

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 لحطب البليدة  
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

Azemour Mhamed

&

Mekhides Islam

# Optimisation mono objective appliquée aux réseaux électriques par une méthode intelligente

Proposé par: Dr KHERFANE Naas

Année Universitaire 2021-2022

# Remerciement

*Tout d'abord on remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr Naas Kherfane**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnelle, pour sa patience, sa rigueur, et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également à tous les membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*Ma mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et  
qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde ;*

*Mes frères, ma sœur et toute ma famille et mes  
amis, je voulais juste vous dire Je vous aime ;  
Sans oublier mon cœur et mon trésor : Sonia  
Brahna*

*Et bien sûr à mon binôme: MEKHIDES ISLAM*

*Mhamed*

# Dédicaces

*Je dédie ce travail à :*

*Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études ;*

*Mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral ;*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible ;*

*Merci d'être toujours là pour moi ;*

*Et bien sûr à mon binôme : Azemour mhamed*

***Islam***

# Résumé :

Le fonctionnement optimal d'un réseau électrique substitué en général à la production optimale des unités de production afin de répondre à la demande en puissance a des coûts et pertes réduit. Ce travail a pour but de trouver une solution à ce problème en faisant recours à l'intelligence artificielle.

L'algorithme nommé colonie d'abeilles artificielles a été adopté et appliqué avec succès pour résoudre ce problème sur un réseau IEEE 3 générateurs et IEEE 10 générateurs.

## الملخص:

ان التحكم المثالي للشبكة الكهربائية بشكل عام يتم عبر التحكم المجدي في وحدات الإنتاج من أجل تلبية الطلب على الطاقة وأيضا من أجل خفض تكاليف وقود الإنتاج والخسائر. لذلك يهدف هذا العمل إلى إيجاد حل لهذه المشكلة باستخدام الذكاء الصناعي، وفي سياق هذا العمل اعتمدنا على خوارزمية تسمى بخوارزمية مستعمرة النحل لحل هذا المشكلة بتطبيقها على شبكات بثلاث وحدات إنتاجية وشبكات ب 10 وحدات إنتاجية.

REMERCEIME	
NTSDEDICACE	
RESUME	
SOMMAIRE	
LISTE DES	
FIGURES	
LISTE DES	
TABLEAUX	

Introduction générale .....	1
<b>Chapitre1 :Généralités sur les réseaux électriques et optimisations de fonction cout</b>	
1. Introduction .....	3
2. Historique des réseaux électriques .....	3
3. Sources des réseaux électriques .....	4
4. Structure des réseaux électriques .....	5
4.1 Réseau maillé/bouclé.....	5
4.2 Réseau Radial/arborescent .....	5
4.3 Modèles des nœuds du réseau .....	6
4.3.1 Nœud de charge (PQ) .....	6
4.3.2Nœud de générateur (PV) .....	7
4.3.3Nœud de référence (Slack bus).....	7
5. Architecture des réseaux électrique.....	7
5.1 Réseau de transport HTB .....	8
5.2 Réseau de répartition HTB et HTA.....	8
5.3 Réseau de distribution HTA .....	8
5.4 Réseau de livraison BTB .....	9
6. Représentation et analyse des réseaux électriques.....	9
6.1 Schéma unifilaire [10].....	9
6.2 Analyse par phase ou circuit monophasé équivalent.....	10
7. Protection des réseaux électrique .....	11
8. La consommation électrique .....	11
9. Dispatchings économiques .....	12
9.1 Définition du Dispatching .....	12

9.2	Objectif du dispatching .....	13
10.	La fonction cout.....	14
10.1	Minimisation des coûts de génération.....	15
11.	Dispatching économique avec considération des pertes .....	15
11.1	Schéma bloc .....	16
11.2	Pertes de transmission.....	17
12.	Les contraintes .....	17
12.1	Les contraintes d'égalité .....	17
12.2	Les contraintes d'inégalités .....	18
13.	Dispatching économique avec des pertes constante .....	18
13.1	Dispatching économique avec les pertes en fonction des puissances générées.....	19
13.2	Calcul des pertes dans les lignes.....	19
a)	Cas d'un seul générateur.....	19
b)	Cas de deux générateurs .....	20
c)	Cas de deux générateurs et trois lignes .....	21
14	Conclusion.....	23

## **Chapitre2 :Méthodes d'optimisation méta- heuristique**

1.	Introduction .....	24
2.	Définition de l'optimisation : .....	24
3.	Méthodes Méta heuristiques.....	25
3.1	Définition des méthodes méta heuristiques.....	25
3.2	Recuit simulé.....	26
3.3	Recherche taboue .....	26
3.4	Algorithme génétique .....	26
4.	Optimisation par Colonie d'abeilles.....	27
4.1	Les abeilles en nature .....	27
4.1.1	La Reine.....	27
4.1.2	Le male (faux-bourdon).....	27
4.1.3	Ouvrières.....	28
4.1.4	Couvées.....	28
4.2	Recherche de nourriture chez les abeilles .....	28
4.3	Exploration des sources de nourriture.....	29
4.4	LA communication chez les abeilles.....	29
4.5	Optimisation naturelle : Les directions fournies par les abeilles.....	32
5.	Algorithme d'optimisation de colonie d'abeilles artificielle (ABC).....	32
6.	Correspondance entre les concepts réel et artificiels pour les colonies d'abeilles .....	35

7.	Avantages et inconvénients de l’algorithme ABC .....	35
7.1	Avantages .....	35
7.2	Inconvénients .....	36
8.	Conclusion.....	36

### **Chapitre 3 : Simulations et Résultats**

1.	Introduction .....	37
2.	Simulations.....	37
2.1	Exemple .1.....	37
2.2.1	Comparaison des résultats avec différentes puissances demandées : .....	40
2.2	Exemple .2.....	41
3.	Conclusion.....	45
	Conclusion générale.....	45
	Références et Bibliographies.....	46

# Liste des figures

## Liste des figures

### Chapitre 1

<b>Figure 1.1 :</b> La Structure des réseaux électriques.....	6
<b>Figure 1.2 :</b> Nœud de référence (Slack bus).....	7
<b>Figure 1.3 :</b> Schéma unifilaire du réseau IEEE 14 barres.....	10
<b>Figure 1.4 :</b> Modèle du système électrique utilisé dans le dispatching économique.....	13
<b>Figure 1.5 :</b> Caractéristique entrée sortie d'une unité de production.....	14
<b>Figure 1.6 :</b> Caractéristique entrée sortie d'une unité de production.....	16
<b>Figure 1.7:</b> Ligne avec un générateur.....	19
<b>Figure 1.8:</b> Ligne avec deux générateurs.....	20
<b>Figure 1.9:</b> trois Ligne avec deux générateurs.....	21

### Chapitre 2

<b>Figure 2.1:</b> Classification des Méthodes Méta-heuristiques.....	25
<b>Figure 2.2 :</b> La danse des abeilles.....	29
<b>Figure 2.3 :</b> L'indice de la direction.....	31
<b>Figure 3.4 :</b> Organigramme du modèle de base de l'algorithme ABC.....	37

### Chapitre 3

<b>Figure (3.1):</b> Puissance générées optimales obtenus par ABC, CM et CSA.....	38
<b>Figure (3.2):</b> $P_L$ obtenus par ABC, CM et CSA.....	39
<b>Figure (3.3) :</b> Cout total obtenus par ABC, CM et CSA.....	39
<b>Figure (3.4):</b> Puissance générées optimales obtenus par ABC, BSA,TLBO,DE et ISCA...	43
<b>Figure (3.5) :</b> Cout total obtenus par ABC, BSA,TLBO,DE et ISCA.....	44

# Liste des tableaux

## Liste des tableaux

### Chapitre 2

**Tableau 2.1:** Correspondance entre concepts réels et artificiels pour les colonies d'abeilles.....35

### Chapitre 3

**Tableau (3.1) :** Données du réseau 1.....37

**Tableau (3.2) :** Solutions optimales (réseau 1).....38

**Tableau (3.3) :** Comparaison des pertes par des méthodes différentes (ABC, CM et CSA).....40

**Tableau (3.4) :** Comparaison de coût de fuel par d'autres méthodes (ABC, CM et CSA).....40

**Tableau (3.5):** Données du réseau 2.....41

**Tableau (3.6):** Solutions optimales (réseau.2).....42

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

### Introduction générale

Un réseau électrique est l'ensemble des moyens qui sert à transmettre l'énergie électrique d'une région où l'on le produit à une région où l'on le consomme. Le rôle essentiel d'un réseau électrique est d'acheminé les puissances actives et réactives demandées par les équipements variés qui y sont connectés. Les points de production et de consommation sont reliés entre eux par des lignes de transmission.[1]

En effet l'énergie électrique n'étant pas stockable pratiquement, la puissance des générateurs doit à chaque instant être exactement adaptée à la consommation, de sorte que, devant toute variation de la consommation, les générateurs doivent réagirent afin de maintenir cet équilibre .[1]

Les termes « Dispatching Optimal », « Dispatching de génération Optimal », « Dispatching Economique Optimal », « Répartition de puissance Optimal », et« Répartition de charge Optimal » sont essentiellement des synonymes basés sur un type de calcul de répartition dans lesquels quelques quantités sont minimisées, pendant l'heure de production, le terme général «Dispatching Economique » est rapporté à la formulation dans lesquelles les coûts d'investissement sont minimisés.[2].

Le problème du dispatching économique occupe dans nos jours une place déterminante dans la stratégie concurrentielle de l'entreprise, qui se trouve face à face à la libéralisation du secteur d'électricité donc face à une concurrence acharnée, soit pour les nouvelles restrictions liées à l'environnement qu'elle doit les respecter. Dans cette logique, un faible cout de production représente un défi pour les sociétés productrices, vue notamment aux prix chers de combustibles jours après jours, et les fardeaux supplémentaires liés au traitement des déchets nucléaires qui demande une technologie plus fine.[3]

Dans un autre coté la complexité grandissante du réseau d'aujourd'hui vis-à-vis de sa taille qui comporte des centaines de jeux de barres et de centaines de milliers de kilomètres de lignes de transmission ,vue aussi de sa structure très complexe (réseau interconnecté) ; tous ses facteurs exigent qu'une optimisation de la répartition optimale de puissance active générée constitue une nécessité impérative et un faible cout représente son but primordial.

L'introduction des techniques de l'intelligence artificielle dans les logiciels de commande et de décision, est un élément essentiel dans la recherche et dans le développement des réseaux

modernes. Pour l'optimisation de la répartition des puissances dans les réseaux électriques et pour l'estimation de la consommation des différentes charges.

La structure générale de notre thèse est divisée en trois chapitres :

- Après une introduction générale, on traite dans le 1er chapitre généralité sur les réseaux électriques commençant par les sources d'énergies électriques, types des postes et réseaux électriques et la définition du dispatching économique, son objectif ,et la fonction coût seront présentées.
- Le chapitre trois, présente les méthodes métaheuristiques à savoir : Le recuit simulé, La recherche taboue, L'algorithme génétique, et en détail l'algorithme d'intelligence artificielle de colonie d'abeille (ABC).
- Le dernier Chapitre est consacré à la partie simulation de notre méthode algorithme de colonie d'abeille (ABC) , on compare cette technique obtenue avec d'autres méthodes , et cela pour les réseaux tests qui sont : le premier à 3 générateurs de production et le deuxième à 10 générateurs de production pour minimiser le cout de production en tenant compte des pertes de transmission.
- Enfin on clôture ce travail par une conclusion générale.

# **Chapitre 1 :**

Généralités sur les  
réseaux électriques et  
optimisations de  
fonction cout.

## 1. Introduction

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles 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.

Le réseau électrique a été conçu à l'origine pour transporter l'énergie électrique produite par les centres de production jusqu'aux centres de consommation les plus éloignés. Ainsi les transits de puissances circulent de l'amont depuis les productions d'énergie électrique de type grosses centrales hydrauliques, thermiques ou nucléaires, vers l'aval représenté par les consommateurs. Le réseau électrique comprend des kilomètres de ligne des postes de transformation, ainsi que de nombreux organes de coupure et d'automates.

Ce chapitre traite le problème du fonctionnement économique, on traite des définitions de base ont été expliquées telles que la fonction objectif, fonction du coût, problème de dispatching économique, différents types de combustibles utilisés avec leur modélisation.

## 2. Historique des réseaux électriques

Un réseau électrique étant composé de machines de production et de consommation, ainsi que de structures (lignes, transformateurs) pour les relier, les réseaux électriques ne sont apparus que vers la fin de 19<sup>ème</sup> siècle, lorsque chaque élément avait atteint une maturité technologique suffisante.

Lors de la première moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, les inventeurs mettent au point de nombreux types de machines électriques à courant continu, mais leur utilisation de manière industrielle nese développe qu'après l'invention de la dynamo (génératrice de courant continu) par Zénobe Gramme en 1869 (présentée à l'Académie des sciences, à Paris, en 1871), qui est rapidement améliorée.

À l'Exposition internationale d'Électricité de Paris de 1881, Marcel Deprez présente pour la première fois une installation de distribution d'énergie électrique alimentée par deux dynamos. À l'automne 1882, les premiers réseaux électriques apparaissent simultanément à New York et Bellegarde, en France. Ils sont très locaux et utilisent le courant continu.

Thomas Edison a joué un rôle déterminant dans le développement de l'électricité : il fonde en 1878 l'Edison Electric Light Co (qui devient en 1892 General Electric), dépose le brevet de l'ampoule électrique en 1879, puis crée le réseau électrique de New York.

