



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Electrotechnique  
Réseau électrique

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**AMRANE Mohamed et DJELLOUL Med Salah Eddine**

Le : mercredi 29 juin 2022

## Minimisation des pertes dans les réseaux électriques de distribution

---

### Jury :

M.	BAHRI Mebarek	Pr	Université de Biskra	Président
M.	NAIMI Djemai	Pr	Université de Biskra	Encadreur
M.	SAADI Ramzi	MCA	Université de Biskra	Examineur

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



**Université Mohamed Khider Biskra**  
**Faculté des Sciences et de la Technologie**  
Département de Génie Electrique  
**Filière : ELECTROTECHNIQUE**  
**Option : RESEAU ELECTRIQUE**

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme :

**MASTER**

*Thème*

*Minimisation des pertes dans les réseaux  
électriques de distribution*

**Présenté par :**

*AMRANE Mohamed*

*DJELLOUL Med Salah Eddine*

**Avis favorable de l'encadreur :**

*Pr. NAIMI DJEMAI*

**Avis favorable du Président du Jury**

*Pr. BAHRI Mebarek*

Cachet et signature

# ***Remerciements***

*En cette mémorable occasion, et avant toute chose, Nous tenons à remercier notre seigneur Allah*

*Nous remercions chaleureusement l'Encadreur Pr. NAIMI Djemai pour ses précieux conseils et ses aides durant toute la période du travail*

*Nos remerciements les membres du jury Professeur BAHRI Mebarek et SAADI Ramzi maitre de conférences à l'université de Biskra de s'être donné la peine d'examiner notre modeste travail*

*Que tous nos professeurs qui ont contribué à notre formation trouvent ici notre plus profonde gratitude*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, surtout Monsieur :*

*SAADALLAH Hocine ; BRAHIMI Bachir ; SOLTANI Nacer ; AOUCHE Zoheir ; AMRANE Hocine ; SAADALLAH Yacine ; DJELLOUL Fateh*

*à l'aboutissement de ce travail, sans oublier tous nos camarades de génie Electrique*

# ***Dédicace***

*Je dédie ce mémoire Aux êtres les plus chers à mon cœur, Mon  
Père, Ma mère, Ma femme et à Mes Enfants Wael , Ferdaous  
et Chaïma qui ont toujours cru en moi et m'ont toujours encouragées.*

*A ma sœur A mes Frères A toutes mes familles*

*DJELLOUL & DRAIDI*

*A tous mes amis A tous mes professeurs*

***Salah***

# ***Dédicace***

*Je dédie ce mémoire A l'être le plus cher de ma vie ma mère*

*A celui le plus m'a fait de moi un homme, mon père*

*A mes chères sœurs et mon frère A toute ma famille*

*A tous mes amis de promotion de 2<sup>ème</sup> année Master RE en électrotechnique*

*A tous mes professeurs*

***Mohamed***

# **TABLE DES MATIERES**

# Table des matières

TABLE DES MATIERES.....	I
LISTE DES TABLEAUX.....	IV
LISTE DES FIGURES.....	IV
LISTE DES ABREVIATIONS.....	V
SYMBOLE GRAPHIQUES.....	VII
INTRODUCTION GENERALE.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<i>CHAPITRE I : Généralités sur les réseaux électriques</i> .....	2
Introduction.....	3
1 Définition d'un réseau électrique.....	3
2 Différents types de réseaux.....	3
2.2 Réseaux de répartition.....	3
2.3 Réseaux de distribution.....	4
3 Les niveaux de tension.....	5
4 Constitution des réseaux de distribution HTA.....	5
4.1 Réseaux HTA aériens.....	5
4.2 Réseaux HTA souterrains.....	6
5 Structure générale d'un réseau privé de distribution [3].....	6
6 Modes d'alimentation des tableaux HTA.....	8
6.1 Un jeu de barres avec une source d'alimentation.....	8
6.2 Un jeu de barres sans couplage avec deux sources d'alimentation.....	8
6.3 Deux jeux de barres avec couplage et deux sources d'alimentations.....	9
6.4 Un jeu de barres sans couplage et trois sources d'alimentation.....	10
6.5 Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation.....	10
6.6 Sources et départs en "Duplex".....	11
6.7 Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources d'alimentation.....	12
6.8 Deux doubles jeux de barres couplés entre eux.....	13
7 Structure des réseaux HTA.....	13
7.2 Structure radiale.....	14

7.2.1 Radial en simple antenne.....	14
7.2.2 Radial en double antenne sans couplage .....	15
7.2.3 Radial en double antenne avec couplage [3] .....	16
7.3 En boucle.....	16
7.3.1 Boucle ouverte.....	17
7.3.2 Boucle fermée.....	18
7.4 En double dérivation.....	19
8 Les postes HTA/BT [4].....	19
8.1.1 Les postes d'extérieur .....	19
8.1.2 Les postes d'intérieur .....	20
8.2 Structure d'un poste HTA/BT [4].....	21
Conclusion.....	21
<i>Chapitre II : L'écoulement de puissance</i> .....	22
1 Introduction : .....	23
2 Modèle des éléments du réseau : .....	23
2.1 Modèle des Lignes : .....	23
2.2 Modèle de Charge : .....	24
2.3 Classification des jeux de barres : .....	24
2.4 Les équations de l'écoulement de puissance : .....	26
2.5 Conclusion : .....	37
<i>Chapitre III : Résultats &amp; Interprétations</i> .....	38
Introduction : .....	39
2 Résultats et interprétations : .....	39
2.1 Résultats et interprétations pour réseau test 10 JDB : .....	39
2.2 Réseau test 33 JDB : .....	42
Conclusion Générale .....	48
ANNEXES .....	49
BIBLIOGRAPHIE .....	52
Résumé : .....	54

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.1</b> : Tableau des domaines de tension [2].	5
<b>Tableau II.1</b> : Les types des nœuds	26
<b>Tableau III.1</b> : Solution de l'écoulement de puissance pour le réseau de 10 jeux de barres	40
<b>Tableau III.2</b> : Les courants et les pertes de réseau de 10 jeux de barres	41
<b>Tableau III.3</b> : Solution de l'écoulement de puissance de réseau de 33 jeux de barres	43
<b>Tableau III.4</b> : Les courants et les pertes de réseau de 33 jeux de barres	45

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1</b> : Schéma acheminement de l'électricité.	4
<b>Figure I.2</b> : structure générale d'un réseau privé de distribution [3].	7
<b>Figure I.3</b> : un jeu de barres avec une source d'alimentation [3].	8
<b>Figure I.4</b> : Un jeu de barres sans couplage avec deux sources d'alimentation [3].	9
<b>Figure I.5</b> : deux jeux de barres avec couplage et deux sources d'alimentation [3].	9
<b>Figure I.6</b> : Un jeu de barres sans couplage et trois sources d'alimentation [3].	10
<b>Figure I.7</b> : Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation [3].	10
<b>Figure I.8</b> : Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation [3].	11
<b>Figure I.9</b> : Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources d'alimentation [3]	12
<b>Figure I.10</b> : Deux doubles jeux de barres couplés entre eux [3].	13
<b>Figure I.11</b> : Structure des réseaux maillés.	14
<b>Figure I.12</b> : Réseau HTA radial en simple antenne [3].	14
<b>Figure I.13</b> : Réseau HTA radial en double antenne sans couplage [3].	15
<b>Figure I.14</b> : Réseau HTA radial en double antenne avec couplage [3].	16
<b>Figure I.15</b> : Réseau HTA en boucle ouverte [3].	17
<b>Figure I.16</b> : Réseau HTA en boucle fermée [3].	18
<b>Figure I.17</b> : Réseau HTA en double dérivation [3].	19
<b>Figure I.18</b> : Exemples de raccordement d'un poste sur poteau [4].	20
<b>Figure I.19</b> : Schéma général d'un poste ouvert [4].	20
<b>Figure I.20</b> : Structure générale d'un poste HTA/BT [4].	21
<b>Figure II.1</b> :Modèle de ligne	24
<b>Figure II.2</b> : Modèle décharge	24
<b>Figure II.3</b> : Réseau de distribution à nœuds	26
<b>Figure II.4</b> : Schéma unifilaire d'un réseau de distribution radial	30
<b>Figure II.5</b> : Représentation de deux jeux de barres	30
<b>Figure II.6</b> :Réseau de distribution simple	34
<b>Figure III.1</b> : Schéma unifilaire de réseau de 10 jeux de barres	39
<b>Figure III.2</b> : Profile des tensions de réseau de 10 jeux de barres	40
<b>Figure III.3</b> : Les pertes active et réactive des branches pour le réseau de 10 JDB	41
<b>Figure III.4</b> : Courants des branches actives et réactives pour le réseau de 10 JDB	41
<b>Figure III.5</b> : Schéma unifilaire de réseau de 33 jeux de barres	43
<b>Figure III.6</b> : Profile des tensions de réseau de 33 jeux de barres	44

<b>Figure III.7:</b> Les pertes active et réactive de réseau de 33 jeux de barres. ....	46
<b>Figure III.8:</b> Le courant active et réactive de réseau de 33 jeux de barres .....	46

### LISTE DES ABREVIATIONS

BT : Basse tension [V]

MT ou HTA : Moyenne

tension [V] HT ou HTB :

Haute tension [V] KV : Kilo

Volt [KV]

Tr : Transformateur

TC : Transformateur de mesure de courant. TT : Transformateur de mesure de tension.

TP : Transformateur de mesure de puissance. JB : Jeu de barre.

L : Longueur de la ligne

[km] T : La terre.

J : Jacobin

JDB : Jeux de barre

$k$  : Nombre de l'itération

$N$  : Nombre total des nœuds du réseau électrique.

NR : Newton-Raphson

$P$  : Puissance active

$P_{Dm}$  : Puissances actives demandées par le nœud « m »

$P_{Gm}$  : Puissances actives générées par le nœud « m »

$P_L$  : Pertes de puissance réactive

$Q$  : La puissance réactive

$Q_{Dm}$  : Les puissances réactives demandées par le nœud « m »

$Q_{Gm}$  : Les puissances réactives générées par le nœud « m »

$Q_L$  : Les pertes de puissance réactive

$S_i$  : La puissance apparente au nœud « i » TBT : très basse tension

$V_i$  : La tension au nœud « i »

$V_m$  : La tension au nœud « m »

$Y_{ii}$  : Élément diagonal de la matrice admittance relatif au nœud « i ».

$Y_{im}$  : Élément non diagonal de la matrice admittance relatif à la liaison « i-m »

$Z_{im}$  : L'impédance de ligne entre le nœud « i » et le nœud « m »

$\delta$  : Angle de phase de la tension

$\alpha$  : Coefficient d'accélération de convergence

$\theta$  : Angle d'admittance

$\beta_{im}$  : Susceptance

$\rho_{im}$  : Conductance

## SYMBOLE GRAPHIQUES

Symbole	Mot clé
	La terre
	Arrivée HTA
	Départ HTA ou MT
	Court-circuit
	Disjoncteur
	Interrupteur fusible
	Fusible
	Transformateur de puissance
	Transformateur de courant
	Transformateur de tension

# **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction générale

---

Le réseau électrique a plusieurs types selon le niveau de tension, la fonction et la topologie.

Les causes majeures des pannes fréquentes dans le réseau électrique se focalisent dans le réseau de distribution, vu la complexité de sa topologie outre le nombre extravagant de ces charges.

L'objectif de ce mémoire porte en particulier sur l'analyse de l'écoulement de puissance par différentes méthodes numériques dans un réseau de distribution d'énergie électrique en utilisant le logiciel « MATLAB ».

Pour atteindre cet objectif, ce mémoire est organisé en Trois chapitres.

- Le premier chapitre, Contient des généralités des réseaux électriques, les différents types des réseaux et les niveaux de tension....etc.
- Le deuxième chapitre est consacré à l'étude du problème de l'écoulement de puissance en discutant partiellement les algorithmes de Gauss-Seidel, Newton-Raphson, Méthode Découplée Rapide on fondant sur l'algorithme de Backward et Forward sweep.
- Au Troisième chapitre On a appliqué ces méthodes sur les réseaux électriques de distribution teste IEEE 10 et 33 jeux de barres.

Finalement, une conclusion générale récapitulera les principaux résultats de ce travail et apportera quelques perspectives.

***CHAPITRE I***  
***Généralités sur les réseaux  
électriques***

## Introduction

L'électricité est une énergie souple et adaptable mais elle est difficilement stockable, alors que la consommation des clients et la coïncidence de la demande sont constamment variables.

Ces exigences nécessitent la permanence du transport et la mise à disposition de l'énergie par un réseau de distribution, nous les avons abordés au cours de ce premier chapitre..

## 1 Définition d'un réseau électrique

Le réseau électrique est l'ensemble des équipements utilisés pour le transport de l'électricité entre les centres de production (centrales électriques), vers les consommateurs d'électricité.

## 2 Différents types de réseaux

### 2.1 Réseaux de transport et d'interconnexion

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement les caractéristiques :

- 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) [1].
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV.
- Neutre directement mis à la terre.
- Réseau maillé.

### 2.2 Réseaux de répartition

Les réseaux de répartition 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.

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 [1].

- La tension est 90 kV ou 63 kV.

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

### 2.3 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 [1].

Les caractéristiques de ces réseaux sont :

#### Pour les réseaux de distribution à moyenne tension HTA [1] :

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

#### Pour les réseaux de distribution à basse tension BTA [1] :

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

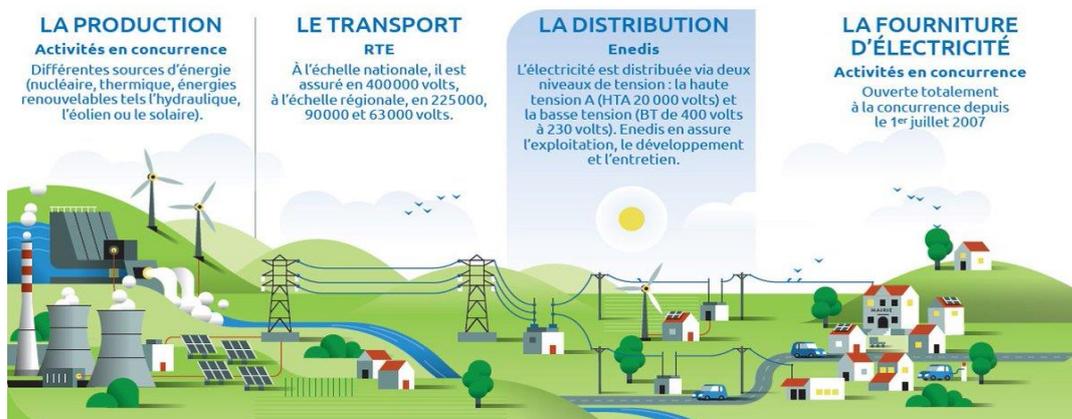


Figure I.1 : Schéma acheminement de l'électricité.

