un réseau d'énergie électrique» Mémoire de Magister, Université-Oran, 2011.

[18] GUEDIRI Abdelkarim, « génétiques au dispatching économique des réseaux électriques» Mémoire de Master, université el oued,2014.

[19] NESRAT Djebbari. SOLTANI Elbachir, « Résolution du problème de puissance active dans un réseau d'énergie utilisant les techniques méta-heuristique » Mémoire de Master, Université Hamma Lakhder-El-Oued, 2018.

[20] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Metaheuristique.html>.

[21] L. Jourdan, « Méta-heuristiques Coopératives : du déterministe au stochastique » Habilitation à Diriger les Recherches de l'université de Lille I, 15/09/2010.

[22] P. Pitiot, « Amélioration des techniques d'optimisation combinatoire par retour d'expérience dans le cadre de la sélection de scénarios de Produit/Projet » Thèse de doctorat, Uni. De Toulouse, 25/05/2009.

[23] ABID Yakoub. CHENNOUF Lakhdar. CHELI Salah, «Application d'une méthode méta heuristique à la répartition optimale des puissances dans les réseaux électriques avec une fonction multi objective» Mémoire de Master, Université Hamma Lakhder-El-Oued, 2016.

## Références et Bibliographies

---

[24] Méta heuristique, Wikipédia encyclopédie,

[/https://fr.wikipedia.org/wiki/Métaheuristique/](https://fr.wikipedia.org/wiki/Métaheuristique) 20 décembre 2005.

[25]J. Dreó, A. Petrowski, P. Siarry et E. Taillard, « Méta heuristiques pour l'optimisation difficile », <http://www.eyrolles.com/Informatique/Livre/metaheuristiques-pour-l-optimisation-difficile/> [www.eyrolles.com/Chapitres/9782212113686/Avant\\_propos\\_Dreo.pdf](http://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212113686/Avant_propos_Dreo.pdf) /Eyrolles, 2003.

[26] L. Jourdan, « Méta-heuristiques Coopératives : du déterministe au stochastique » Habilitation à Diriger les Recherches de l'université de Lille I, 15/09/2010.

[27] Johann Dréo, « Adaptation de la méthode des colonies de fourmis pour l'optimisation en variables continues. Application en génie biomédical » Thèse de doctorat, Uni. Paris 12- Val de Marne, 13/12/2004.

[28]David E. Goldberg, « Algorithmes génétiques : exploration, optimisation et apprentissage automatique », dition/Format: Print book ... [/www.worldcat.org/title/algorithmes-genetiques...et.../30740077/](http://www.worldcat.org/title/algorithmes-genetiques...et.../30740077/) Addison Wesley, France, SA, 1994.

[29] J. Holland, « Adaptation in natural and Artificial Systems »,

[/https://mitpress.mit.edu/.../adaptation-natural-and-artificial-systems](https://mitpress.mit.edu/.../adaptation-natural-and-artificial-systems) /The university of Michigan press, Ann Arbor, USA, 1975.

[30]G. Fleury, « Méthodes stochastiques et déterministes pour les problèmes NP-difficiles », Thèse de doctorat de l'Université Blaise Pascal, [/www.theses.fr/1993](http://www.theses.fr/1993)

[31]Charles-Edmond Bichot, « Elaboration d'un nouveau méta heuristique pour le partitionnement de graphe : la méthode de fusion-fission. Application au découpage de l'espace aérien » [/ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000540/01/bichot/](http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000540/01/bichot/). Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, le 9 novembre 2007.

[32] Gourgand et Kemmoe. « Particle Swarm Optimization », **Article** in International Journal of Production Economics 121(1):57-67/

[https://www.researchgate.net/.../46487227\\_Particle\\_swarm\\_optimiz./September](https://www.researchgate.net/.../46487227_Particle_swarm_optimiz./September) 2009  
with 42 Reads

## Références et Bibliographies

---

- [33]C. Sumpavakup, I. Srikun, and S. Chusanapiputt, « A Solution to the Optimal Power Flow Using Artificial Bee Colony Algorithm », *IEEE Conference Publication, International Conference on Power System Technology*
- [/ieeexplore.ieee.org/document/5666516/](http://ieeexplore.ieee.org/document/5666516/) Hangzhou, China,2010.
- [34]R. Fonseca, M. Paluszewski and P. Winter, « Protein Structure Prediction Using Bee Colony Optimization Metaheuristic»,
- [/https://reussirlem2info.files.wordpress.com/.../11/optimisation-par-colonie-dabeilles-p.. /](https://reussirlem2info.files.wordpress.com/.../11/optimisation-par-colonie-dabeilles-p../)  
Dept. Of Computer Science, University of Copenhagen. Universitetsparken 1 DK-2100 Copenhagen. Denmark.
- [35]R. Rajabioun. « Cuckoo Optimization Algorithm ». *Applied Soft Computing*. Vol. 11, N° 8, pp. 5508-5518, 2011.
- [36] Mirjalili, S. 2015. « The ant lion optimizer. *Advances in Engineering Software* » 83: 80–98.
- [37] BEN BORDI Samir, « Optimisation Multi Objectif de L'écoulement de Puissance » Mémoire de Master, Université Mohamed Khider -Biskra,2015.
- [38] C.-T. Su and C.-T.Lin, «New Approach with a Hopfield Modeling Framework to Economic Dispatch» *IEEE Transaction on Power System*, Vol. 15, No. 2, 2000, pp. 541-545. [www.oalib.com/references/14940214 /](http://www.oalib.com/references/14940214/)[Advances in Electrical Engineering](http://Advances in Electrical Engineering), Dec 24,2014
- [39] BELGANDI Imad Eddine, MEDJBER Rédha, « Application de la méthode « Simulated Annealing » pour le calcul du dispatching économique», » Mémoire de Master, Université Dr Tahar Moulay de Saida ,2017
- [40] M. Modiri-Delshad and N.A Rahim, «Multi-objective backtracking search algorithm for economic emission dispatch problem», *Appl Soft Comput*, 40, pp 497-94(2016).
- [41] K. Chandrasekaran, «Improved Sine Cosine Algorithm for Solving Dynamic Economic Dispatch Problem», *International journal of engineering and advanced technology(IJEAT)*, ISSN:2249-9858, volume-8 Issue -3, February 2019.