Ce dernier, qui avait essentiellement pour but l'éclairage, se développe rapidement : de 1 200 ampoules en 1882, il passe à 10 000 ampoules l'année suivante. Ce réseau, qui souffre de nombreuses pannes, est constitué de petites centrales électriques (30 kW) et d'un réseau de distribution à 110 V. Il est cependant très limité car l'acheminement de l'électricité n'est possible que sur quelques kilomètres.

À cette époque, les premières expérimentations de transport de l'énergie électrique se développent et sont menées notamment par Marcel Deprez, qui utilise le courant continu. Ce sont cependant des échecs relatifs car elles ne permettent pas le transport de puissances industrielles (Deprez réussit en 1882 à transporter 400 W sur 57 km de distance, mais avec un rendement global de seulement 30 %).

Les ingénieurs Lucien Gaulard et John Gibbs travaillent quant à eux sur le courant alternatif. Bien que le transformateur soit connu depuis 1837, ils mettent au point en 1884 un transformateur de forte puissance utilisant du courant triphasé, ce qui permet de changer facilement le niveau de tension. La même année ils démontrent l'intérêt du transformateur en mettant en service une ligne de 80 km de long alimentée en courant alternatif sous une tension de 2000 V.

### 3. Sources des réseaux électriques

C'est la génération de l'ensemble des puissances consommées par le réseau entier, en grande majorité les tensions produites sous la forme de système triphasé par l'intermédiaire d'alternateurs entraînés à partir de divers types de sources d'énergie dites primaires.

Les moyennes des productions d'énergie électrique est défini comme toute installation capable de convertir une source d'énergie primaire en énergie électrique pouvant être injectée sur un réseau.

Les centrales de production électriques utilisent d'une façon générale : le charbon, le pétrole et le gaz (centrales thermiques classiques) ou de l'uranium enrichi (centrales nucléaires ce qui n'existe pas en Algérie) pour produire la chaleur initiale. La plupart ont une capacité comprise entre 200 MW et 2000 MW afin de réaliser les économies des grosses installations (en Algérie le groupe le plus puissant est à cycle combiné au niveau

de la centrale SKS d'une puissance de 412.5 MW se trouvant à Skikda).[4]

## 4. Structure des réseaux électriques

Pour effectuer le transit des puissances depuis les centres de production vers les consommateurs de divers niveaux de tensions, on utilise différentes architectures et topologies des réseaux qui assurent ces tâches, ces architectures dépendent de plusieurs critères :

- Le niveau de fiabilité recherché.
- La flexibilité et la maintenance.
- Le coût d'investissement et d'exploitation.

### 4.1 Réseau maillé/bouclé

Il est souvent utilisé dans l'interconnexions des réseaux au niveau du transport et de la répartition, la topologie maillée consiste à créer plusieurs boucles ou liaisons entre les différents postes d'interconnexions à l'aide de lignes THT ce qui forme un maillage.

Cette structure, grâce à ses multiples dérivations garantit une grande fiabilité, et une continuité de service. En cas de défaut sur l'une des lignes, ce genre de structure offre une grande sécurité d'alimentation. Pour le réglage de fréquence et de tension, l'interconnexion offre une meilleure souplesse et minimise l'impact des surcharges sur une source donnée.

La structure nécessite une protection très complexe et avancée ce qui rend le coût de réalisation très élevé. La complexité et l'étendue de sa structure la rend difficile à gérer et à assurer sa maintenance.

### 4.2 Réseau Radial/arborescent

La topologie est principalement utilisée dans les réseaux MT et BT. Pour le radial, ça consiste à connecter deux postes sources MT ainsi, le flux de puissance n'a qu'un seul trajet possible à suivre. Pour l'arborescent, il est constitué d'un poste de répartition qui alimente plusieurs postes de distribution BT grâce à des dérivations faites à différents niveaux des lignes alimentant les postes MT/BT.

Les dispositifs de protection dans ce type de topologie sont moins complexes que ceux utilisés dans le réseau maillé, ce qui rend sa maintenabilité plus facile et moins coûteuse.

L'extension se fait facilement, il suffit d'un piquage sur la ligne principale. D'un point de vue économique, le cout de sa réalisation est faible comparé à celui d'une structure maillée.

L'inconvénient de cette réalisation est que lors d'un défaut, tout ce qui se trouve en aval du défaut serait isolé, donc il n'assure pas de continuité de service dans ce cas.

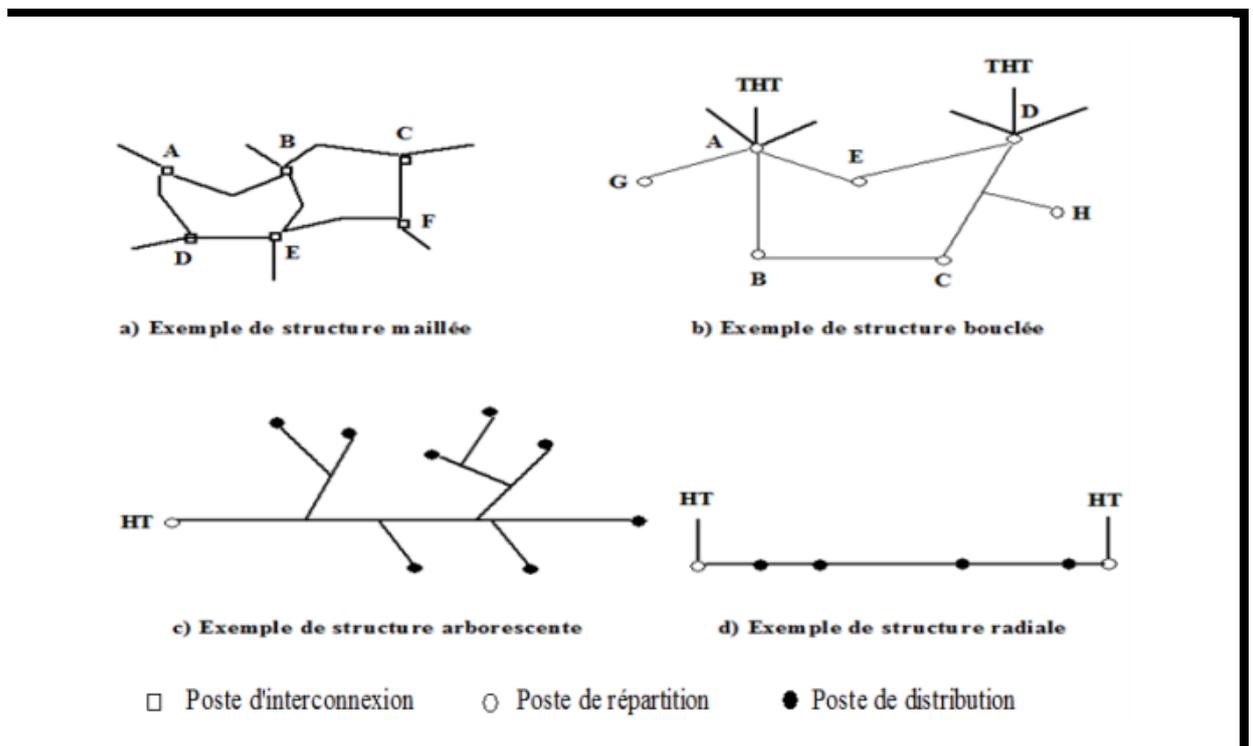


Figure 1.1 : La Structure des réseaux électriques.

## 4.3 Modèles des nœuds du réseau

Chaque nœud d'un réseau est caractérisé par quatre variables,  $P_i$ ,  $Q_i$ ,  $V_i$ ,  $\delta_i$ . Si on connaît deux des quatre variables on pourra déterminer les deux autres à partir des équations dans un réseau électrique on distingue trois types de nœud :

### 4.3.1 Nœud de charge (PQ)

C'est un nœud connecté directement avec la charge, il ne possède aucune source d'énergie. Les puissances active et réactive sont considérées connues.

## 4.3.2 Nœud de générateur (PV)

C'est un nœud connecté directement avec un générateur ou une source d'énergie réactive. La puissance active et la tension sont considérées connues

## 4.3.3 Nœud de référence (Slack bus)

C'est un nœud connecté avec un générateur relativement puissant il est considéré dans le calcul d'écoulement de puissance afin de compenser les pertes actives et assurer l'égalité entre la demande et la génération de la puissance active. Dans un nœud référence, l'amplitude et l'angle de la tension sont supposés connus.[5]



**Figure 1.2 :** Nœud de référence (Slack bus).

## 5. Architecture des réseaux électriques

Le réseau électrique a pour fonction de relier des consommateurs et des producteurs d'électricité dans une triple logique de sécurité d'approvisionnement, d'optimisation des investissements et de minimisation des coûts de fonctionnement.

Pour cela, il s'appuie sur la capacité de mutualisation dans l'espace et dans le temps qui le caractérise. En effet, les consommateurs ne consomment pas tous au même moment et les moyens de production ne tombent pas tous en panne en même temps : c'est ce qu'on appelle le foisonnement.

En permettant la mutualisation de moyens de production entre un grand nombre de consommateurs qui peuvent être éloignés les uns des autres, le réseau réduit fortement le besoin de capacité totale installée (en mégawatts ou MW) pour une production donnée d'électricité (en mégawattheures ou MWh). S'il n'existait pas, il serait nécessaire de prévoir, pour chaque consommateur, une capacité de production égale à l'appel de puissance maximal sur l'année ainsi qu'un moyen de secours de même puissance en cas de panne du moyen de production principal.[6]

## 5.1 Réseau de transport HTB

Le réseau de transport est constitué de deux types de lignes : les **lignes très haute tension (HTB2)** et les **lignes haute tension (HTB)**.

- Les **lignes HTB2** permettent de transporter de **grandes quantités d'électricité** sur de longues distances avec des pertes minimales. Ces lignes, dont la tension est supérieure à 100 kilovolts (kV), constituent le **réseau de grand transport ou d'interconnexion**. Elles permettent de relier les régions et les pays entre eux ainsi que d'alimenter directement les grandes zones urbaines. La majorité des lignes HTB2 ont des tensions **de 400 kV et 225 kV**.
- Les **lignes HTB** constituent le réseau de **répartition** ou d'**alimentation régionale** et permettent le transport à l'échelle régionale ou locale. Elles acheminent l'électricité aux industries lourdes, aux grands consommateurs électriques comme les transports ferroviaires et font le lien avec le second réseau. Leur tension est de **63 ou 90 kV**. [7]

## 5.2 Réseau de répartition HTB et HTA

Les réseaux régionaux de répartition répartissent l'énergie au niveau des régions et alimentent les réseaux de distribution ainsi que les clients industriels importants ( $S > 10\text{MVA}$ ) livrés directement en HT ou en THT, Il s'agit essentiellement d'industriels tels la sidérurgie, la cimenterie, la chimie, le transport ferroviaire...etc. [8]

Leur structure peut être soit aérienne ou souterraine à proximité des zones urbaines. Les protections sont de même nature que celles utilisées sur les réseaux de transport, sa gestion est prise en charge par les centres de conduite régionaux. [9]

## 5.3 Réseau de distribution HTA

La finalité du réseau de répartition s'achève avec un réseau de distribution en moyenne tension qui desservant le consommateur dans le domaine public et les petites et moyennes entreprises.

Des lignes de distribution à moyenne tension partent des postes de répartition et alimentent des postes de transformation répartis en différents endroits de la zone à desservir. Son exploitation

est assurée par un centre de conduite local. [9]

## 5.4 Réseau de livraison BTB

C'est le réseau qui nous est familier puisqu'il s'agit de la tension 400V/230V. La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de distribution aux points de faible consommation dans le domaine public avec l'accès aux abonnés. Il représente le dernier niveau dans une structure électrique.[8]

La puissance à ce niveau est acheminée avec deux topologies suivant la localisation des charges :

- I. Les réseaux urbains : la puissance transite par voie souterraine, ce type de réseau est caractérisé par une forte densité de charge, la topologie de ces réseaux sont réparties en trois groupes : les réseaux en dérivation multiples, les réseaux en coupure d'artère et les réseaux fortement bouclés. [8]
- II. Les réseaux ruraux : la puissance est acheminée par voie aérienne, ils sont caractérisés par une faible densité de charge et un faible maillage avec des boucles entre les postes sources. [8]

## 6. Représentation et analyse des réseaux électriques

L'analyse des réseaux électriques peut être effectuée à l'aide des modèles de circuits. Cependant, ces modèles sont complexes, car les réseaux électriques sont en général multiphasés et contiennent un nombre élevé de composants. Un autre facteur qui complique davantage l'analyse est la présence des transformateurs qui séparent le réseau en plusieurs secteurs de tension différente.

Pour faciliter l'analyse des réseaux électriques, on a développé plusieurs outils, principalement le diagramme unifilaire, l'analyse par phase (en utilisant le circuit monophasé équivalent), et le système d'unité relative PU.

### 6.1 Schéma unifilaire [10]

La complexité des réseaux électriques rend leur représentation par les schémas classiques impraticables. Pour représenter de façon efficace un réseau électrique, on utilise



de la phase A en ajoutant les déphasages.

## 7. Protection des réseaux électrique

Les dispositifs de protection vérifient en permanence l'état électrique des éléments d'un réseau et provoquent leur mise hors tension lorsque ces éléments sont le siège d'une perturbation indésirable : court-circuit, défaut d'isolement, surtension, etc.

Lorsqu'un défaut apparaît sur un réseau électrique, plusieurs organes de protection situés dans différentes zones du réseau peuvent détecter simultanément cette anomalie. Leur déclenchement sélectif vise à isoler le plus rapidement possible la partie du réseau affecté par le défaut et uniquement cette partie, en laissant sous tension toutes les parties saines de ce réseau.