### 3 Les niveaux de tension

Selon la nouvelle normalisation attribuée par CEI, les niveaux de tension sont normalisés comme suit [2] :

**Tableau I.1** : Tableau des domaines de tension [2].

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale ( $U_n$ en Volts)	
		Courant alternatif	Courant continu
Très Basse Tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse Tension (BT)	BTA	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA	$1000 < U_n \leq 50\,000$	$1500 < U_n \leq 75\,000$
	HTB	$U_n > 50000$	$U_n > 75000$

### 4 Constitution des réseaux de distribution HTA

Il y'a deux principaux types de réseaux HTA, selon la pose des conducteurs:

#### 4.1 Réseaux HTA aériens

Le réseau de distribution HTA aérien Exploité, entretenu et développé par Électricité Réseau Distribution en Algérie, il permet de transporter l'énergie électrique à l'échelle locale, des centres de distribution vers le client final : les petites et moyennes entreprises, les villes, les grandes surfaces, les commerces, les artisans, les particuliers.

## 4.2 Réseaux HTA souterrains

Les réseaux de distribution souterrains ont comme point de départ les postes sources. Ils comportent des transformateurs HTB/HTA à partir des quels la HTB est distribuée en triphasés sans neutre et entre 5 et 33 kV (souvent 10 kV) [6].

## 5 Structure générale d'un réseau privé de distribution [3]

Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau privé de distribution comporte (figure I.2) :

- un poste de livraison HTB alimenté par une ou plusieurs sources, il est composé d'un ou plusieurs jeux de barres et de disjoncteurs de protection.
- une source de production interne.
- un ou plusieurs transformateurs HTB / HTA.
- un tableau principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres.
- un réseau de distribution interne en HTA alimentant des tableaux secondaires ou des Postes HTA / BT.
- des récepteurs HTA.
- des transformateurs HTA / BT.
- des tableaux et des réseaux basse tension.
- des réceptrices basses tensions.

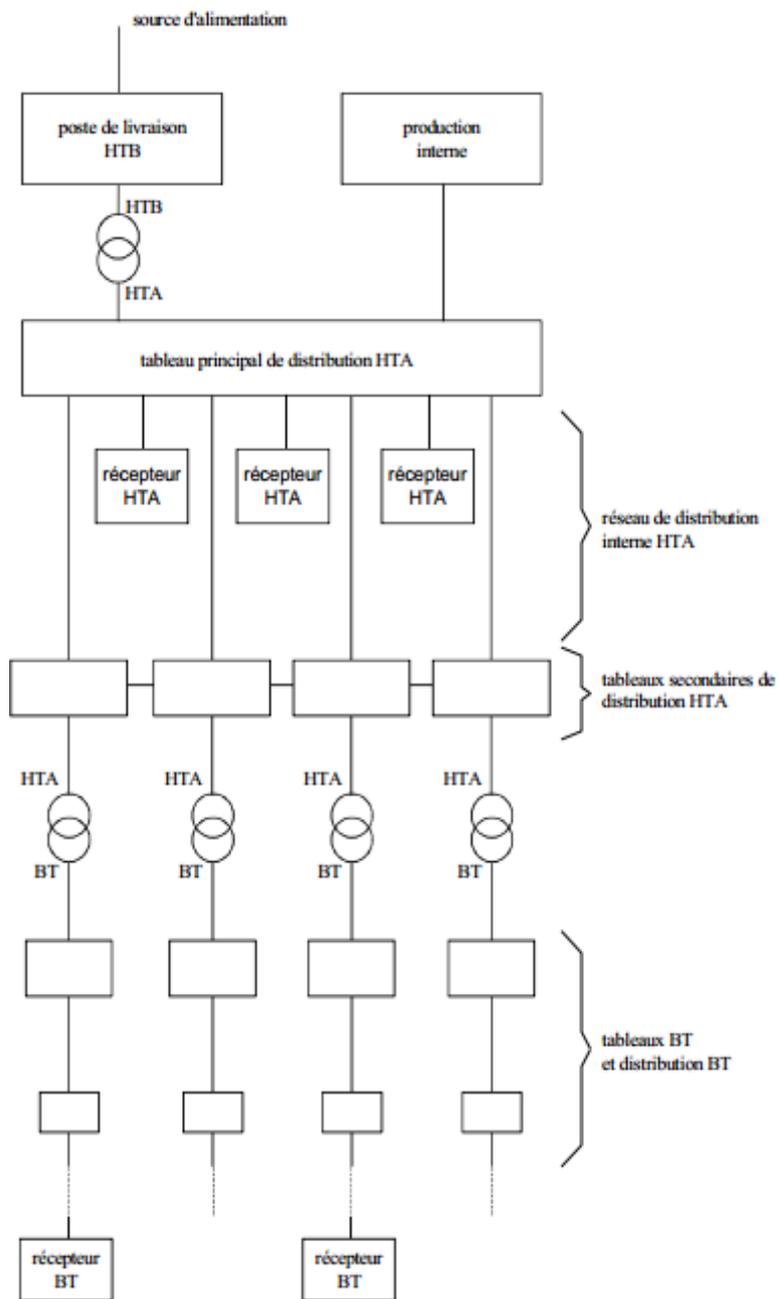


Figure I.2 : structure générale d'un réseau privé de distribution [3].

## 6 Modes d'alimentation des tableaux HTA

Nous allons identifier les principales solutions d'alimentation d'un tableau HTA, indépendamment de son emplacement dans le réseau.

Le nombre de sources et la complexité du tableau diffèrent suivant le niveau de sûreté de fonctionnement désiré.

Les schémas sont classés dans un ordre tel que la sûreté de fonctionnement s'améliore tandis que le coût d'installation augmente [3].

### 6.1 Un jeu de barres avec une source d'alimentation

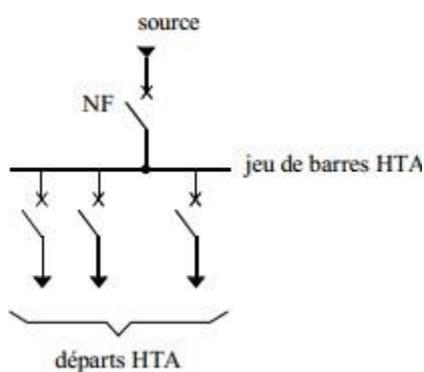
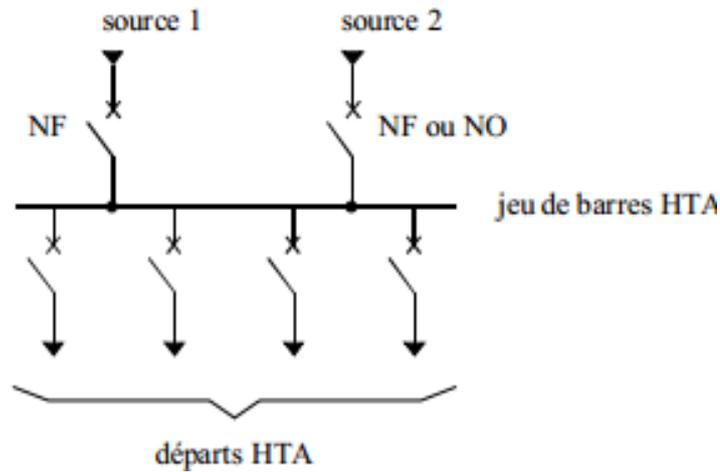


Figure I.3 : un jeu de barres avec une source d'alimentation [3].

#### Fonctionnement :

-En cas de perte de la source d'alimentation, le jeu de barres est hors service jusqu'à l'opération de réparation [3].

### 6.2 Un jeu de barres sans couplage avec deux sources d'alimentation

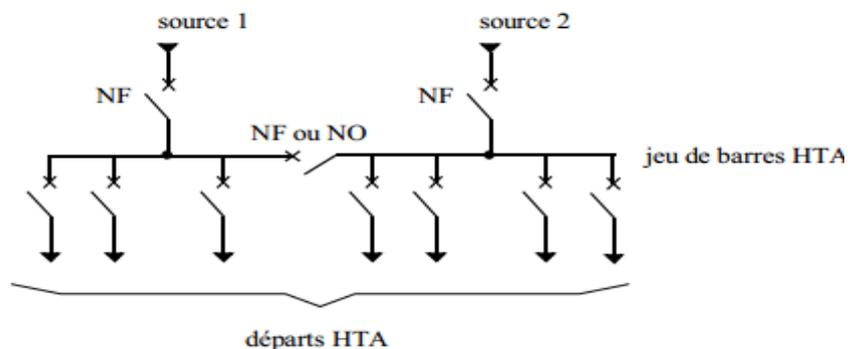


**Figure I.4 :** Un jeu de barres sans couplage avec deux sources d'alimentation [3].

**Fonctionnement :**

-Les deux sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours de l'autre. En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés [3].

**6.3 Deux jeux de barres avec couplage et deux sources d'alimentations**



**Figure I.5 :** deux jeux de barres avec couplage et deux sources d'alimentation [3].

**Fonctionnement :**

-Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert.

-S'il est ouvert, chaque source alimente un jeu de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé et l'autre source alimente les deux jeux de barres.

-En cas de défaut sur un demi jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée [3].

6.4 Un jeu de barres sans couplage et trois sources d'alimentation

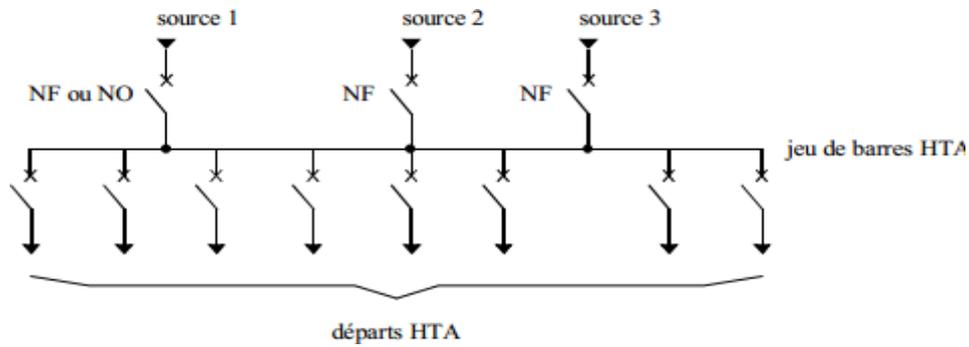


Figure I.6 : Un jeu de barres sans couplage et trois sources d'alimentation [3].

Fonctionnement :

- Les 3 sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours des deux autres.
- En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés [3].

6.5 Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation

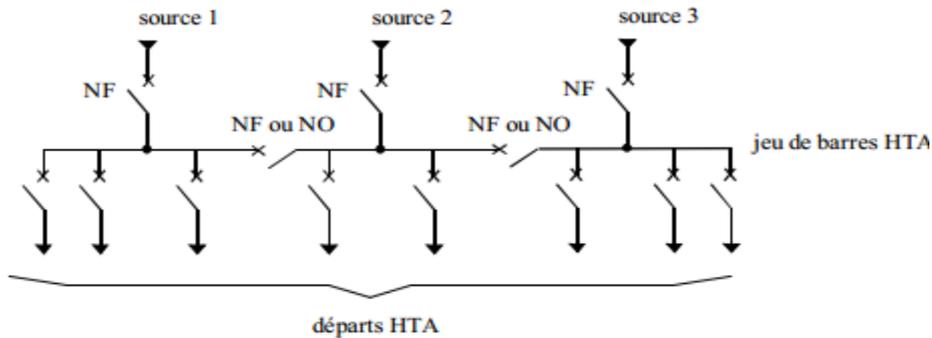


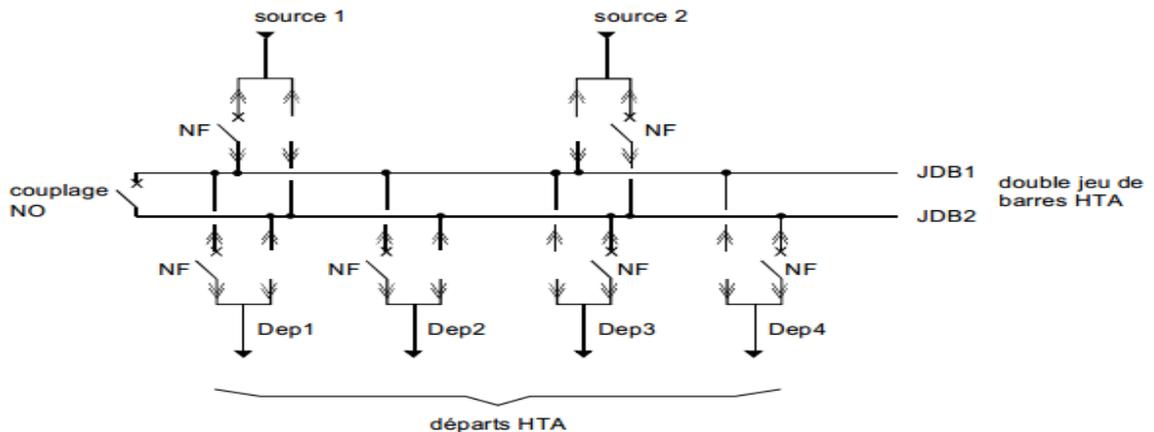
Figure I.7 : Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation [3].

Fonctionnement :

- Les 2 disjoncteurs de couplage peuvent être maintenus ouverts ou fermés.
- S'ils sont ouverts, chaque source alimente sa section de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage associé est fermée, une source alimente 2 sections de barres et l'autre 1 section de barres.

-En cas de défaut sur une section de barres (ou maintenance de celle-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée [3].

## 6.6 Sources et départs en "Duplex"



**Figure I.8 :** Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation [3].

### Fonctionnement :

-Le disjoncteur de couplage est maintenu ouvert en fonctionnement normal.

-Chaque source peut alimenter l'un ou l'autre des jeux de barres par ses deux cellules disjoncteur débrochable. Par souci d'économie, il n'y a qu'un seul disjoncteur pour les 2 cellules débrochable qui sont installées tête-bêche. On peut ainsi facilement déplacer le disjoncteur d'une cellule à l'autre. Ainsi, si l'on veut que la source 1 alimente le jeu de barres JDB2, on déplace le disjoncteur dans l'autre cellule associée à la source 1.

-Le même principe est mis en place pour les départs. Ainsi, à chaque départ sont associées deux cellules débrochables et un seul disjoncteur. Chaque départ peut être alimenté par l'un ou l'autre des jeux de barres suivant l'emplacement du disjoncteur. Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JDB1 et les départs Dep1 et Dep2. La source 2 alimente le jeu de barres JDB2 et les départs Dep3 et Dep4.