Les fonctions de protection sont réalisées par des relais ou des appareils multifonctions. A l'origine, les relais de protection étaient de type analogique et effectuaient généralement une seule fonction.

Actuellement, la technologie numérique est la plus employée. Elle permet de concevoir des fonctions de plus en plus évoluées et un même appareil réalise généralement plusieurs fonctions. C'est pourquoi, on parle plutôt d'appareils multifonctions.

Les principales qualités d'un système de protection sont définies par :

- La rapidité
- La sélectivité
- La sensibilité
- La fiabilité (sûreté et sécurité)

## 8. La consommation électrique

Connaître la consommation de l'électricité d'une période future est important pour l'exploitation du système électrique. Pour ce faire, une multitude de variables sont traditionnellement utilisées pour expliquer et prédire le niveau de consommation d'électricité : la température, l'heure de la journée, le jour de la semaine (jour ouvrable, week-end), le prix, etc. L'impact de la plupart de ces variables est lié aux conditions climatiques, aux habitudes de

consommation, aux rythmes de vie et au pays considéré.

Naturellement, plus la prévision est réalisée en avance par rapport au moment de la consommation en se basant sur la courbe historique de consommation moins elle est précise. En effet, les valeurs de ces variables, notamment celles liées aux conditions météorologiques, peuvent se modifier dans ce laps de temps. Une prévision éloignée du temps réel génère des erreurs de prévision, plus ou moins conséquentes. Les prévisions de consommation effectuées plusieurs jours à l'avance se basent principalement sur la combinaison des consommations réelles des jours précédents et la prévision des conditions climatiques. Par exemple, une baisse de la température moyenne de 1° C sur l'ensemble de la France peut entraîner, en hiver, une augmentation de la consommation de plus de 1000 MW (approximativement la taille d'une tranche nucléaire).[11]

Bien que la prévision de la consommation s'affine lorsque l'on s'approche de la période prévue, il existe encore des écarts entre les prévisions faites la veille et la consommation réelle. Ces écarts, ou erreurs de prévision, peuvent provenir des erreurs de prévision des variables explicatives (Température, nébulosité) ou/et des simplifications de modèle de prévision.

## 9. Dispatchings économiques

### 9.1 Définition du Dispatching

Les centrales électriques connectées au réseau sont appelées à produire suffisamment de puissance pour répondre à la demande des charges. Cette demande varie considérablement durant les journées et les saisons, et les coûts de production d'énergie diffèrent aussi d'une centrale à une autre, selon le type et l'efficacité. Par conséquent, il est indispensable de répartir la capacité de génération d'une manière à satisfaire la demande avec un minimum de coût. Le problème de répartition des charges sur les différentes unités de production est appelé dispatching économique. Ce problème consiste à optimiser les coûts de production d'énergie. Un dispatching économique obéit à un planning pour le lendemain et un planning du jour. Un planning du lendemain sert à définir les unités de génération pour chaque heure sur les bases des critères suivants :

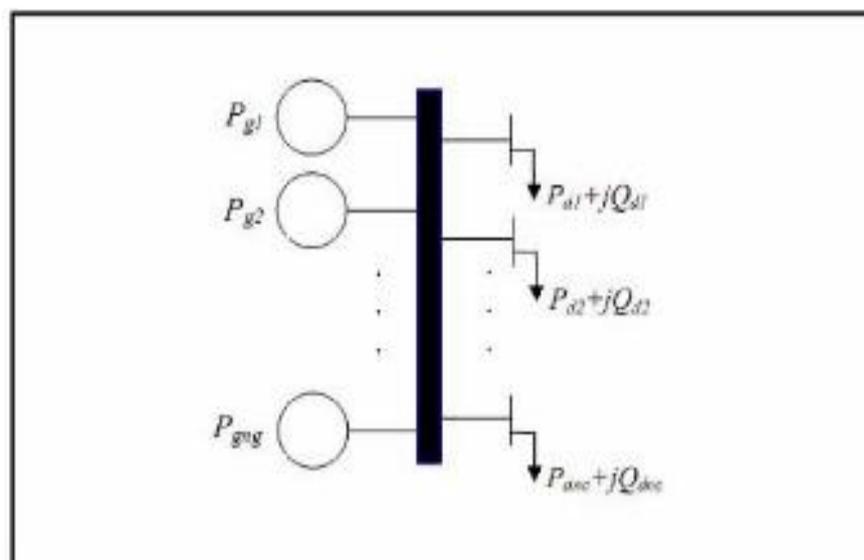
- Estimation de la demande.
  
- Les limites maximale et minimale de puissance de chaque unité de production ;

- Le temps de démarrage de chaque unité.
- Le coût de production de chaque unité (coût de la matière première, efficacité).
- Le coût de démarrage. [12]

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. [14] [15]

## 9.2 Objectif du dispatching

L'objectif du problème de dispatching économique est de calculer, pour une seule période, la puissance active produite pour chaque unité de production afin que la demande soit satisfaite à un coût minimal tout en satisfaisant les différentes contraintes techniques du réseau de générateurs. Le système se compose de  $n$  unités génératrices. Les fonctions à optimiser sont les fonctions de coût, elles sont modélisées par des fonctions d'objectifs nécessaires à l'opération d'optimisation. [16]

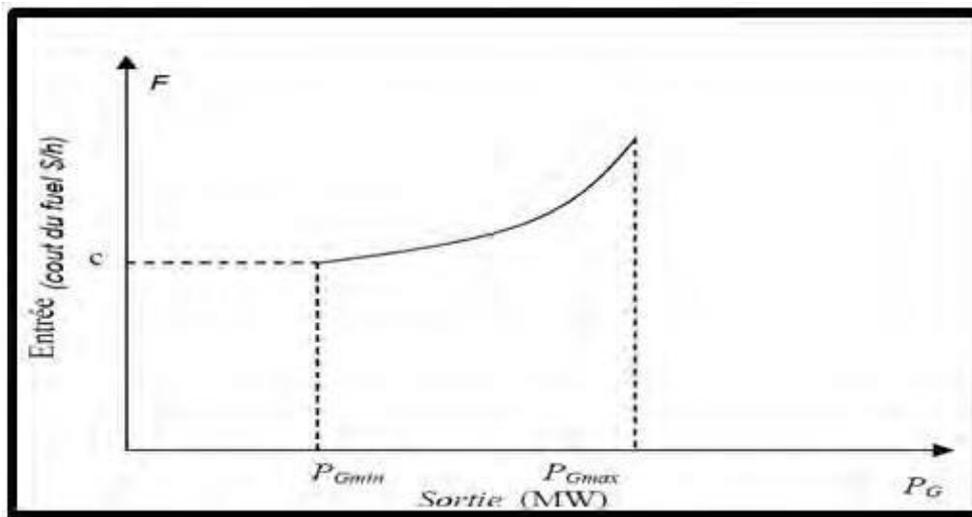


**Figure 1.4 :** Modèle du système électrique utilisé dans le dispatching économique.

## 10. La fonction cout

Le coût de production d'une centrale est généralement modélisé par une fonction polynomiale du second degré en  $P_G$  (puissance active générée par la centrale) dont les coefficients sont des constantes propres à chaque centrale :  
La fonction cout est polynomiale du second ordre en terme de  $P_{Gi}$  sous la forme suivante :

$$F_T = \sum_{i=1}^{Ng} (a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i) \quad (I.1)$$



**Figure 1.5** : Caractéristique entrée sortie d'une unité de production. [17]

D'où :

$a_i$ ,  $b_i$  et  $c_i$  sont des coefficient de cout à chaque centrale. [10]

La constante  $a_i$  est normalement appelée coût de marche à vide et représente le coût pourtenir démarrée une unité de génération à production nulle.

$P_{Gi}$  : puissance active générée par unité de génération (i).

$F_i(P_{Gi})$ : la fonction de cout de la centrale (i).

(Ng) nombre des générateurs

Il est très important à noter que d'autres caractéristiques spécifiques doivent être prises

en considération pour le coût de production d'électricité. C'est le cas notamment du coût spécifique pour démarrer ou arrêter l'unité de production (coût de démarrage et d'arrêt), à titre d'exemple : le coût de démarrage correspond au coût de l'énergie nécessaire pour mettre en fonctionnement tous les auxiliaires permettant la production d'électricité (chaudières, pompes, etc.).

Ce coût dépend normalement de l'état de l'unité de production au moment de l'appel à démarrer (démarrage à froid ou à chaud) et le temps de démarrage (pointe ou creux). Les contraintes techniques sont aussi importantes pour l'exploitation. Généralement, l'unité de production ne peut fonctionner de manière stable qu'à partir d'un niveau de production minimal (capacité minimale de production) et jusqu'à un niveau maximal de production (capacité maximale de production) .[11] [9]

## 10.1 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 coût total de la production

## 11. Dispatching économique avec considération des pertes

Le problème du dispatching économique avec pertes est plus compliqué que celui sans pertes, il tient compte de la topologie du réseau, ces pertes varient en fonction de la répartition des puissances entre les centrales et la charge. [18]

Les centrales qui produisent la puissance dont le transit provoque d'importantes pertes seront pénalisées en multipliant leur coût incrémental par un facteur de pénalité, donc il est à noter qu'il est plus économique de produire l'énergie avec un coût plus cher pour un lieu de

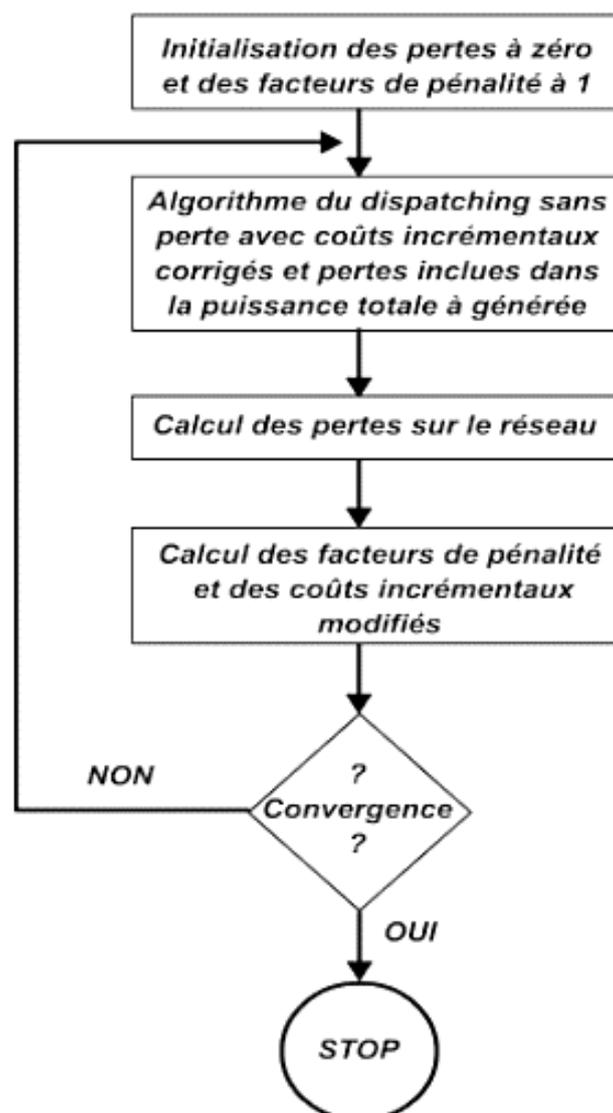
consommation de près qu'un cout moins cher pour une charge plus loin. Donc ces pertes doivent être évaluées et incluses dans la demande. [18] [19]

Pour l'appliquer au dispatching économique avec perte, il nous faut :

1. Calcul des pertes.
2. Calcul du facteur de pénalité.
3. Critère de convergence.

## 11.1 Schéma bloc

Voici le schéma bloc de l'algorithme appliqué :



**Figure 1.6 :** Schéma bloc de l'algorithme de dispatching économique.[20]

## 11.2 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

$$P_L = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{Ng} B_{0i} P_i + B_{00} \quad (I.2)$$

$B_{ij}$ ,  $B_{0i}$  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  $B_{ij}$ .

## 12. Les contraintes

Définit des conditions sur l'espace d'état que les variables doivent satisfaire. Ces contraintes sont souvent des contraintes d'inégalité ou d'égalité et permettent en général de limiter l'espace de recherche.

### 12.1 Les contraintes d'égalité

Dans le dispatching économique, la fonction objective à minimiser est le coût total de production des générateurs, de telle sorte que la charge électrique du système soit entièrement satisfaite. On peut dire que les contraintes d'égalités vérifient la loi de Kirchhoff, bilans d'énergie.

C'est l'équation de l'écoulement de puissance en équilibre ; entre la génération et la demande exprimée par la formule suivante :

$$\sum_{i=1}^{Ng} P_{Gi} - P_D - P_{L=0} \quad (I.3)$$

D'où

$$P_D = \sum_{i=0}^{Ng} P_{Di} \quad (I.4)$$

$P_D$  : 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

$N_D$  : le nombre de nœuds consommateurs.

D'après cette expression on peut dire que le système d'énergie électrique est en équilibre car la somme des puissances actives générées, puissances consommées par la charge totale et les pertes actives dans les lignes est nulle.

## 12.2 Les contraintes d'inégalités

Dans la pratique, chaque puissance générée ( $P_{Gi}$ ) est limitée par une limite inférieure ( $P_{Gi}^{min}$ ) et une autre supérieure ( $P_{Gi}^{max}$ ), ce qui donne la contrainte d'inégalité suivante :

$$P_{Gi}^m \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^M$$

D'où

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

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

Il faut bien évidemment respecter les valeurs limites de productions des centrales pour le maintien de la sécurité du système. Donc, les contraintes d'inégalité s'intéressent par le domaine de fonctionnement admissible, possible (limitation des ressources, sécurité...).