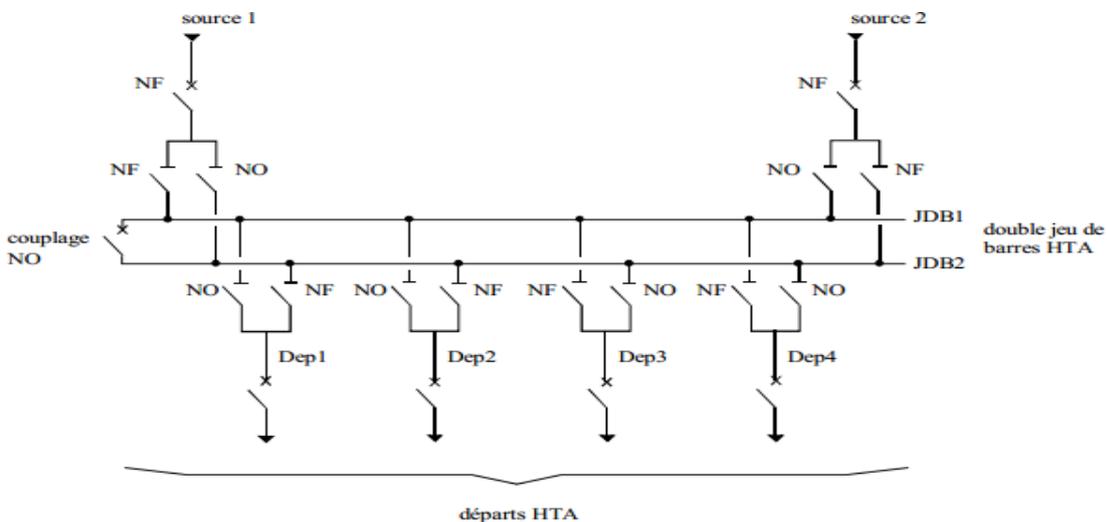
-En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

-En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et chaque disjoncteur est placé sur le jeu de barres en service, afin que tous les départs soient alimentés.

-L'inconvénient du système "Duplex" est qu'il ne permet pas les permutations automatiques.

En cas de défaut, chaque permutation à effectuer dure plusieurs minutes et nécessite la mise hors tension des jeux de barres [3].

### 6.7 Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources d'alimentation



**Figure I.9 :** Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources d'alimentation [3]

#### Fonctionnement :

-Le disjoncteur de couplage est maintenu ouvert en fonctionnement normal.

-Chaque départ peut être alimenté par l'un ou l'autre des jeux de barres suivant l'état des sectionneurs qui lui sont associés, un seul sectionneur par départ doit être fermé.

-Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JDB1 et les départs Dep1 et Dep2. La source 2 alimente le jeu de barres JDB2 et les départs Dep3 et Dep4.

-En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

-En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et l'autre jeu de barres alimente la totalité des départs [3].

## 6.8 Deux doubles jeux de barres couplés entre eux

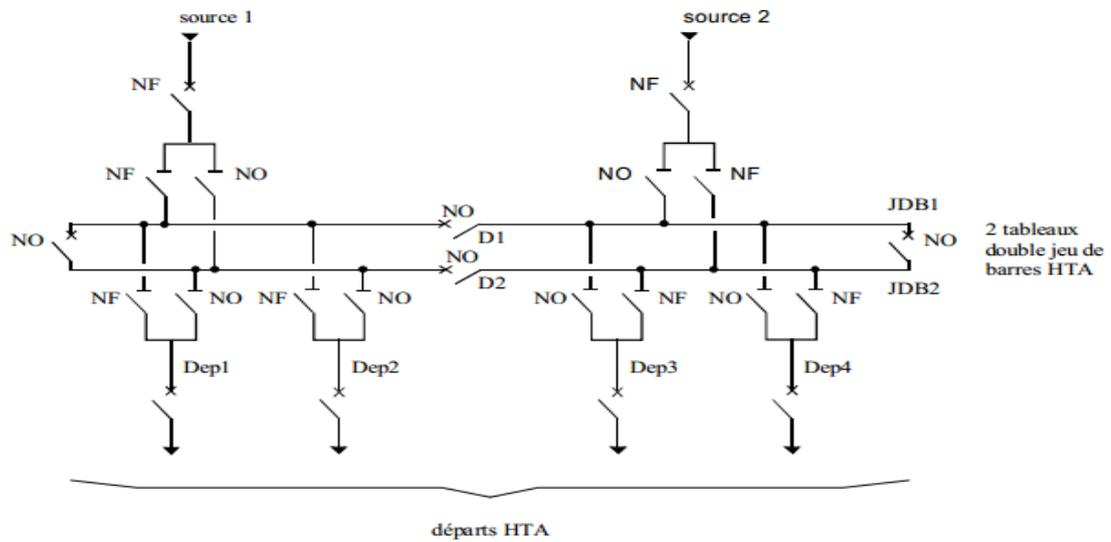


Figure I.10 : Deux doubles jeux de barres couplés entre eux [3].

### Fonctionnement :

-Il est presque identique au schéma précédent (2 jeux de barres, 2 attaches par départ, 2 sources d'alimentation). La décomposition du double jeu de barres en 2 tableaux avec couplage (par D1 et D2) permet une plus grande souplesse d'exploitation.

-Chaque jeu de barres alimente un nombre de départs moins important en fonctionnement normal [3].

## 7 Structure des réseaux HTA

### 7.1 Structure maillée

Elle permet la réalimentation en cas d'indisponibilité d'un tronçon ou d'un poste HTA/BT après l'élimination de l'élément défectueux.

Elle présente l'inconvénient de n'utiliser les câbles que partiellement par rapport à leur capacité.

Elle exige, de plus, un point commun par paire de câble et demande une surveillance continue du réseau en fonction de l'accroissement de la charge [5].

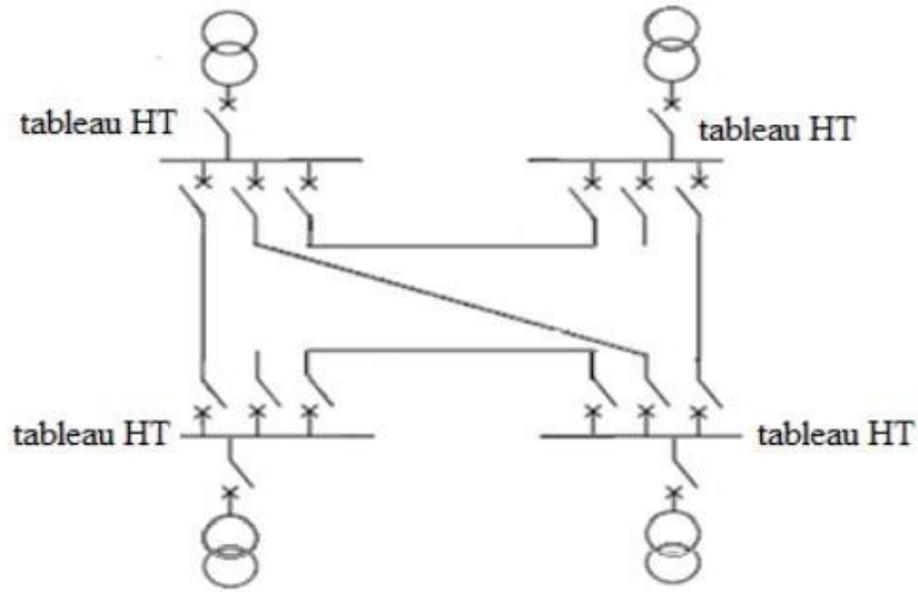


Figure I.11 : Structure des réseaux maillés.

## 7.2 Structure radiale

A partir d'un poste d'alimentation, elle est constituée de plusieurs artères, dont chacune va en se ramifiant, mais sans jamais retrouver un point commun (structure d'un arbre).

Les réseaux radiaux sont de structure simple et peuvent être contrôlés et protégés par un appareillage simple. Ce sont les réseaux les moins coûteux [5].

### 7.2.1 Radial en simple antenne

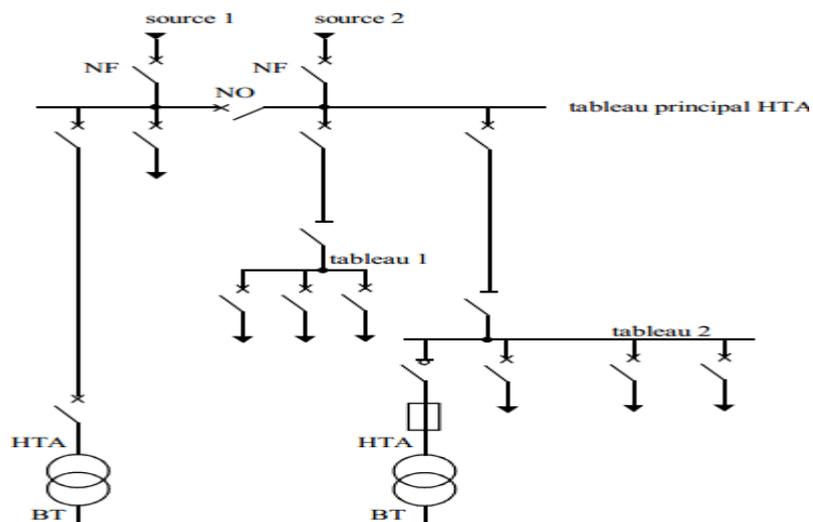
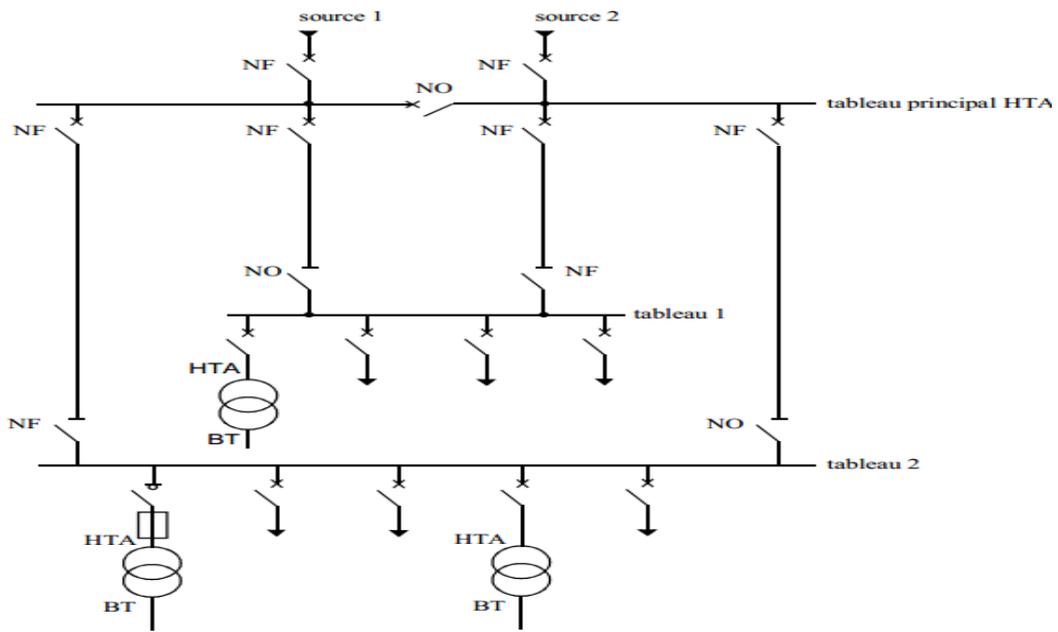


Figure I.12 : Réseau HTA radial en simple antenne [3].

**Fonctionnement :**

- Les tableaux 1 et 2 et les transformateurs sont alimentés par une seule source, il n'y a pas de solution de dépannage.
- Cette structure est préconisée lorsque les exigences de disponibilité sont faibles, elle est souvent retenue pour les réseaux de cimenterie [3].

**7.2.2 Radial en double antenne sans couplage**

*Figure I.13 : Réseau HTA radial en double antenne sans couplage [3].*

**Fonctionnement :**

- Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 sources sans couplage, l'une en secours de l'autre.
- La disponibilité est bonne.
- L'absence de couplage des sources pour les tableaux 1 et 2 entraîne une exploitation moins souple [3].

### 7.2.3 Radial en double antenne avec couplage [3]

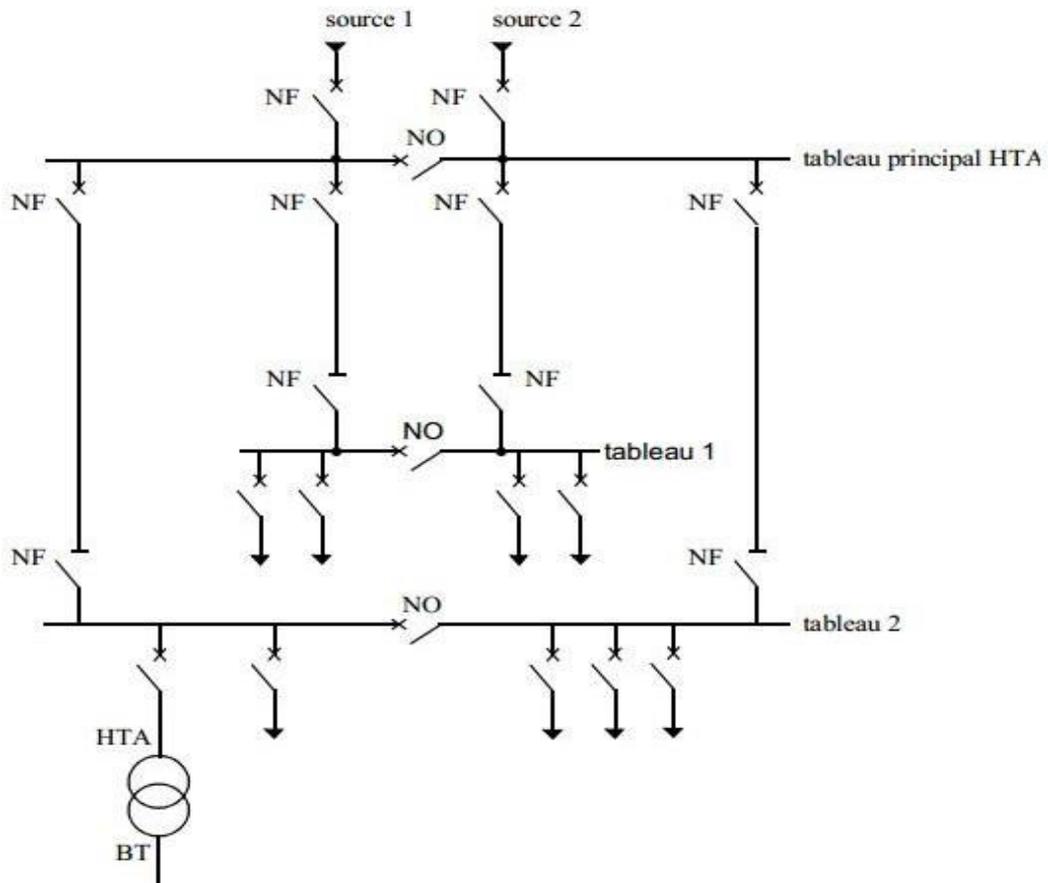


Figure I.14: Réseau HTA radial en double antenne avec couplage [3].

#### Fonctionnement :

- Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 sources avec couplage. En fonctionnement normal, les disjoncteurs de couplage sont ouverts.
- chaque demi-jeu de barres peut être dépanné et être alimenté par l'une ou l'autre des sources
- cette structure est préconisée lorsqu'une bonne disponibilité est demandée, elle est souvent retenue dans les domaines de la sidérurgie et de la pétrochimie [3].

### 7.3 En boucle

- Cette solution est bien adaptée aux réseaux étendus avec des extensions futures importantes.
- Il existe deux possibilités suivant que la boucle est ouverte ou fermée en fonctionnement normal [3].