## 13. . Dispatching économique avec des pertes constante

Le dispatching économique sans pertes est une approximation assez grossière de la réalité. Pour obtenir une modélisation plus réaliste, il faut considérer les pertes dues aux transits de puissance dans les lignes. Le dispatching économique avec pertes est un procédé itératif qui doit s'il est réalisé correctement converger vers la solution optimale. Pour tenir compte des pertes, nous allons évaluer celles-ci et les inclure dans la demande. Elles varient en fonction de la répartition des puissances entre les centrales et de la consommation locale de puissance. Le dispatching économique avec pertes tient compte de la topographie du réseau. 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. La deuxième approche consiste à utiliser les équations de l'écoulement de puissances optimal . [17]

## 13.1 Dispatching économique avec les pertes en fonction des puissances générées

Dans les réseaux électriques réels les générateurs sont situés loin du centre de la charge électrique, alors les pertes de transport deviennent importantes.

## 13.2 Calcul des pertes dans les lignes

### a) Cas d'un seul générateur

Soit le réseau représenté par la figure I.5 :

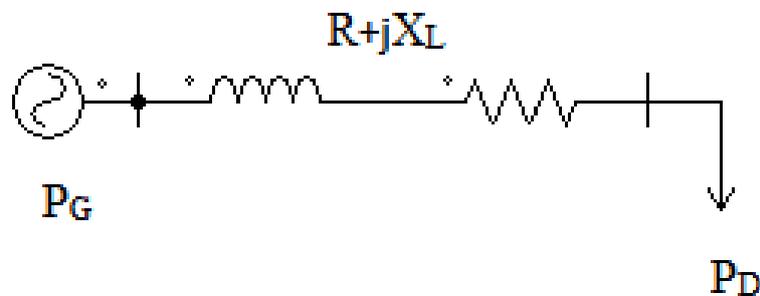


Figure 1.7: Ligne avec un générateur.

Les pertes actives  $P_L$  à travers la ligne sont données d'après l'expression :

$$P_L = 3 \cdot R_L \cdot |I_L|^2$$

$R$  : Résistance de la ligne en Ohm. Le courant traversant la ligne peut être calculé comme suit :

$$|I_L| = \frac{P_G}{\sqrt{3} \cdot V_G \cdot \cos \varphi_G} \quad (I.5)$$

En remplaçant (I.5) dans (I.6), on obtient :

$$P_L = 3 \cdot \frac{R_L}{3 \cdot V_G^2 \cdot \cos^2 \varphi_G} P_G^2 \quad (\text{I.6})$$

Donc

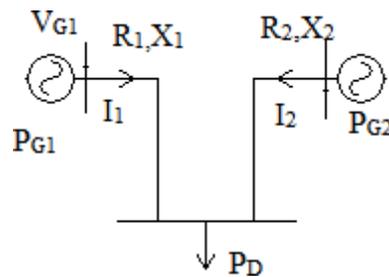
$$P_L = \left( \frac{R_L}{V_G^2 \cdot \cos^2 \varphi_G} \right) \cdot P_G^2 \quad (\text{I.7})$$

L'expression générale des pertes en fonction de la puissance générée est donnée par :

$$P_L = B_{11} \cdot P_G^2 \quad (\text{I.8})$$

## b) Cas de deux générateurs

La figure I.6, représente le cas de deux générateurs fournissant la puissance demandée à travers deux lignes.



**Figure 1.8:** Ligne avec deux générateurs.

En se basant sur l'expression (I.6) on peut écrire dans ce cas :

$$P_L = \left( \frac{R_{L1}}{V_{G1}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G1}} \right) \cdot P_{G1}^2 + \left( \frac{R_{L2}}{V_{G2}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G2}} \right) \cdot P_{G2}^2 \quad (\text{I.9})$$

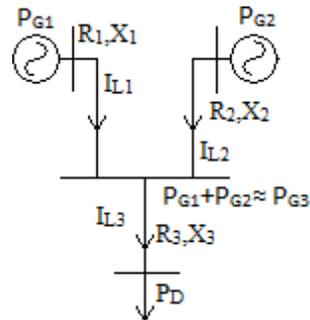
De la même manière, nous obtenons l'expression générale des pertes en

fonction des puissances générées qui sont données par :

$$P_L = B_{11} \cdot P_{G1}^2 + B_{22} \cdot P_{G2}^2$$

### c) Cas de deux générateurs et trois lignes

En considère le schéma de la figure I.7 :



**Figure 1.9:** trois Ligne avec deux générateurs.

En adoptant le même principe que dans les deux cas précédents, nous obtenons l'expression:

$$P_L = 3 \cdot (R_{L1} \cdot |I_{L1}|^2 + R_{L2} \cdot |I_{L2}|^2 + R_{L3} \cdot |I_{L3}|^2)$$

Sachant que les courants dans les trois lignes peuvent être exprimés sous la forme:

$$\begin{cases} |I_{L1}| = \frac{P_{G1}}{\sqrt{3} \cdot V_{G1} \cdot \cos \varphi_{G1}} \\ |I_{L2}| = \frac{P_G}{\sqrt{3} \cdot V_{G2} \cdot \cos \varphi_{G2}} \\ |I_{L3}| = \frac{P_{G3}}{\sqrt{3} \cdot V_{G3} \cdot \cos \varphi_{G3}} \end{cases}$$

Avant de développer la méthode de résolution du dispatching avec pertes, nous allons d'abord chercher l'expression générale de ces pertes en fonction des puissances générées. En remplaçant les courants dans l'expression (I.9), on obtient:

$$P_L = \left( \frac{R_{L1}}{V_{G1}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G1}} \right) \cdot P_{G1}^2 + \left( \frac{R_{L2}}{V_{G2}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G2}} \right) \cdot P_{G2}^2 + \left( \frac{R_{L3}}{V_{G3}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G3}} \right) (P_{G1} + P_{G2})^2$$

(I.10)

Ou bien :

$$P_L = \left( \frac{R_{L1}}{V_{G1}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G1}} + \frac{R_{L3}}{V_{G3}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G3}} \right) \cdot P_{G1}^2 + \left( \frac{R_{L2}}{V_{G2}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G2}} + \frac{R_{L3}}{V_{G3}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G3}} \right) \cdot P_{G2}^2 + 2 \left( \frac{R_{L3}}{V_{G3}^2 \cdot \cos^2 \varphi_{G3}} \right) (P_{G1} + P_{G2})^2$$

L'expression générale est alors donnée par :

$$P_L = B_{11}P_{G1}^2 + 2B_{12}P_{G1}P_{G2} + B_{22}P_{G2}^2$$

D'une manière générale, on obtient l'expression générale des pertes suivante :

$$P_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{Gi} \cdot B_{ij} \cdot P_{Gj}$$

Avec,

$i$  et  $j$  variant de 1 à  $n$ .

$n$  : Nombre de générateurs.

## 14 Conclusion

Ce chapitre porte une vision générale sur les systèmes électriques, ses composants et ses caractéristiques technico-économiques propres ainsi qu'une formulation mathématique du problème du dispatching économique.

Les moyens de production sont le premier pas pour commencer une étude quelconque sur le dispatching économique vu que ce sont la source des différents paramètres qui concerne ce problème.

Pour résoudre le problème de l'acheminement de la puissance disponible sur les lieux de consommation, il est nécessaire de déterminer le niveau de production de chaque groupe et les transits de puissance dans le réseau. Il faut faire face à la demande en respectant les contraintes technico-économiques d'exploitation afin de minimiser les coûts de production.

# **Chapitre2 :**

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

### 1. Introduction

Le développement de l'informatique, de l'automatisme et des interfaces homme machine a créé une innovation dans le domaine du génie électrique et surtout dans les réseaux électriques ; on parle aujourd'hui de réseaux électriques intelligents « smart grids » qui sont une combinaison d'une infrastructure électrique avec une intelligence embarquée que l'on peut lui associer (logiciel, automatismes, transmission et traitement de l'information). [21] Cette méthode peut être une idée virtuelle comme par exemple des méthodes mathématiques ou peut au contraire être issue de la modélisation des systèmes complexes naturels. Il s'agit dans ce dernier cas de copier et d'adapter les concepts mis en œuvre par le monde vivant pour la résolution de problème d'optimisation. Les recherches sur les comportements collectifs des insectes sociaux fournissent aux informaticiens des méthodes puissantes pour la conception d'algorithmes d'optimisation combinatoire. L'étude menée des chercheurs éthologiste montre que ces techniques s'appliquent aujourd'hui à tout un ensemble de problème scientifique et technique.

### 2. Définition de l'optimisation :

Un problème d'optimisation se définit comme la recherche du minimum ou du maximum (de l'optimum) d'une fonction donnée. On peut aussi trouver des problèmes d'optimisation pour lesquelles les variables de la fonction à optimiser sont contraintes d'évoluer dans une certaine partie de l'espace de recherche.

Dans ce cas, on a une forme particulière de ce que l'on appelle un problème d'optimisation sous contraintes. Donc optimiser, revient à minimiser ou maximiser une fonction en respectant certaine condition préalable. Cette fonction dite « Objectif » peut être un cout (minimiser), profit (maximiser), production (maximiser). Les fonctions objectives sont diverses ainsi que les contraintes (conductions) selon le problème à optimiser.

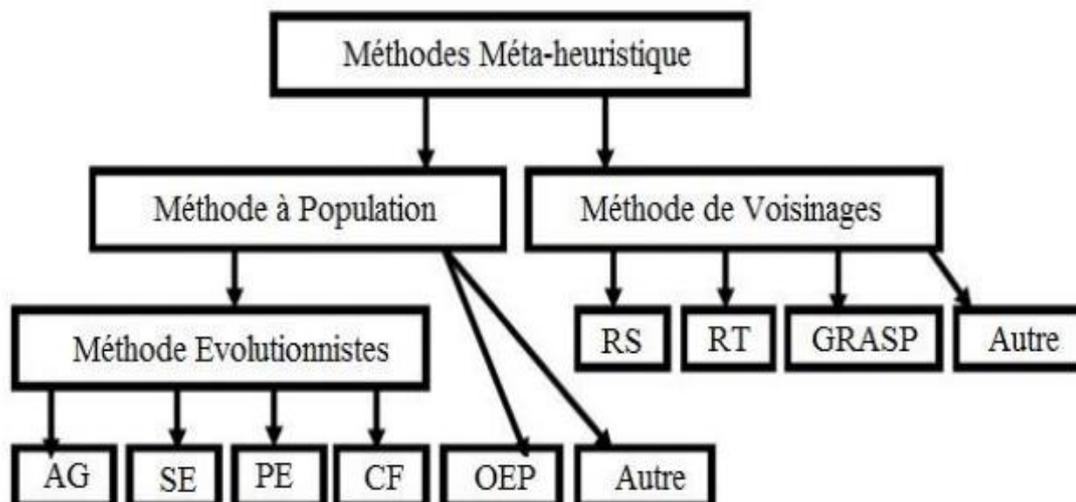
Dans l'analyse de réseaux électrique plusieurs fonctions peuvent être optimisées (coût de production, l'émission des gazes toxique, les pertes de transmission...etc.) avec considération les contraintes d'égalité et d'inégalité pour obtient des solutions optimales acceptable.

## 3. Méthodes Méta heuristiques

### 3.1 Définition des méthodes méta heuristiques

Les métaheuristiques sont un ensemble d'algorithmes d'optimisation visant à résoudre les problèmes d'optimisation difficiles. Elles sont souvent inspirées 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).

Ces techniques métaheuristiques peuvent être classés en deux groupes : les méthodes à population de solutions connues sous le nom d'algorithmes évolutionnaires comme les algorithmes génétiques...etc., ainsi que les méthodes à solution unique comme le recuit simulé. Les méthodes métaheuristiques ont prouvé leurs efficacités dans le domaine de l'optimisation mono-objectif. Actuellement les recherches qui utilisent ces algorithmes sont développées pour la résolution des problèmes d'optimisation multi objectif, en tenant compte de plusieurs contraintes et de nouvelles configurations des réseaux électriques surtout à l'associations de sources des énergies renouvelables où la résolution de ce system complexe est un défi .



**Figure 2.1:** Classification des Méthodes 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.

### 3.2 Recuit simulé

Une nouvelle technique de résolution des problèmes d'optimisation est nommée recuit(RS) simulé, proposée en 1983 par Kirk Patrick, C Daniel Gelatt et Mario P Vecchi [2]. Elle est testée sur plusieurs problèmes d'optimisation et prouve qu'elle possède une grande capacité pour éviter le minimum local. (RS) est une méthode basée sur la recherche locale dans laquelle chaque mouvement est accepté s'il améliore la fonction objective. Autres solutions possibles sont également acceptées selon un critère de probabilité. Cette méthode est inspirée du processus de recuit utilisé en métallurgie pour améliorer la qualité d'un solide en cherchant un état d'énergie minimum. La méthode du recuit simulé, appliquée aux problèmes d'optimisation, considère une solution initiale et cherche dans son voisinage une autre solution de façon aléatoire [22].

### 3.3 Recherche taboue

La méthode taboue qui fait partie des méthodes de voisinage, a été proposée par Fred Glover en 1986 [2]. Elle utilise la notion de mémoire pour éviter un optimum local. Le principe de la recherche tabou repose sur une méthode de déplacement sur l'espace des solutions, tout en cherchant constamment à améliorer la meilleure solution courante et en conservant en mémoire la liste des précédents déplacements et ainsi guider la recherche en dehors de zones précédemment parcourues. En général on ne va pas garder tous les déplacements (trop coûteux en mémoire), mais on va seulement empêcher l'accès à certaines solutions pendant un certain nombre d'itération.

### 3.4 Algorithme génétique

Les algorithmes génétiques appartiennent à la famille des algorithmes évolutionnistes. Leur but est d'obtenir une solution approchée à un problème d'optimisation [23].

La solution optimale est cherchée à partir d'une population de solutions en utilisant des processus aléatoires. La recherche de la meilleure solution est effectuée en créant une nouvelle génération de solutions par application successive, à la population courante, de trois opérateurs : la sélection, le croisement, et la mutation. Ces opérations sont répétées jusqu'à ce

qu'un critère d'arrêt soit atteint.

### 4. Optimisation par Colonie d'abeilles

L'optimisation par colonie d'abeilles est une famille très récente des métaheuristiques. Son principe est basé sur le comportement des abeilles réelle dans la vie. Cette approche de résolution fait l'objet de notre étude.

Dans ce contexte, nous allons donner la structure d'une colonie d'abeille, puis une description du comportement des abeilles lors de la recherche de nourriture, enfin nous allons présenter quelques algorithmes inspirés du ce comportement.

#### 4.1 Les abeilles en nature

Les abeilles possèdent des propriétés assez différentes de celles des autres espèces d'insectes. Elles vivent en colonies, en construisant leurs nids dans des troncs d'arbres ou d'autres espaces clos similaires [24]. Généralement, une colonie d'abeilles contient une femelle reproductrice appelée reine, quelques centaines de mâles connus sous le nom de faux-bourdon, et de 10.000 à 80.000 femelles stériles qui s'appellent les ouvrières. Après accouplement avec plusieurs faux-bourdons, la reine reproduit beaucoup de jeunes abeilles appelées les couvées.

##### 4.1.1 La Reine

Dans une colonie d'abeilles, il y a une seule reine qui est la femelle reproductrice avec l'espérance de vie entre 3 et 5 ans. Son rôle principal est la reproduction, elle s'accouple avec (7-20) faux-bourdon dans une opération de reproduction appelée le vol nuptial (mating flight). Elle conserve les spermés dans sa spermathèque et puis pond jusqu'à 2000 œufs par jour. Les œufs fertilisés vont bien devenir femelles (ouvrières) et les œufs non-fertilisés deviennent mâles (bourdons).

##### 4.1.2 Le male (faux-bourdon)

Au sein de la famille des Apidés, se trouvent plusieurs genres, et notamment les bourdons, qu'il ne faut pas confondre avec les faux-bourdons, les mâles de l'abeille domestique. Les faux-bourdons représentent les mâles, variant entre 300 et 3000 dans une ruche. Selon la taille de l'alvéole, dans une grande cellule hexagonale, la reine dépose un œuf sans que son réceptacle séminal laisse sortir de spermatozoïde. L'œuf non fécondé donnera ainsi naissance à un faux-bourdon. Ce dernier a une espérance de vie de 90 jours. Après l'accouplement, qui a lieu en

vol, le male meurt rapidement [25].

### 4.1.3 Ouvrières

Les ouvrières sont les abeilles femelles mais elles ne sont pas reproductrices, elles vivent de 4 à 9 mois dans une saison froide et leur nombre arrive jusqu'à 30.000 dans une colonie (ruche). Cependant, en été, leur durée de vie est de 6 semaines et leur nombre atteint jusqu'à 80.000. L'ouvrière est responsable de la défense de la ruche utilisant sa piqûre barbelée. En conséquence, elle meurt après avoir piquée. On peut énumérer les activités des ouvrières par le critère des jours de sa vie comme suit : nettoyage de cellules (jour 1-2), soigner les abeilles (jour 3- 11), production du cire (jour 12-17), surveiller les autres abeilles (jour 18-21), et recherche de nourriture (jour 22-42). L'ouvrière assure les activités habituelles de la colonie d'abeilles telles que l'emballage de pollen, éventer les abeilles, porter l'eau, déplacement des œufs, s'occuper de la reine, nourrir les bourdons, et construction du nid d'abeilles[26].

### 4.1.4 Couvées

Les jeunes abeilles sont nommées les couvées. Elles sont nées après que la reine pond un œuf fécondé par un spermatozoïde libéré par la spermathèque dans des cellules spéciales du nid d'abeilles appelées trames de couvée (brood frames). L'œuf fécondé donne naissance à une abeille ou à une reine en fonction des soins et de la nourriture apportés aux larves. Peu de larves femelles sont choisies pour être des futures reines.

Les œufs non fertilisés donnent naissance aux couvées. Les jeunes larves tournent par le cocon, couvrant la cellule par les ouvrières les plus âgées. C'est l'étape de chrysalides. Puis, elles atteignent l'étape de développement dans laquelle elles reçoivent le nectar et le pollen des abeilles chercheurs jusqu'à ce qu'elles quittent la ruche et passent leurs vies comme chercheurs de nourriture [26].

## 4.2 Recherche de nourriture chez les abeilles

Les scientifiques ont effectué beaucoup de recherches pour déterminer comment l'ordre est maintenu dans la ruche où vivent des dizaines de milliers d'abeilles. Un grand nombre d'études académiques ont été aussi effectuées à cette fin.

Un éminent expert et professeur à l'Université de Munich, le zoologiste autrichien Karl Von Frisch, a consacré un livre de 350 pages à la communication des abeilles, "The dance language and orientation of bees" (Le langage de la danse et l'orientation des abeilles).

### 4.3 Exploration des sources de nourriture

L'abeille qui cherche à manger, appelée « éclaireuse », se trouve devant une tâche formidable. 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 dépose 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. La question posée est alors : « Comment les abeilles communiquent elles ? »

### 4.4 LA communication chez les abeilles

Karl Von Frisch a construit une ruche avec une paroi en verre par laquelle il pouvait observer le comportement des abeilles à l'intérieur. Il remarqua que dans le retour des abeilles employées à la ruche, elles exécutent la danse. Si une seule abeille l'exécute, ce n'est pas toute la ruche qui passe à l'action. Premièrement, un groupe d'éclaireuses quitte la ruche. Si, à son retour, ce groupe exécute aussi la danse, alors un groupe plus important d'abeilles se dirigera vers l'objectif. Meilleure est la source de nourriture qu'elles trouvent, plus longtemps dure la danse et plus grand sera le nombre d'abeilles qui les suivent. De cette façon, l'attention des butineuses est toujours fixée sur la source la plus productive.

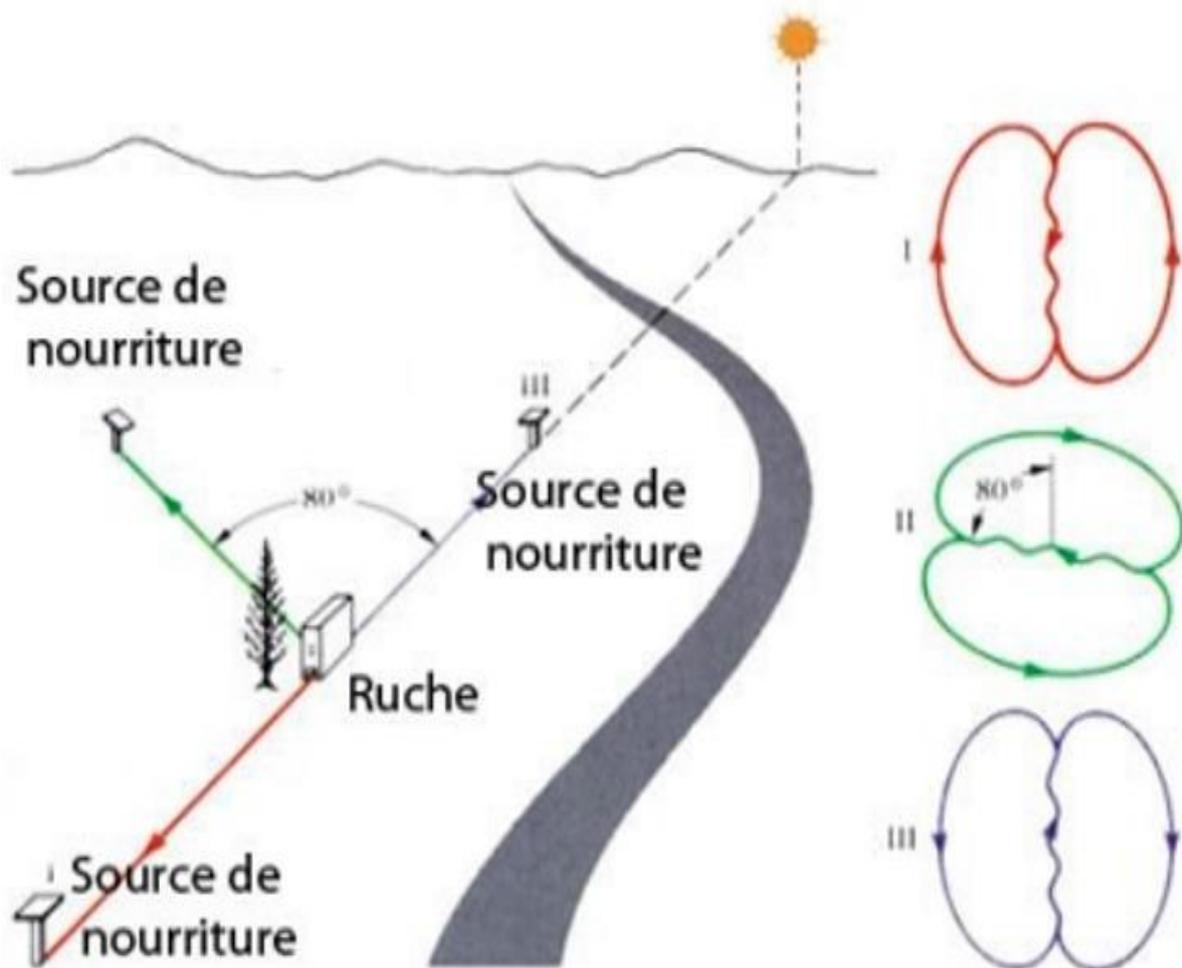


**Figure 2.2 :** La danse des abeilles.

Si la source de nourriture qu'elles trouvent est très riche, la danse que les abeilles exécutent est très enthousiaste. Si la source est à proximité, elles décrivent son emplacement en exécutant la "danse en rond" illustrée à droite. Pour les sources de nourriture plus éloignées, elles exécutent la danse en huit illustrée à gauche, avec des mouvements frétilants[24].

Dans la danse frétilante, l'abeille tourne alternativement d'un côté et de l'autre effectuant un demi-tour circulaire qui la ramène au point de départ. Les ouvrières suivent la danseuse au cours de ses déplacements, et la touchent des antennes. Cette danse est très riche en information, en particulier, elle donne aux abeilles observatrices deux indications essentielles : la quantité de nourriture, la distance à parcourir et la direction à suivre [26].

Concernant la distance, plusieurs paramètres sont utilisés simultanément, le plus important est le tempo de la danse, c'est-à-dire le nombre de tours complets effectués par la danseuse par unité de temps. Les mouvements de l'abeille sont d'autant plus durables que la source est riche (quantité de nourriture). En ce qui concerne la direction, elle est donnée par rapport à l'azimut solaire (en plan horizontal), la position angulaire de la source est indiquée par l'angle que fait la partie frétilante avec la verticale du rayon comme l'indique la figure (2.2) [27]. Dans le cas où la source de nourriture trouvée serait improductive, les abeilles dansent tout de même, mais elles le font à contrecœur et pendant une plus brève durée. Cela se reflète aussi sur les autres abeilles dans la ruche, les abeilles qui se rassemblent autour de la danseuse se dispersent rapidement et une nouvelle équipe quitte la ruche à la recherche de nourriture [24].



**Figure 2.3 :** L'indice de la direction.

- 1- Si la source de nourriture se trouve exactement dans la direction du soleil, ou dans la direction opposée, les frétillements dans la danse seront verticaux sur le rayon.
- 2- Si la source de nourriture est 80 degrés à gauche du soleil, cela est indiqué en faisant la trajectoire du frétillement de la danse à un angle correspondant de 80 degrés à gauche de la verticale.
- 3- Si l'abeille suit une direction vers le haut durant son frétillement, elle signale que la source de nourriture se trouve dans la direction vers le soleil. Et si elle se dirige droit en bas, cela signifie que la source se trouve dans la direction exactement opposée de celle du soleil.

### 4.5 Optimisation naturelle : Les directions fournies par les abeilles

Comme il a été déjà mentionné, peu après avoir regardé l'abeille danseuse, les autres ouvrières quittent la ruche et se dirigent vers l'objectif. Cependant, les abeilles sont confrontées à un problème important : l'angle que la danseuse a fourni à ses sœurs est basé sur le soleil. Cependant, le soleil n'est pas fixe dans le ciel, mais il change de position de 1 degré à toutes les 4 minutes. Si une abeille suivait la ligne d'origine, elle ne serait jamais capable de localiser son objectif à cause du changement de position du soleil. Chaque fois que 4 minutes s'écoulent, cela correspond à une marge d'erreur de 1 degré, laquelle atteindra des dimensions impossibles à corriger au cours d'un long voyage. En réalité, cela ne se produit jamais.

Depuis maintenant des millions d'années, les abeilles ont compris les directions qui leur sont fournies par leurs sœurs, malgré le mouvement du soleil et le changement des angles. Les abeilles n'éprouvent aucune difficulté à trouver des sources de nourriture, ce qui indique qu'elles ne font aucune erreur en calculant l'angle par rapport au soleil.