### 7.3.1 Boucle ouverte

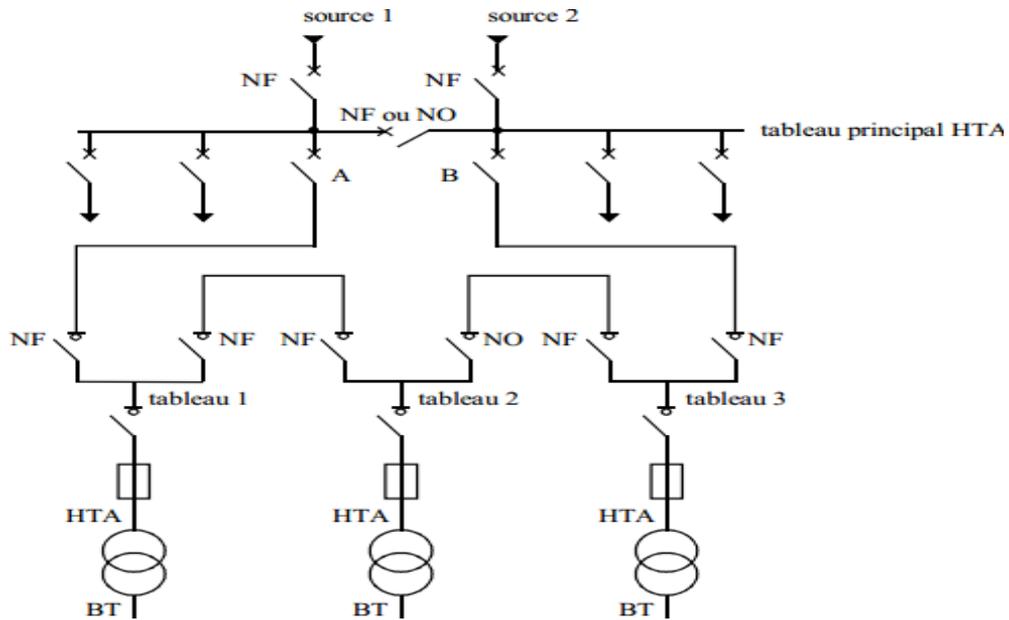
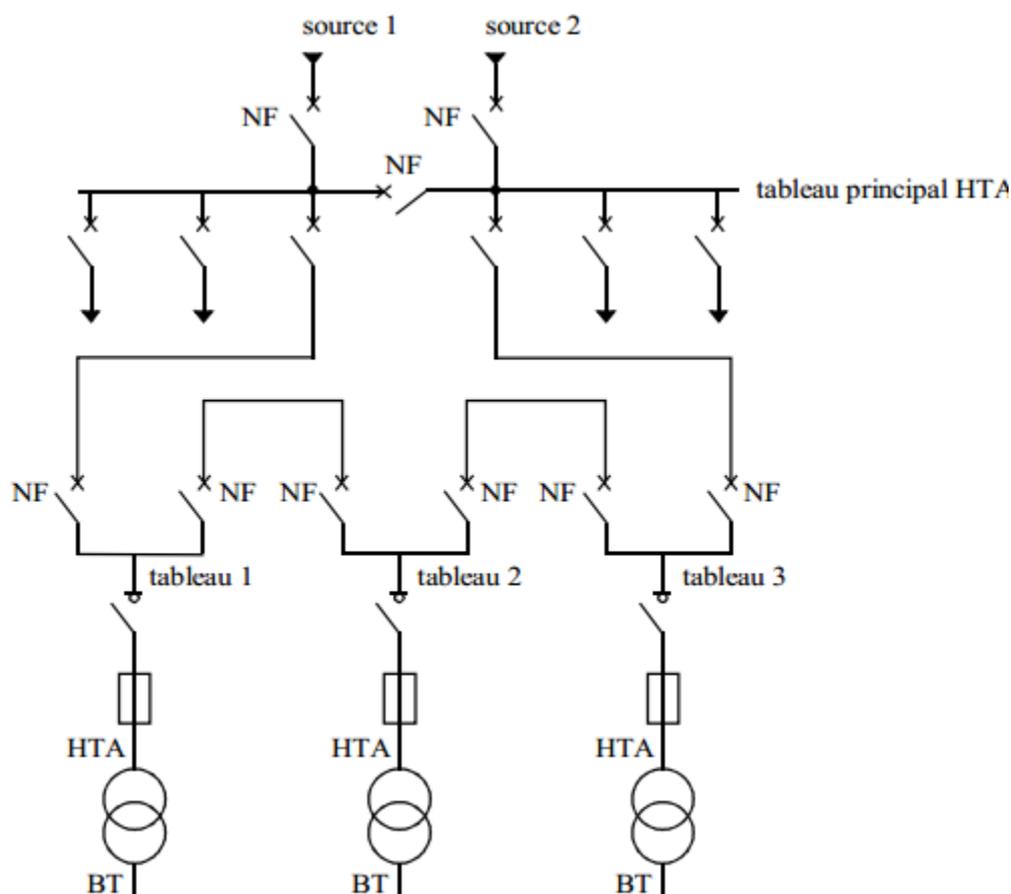


Figure I.15 : Réseau HTA en boucle ouverte [3].

#### Fonctionnement :

- Les têtes de boucle en A et B sont équipées de disjoncteurs.
- Les appareils de coupure des tableaux 1, 2 et 3 sont des interrupteurs.
- En fonctionnement normal, la boucle est ouverte (sur la figure, elle est ouverte au niveau du tableau 2).
- Les tableaux peuvent être alimentés par l'une ou l'autre des sources.
- un défaut sur un câble ou la perte d'une source est palier par une reconfiguration de la boucle
- cette reconfiguration engendre une coupure d'alimentation de quelques secondes si un automatisme de reconfiguration de boucle est installé. La coupure est d'au moins plusieurs minutes ou dizaines de minutes si la reconfiguration de boucle est effectuée manuellement par le personnel d'exploitation [3].

## 7.3.2 Boucle fermée



**Figure I.16** : Réseau HTA en boucle fermée [3].

**Fonctionnement :**

- Tous les appareils de coupure de la boucle sont des disjoncteurs.
- En fonctionnement normal, la boucle est fermée.
- Le système de protection permet d'éviter les coupures d'alimentation lors d'un défaut.
- Cette solution est plus performante que le cas de la boucle ouverte car elle évite les coupures d'alimentation.
- Par contre, elle est plus onéreuse car elle nécessite des disjoncteurs dans chaque tableau et un système de protection plus élaboré [3].

## 7.4 En double dérivation

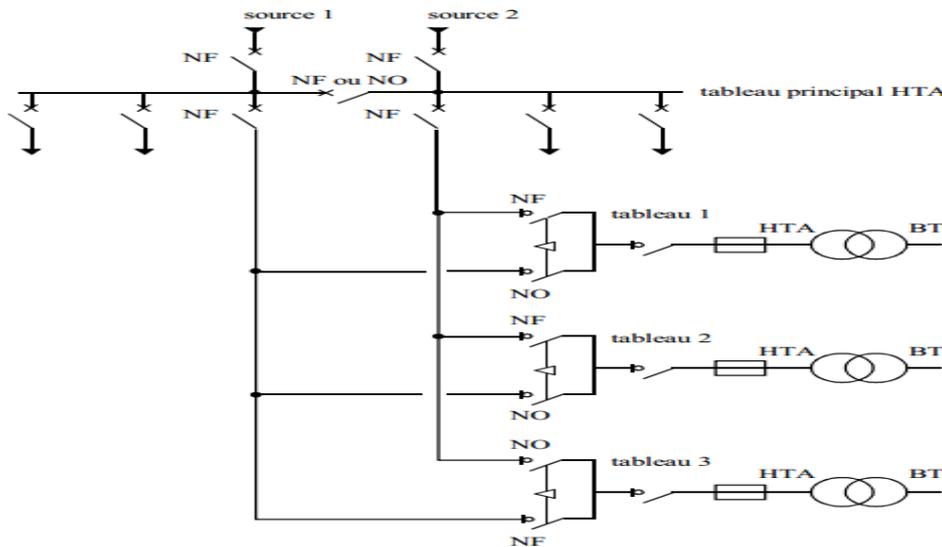


Figure I.17 : Réseau HTA en double dérivation [3].

### Fonctionnement :

- Les tableaux 1, 2 et 3 peuvent être dépannés et être alimentés par l'une ou l'autre des sources indépendamment.
- Cette structure est bien adaptée aux réseaux étendus avec des extensions futures limitées et nécessitant une très bonne disponibilité [3].

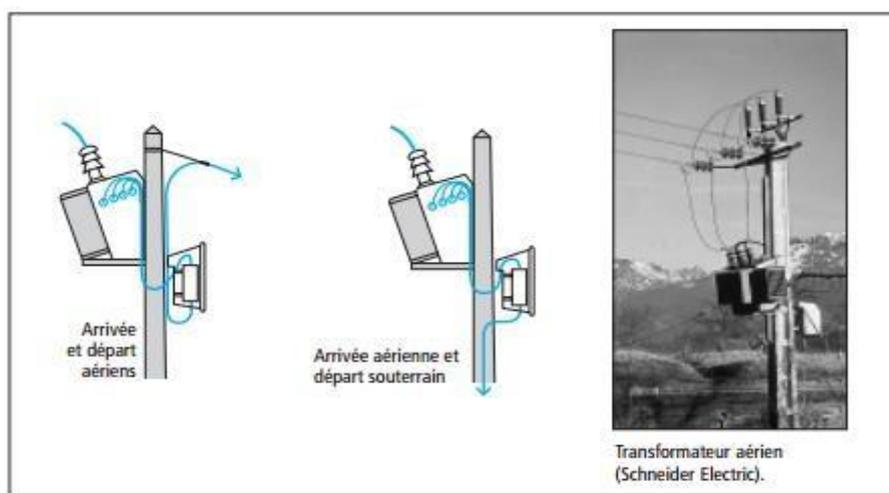
## 8 Les postes HTA/BT [4]

### 8.1 Les différents types de postes de livraison

On peut classer les postes HTA/BT en deux catégories.

#### 8.1.1 Les postes d'extérieur

- Poste sur poteau : puissances 25 – 50 – 100 KVA.
- Postes préfabriqués :
  - en bas de poteau : de 100 à 250 KVA.
  - poste compact : de 160 à 1 250 KVA.
  - Poste maçonné traditionnel : de 160 à 1 250 KVA

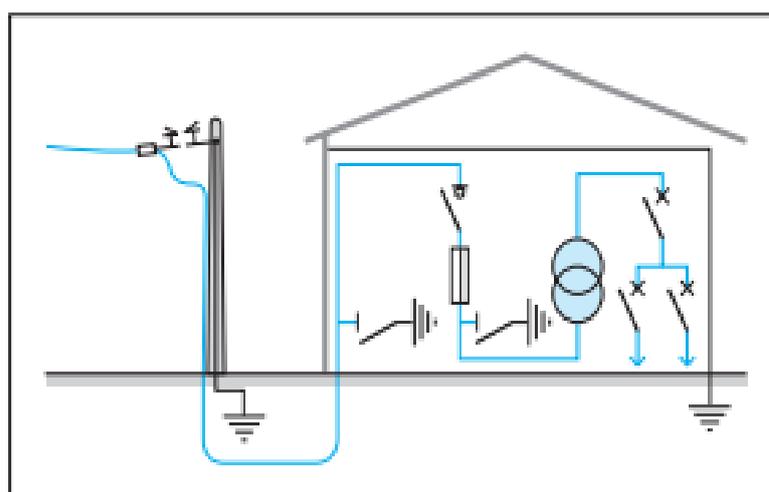


**Figure I.18 :** Exemples de raccordement d'un poste sur poteau [4].

### 8.1.2 Les postes d'intérieur

- Postes ouverts maçonnés ou préfabriqués.
- Postes en cellules préfabriquées métalliques.

Les puissances sont comprises entre 100 et 1 250 KVA. Le comptage BT doit être remplacé par un comptage HT dès que l'installation dépasse 2 000 A, ou s'il existe plusieurs transformateurs [4].



**Figure I.19 :** Schéma général d'un poste ouvert [4].

## 8.2 Structure d'un poste HTA/BT [4]

Le poste de livraison comporte essentiellement de l'appareillage et un ou plusieurs transformateurs afin d'assurer les fonctions suivantes :

- dérivation du courant sur le réseau.
- protection du transformateur côté HT.
- transformation HTA/BT.
- protection du transformateur côté BT.
- comptage d'énergie. Toutes les masses métalliques du poste sont reliées à la terre. Pour l'intervention dans le poste, les arrivées doivent être sectionnées et les câbles reliés entre eux mis à la terre.

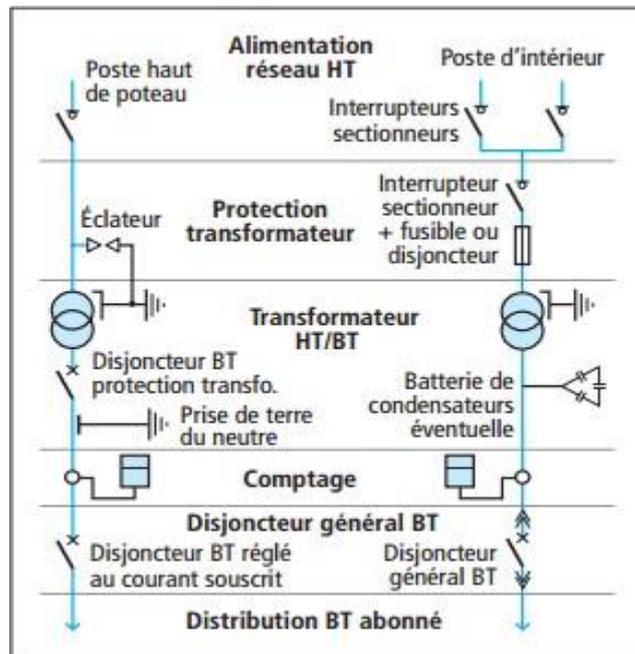


Figure I.20 : Structure générale d'un poste HTA/BT [4].

## Conclusion

L'ensemble des constituants d'un réseau électrique peut être agencé selon différentes structures, dont la complexité détermine la disponibilité de l'énergie électrique et le coût d'investissement.

*Chapitre II*

*L'écoulement de  
puissance dans les réseaux  
de distributions*

## 1 Introduction :

Le calcul de l'écoulement de puissance est l'outil de base pour déterminer l'état du réseau en régime statique. Le problème est de déterminer l'angle et l'amplitude de la tension dans chaque nœud du réseau pour ensuite déduire l'écoulement de puissance sur les lignes en fonction des différentes puissances consommées par les clients ou injectées par les générateurs.

Les équations du calcul de l'écoulement de puissance sont non-linéaires de sorte qu'il est nécessaire d'utiliser des méthodes itératives pour résoudre numériquement ces équations et trouver les différents paramètres comme:

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

Dans ce chapitre, nous allons présenter les méthodes du calcul de l'écoulement de puissance dans le réseau de distribution comme : la méthode de Gauss Seidel, la méthode Newton-Raphson, la méthode découplé rapide et la méthode Backward-forward Sweep.