Pour exprimer cela en termes mathématiques, les abeilles calculent que le soleil se déplace de 1 degré à chaque 4 minutes. En conséquence, elles sont capables de se rappeler de l'emplacement exact de la source de nourriture et de le "décrire" aux autres abeilles. Les autres abeilles calculent l'angle suivant la position modifiée du soleil, comprennent les directions données et localisent la source de nourriture en question.

## 5. Algorithme d'optimisation de colonie d'abeilles artificielle (ABC)

L'ABC, proposé par Karaboga [27] pour l'optimisation des problèmes numériques, simule le comportement des essaims d'abeilles de recherche intelligente de nourriture. Dans l'algorithme ABC, la colonie d'abeilles artificielles contient trois groupes d'abeilles: les abeilles ouvrières, les abeilles faux-bourdon et les quêtesuses. Les éclaireuses cherchent au hasard, dans l'environnement entourant la ruche, les nouvelles sources de nourriture et ce comportement est une sorte de fluctuation qui est vital pour l'auto-organisation.

Les quêtesuses en attente dans la ruche trouvent la source de nourriture au moyen des renseignements présentés par les butineuses ouvrières.

Le nombre moyen de quêtesuses est d'environ 5 à 10% des butineuses. Dans l'ABC, la première moitié de la colonie artificielle d'abeilles est constituée d'employées et la seconde moitié est

constituée de spectateurs. L'abeille ouvrière dont la source alimentaire a été épuisée devient une abeille scoute [27].

Dans l'algorithme ABC, la position d'une source de nourriture représente une solution possible au problème de l'optimisation et de la quantité de nectar d'une source de nourriture correspond à la qualité (fitness) de la solution associée. Le nombre d'abeilles ouvrières est égal au nombre de sources d'alimentation, chacune d'entre elles représente également un site, étant exploité à l'heure actuelle ou pour le nombre de solutions dans la population [28].

Les principales étapes de l'algorithme sont données ci-dessous:

- Initialisation.
- Répétez.
  - (a) Placez les abeilles ouvrières sur les sources alimentaires dans la mémoire.
  - (b) Placez les abeilles assistantes sur les sources alimentaires dans la mémoire.
  - (c) Envoyer les quêteuses à la zone de recherche pour la découverte de nouvelles sources de nourriture.
- Jusqu'à (les exigences soient remplies).

Dans l'algorithme ABC, chaque cycle de la recherche comporte trois étapes:

Envoyer les abeilles ouvrières sur les sources de nourriture, pour mesurer leurs quantités de nectar; la sélection des sources de nourriture par les assistantes après le partage de l'information avec les abeilles ouvrières et déterminer la quantité de nectar des aliments; déterminer les éclaireuses pour les envoyer sur les sources alimentaires possibles.

- 1) Initialisation de la population de solutions  $X_i = (X_{ij})$
- 2) Évaluer la population
- 3) Cycle = 1
- 4) la répétition
- 5) ) Produire de nouvelles solutions (positions de source de nourriture)  $v_i$  dans le quartier de  $x_i$  pour les abeilles employées; par exemple en utilisant la formule suivante.

$$v_{ij} = x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}) \quad (\text{II.1})$$

- 6) Appliquer le processus de sélection avide entre  $v_i$  et  $x_i$

- 7) Calculer les valeurs de probabilité  $P_i$  pour la solution  $x_i$  au moyen de leurs valeurs de fitness  $f_i$  Par exemple, en utilisant l'équation suivante.

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{SN} f_i} \quad (\text{II.2})$$

Pour le problème de minimisation, la valeur de fitness peut être calculée comme suit.

$$f_i = \begin{cases} \frac{1}{1+F_i} & \text{if } F_i \geq 0 \\ 1 + \text{abs}(F_i) & \text{if } F_i < 0 \end{cases} \quad (\text{II.3})$$

Où:  $F_i$  est la valeur du coût de la fonction objectif.

- 8) Produire de nouvelles solutions  $v_i$  (nouvelles positions) pour les assistantes à partir des solutions  $x_i$ , sélectionnées en fonction de  $P_i$  et les évaluer.
- 9) Appliquer le processus de sélection avide entre  $v_i$  et  $x_i$ .
- 10) Déterminer la solution abandonnée  $x_i$  (source), si elle existe, et la remplacer par une nouvelle solution  $x_i$  produite au hasard par l'éclaireuse. La définition suivante pourrait être utilisée à cette fin.

$$x_{ij} = x_{minj} + \text{rand}(0.1) \times (x_{maxj} - x_{minj}) \quad (\text{II.14})$$

Où  $x_{minj}$  et  $x_{maxj}$  sont respectivement la limite inférieure et supérieure du paramètre  $j$ .

- 11) Mémorisez la meilleure position de source de nourriture (solution) réalisés jusqu'ici
- 12) Cycle = Cycle + 1
- 13) jusqu'à ce que (le cycle = Nombre de cycle maximum (MCN))

### 6. Correspondance entre les concepts réel et artificiels pour les colonies d'abeilles

Concept réel	Correspondance artificielle
Abeille	Agent ,programme, objet
Source de nourriture	Solution potentielle du problème
Quantité de nectar	Qualité de la solution trouvée
Fitness	Mesure de la qualité de la solution
Taux de recrutement des abeilles	Probabilité de génération de solutions dans le voisinage d'une solution en mémoire et aussi mesure de convergence de l'algorithme vers de bonnes solutions.
Exploitation	Déterminer la qualité d'une solution
Exploration	Trouver des solutions potentielles dans l'espace de recherche.
Epuisement d'une source de nourriture	Pas d'amélioration de la qualité de la solution au bout de d'un nombre d'itérations = <b>Limite</b>

**Tableau 2.1:** Correspondance entre concepts réels et artificiels pour les colonies d'abeilles.

### 7. Avantages et inconvénients de l'algorithme ABC

#### 7.1 Avantages

- Utilise moins de paramètres de contrôle.
- Converge rapidement vers la solution.
- Peut être appliqué pour résoudre de nombreux problèmes d'optimisation.
- Flexible et robuste.
- Peut être utilisé pour résoudre des problèmes d'optimisation numérique unimodale et multimodale [30].
- Il a des performances supérieures avec les problèmes d'optimisations sans contraintes,

et aussi peut être utilisé efficacement pour résoudre des problèmes d'optimisation sous contraintes [31].

- Capable de résoudre des problèmes d'optimisation complexes.

### 7.2 Inconvénients

- C'est un algorithme relativement complexe.
- Espace de recherche limité par la solution initiale.
- Tomber facilement prématurément dans les optima locaux et le taux de convergence lent à un stade ultérieur [32].
- Ne pas explorer suffisamment l'espace de recherche, ce qui a pour conséquence de converger vers un optimum local [33].

## 8. Conclusion

La méthode d'optimisation par colonie d'abeille est l'une des récentes méthodes d'optimisation. Elle est représentée par un algorithme qui peut être appliqué à de nombreux problèmes d'optimisation dans le management, l'ingénierie, et le contrôle.

Elle est basée sur le concept de coopération qui rend les abeilles plus efficaces et ainsi arrivées à leurs buts rapidement. Cette méthode a la capacité, grâce à l'échange d'informations et le processus de recrutement d'intensifier la recherche dans les régions prometteuses de l'espace de solutions.

Des résultats préliminaires ont montré que le développement de nouveaux modèles basés sur les principes des abeilles doit certainement contribuer dans des problèmes assez complexes.

# **Chapitre 3 :** Simulations et Résultats

## 1. Introduction

Dans les systèmes électriques, il est indispensable à chaque instant de produire l'énergie électrique nécessaire pour répondre à la demande. Le problème du dispatching économique consiste à déterminer les niveaux de production de l'ensemble des générateurs qui garantissent l'équilibre production-consommation au moindre coût possible.

Pour notre étude, on s'est intéressés à démontrer les performances de la méthode algorithme de colonie d'abeille (ABC) pour résoudre le problème de dispatching économique sur deux réseaux tests à savoir, le premier est un réseau à 3 générateurs et le deuxième un réseau à 10 générateurs de production. Pour minimiser le coût de production en tenant compte des pertes de transmission. On a effectué des comparaisons par rapport à la méthode algorithme de colonie d'abeille (ABC) en utilisant des algorithmes « classique et méta-heuristique ».

## 2. Simulations

### 2.1 Exemple .1

Le réseau investi est un réseau de 14 nœuds à 3 nœuds producteurs. Les fonctions des coûts et les limites de puissance des trois générateurs sont les suivantes : [34]

Nœuds	$a_n$	$b_n$	$c_n$	$P_{n,min}$ (MW)	$P_{n,max}$ (MW)
1	0.03546	38.30553	1243.5311	35	210
2	0.02111	36.32782	1658.5696	130	325
3	0.01799	38.27041	1356.6592	125	315

**Tableau (3.1) :** Données du réseau 1.

La matrice des coefficients des pertes est :

$$B_{n,m} = \begin{pmatrix} 0.000071 & 0.000030 & 0.000025 \\ 0.000030 & 0.000069 & 0.000032 \\ 0.000025 & 0.000032 & 0.000080 \end{pmatrix}$$

Pour une puissance demandée de 400MW, les résultats des puissances actives, les pertes de transmission et du coût total sont indiqués sous forme de résultats dans le Tableau(3.2). Ce dernier affiche les solutions optimales des méthodes suivantes :

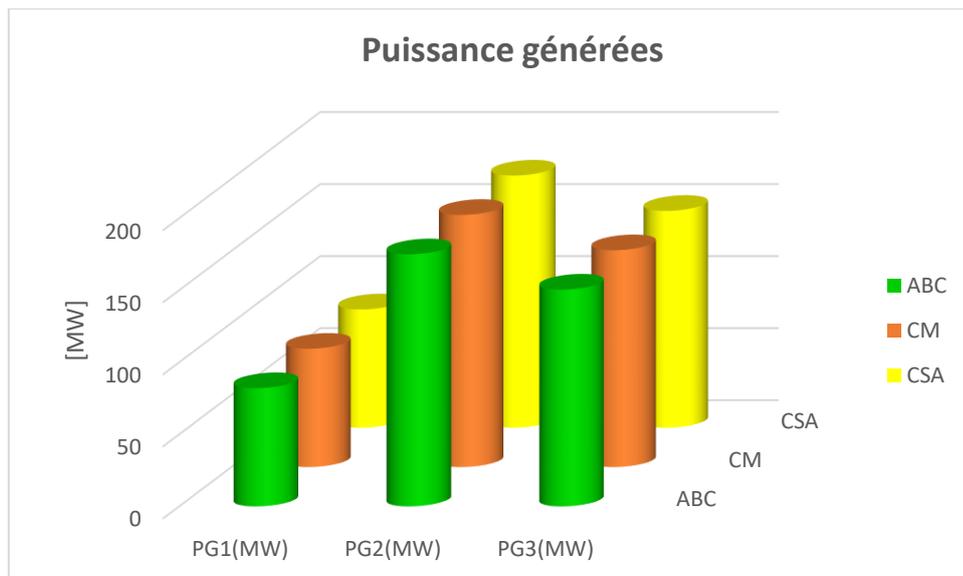
- **ABC** : colonie d'abeille artificielle.
- **CM** : Conventional Method (Lambda iterative technique).
- **CSA** : Cuckoo Search Algorithm.[35].

## les paramètres de la méthode ABC :

- NP=500 , Numéro de la taille de la colonie (The number of colony size).
- Food number =NP/2 , Le nombre de sources de nourriture est égal à la moitié de la taille de la colonie.
- Limit = 30 , Une source de nourriture qui ne peut être améliorée par une expérimentation "limitée" est abandonnée par les abeilles ouvrières.
- max cycle ( itération )=2000 .

	ABC	CM	CSA [35]
$P_{G1}(MW)$	82.0887	82.0874	82.0784
$P_{G2}(MW)$	174.9888	175.0041	174.994
$P_{G3}(MW)$	150.4905	150.4939	150.496
$P_L(MW)$	7.5680	7.5687	7.5681
$T(P_{Gi})(\$/h)$	20812.2	20813	20812.3

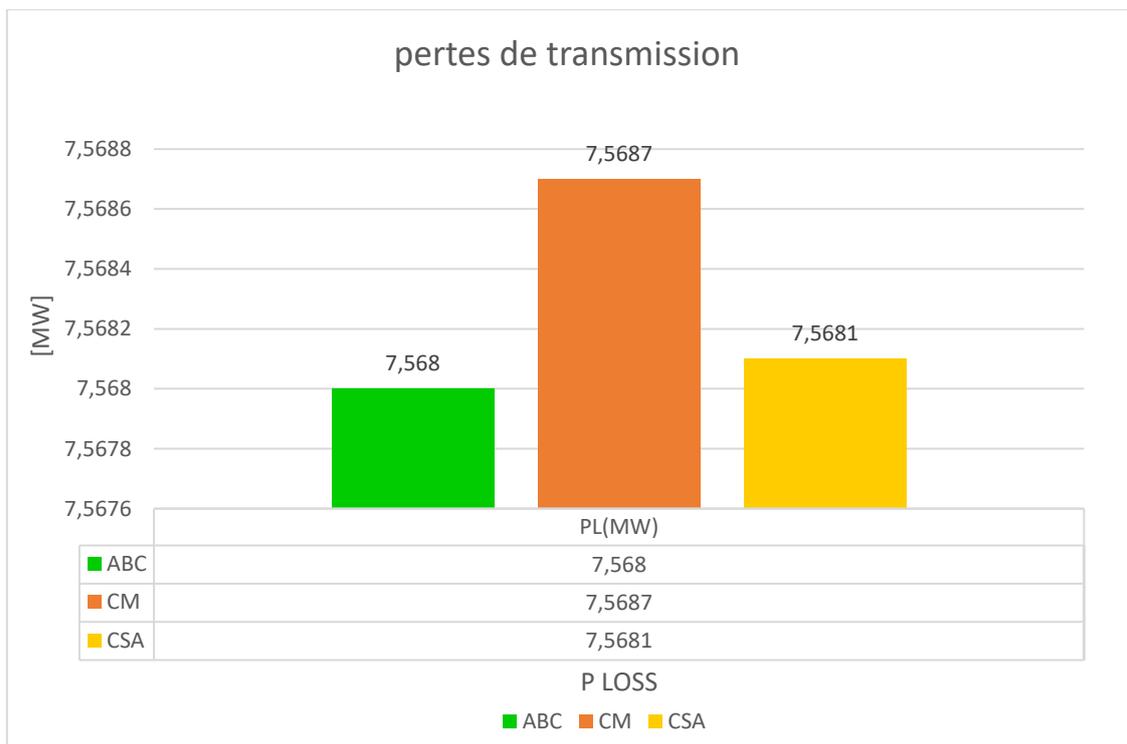
**Tableau (3.2) :** Solutions optimales (réseau 1).



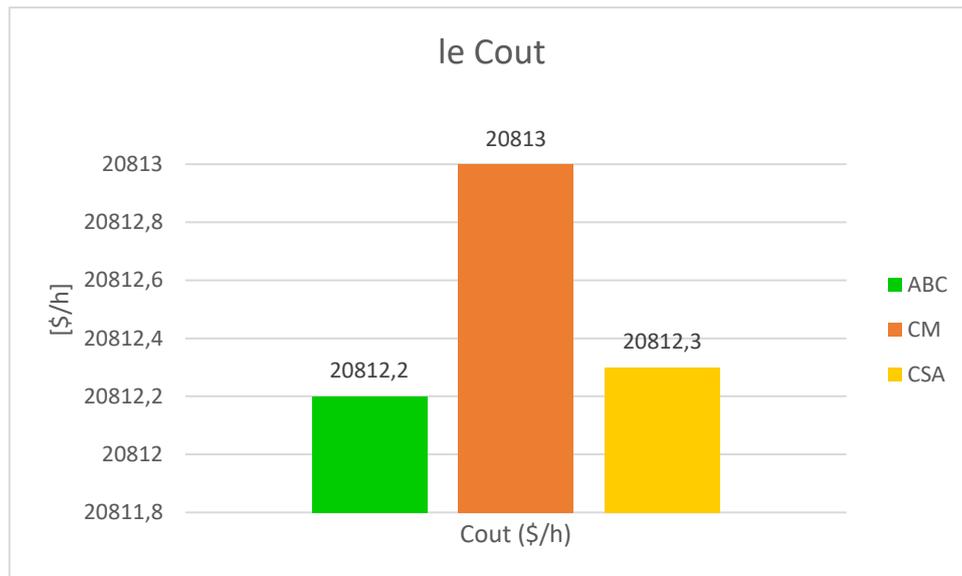
**Figure (3.1):** Puissance générées optimales obtenus par ABC, CM et CSA.

## Interprétation:

- A travers les résultats trouvés, on peut dire qu'il y a un petit écart entre les puissances générées optimales, le cout de production ainsi que les pertes de transmission entre les différents algorithmes.
- L'optimisation du cout de productions est meilleure l'ors de l'application de **CSA** par rapport aux **CM**. Ceci nous conduit à comparer les résultats de CSA avec ceux de ABC.
- Le cout total donné par **ABC** est de **20812.2 \$/h** et autour de **20812.3 \$/h** pour **CSA**, ce qui représente une différence de **0.1\$/h**.
- Les pertes de transmission évaluées par les trois approches sont restées très proches pour les trois algorithmes respectivement (**ABC**) **7.5680 MW**, (**CM**) **7.5687 MW**, (**CSA**) **7.56813 MW**.



**Figure (3.2):**  $P_L$  obtenus par ABC, CM et CSA.



**Figure (3.3) :** Cout total obtenus par ABC, CM et CSA.

## 2.2.1 Comparaison des résultats avec différentes puissances demandées :

Puissance demandé (MW)	Les pertes de puissances (MW)		
	Lambda itération	Cuckoo Search Algorithm	Colonie d'abeille
400	7.5687	7.56813	7.5680
450	9.6134	9.61271	9.6126
500	11.9151	11.9144	11.9143
550	14.4777	14.4769	14.4767
600	17.3049	17.3040	17.3039
650	20.4007	20.3997	20.3996

**Tableau (3.3) :** Comparaison des pertes par des méthodes différentes (ABC, CM et CSA).

### Interprétation:

- Les pertes de transmission évaluées par les trois approches sont restées très proches pour les trois algorithmes pour les différentes puissances demandées.

Puissance demandé (MW)	Cout de fuel (\$/h)		
	Lambda itération	Cuckoo Search Algorithm	Colonie d'abeille
400	20813	20812.3	20812.2
450	23113	23112.4	23112.3
500	25466	25465.5	25465.4
550	27899.3	27872.4	27872.3
600	30359.3	30334	30333.9
650	32875	32851	32850.9

**Tableau (3.4)** : Comparaison de coût de fuel par d'autres méthodes (ABC, CM et CSA).

### 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 **ABC** est toujours le meilleure pour les différentes puissances .
- Le cout obtenu par l'algorithme **CM** est le plus cher par rapport aux autres Algorithmes.

### 2.2 Exemple .2

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 :[36]

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 (3.5):** Données du réseau 2.

La matrice des coefficients des pertes est :

$$B_{m,n} = 10^{-5} \begin{pmatrix} 4.9 & 1.4 & 1.5 & 1.5 & 1.6 & 1.7 & 1.7 & 1.8 & 1.9 & 2.0 \\ 0.43 & 4.5 & 1.6 & 1.6 & 1.7 & 1.5 & 1.5 & 1.6 & 1.8 & 1.8 \\ 1.5 & 1.6 & 3.9 & 1.0 & 1.2 & 1.2 & 1.4 & 1.4 & 1.6 & 1.6 \\ 1.5 & 1.6 & 1.0 & 4.0 & 1.4 & 1.0 & 1.1 & 1.2 & 1.4 & 1.5 \\ 1.6 & 1.7 & 1.2 & 1.4 & 3.5 & 1.1 & 1.3 & 1.3 & 1.5 & 1.6 \\ 1.7 & 1.5 & 1.2 & 1.0 & 1.1 & 3.6 & 1.2 & 1.2 & 1.4 & 1.5 \\ 1.7 & 1.5 & 1.4 & 1.1 & 1.3 & 1.2 & 3.8 & 1.6 & 1.8 & 1.8 \\ 1.8 & 1.6 & 1.4 & 1.2 & 1.3 & 1.2 & 1.6 & 4.0 & 1.5 & 1.6 \\ 1.9 & 1.8 & 1.6 & 1.4 & 1.5 & 1.4 & 1.6 & 1.5 & 4.2 & 1.9 \\ 2.0 & 1.8 & 1.6 & 1.5 & 1.6 & 1.5 & 1.8 & 1.6 & 1.9 & 4.4 \end{pmatrix}$$

Pour une puissance demandée de **2000MW**, les résultats des puissances actives et du cout total sont donnés dans le **Tableau (3.6)**. Ce dernier regroupe les solutions optimales des méthodes suivantes :

- **ABC** : colonie d'abeille artificielle.
- **BSA** : Backtracking Search Algorithm. [37]
- **TLBO** : Teaching learning based Optimisation. [38]
- **DE** : Differential Evolution. [38]
- **ISCA** : Improved Sine Cosine Algorithm. [39]

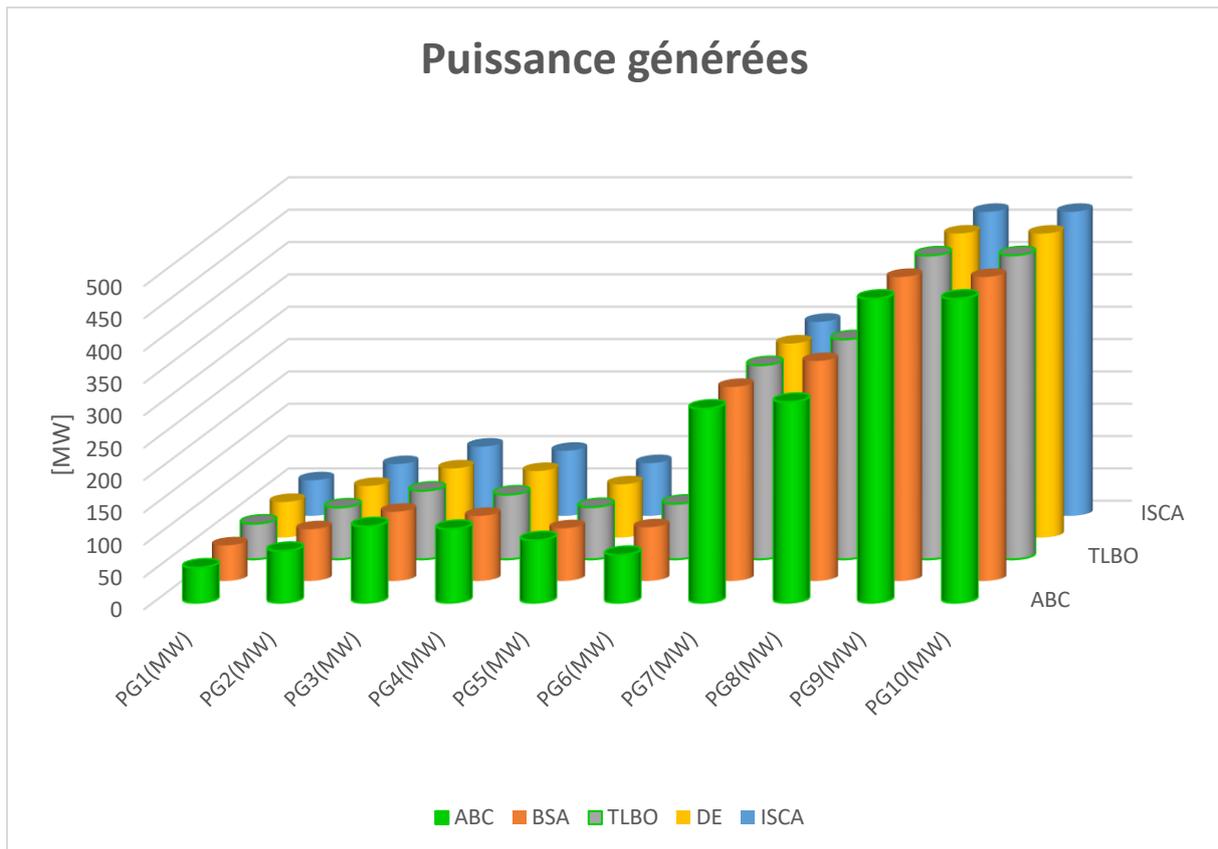
### les paramètres de la méthode ABC :

- NP=600 , Numéro de la taille de la colonie (The number of colony size).
- Food number =NP/2 , Le nombre de sources de nourriture est égal à la moitié de la taille de la colonie.
- Limit = 10 , Une source de nourriture qui ne peut être améliorée par une expérimentation "limitée" est abandonnée par les abeilles ouvrières.
- max cycle ( itération )=500 .
- Time run : 10.

	ABC	BSA [37]	TLBO [38]	DE [38]	ISCA [39]
<b>P<sub>G1</sub>(MW)</b>	54.2529	55.0000	55.0000	55.0000	55.0000
<b>P<sub>G2</sub>(MW)</b>	80.0000	80.0000	80.0000	79.8063	80.0000
<b>P<sub>G3</sub>(MW)</b>	118.0806	106.9295	105.9616	106.8253	106.9499
<b>P<sub>G4</sub>(MW)</b>	113.973	100.6028	599.9321	102.8307	100.5763
<b>P<sub>G5</sub>(MW)</b>	96.4593	81.4990	80.6424	82.2418	81.5010
<b>P<sub>G6</sub>(MW)</b>	73.7943	83.0074	85.7878	80.4352	83.0116
<b>P<sub>G7</sub>(MW)</b>	300	300.0000	300.0000	300.0000	300.0000
<b>P<sub>G8</sub>(MW)</b>	310.3817	340.0000	340.0000	340.0000	340.0000
<b>P<sub>G9</sub>(MW)</b>	469.9316	470.0000	469.6979	470.0000	470.0000
<b>P<sub>G10</sub>(MW)</b>	470	470.0000	469.9943	469.8975	470.0000
<b>T(P<sub>G1</sub>)(\$/h)</b>	111481	111497	111500	111500	111495