## 2 Modèle des éléments du réseau :

### 2.1 Modèle des Lignes :

La meilleure façon de présenter une ligne de transport est le schéma en «  $\pi$  » symétrique (quel que soit le sens de parcours de la puissance, l'impédance vue du nœud  $i$  est la même que celle vue du nœud  $m$ ). Qui se compose d'une impédance série (résistance  $R$  en série avec une réactance inductive  $X$ ), et une admittance shunt qui consiste une substance capacitive  $B$

(Due à l'effet capacitif de la ligne avec la terre) [7].

Les lignes des distributions sont des lignes courtes donc elles sont modélisées par leurs impédances séries seulement.

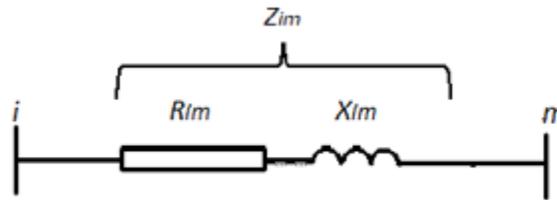


Figure II.1:Modèle de ligne

### 2.2 Modèle de Charge :

Les charges représentent les consommateurs connectés au réseau. Elles correspondent à des injections négatives aux nœuds. Les charges sont modélisées par des puissances constantes indépendantes de la tension nodale:

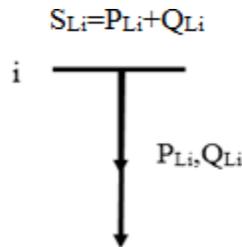


Figure II.2: Modèle décharge

### 2.3 Classification des jeux de barres :

Il y a quatre grandeurs fondamentales associées à chaque jeu de barres du réseau, à savoir le module de tension  $|V_i|$ , la phase de tension  $\delta_i$ , la puissance active injectée  $P_i$  et la puissance réactive injectée  $Q_i$ . Pour chaque jeu de barres, deux variables doivent être spécifiées au préalable et les deux autres sont à calculer [8].

Dans l'analyse de l'écoulement de puissance, les jeux de barres des systèmes ont classés en trois catégories.

### 2.1.1 Le jeu de barres de référence (SLACK BUS) :

On l'appelle aussi le jeu de barres balancier ou swing bus, c'est un élément fictif créé pour

L'étude de la répartition de la puissance, il a pour rôle de fournir la puissance supplémentaire nécessaire pour compenser les pertes de transmission, car celles-ci ne sont pas connues d'avance.

D'une façon générale et par convention ce jeu de barres est identifié par le jeu de barres  $N^{\circ} = 1$  connecté à une source de tension d'où le module  $V$  et la phase ( $\delta$ ) de la tension sont connues, (généralement  $|V| = 1 pu$  et  $\delta = 0$ )°. Les puissances active ( $P$ ) et réactive ( $Q$ ) sont donc inconnues et doivent être calculées après avoir résolu le problème de l'écoulement de puissance.

### 2.1.2 Les jeux de barres de contrôle (CONTROLBUS) :

Pour ce type de jeux de barre, on associe les centrales de production. On spécifie la puissance active et le module de la tension. Les variables à déterminer sont la phase de la tension et la puissance réactive. Les réseaux de distribution ne sont pas conçus pour avoir ce type de jeu de barre.

### 2.1.3 Les jeux de barres de charge (LOAD BUS) :

Appelés aussi les jeux de barres ( $PQ$ ), Pour ce type de jeux de barre, on associe généralement les charges. Ces dernières sont caractérisées par la consommation des puissances active et réactive.

On peut aussi associer des générateurs avec des puissances active et réactive fixées. Les variables à déterminer sont le module et la phase de la tension. Ces jeux de barres sont utilisés dans les réseaux de distribution.

Pour simplifier les calculs de l'écoulement de puissance, il est commode de représenter les charges par leur puissance active et réactives ; les autres variantes qui permettent de les déterminer sont aussi valables (facteur de puissance, courant etc.)

Tableau II.1: Les types des nœuds

Types de nœuds	Données	Inconnus
Nœuds producteurs	Pet  V	Qet $\delta$
Nœuds consommateurs	Pet Q	V et $\delta$
Nœud de bilan	V et $\delta$	Pet Q

#### 2.4 Les équations de l'écoulement de puissance :

Le problème de l'écoulement de puissance consiste à calculer les tensions du réseau électrique pour des extrémités spécifiées et des conditions données aux jeux de barres. Il est énoncé par la spécification des charges en MW et en MVar qui doivent être alimentées à certains jeux de barres et par les puissances générées et les modules de tension aux restes des jeux de barres. Une description totale de la topologie du système en utilisant leurs impédances (admittances) est nécessaire. Les tensions calculées sont utilisées pour déterminer toutes les autres grandeurs telles que les courants dans les lignes de transport, les puissances et les pertes de puissances [7].

La formulation mathématique du problème de répartition de charges part des données du diagramme unifilaire du réseau et sa topologie. Ainsi, en général Considère le schéma représentatif du réseau suivant :

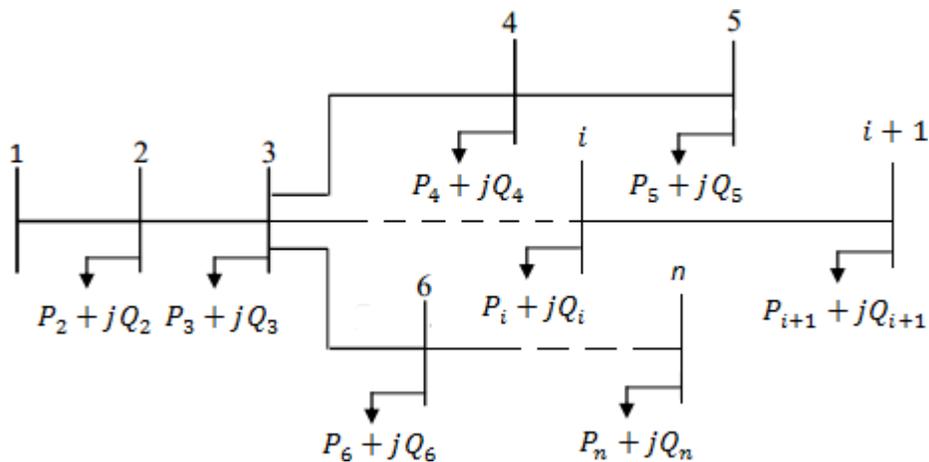


Figure II.3: Réseau de distribution à nœuds

La puissance apparente au nœud «i» est donnée par la relation suivante [7]:

$$S_i^* = V_i^* I_i \quad (2.1)$$

$$S_I = S_{Gi} - S_{Di} = (P_{Gi} - ) + j(Q_{Gi} - Q_{Di}) \quad (2.2)$$

L'expression de la tension au nœud «i» et au nœud «m» sous sa forme trigonométrique est :

$$V_i = |V_i| e^{j\delta_i} \quad (2.3)$$

Le courant au nœud «i» est la somme du produit des es admittances mutuelles avec les autres nœuds, et la tension en ces nœuds :

$$I_i = \sum_{m=1}^N |Y_{im}| |V_m| \angle(\delta_m + \theta_{im}) \quad (2.4)$$

L'admittance de la branche «i-m» est donnée par l'expression

$$Y_{im} = \rho_{im} + j\beta_{im} \quad (2.5)$$

En remplaçant l'expression du courant, l'équation (2.1) peut d'écrire:

$$S_i^* = P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{m=1}^N |Y_{im}| |V_m| \angle(\delta_m + \theta_{im}) \quad (2.6)$$

En séparant la partie réelle et la partie imaginaire de l'équation (2.6) on aura l'équation (2.7) des puissances actives et l'équation (2.8) des puissances réactives au jeu de barres «i»

$$P_i = \sum_{m=1}^N |V_i| |V_m| |Y_{im}| (\theta_{im} - \delta_i + \delta_m) \quad (2.7)$$

$$Q_i = - \sum_{m=1}^N |V_i| |V_m| |Y_{im}| (\theta_{im} - \delta_i + \delta_m) \quad (2.8)$$

Ce sont des équations non linéaires qui ne peuvent être résolues par des méthodes analytiques.

La solution est obtenue par des méthodes numériques.

Les équations de circulation de puissances relient tension et puissance au lieu de tension et courant.

Dans les deux équations du système, le déphasage intervient par une différence de phases. Si  $P_{Gm}$  et  $Q_{Gm}$  désignent respectivement les puissances actives et réactives générées par le nœud « m », et si  $P_{Dm}$  et  $Q_{Dm}$  désignent respectivement les puissances actives et réactives demandées par le nœud « m », nous définissons « les pertes de puissance active  $P_L$  et les pertes de puissance réactive  $Q_L$  »

Comme étant :

$N$

$$P_L = \sum_{i \neq m} [(P_{Gi} + P_{Gm}) - (P_{Di} + P_{Dm})] \quad (2.9)$$

$N$

$$Q_L = \sum_{i \neq m} [(Q_{Gi} + Q_{Gm}) - (Q_{Di} + Q_{Dm})] \quad (2.10)$$

Si  $P_L = 0$ , est maximal on a affaire alors à une ligne d'impédance purement réactive (Inductive ou capacitive).

Quand les pertes de puissance réactive  $Q_L$  sont négatives, la ligne fournit de la puissance réactive au réseau.

## 2.1.4 Résolution dès équation de l'écoulement de puissance :

### 2.1.4.1 Méthode de Gauss Seidel :

La méthode de GAUSS-SEIDEL est l'une des plus simples méthodes itératives utilisées pour la résolution du problème de l'écoulement de puissance ou généralement pour la résolution d'un ensemble très large d'équations algébriques non linéaires. Cette méthode consiste à enlever séquentiellement chaque nœud et actualiser sa tension en fonction des valeurs disponibles de toutes les tensions des autres nœuds :

Pour un système à plusieurs variables, la méthode de Gauss-Seidel utilise, à chaque itération, la valeur la plus récente calculée.  $Y_{ii}$  est l'élément diagonal de la matrice admittance relatif au nœud « i », et est égal à la somme de toutes les admittances élémentaires et shunt aboutissant à ce nœud.

$Y_{im}$  : est l'élément non diagonal de la matrice admittance, relatif à la liaison « i-m », et est égal à l'admittance élémentaire de cette liaison précédée du signe (-)

#### 2.1.4.2 Méthode de Gauss Seidel avec accélération :

La méthode de GAUSS-SEIDEL avec accélération utilise le même processus que celle de GAUSS-SEIDEL sans accélération sauf que la valeur calculée sera accélérée avant d'être introduite dans le calcul de la valeur.

#### 2.1.4.3 Méthode De Newton-Raphson :

Cette méthode nécessite plus de temps par itération que celle de Gauss-Seidel, alors qu'elle ne demande que quelques itérations même pour les grands réseaux. Cependant, elle requiert des capacités de stockage ainsi que des puissances de calcul importantes.

La méthode de Newton-Raphson exige que les équations non linéaires soient formées d'expressions liant les puissances et les composantes de la tension.

#### 2.1.4.4 . Méthode Découplée Rapide :

En observant la valeur numérique des éléments du Jacobéenne utilisé dans plusieurs systèmes, on découvre que les éléments de  $J_1$  et  $J_4$  sont invariablement beaucoup plus grands que ceux de  $J_2$  et  $J_3$ . Et, en se basant sur les découplés ( $P \square$ ) et ( $QV$ ), on peut supposer que  $J_2$  et  $J_3$  à partir de cela, on peut avoir deux systèmes d'équations linéaires indépendantes pour chaque itération

#### 2.1.4.5 Méthode (Backward/Forward Sweep):

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

2.1.4.5.1 Formulation mathématique [9]:

Considérons un réseau de distribution avec une configuration radiale constitué d'un ensemble de branches. Chaque branche de ce réseau est modélisée comme une résistance en série avec une inductance pure.

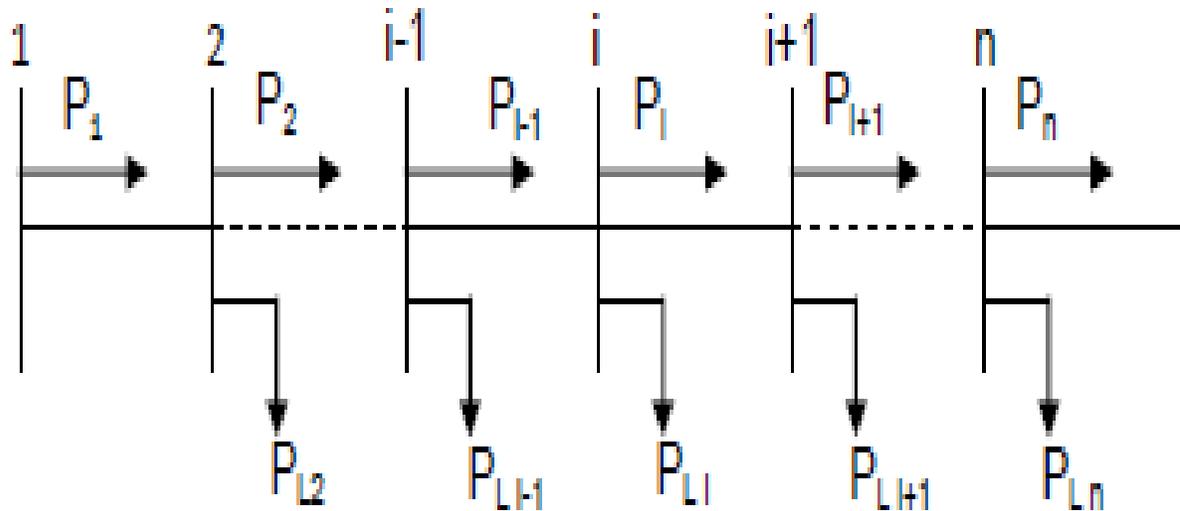


Figure II.4: Schéma unifilaire d'un réseau de distribution radial

L'impédance d'une branche «i» quel conque de ce réseau s'écrit comme suit :

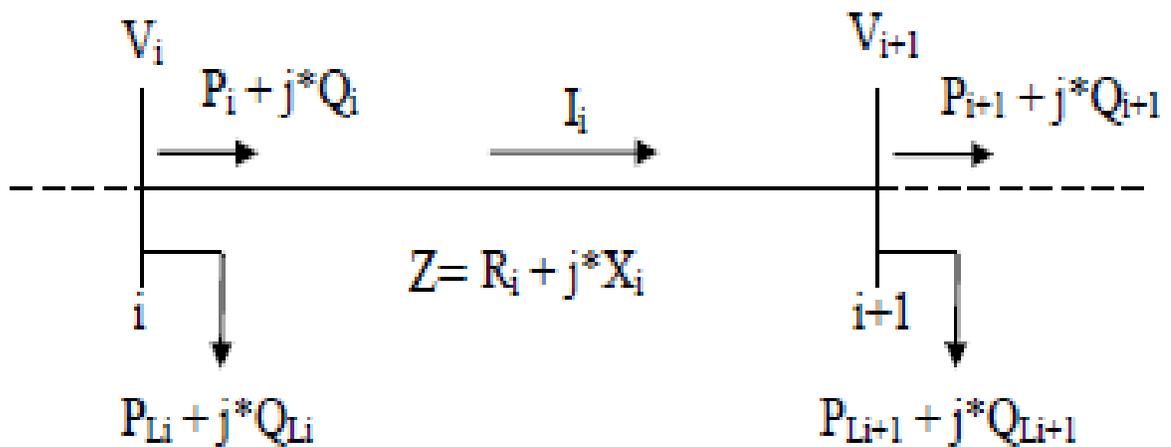


Figure II.5: Représentation de deux jeux de barres

Les puissances active et réactive transitées du jeu de barres « i » au jeu de barres « i+1 » peuvent être calculées comme suit :

$$P_i = P'_{i+1} + R_i \frac{P'^2_{i+1} + Q'^2_{i+1}}{V^2_{i+1}} \quad (2.11)$$

$$Q_i = Q'_{i+1} + X_i \frac{P'^2_{i+1} + Q'^2_{i+1}}{V^2_{i+1}} \quad (2.12)$$

Où :

$$P' = P_{i+1} + P_{Li+1} \quad (2.13)$$

$$Q' = Q_{i+1} + Q_{Li+1} \quad (2.14)$$

$P_{Li+1}$  et  $Q_{Li+1}$  sont les puissances active et réactive de la charge au niveau du jeu de barres « i+1 »  
 $P_i$  et  $Q_i$  sont les puissances active et réactive sortantes du jeu de barres « i » Le courant traversant la branche « i » s'écrit comme suit :

$$I_i = \frac{(V_i \angle \delta_i - V_{i+1} \angle \delta_{i+1})}{R_i + jX_i} \quad (2.15)$$

#### 2.1.4.5.2 Amplitude et angle de la tension au niveau de chaque jeu de barres :

D'après la figure II.5, le courant dans la branche (i, i+ 1) s'écrit de deux façons :

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i \angle -\delta_i} \quad (2.16)$$

$$I_i = \frac{(V_i \angle \delta_i - V_{i+1} \angle \delta_{i+1})}{R_i + jX_i}$$

En assimilant les équations (2.16), on obtient :

$$\frac{(V_i \angle \delta_i - V_{i+1} \angle \delta_{i+1})}{R_i + jX_i} = \frac{P_i - jQ_i}{V_i \angle -\delta_i} \quad (2.17)$$

En assimilant les parties réelles et imaginaires des deux côtés de l'équation (2.17), on aura:

$$V_i^2 - V_i V_{i+1} \angle (\delta_{i+1} - \delta_i) = (P_i - jQ_i) (R_i + jX_i) \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} V_i V_{i+1} \cos (\delta_{i+1} - \delta_i) &= V_i^2 - (P_i R_i + Q_i X_i) \\ V_i V_{i+1} \sin (\delta_{i+1} - \delta_i) &= Q_i R_i - P_i X_i \end{aligned} \quad (2.19)$$

En élevant les deux côtés des équations (2.19) à la puissance 2, on obtient

$$\begin{aligned} (V_i V_{i+1})^2 \cos^2 (\delta_{i+1} - \delta_i) &= [V_i^2 - (P_i R_i + Q_i X_i)]^2 \\ : \\ (V_i V_{i+1})^2 \sin^2 (\delta_{i+1} - \delta_i) &= (Q_i R_i - P_i X_i)^2 \end{aligned} \quad (2.20)$$

En rassemblant les équations (2.20) côté à l'autre, une nouvelle équation est obtenue

$$:(V_i V_{i+1})^2 = [V_i^2 - (P_i R_i + Q_i X_i)]^2 + (Q_i R_i - P_i X_i)^2 \quad (2.21)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(P_i R_i + Q_i X_i) + (P_i R_i + Q_i X_i)^2 + (Q_i R_i - P_i X_i)^2 \quad (2.22)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(P_i R_i + Q_i X_i) + (P_i R_i)^2 + (Q_i X_i)^2 + (Q_i R_i)^2 + (P_i X_i)^2 \quad (2.23)$$

Finalemnt, l'équation de l'amplitude de la tension au niveau de chaque jeu de barres du réseau de distribution radial est obtenue comme suit :

$$V_{i+1} = \left[ V_i^2 - 2(P_i R_i + Q_i X_i) + (P_i R_i)^2 + (R_i^2 + X_i^2) \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2} \right]^{1/2} \quad (2.24)$$

Toujours à partir des équations (2.19), l'angle de tension peut s'écrire :

$$\tan(\delta_{i+1} - \delta_i) = \frac{Q_i R_i - P_i X_i}{[V_i^2 - 2(P_i R_i + Q_i X_i)]} \quad (2.25)$$

$$\delta_{i+1} = \delta_i - \tan^{-1} \left( \frac{Q_i R_i - P_i X_i}{[V_i^2 - 2(P_i R_i + Q_i X_i)]} \right) \quad (2.26)$$

### 2.1.4.5.3 Les pertes de puissances active et réactive [9]:

Les pertes de puissance active au niveau d'une branche «i» de la figure II.5 s'écrivent comme suit :

$$P_{Loss,i} = R_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{|V|_i^2} \quad (2.27)$$

Les pertes totales de puissance active dans le réseau peuvent être déterminées en additionnant les pertes de toutes les branches de l'équation (2.27) :

$$P_T = \sum_{i=1}^N P_{Loss,i} \quad (2.28)$$

Les pertes de puissance réactive au niveau d'une branche « i » s'écrivent comme suit :

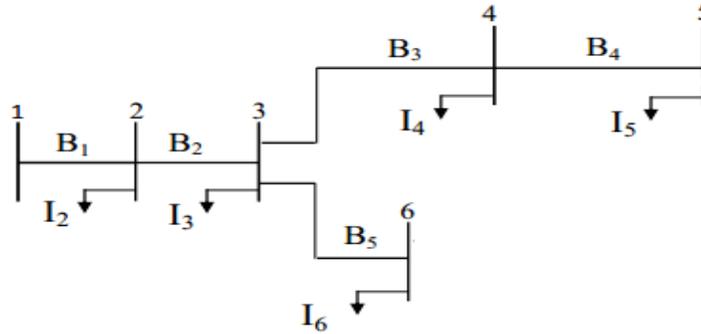
$$Q_{Loss,i} = X_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{|V|_i^2} \quad (2.29)$$

Les pertes totales de puissance réactive dans le réseau peuvent être déterminées en additionnant les pertes de toutes les branches de l'équation (2.29):

$$Q_{T,ss} = \sum_{i=1}^N Q_{Loss,i} \quad (2.30)$$

#### 2.1.4.5.4 Construction de la Matrice BIBC dans le réseau de distribution :

La méthode repose sur deux matrices dérivées de la topologie du réseau, la matrice *BIBC* (en Anglais Bus injection Branch Current) et la matrice *BCBV* (en Anglais Branch Current Bus Voltage). Dans cette section, la procédure de l'algorithme est décrite en détail [10].



**Figure II.6:**Réseau de distribution simple

Le terme équivalent de l'injection de courant par phase à l'itération  $k$  est dérivé de la puissance consommée sur le nœud « $i$ » qui est exprimé par :

$$S_i = (P_i + jQ_i), \quad i=1, \dots, N \quad (2.31)$$

$$I_i^k = \left( \frac{P_i + jQ_i}{V_i^k} \right)^* \quad (2.32)$$

Où  $S_i$  est la puissance apparente consommée par la charge de l'une des trois phases (a,b, ou c), composée de  $P_i$  et  $Q_i$  qui sont respectivement les puissances active et réactive de la charge par phase,  $N$  est le nombre de charges  $V_i^k$  et  $I_i^k$  qui sont respectivement la tension du nœud et l'équivalent d'injection de courant du nœud par phase à l'itération  $k$ .

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

$$\begin{aligned}
 B_1 &= I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \\
 B_2 &= I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \\
 B_3 &= I_4 + I_5 \\
 B_4 &= I_5 \\
 B_5 &= I_6
 \end{aligned} \tag{2.33}$$

Un réseau de distribution est illustré, comme exemple, à la **figure II.4** Les injections de puissance peuvent être converties en injections de courant équivalent par l'équation (2.34) La relation entre les injections de courant de nœud et les courants de branche sont déterminés par la loi des nœuds ou de courant de Kirchhoff. Les courants de branches peuvent alors être formulés en fonction des différents courants injectés aux nœuds. Par conséquent, cette relation peut être exprimée comme :

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} \rightarrow [B] = [BIBC][I] \tag{2.34}$$

Où BIBC (en Anglais Bus injection Branch Current) est la matrice qui exprime la relation entre le courant injecté au nœud et le courant de branche,  $B_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 5$  est le vecteur des injections de courants de branche «  $i$  »,  $i = 2, 3, \dots, 6$  est le vecteur des courants de nœud. Pour le cas est simplement 0,1. La matrice BIBC est triangulaire supérieure ne contient que des valeurs de 0 et 1.

La tension de nœud peut être exprimée comme une fonction des courants de branche, des paramètres de ligne, et de la tension de référence au niveau du poste source (HTB/HTA).

La relation entre les courants de branche et les tensions de nœud, comme obtenue par l'équation (2.35) et (2.36)

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12}Z_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12}Z_{23}Z_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12}Z_{23}Z_{34}Z_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12}Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

$$[\Delta V] = [BCBV][B] \quad (2.36)$$

Où  $BCBV$  (en Anglais Branch Current Bus Voltage) est la matrice qui représente la relation entre les courants de branches et les tensions des nœuds,  $V_i$ ,  $i = 2, 3, \dots, 6$  est la tension du nœud «i», et  $Z_{im}$  est l'impédance de ligne entre le nœud «i» et le nœud «m».

Les matrices  $BIBC$  et  $BCBV$  sont élaborées en fonction de la structure topologique du réseau de distribution. En combinant les équations (2.34) et (2.36), la relation entre ces deux matrices peut être exprimée comme:

$$[\Delta V] = [BCBV][BIBC][I] \quad (2.37)$$

La solution du calcul de répartition de charges est obtenue par une résolution itérative, de l'équation (2.31). La tension est calculée grâce à l'équation de récurrence (2.32) et suivant le critère d'arrêt de l'équation (2.39).

$$[V^{k+1}] = [V^0] + [\Delta V^{k+1}] \quad (2.38)$$

$$([V^{k+1}] - [V^k]) < \varepsilon \quad (2.39)$$

#### 2.4.1.5.4 Algorithm de Backward/Forward Weep):

##### 1<sup>ere</sup> Etape:

Lire les données de réseau.

##### 2<sup>eme</sup> Etape

Identifier les types des jeux de barres

##### 3<sup>eme</sup> Etape

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

##### 4<sup>eme</sup> Etape

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

##### 5<sup>eme</sup> Etape

Calcule des courant injecte  $[I]$  en applique l'équation (2.32)

##### 6<sup>eme</sup> Etape

Calculer les courants traversant les branches en applique l'équation (2.34)

**7<sup>eme</sup> Etape**

Calculer les nouvelles tensions module et phase au niveau de tous les jeux de barres en appliquant l'équation (2.36)

**8<sup>eme</sup> Etape**

Une fois le test de convergence est vérifié les valeurs des tensions de la dernière itération sont retenues, on calcule :

Les pertes de puissance active et réactive dans chaque branche selon les équations (2.27) et (2.29)

Calculer les pertes totales active et réactive selon les équations (2.28) et (2.30) et afficher les résultats finaux. Si non retourne à l'étape 5.

**2.5 Conclusion :**

Dans le présent chapitre, les équations de l'écoulement de puissance sont présentées. Ensuite, la solution de ces équations par des méthodes itératives (Gauss Seidel, Gauss Seidel avec accélération, Newton-Raphson, Découplée Rapide et Backward/Forward Sweep) sont décrites en détail des applications de ces méthodes sur des réseaux de distribution seront le siège de chapitre suivant.

# *Chapitre III*

## *Résultats & Interprétations*

**Introduction :**

Dans ce chapitre les méthodes numériques illustrées dans le chapitre II seront testés sur des réseaux de distribution pour calculer l'écoulement de puissance et relever les différentes grandeurs (tension, angle de phase, puissance de jeu de barre de référence et les pertes totale actives et réactive).

**2 Résultats et interprétations :**

un réseau de 10 jeux de barres données par la figure IV.1, d'un réseau de 33 jeux de barres avec trois ramifications montrées par la figure IV.5 ayant

Les données de ces lignes sont consignées dans les tableaux A1, A2 de l'annexe 1.

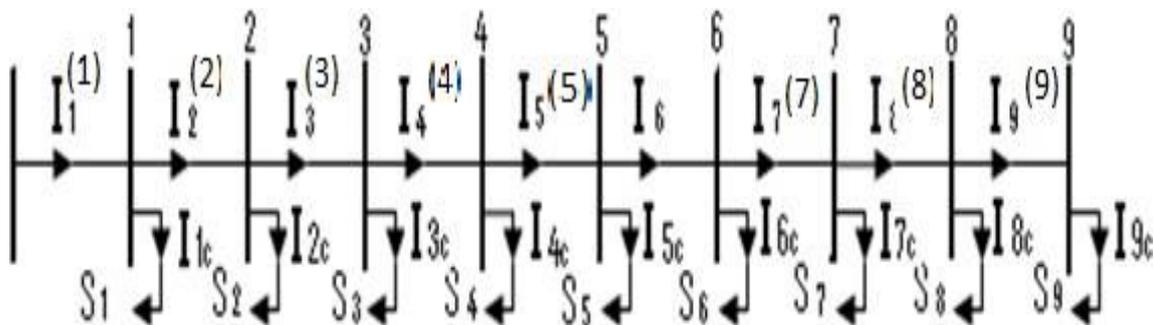
**NB :** après simulation de ces méthodes nous remarquons que La méthode découplée rapide ne converge pas pour ces types des réseaux, donc elle n'est pas valable pour ces réseaux de distribution. et les résultats ne sont pas représenté dans la suite

**2.1 Résultats et interprétations pour réseau test 10 JDB :**

Les caractéristiques du réseau de distribution 10 JDB de la figure III.1 sont données commesuit :

- Nombre de jeux de barres = 10
- Nombre de branches = 9
- Jeu de barres de référence N° = 0
- Tension de base = 23 Kv
- Puissance de base = 4186 Kva.

Les données du réseau test sont présentées dans l'annexe 1.