**Tableau (3.6): Solutions optimales (réseau.2).**

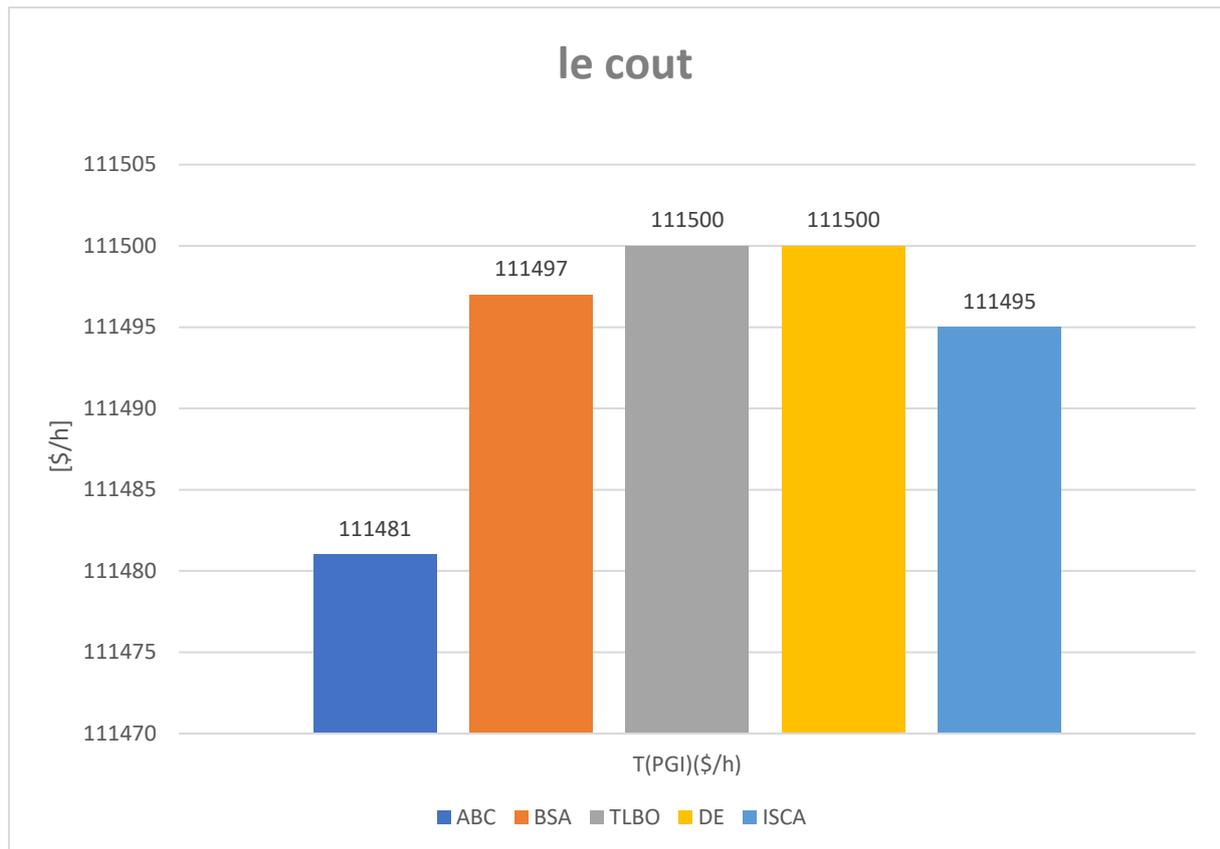
- ❖ La perte de transmission donné par **ABC** est de **86.8734MW**.



**Figure (3.4):** Puissance générées optimales obtenus par ABC, BSA, TLBO, DE et ISCA.

### Interprétation:

- A travers les résultats trouvés, on peut dire qu'il y a un petit écart entre les puissances générées optimales et le cout de production pour les différents algorithmes.
- L'optimisation du cout de productions est meilleure lors de l'application de **SA** par rapport les autres méthodes .



**Figure (3.5) :** Cout total obtenus par ABC, BSA,TLBO,DE et ISCA.

### 3. Conclusion

Dans ce chapitre, colonie d'abeilles artificielle (ABC) a été proposé afin de prouver l'efficacité de l'algorithme, il est appliqué au problème du dispatching économique avec trois et dix unités génératrices. Les résultats obtenus par la méthode proposée (ABC) ont été comparés à Cuckoo Search Algorithm(CSA) ,Lambda iteration(CM) ,BSA Backtracking Search Algorithm, TLBO Teaching learning based optimisation, DE Differential Evolution, ISCA Improved Sine Cosine Algorithm.

Le meilleur coût de production est obtenu par ABC et ceci pour les deux réseaux. La comparaison montre que l'algorithme de colonie d'abeilles artificielle peut donner un meilleur résultat du point coût de production, cela revient principalement aux paramètres de réglage.

L'algorithme de colonie d'abeilles artificielle est l'une des méta-heuristiques prometteuses, récemment proposé pour la résolution de problèmes d'optimisation. Ceci est confirmé par les résultats de notre chapitre.

# Conclusion générale

## Conclusion générale

Le dispatching économique joue un rôle très important dans le domaine de l'énergie électrique, car il assure la production de l'énergie électrique avec un coût minimal. Dans ce présent travail, et après avoir formulé le problème du dispatching économique, nous avons résolu ce problème avec une méthode d'optimisation qui est: L'algorithme colonie d'abeilles . A travers les résultats du chapitre 3, nous avons remarqué que l'utilisation de L'algorithme colonie d'abeilles artificielle ABC pour optimiser le problème de dispatching économique donne d'excellents résultats .

Dans un premier temps on a commencé cette étude par des généralités sur les réseaux électriques (chapitre 1) ensuite on a établi une recherche sur les méthodes de résolution existantes : leurs origines, leurs principes, leurs étapes, leurs avantages, leurs lacunes et leurs applications Grace à cette phase, on a acquis des informations et des connaissances dans notre domaine de recherche.

Le 2ème chapitre a été consacré à l'étude détaillée d'une méthode méta heuristique qui est la Méthode d'optimisation **Artificial bee colony** ou bien “ colonie d'abeilles artificielle ” ou on a donné une définition et une revue détaillée sur cette méthode.

Le 3ème chapitre (simulation) a été fait afin de prouver l'efficacité de cet algorithme (colonie d'abeilles artificielle) appliqué au problème du dispatching économique étudié dans ce mémoire.

Grâce à la méthode choisie appliquée dans l'environnement Matlab et grâce aux paramètres propres liés à cette méthode choisis ,nous avons trouvé des résultats que nous estimons satisfaisants et nous espérons qu'ils soient encore améliorés dans l'avenir.

### Références et Bibliographies

- [1] L'écoulement de puissance dans les réseaux De distribution
- [2] Angar yahia et Allaoua slimane (Minimisation des pertes actives par Algorithme génétique appliquée au réseau électrique Algérien ), Université de Med khider Biskra, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en réseaux électriques une. Promotion Juin 2011
- [3] M. Hamed, «Dispatching économique dynamique par utilisation de méthodes d'optimisation globale», Mémoire de Masters, Université Mohamed Khider - Biskra ./http://thesis.univ biskra.dz/id/eprint/536 / 5 nov. 2014 .
- [4]« Réseau électrique ». Consulté le: 6 mai 2022. [En ligne].  
Disponible sur: [http://www.electrosup.com/reseau\\_electrique.php](http://www.electrosup.com/reseau_electrique.php)
- [5]5L. Nesrine, « Pfe baghli », Consulté le: 6 mai 2022. [En ligne].  
Disponible sur: [https://www.academia.edu/23943886/Pfe\\_baghli](https://www.academia.edu/23943886/Pfe_baghli)
- [6]6« Reseaux.pv.info - L'architecture technique du réseau électrique ». <https://reseaux.photovoltaique.info/fr/comprendre-le-systeme-electrique/caracteristiques-techniques-et-pilotage-du-systeme-electrique/architecture-technique-du-reseau/> (consulté le 6 mai 2022).
- [7]7« Quels sont les différents types de réseaux électriques ? | Enedis ». <https://www.enedis.fr/faq/protection-lignes-ou-reseaux-electriques/quels-sont-les-differents-types-de-reseaux-electriques> (consulté le 6 mai 2022).
- [8]8E. Gladkikh, « Optimisation de l'architecture des réseaux de distribution d'énergie électrique », p. 161.
- [9]9A. Vergnol, « Intégration dans le réseau électrique et le marché de l'électricité de production décentralisée d'origine renouvelable: gestion des congestions locales », p. 188.
- [10] 10« Fig.3. Structure of the tested IEEE 14 Bus System », *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-the-tested-IEEE-14-Bus-System\\_fig1\\_320093999](https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-the-tested-IEEE-14-Bus-System_fig1_320093999) (consulté le 18 mai 2022).
- [11] 11V. Rious, « Le développement du réseau de transport dans un système électrique libéralisé, un problème de coordination avec la production », p. 337.
- [12]F. Hamoudi « Laboratoire de maitrise des énergies renouvelables

- » Université A/Mira- Bejaia, mémoire de magister, 2019.
- [13] Draïdi Abd Ellah « Répartition économique de l'énergie électrique utilisant les techniques d'intelligence artificielle ». Thèse de magister, département d'électrotechnique université de Constantine ,2010.
- [14] F.Benhamida,R .Belhachem, A.Bendaoued ,Y.Ramdani.« Résolution de dispatching optimal en combinant l'écoulement de puissance pour le calcul des pertes ».Acta Electro - echnica ,volume53,number 1,2012.
- [15] L.Abdelmalek et M Rahli « Répartition optimale des puissances actives par les méthodes Hessiennes » université d'Oran, Acta Electrotechnica ,volume49,number 2,2008.
- [16] F.Benhamida, A.Dahmani, A .Bendaoued ,Y.Ramdani.« un réseau de neurone pour la répartition économique en utilisant le langage G ».Acta Electrotechnica, volume 52, number 3,2011.
- [17] A. DRAIDI ; « Répartition économique de l'énergie électrique utilisant les techniques d'intelligence artificielle ». Thèse de Magistère, université Mentouri, Constantine, 2010.
- [18] Slimani Linda, « Contribution à l'application de l'optimisation par des méthodes Meta heuristiques à l'écoulement de puissance optimal dans un environnement de l'électricité dérégulé », Thèse de doctorat université de Batna, 12/2009.
- [19] Salhi Abdelfattah, « planification optimale de l'échange d'énergie électrique entre des réseaux interconnectés ». thèse de magister université de Biskra, 2012.
- [20] F. Michael, L. Yun Kang, « dispatching économique avec/sans pertes ». Projet de Conduite des réseaux électriques ELE234. Université libre de Bruxelles, 2007.
- [21] « Les « Smart Grids » ou « Réseaux Intelligents » – Enerzine ». <https://www.enerzine.com/les-smart-grids-ou-reseaux-intelligents/9452-2009-10> (consulté le 21 mai 2022).
- [22] R. Benabid , "Optimisation Multi-objectif de la Synthèse des FACTS par les Particules en Essaim pour le Contrôle de la Stabilité de Tension des Réseaux Electriques," Université de Laghouat mémoire de Magister, 2007
- [23] Harbadji.w , "optimisation de l'écoulement de puissance environnemental par la méthode du algorithme Génétique ," Université de Sétif Mémoire d' ingénieur, 2010

- [24] H. YAHYA, Book "The Miracle of the honeybee", G. M. D. Cd., Ed. Okmeydani-Istanbul-Turkey, March 2007
- [25] harunyahya.<http://jlpetitlaurent.free.fr/abeille/http://lerucherdulac.free.fr>.
- [26] Mezhoudi Houcem Edinne, "Résolution du problème d'affectation de fréquence dynamique en utilisant un algorithme basé sur le comportement des abeilles," 2010
- [27] Efrén Mezura-Montes Mauricio Damián-Araoz and Omar Cetina-Domínguez, "Smart Flight and Dynamic Tolerances in the Artificial Bee Colony for Constrained Optimization," Sep. 2010
- [28] Dervis Karaboga and Bahriye Basturk, "Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm for Solving Constrained Optimization Problems," Springer-Verlag Berlin Heidelberg , p. 789–798, 2007.
- [29] S.Hemamalini and Sishaj P Simon, "economic load dispatch with valve-point effect using artificial bee colony algorithm ," in xxxii national systems conference, 2008, pp. 525-530
- [30] D. Karaboga. « An idea based on honey bee swarn for numerical optimization ». [Université Erciyes, Kayseri - Türkiye]. 2005.
- [31] D. Karaboga. « Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm for Solving Constrained Optimization Problems ». [Université Erciyes, Türkiye]. 2007.
- [32] Wen Liu. « A Multistrategy Optimization Improved Artificial Bee Colony Algorithm ». [Université de Technologie, Dalian – Chine]. 2014.
- [33] Tekle Haylekiros Assefa. « Modeling and Simulating of Renewable Energy Resources ». Innovative Systems Design and Engineering. ISSN 2222-1727 (Papier) ISSN 2222-2871 (Online). Vol.9, No.7, 2018.
- [34] M. Sudhakaran, M.R.S. Slochanal, R. Sreeran, and N. Chandrasekhar, «Application of refined genetic algorithm to combined economic and emission dispatch», IE(I) Journal-EL, Vol, 85, 2004, pp, 115-119.
- [35] A.Hima Bindu, Dr. M. Damodar Reddy, «Economic Load Dispatch Using Cuckoo Search Algorithm», International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622 [www.ijera.com](http://www.ijera.com) / Vol. 3, Issue 4, Jul-Aug 2013, pp. 498-502.
- [36] M. Basu, « Economic Environmental Dispatch Using multi-objective differential Evolution», Elsevier Applied Soft Computing

11, 2011, pp 2845-2853

[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494610002917](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494610002917)/Applied Soft Computing ,March 2011.

[37] M. Modiri-Delshad and N.A Rahim, Multi-objective backtracking search algorithm for economic emission dispatch problem, Appl Soft Comput., 40 , pp. 479–94(2016).

[38] P.K Roy and S. Bhui, Multi-objective quasi-oppositional teaching learning based optimization for economic emission load dispatch problem, Int J Electr Power Energy Syst., 53, pp. 937–48(2013).

[39] K. Chandrasekaran, Improved Sine Cosine Algorithm for Solving Dynamic Economic Dispatch Problem, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-8 Issue-3, February 2019.