**Figure III.1:** Schéma unifilaire de réseau de 10 jeux de barres

Tableau III.1: Solution de l'écoulement de puissance pour le réseau de 10 jeux de barres

JDB	BFS	
	Tension (pu)	Angle (rad)
0	1.0000	0.0000
1	<b>0.9929</b>	-0.0092
2	0.9823	-0.0203
3	0.9582	-0.0390
4	0.9427	-0.0447
5	0.9116	-0.0636
6	0.9015	-0.0709
7	0.8832	-0.0794
8	0.8527	-0.0933
9	<b>0.8314</b>	-0.1037
Les pertes de Puissance totales	861.1372 Kw 1049.7 Kvar	
Nombre d'itération	9	
Temps de calcul	0.090 s	

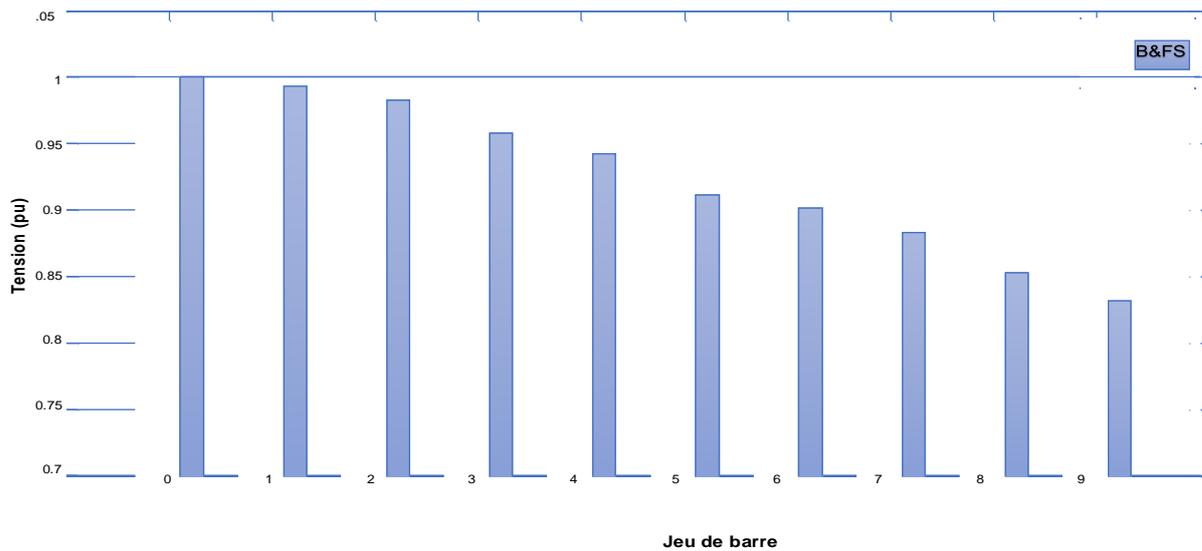


Figure III.2: Profile des tensions de réseau de 10 jeux de barres

Tableau III.2: Les courants et les pertes de réseau de 10 jeux de barres

Les Branches	Courant active (pu)	Courant réactive (pu)	Perte active (kW)	Perte réactive (kVAr)
1	<b>3.1603</b>	<b>-1.2508</b>	47.1810	157.9206
2	2.7187	-1.1360	70.9148	174.0088
3	2.4820	-1.0485	179.4690	<b>289.7764</b>
4	2.0404	-0.9200	115.8951	100.9601
5	1.6567	-0.4361	<b>192.7830</b>	167.9451
6	1.2456	-0.2524	48.4378	42.1938
7	1.0415	-0.2087	76.8117	43.5037
8	0.7327	-0.1678	89.7535	50.8353
9	0.4628	-0.1050	39.8916	22.5939

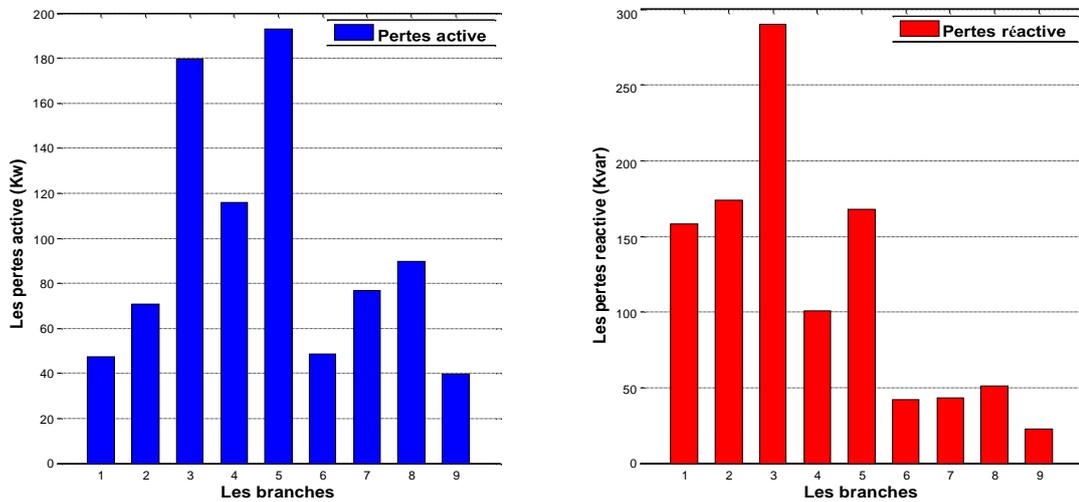


Figure III.3: Les pertes active et réactive des branches pour le réseau de 10 JDB

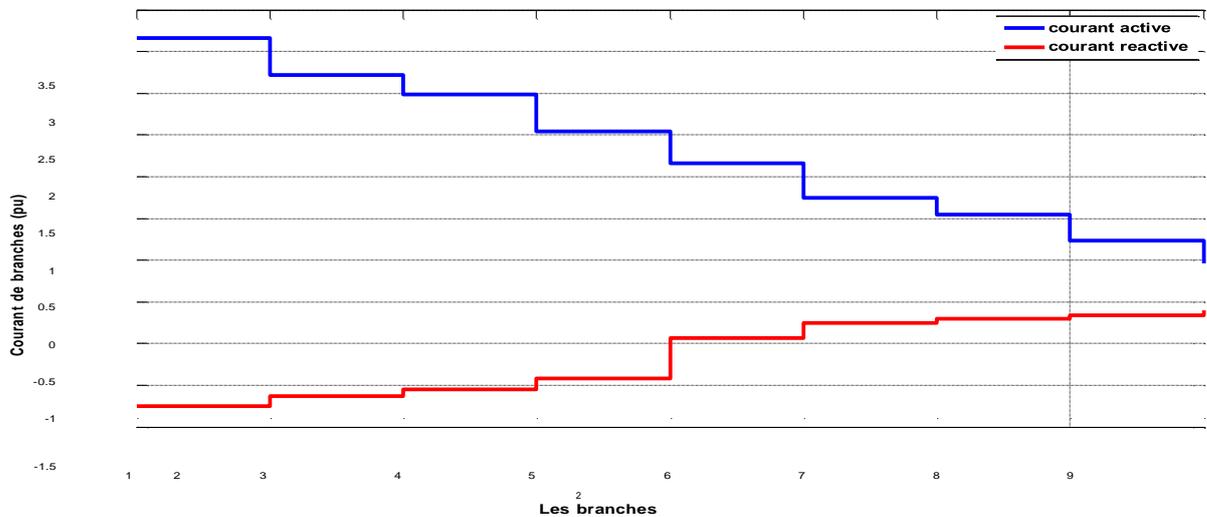


Figure III.4: Courants des branches actives et réactives pour le réseau de 10 JDB

### 2.1.1 Discussion réseau de 10 jeux de barres :

Le tableau IV.1 et la figure IV.2 montrent les résultats de l'écoulement de puissance de réseau de 10 jeux de barres. On observe que la chute de tension maximale est au JDB terminale (JDB9  $V = 0.8314$  pu).

Les pertes de puissance totale active et réactive sont respectivement : 861.1376 kW et 1049.7 Kvar qui correspondent respectivement à 6.5 % et 20.05 % de la puissance totale. Les composantes active et réactive du courant sont maximales dans la première branche à (3.1603 pu et -1.2508 pu).

La distribution des pertes de puissance active et réactive dans les branches sont tel indique par la figure.3.3 où on note que la plus grande perte de puissance active (soit 192.7830 kW) est dans la branche 5 alors que la plus grande perte de puissance réactive (c'est-à-dire 289.7764 kVAr) est celle de la branche 3. Ce dernier résultat justifié par les valeurs des courants actifs et réactifs et les valeurs des résistances et réactances des branches.

Le nombre d'itération nécessaire pour atteindre la solution avec une erreur de  $10^{-7}$  est : pour la méthode BFS=9 itérations. Le temps de calcul pour BFS : 0.090 s.

### 2.2 Réseau test 33 JDB :

Les caractéristiques du réseau de distribution 33 JDB (Figure.III.5) sont données comme suit

Nombre de jeux de barres =33

Nombre de branches =32

Jeu de barres de référence N° = 0

Tension de base =12.6 kv

Puissance de base = 2300 kva.

Les autres données du réseau test sont présentées dans l'annexe 1.

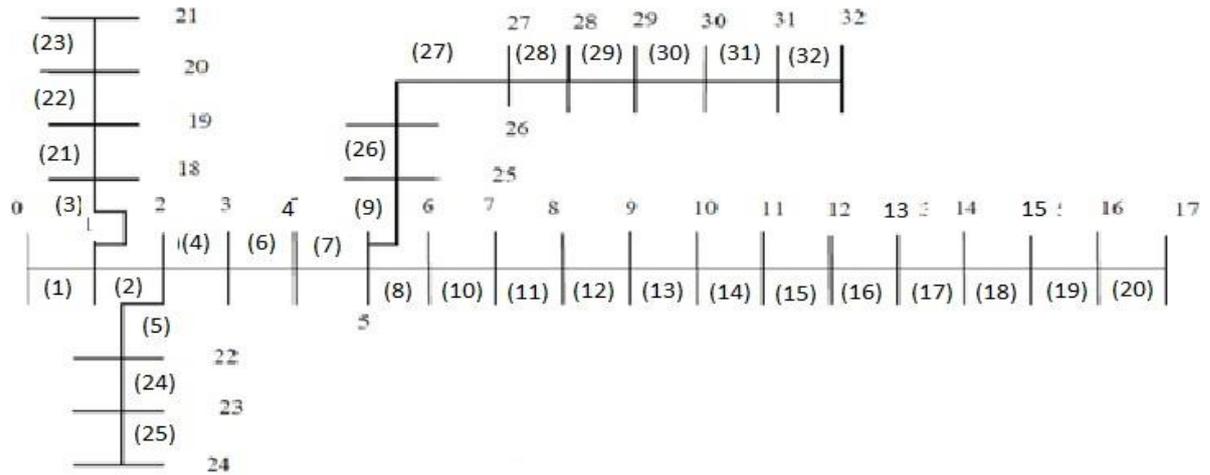


Figure III.5 : Schéma unifilaire de réseau de 33 jeux de barres

Tableau III.3: Solution de l'écoulement de puissance de réseau de 33 jeux de barres

JDB	BFS	
	Tension (pu)	Angle (rad)
0	1.0000	0.0000
1	<b>0.9971</b>	0.0002
2	0.9832	0.0016
3	0.9784	0.0016
4	0.9737	0.0014
5	0.9628	-0.0017
6	0.9594	-0.0056
7	0.9459	-0.0082
8	0.9397	-0.0095
9	0.9339	-0.0106
10	0.9330	-0.0105
11	0.9315	-0.0103
12	0.9255	-0.0118
13	0.9232	-0.0132
14	0.9218	-0.0138
15	0.9204	-0.0142
16	0.9184	-0.0156
17	<b>0.9178</b>	-0.0157
18	0.9965	0.0000
19	0.9930	-0.0011
20	0.9923	-0.0015
21	0.9916	-0.0018
22	0.9762	0.0022
23	0.9695	0.0007
24	0.9662	-0.0001
25	0.9623	-0.0017

<b>26</b>	0.9618	-0.0017
<b>27</b>	0.9600	-0.0022
<b>28</b>	0.9590	-0.0024
<b>29</b>	0.9728	0.0039
<b>30</b>	0.9689	0.0025
<b>31</b>	0.9680	0.0022
<b>32</b>	0.9678	0.0021
<b>Les pertes de Puissance totales</b>	<b>143.8196 Kw 94.6778 Kvar</b>	
<b>Nombre d'itération</b>	<b>6</b>	
<b>Temps de calcul</b>	<b>0.087 s</b>	

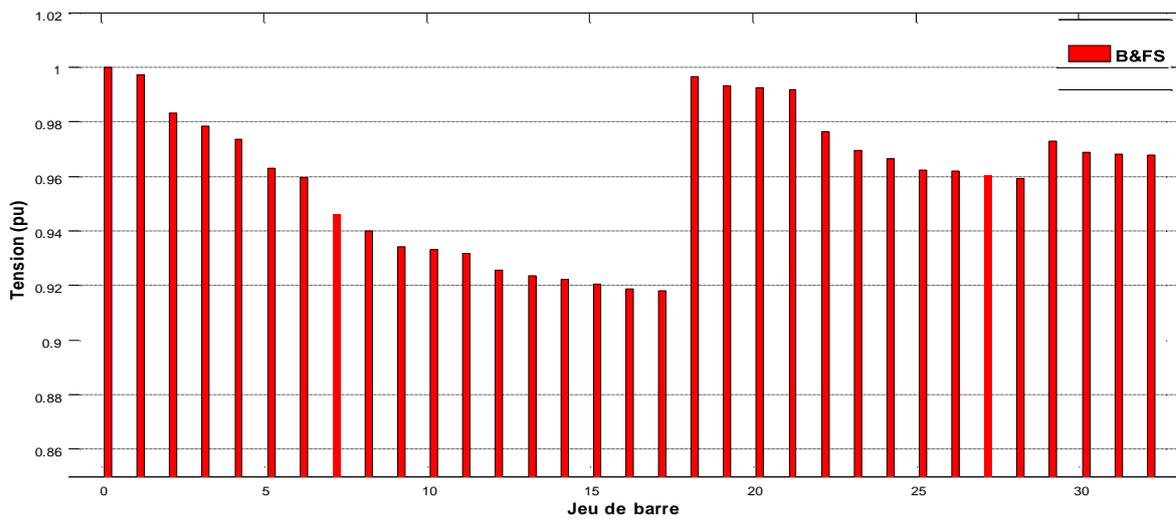


Figure III.6 : Profile des tensions de réseau de 33 jeux de barres

Tableau III.4 : Les courants et les pertes de réseau de 33 jeux de barres

Les Branches	Courant active (pu)	Courant réactive (pu)	Perte active (Kw)	Perte réactive (Kvar)
1	<b>1.6770</b>	<b>-1.0412</b>	11.8647	6.1382
2	1.4766	-0.9448	<b>50.0053</b>	<b>25.4692</b>
3	0.7401	-0.3637	8.2146	4.1836
4	0.6867	-0.3283	7.2867	3.7112
5	0.6599	-0.3149	14.2924	12.4750
6	0.4971	-0.2422	1.8893	6.2451
7	0.4067	-0.1963	11.5222	8.3154
8	0.3152	-0.1496	4.1383	2.9731
9	0.2875	-0.1401	3.5113	2.4984
10	0.2597	-0.1305	0.5481	0.1812
11	0.2389	-0.1163	0.8722	0.2884
12	0.2110	-0.0997	2.6390	2.0763
13	0.1830	-0.0829	0.7217	0.9500
14	0.1270	-0.0445	0.3533	0.3145
15	0.0988	-0.0394	0.2786	0.2034
16	0.0706	-0.0295	0.2490	0.3325
17	0.0423	-0.0196	0.0526	0.0412
18	0.1575	-0.0702	0.1609	0.1536
19	0.1182	-0.0528	0.8321	0.7498
20	0.0788	-0.0352	0.1008	0.1177
21	0.0394	-0.0176	0.0436	0.0577
22	0.6967	-0.5634	11.9572	8.1702
23	0.3774	-0.1796	5.1774	4.0883
24	0.1890	-0.0900	1.2959	1.0140
25	0.1357	-0.0637	0.1505	0.0767
26	0.1086	-0.0523	0.1363	0.0694
27	0.0815	-0.0410	0.2908	0.2564
28	0.0543	-0.0319	0.1053	0.0917
29	0.2792	-0.3617	3.4969	1.7812
30	0.1888	-0.0939	1.4297	1.4130
31	0.1214	-0.0626	0.1913	0.2229
32	0.0270	-0.0179	0.0118	0.0184

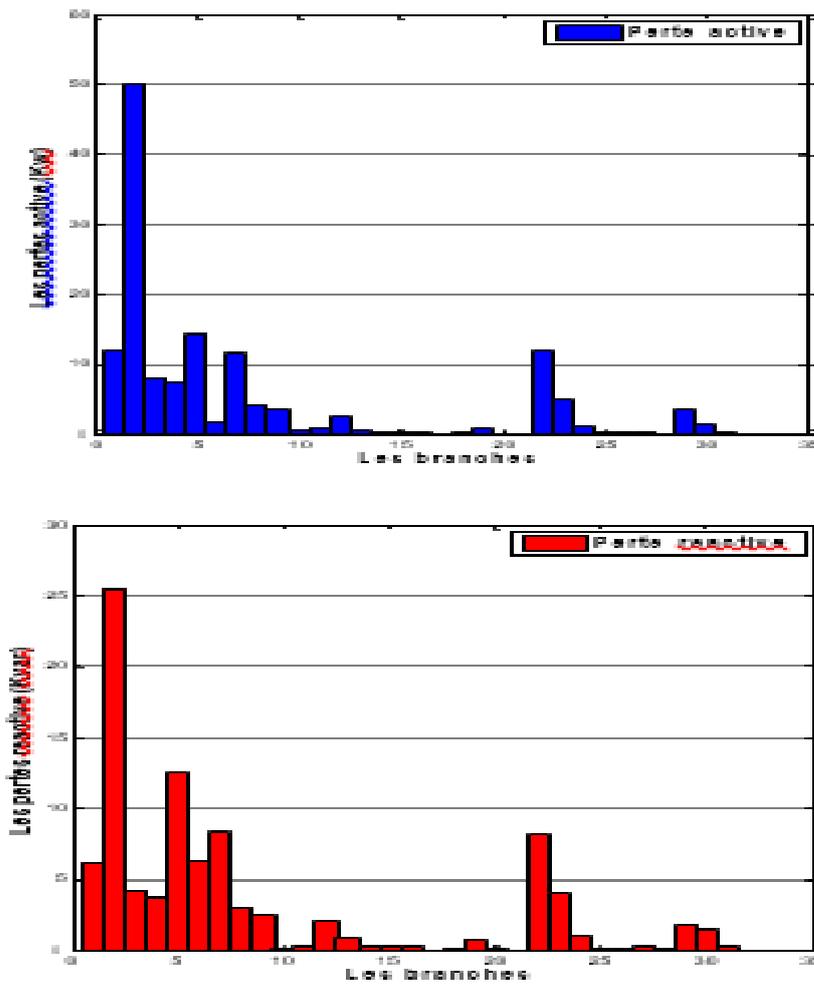


Figure III.7: Les pertes active et réactive de réseau de 33 jeux de barres.

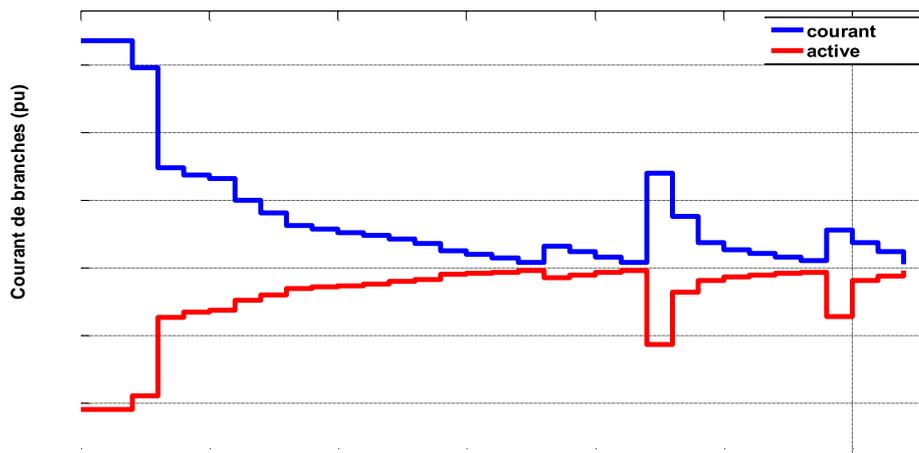


Figure III.8: Le courant active et réactive de réseau de 33 jeux de barres.

### 2.2.1 Discussion réseau de 33 jeux de barres :

Le tableau III.3 et le figure III.6 montrent les résultats de l'écoulement de puissance de réseaux 33 jeux de barres. On observe que la chute de tension maximale est au JDB 17 ( $V=0.9178$  pu). Les pertes de puissance totale active et réactive de puissance sont de 143.8196 kW et 94.6778 kVAr qui correspondent respectivement à 3.73 % et 3.96 % de la puissance totale. Dans la première branche les composantes active et réactive du courant (1.6777 pu et -1.0412 pu). Les distributions des pertes de puissances dans les branches (Figure.III.7) montrent que les plus grandes pertes de puissance active et réactive (50.0053 kW) se passent dans la branche 2 alors que la plus grande perte de puissance réactive égale 25.4692 Kvar est celle de la Branche 2. Le nombre d'itération nécessaire pour atteindre la solution avec une erreur de  $10^{-7}$  est : pour la méthode BFS=6 itérations. Le temps de calcul pour est BFS : 0.087 s.

### Conclusion Générale

Dans ce travail, il a été présenté la solution de problème de l'écoulement de puissance dans les réseaux de distribution équilibrés qui sont caractérisé par leurs taux R/X élevés, la solution se fait par la méthode itératives (Back Ward et forwardsweep).

Cette méthode est programmée sur MATLAB, et sont testé sur 2 réseaux testes

(10, 33 jeux de barres).la méthode utilisées dans ce travail convergent et donnent des résultats, (L'approximation de calcul de la matrice B n'est pas justifiée).

La différence entre les méthodes qu'on a étudiées au deuxième chapitre est seulement dans le nombre d'itérations et le temps du calcul. Pour la méthode de Gauss-Seidel, si le réseau est grand le nombre d'itération et le temps de calcul est grand. Le nombre d'itérations de la méthode de Newton –Raphson est constant et leur temps de calcul augmente avec la taille de réseau. La méthode Backward et Forward sweep a un nombre d'itération petite augment un peu avec la taille de réseau et a un temps de calcul petit par rapport aux autres méthodes.

Donc La méthode Backward et Forwardsweep présente les performances les plus élevées en termes de temps de simulation, en particulier pour les systèmes grand et radial, même si le nombre d'itérations requises est plus élevé par rapport à la méthode de Newton-Raphson.

Après tous les résultats et les remarques obtenus, on peut dire que la méthode Backward et Forward sweep est la solution idéale au problème du calcul l'écoulement de puissance dans les réseaux de distribution d'électricité, en raison du faible temps nécessaire dans le calcul, que nous facilitons de prendre les résultats importants de la tension et les pertes actives et réactives dans les plus brefs délais et de l'utilisation dans d'autres études.

Ce travail est la base des autres travaux future comme écoulement de puissance triphasé déséquilibré dans les réseaux de distribution, la planification de puissance réactive dans les réseaux de distribution, l'emplacement optimal des condensateurs ou source d'énergie renouvelables dans les réseaux de distribution et autres...

# ANNEXES

## ANNEXES

Donnes de réseau de 10 JDB dans le tableau A.1.

- La tension de base est égale à 23 kV,
- la puissance de base est égale 4186 kVA.

**Tableau. A.1 : Données de réseau de 10 jeux de barres**

Numéro de la branche	Nœuds de départ	Nœuds D'arrivée	r ( $\Omega$ )	x ( $\Omega$ )	Pl (kW)	Ql (kVA)
1	1	2	0.1233	0.4127	1840	460
2	2	3	0.2466	0.6051	980	340
3	3	4	0.7463	1.2050	1790	446
4	4	5	0.6984	0.6084	1598	1840
5	5	6	1.9831	1.7276	1610	600
6	6	7	0.9053	0.7886	780	110
7	7	8	2.0552	1.1640	1150	60
8	8	9	4.7953	2.7160	980	130
9	9	10	5.3434	3.0264	1640	200

Donnes de réseau de 33 JDB dans le tableau A.2 :

- La tension de base à 12.66 kV,
- la puissance de base est de 2300 KVA.

**Tableau. A.2 : Données de réseau de 33 jeux de barres**

Numéro de la branche	Nœuds de départ	Nœuds d'arrivée	r ( $\Omega$ )	x ( $\Omega$ )	Pl (kW)	Ql (kVA)
1	0	1	0.092200	0.047000	100.000000	60.000000
2	1	2	0.493000	0.251100	90.000000	40.000000
3	1	18	0.366000	0.186400	120.000000	80.000000
4	2	3	0.381100	0.194100	60.000000	30.000000
5	2	22	0.819000	0.707000	60.000000	20.000000
6	3	4	0.187200	0.618800	200.000000	100.000000
7	4	5	0.711400	0.235100	200.000000	100.000000

## ANNEXES

---

8	5	6	1.030000	0.740000	60.000000	20.000000
9	5	22	1.044000	0.740000	60.000000	20.000000
10	6	7	0.196600	0.065000	45.000000	30.000000
11	7	8	0.374400	0.123800	60.000000	35.000000
12	8	9	1.468000	1.155000	60.000000	35.000000
13	9	10	0.541600	0.712900	120.000000	80.000000
14	10	11	0.591000	0.526000	60.000000	10.000000
15	11	12	0.746300	0.545000	60.000000	20.000000
16	12	13	1.289000	1.721000	60.000000	20.000000
17	13	14	0.732000	0.574000	90.000000	40.000000
18	14	15	0.164000	0.156500	90.000000	40.000000
19	15	16	1.504200	1.355400	90.000000	40.000000
20	16	17	0.409500	0.478400	90.000000	40.000000
21	18	19	0.708900	0.937300	90.000000	40.000000
22	19	20	0.451200	0.308300	90.000000	50.000000
23	20	21	0.898000	0.709100	420.000000	200.000000
24	22	23	0.896000	0.701100	420.000000	200.000000
25	23	24	0.203000	0.103400	60.000000	25.000000
26	25	26	0.284200	0.144700	60.000000	25.000000
27	26	27	1.059000	0.933700	60.000000	20.000000
28	27	28	0.804200	0.700600	120.000000	70.000000
29	28	29	0.507500	0.258500	200.000000	600.000000
30	29	30	0.974400	0.963000	150.000000	70.000000
31	30	31	0.310500	0.361900	210.000000	100.000000
32	31	32	0.341000	0.530200	60.000000	40.000000

**BIBIOGRAPHIE**

# BIBIOGRAPHIE

---

## BIBIOGRAPHIE

- [1] **Boughezala mohammed salah**, «Etude et simulation d'un coupleur de signaux HF pour réseaux d'énergie électrique », thèse de doctorat, Université de Biskra, 2013.
- [2] **J. Sabonnadière**, «lignes et réseaux électriques1», Edition HERMES, Paris 2007.
- [3] **Schneider Electric**, « Les architectures de réseaux ».
- [4] **Schneider Electric**, «Postes HTA/BT».
- [5] **Merlin Gerin**,« Protection des réseaux électriques », PozzoGrosMonti ,Italie2003.
- [6] **J. PATRICK** « Distribution de l'énergie », Avril 2014.,
- [7] **M. RAHLI**,«Contribution à l'étude de la répartition optimale des puissances actives dans un réseau d'énergie électrique». Thèse de Doctorat, 06 Janvier 1996, Université des sciences technologiques USTOran– Algérie- Département d'Electrotechnique.
- [8] **M. ALLAOUA Boumediene**, « Méthodes numériques avec matlab». Rappels de cours, Exemples Corrigés et Applications avec MATLAB. Université de Bechar. Alger
- [9] **M. KETFINadhir**,«Contribution à la gestion des réseaux de distribution en présence de génération d'énergie dispersée». Option : Réseaux Electriques. Université de Batna 2014
- [10] **Wendy Carolina Briceno Vicente**. « Modélisation des réseaux de distribution sousincertitudes». ´Energie ´électrique. Université de Grenoble, 2012. Français

## ملخص :

الهدف من هذه الدراسة هو حساب تدفق الطاقة في شبكات التوزيع، والتي تتميز بمعدلات R/X العالية والطوبولوجيا الشعاعية. أتاح هذا الحساب نقل التيار والطاقة في كل فرع، وإجمالي خسائر الطاقة النشطة والتفاعلية والجهد لكل مجموعة شريط. وتقتصر أساليب متكررة على النحو التالي: (طريقة غوس سيدال و طريقة نيوتن رافسون و طريقة القطع السريع و طريقة المسح الامامي والخلفي). اخترنا آخر واحد (B.F.S) للتطبيق على شبكات توزيع لاختبار قضائب التجميع 10، وقضائب التجميع 33 باستخدام خوارزميات مصنوعة من برنامج MATLAB. في النهاية، لدينا النتيجة النهائية لهذه الطريقة من حيث وقت الحساب وعدد النسخ المتكررة التي تمت مناقشتها.

الكلمات الافتتاحية : شبكة التوزيع، تدفق الطاقة، طريقة غوس سيدال، طريقة نيوتن رافسون، طريقة القطع السريع ، طريقة الاكتساح إلى الأمام

## Résumé :

Cette étude a pour objectif du calcul l'écoulement de puissance dans les réseaux de distribution qui sont caractérisés par leurs taux R/X élevé et leurs topologies radiales. Ce calcul permis d'avoir le courant et La puissance transitée dans chaque branche, les pertes totales de puissance active et réactive et la tension de chaque jeu de barre. Des méthodes itérative sont proposée comme (Méthode de Gauss-Seidel, Newton-Raphson, Découple rapides et Backward-Forward Sweep). On a choisissiez la dernière (B.F.S) pour appliquer sur des réseaux de distribution test IEEE (10 JDB, 33 JDB) utilisant des algorithmes réalisés avec le logiciel MATLAB. En fin de compte, nous avons le résultat final de cette méthode en termes de temps de calcul et le nombre de répétitions discutées.

**Mots-clés :** Réseau de distribution, écoulement de puissance, Méthode de Gauss-Seidel, méthode de Newton-Raphson, méthode Découple rapide, méthode Backward -forwardSweep.

## Abstract:

The objective of this study is to calculate the energy flow in the distribution networks, which are characterized by high R/X rates and radiological topology. This calculation allowed the transmission of current and power in each branch, the loss of active and reactive power and the total voltage for each group of rods. Recurring methods are proposed as follows: (Gauss-Seidel و Newton-Raphson و Fast Cutout و Backward-Forward Sweep). We selected the latest (B.F.S) to apply to IEEE test distribution networks (10 JDB, 33 JDB) using algorithms made from MATLAB software. In the end, we have the final result of this method in terms of calculation time and the number of replicates discussed.

**Keywords:** Distribution network, power flow, Gauss-Seidel method, Newton-Raphson method, Quick Cut method, Backward -forwardSweep method.