



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Electrotechnique
Réseaux électriques

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
HACENE Widad

Le : dimanche 7 juillet 2019

Planification de l'exploitation des réseaux de distribution (30 kV) dédiée à l'alimentation des zones agricoles de M'lili

Jury :

Mme. TKOUTI Nasira	MCB	Université de Biskra	Président
Mme. BECHA Habiba	MCB	Université de Biskra	Examineur
Mr. MAHDAD Belkacem	Pr	Université de Biskra	Rapporteur

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 : Réseaux électriques

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

MASTER

Thème

**Planification de l'exploitation des
réseaux de distribution (30 kV) dédiée à
l'alimentation des zones agricoles de
M'lili**

Présenté par :

HACENE Widad

Avis favorable de l'encadreur :

MAHDAD Belkacem

Avis favorable du Président du Jury :

Mme. TKOUTI Nasira

Cachet et signature



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique
Option : Réseaux électriques

Thème :

Planification de l'exploitation des réseaux de distribution (30 kV) dédiée à l'alimentation des zones agricoles de M'lili

Proposé et Dirigé par : Pr. MAHDAD Belkacem

Résumé :

Ce projet de fin d'étude vise comme objectif principal l'étude et l'analyse du réseau de distribution dédié à l'alimentation de la zone agricole de M'lili. Dans un premier temps nous nous sommes concentré à la réalisation d'une base de données du départ de M'lili (30/0.4 kV) adoptée au format d'analyse sous l'environnement Matlab, cela permet le traitement et la mise à jour rapide de la base de données ; ce qui permet de garantir une gestion efficace des réseaux de distribution du point de vue technique et économique. D'autre part, la méthode Newton-Raphson est appliquée pour déterminer l'état du réseau de M'lili dans le régime normal et avec considération des prévisions d'extension.

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que la tension 30 kV est insuffisante pour garantir une qualité d'énergie conforme aux normes, d'autre part, le réglage de la tension au niveau du poste source à une valeur maximale, entraîne une amélioration des tensions aux niveaux des jeux de barres de charges, mais cette amélioration est insuffisante pour garantir une meilleure qualité d'énergie fournie aux consommateurs.

Mots clés : Réseau de distribution, Zones agricoles, Base de données, Gestion des réseaux, Méthode de Newton-Raphson, Prévisions d'extension, réglage de tension, Qualité d'énergie.

Remerciements

Tout d'abord, je rends grâce à DIEU, le tout puissant et miséricordieux, pour m'avoir donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail ;

En second lieu, je tiens à remercier vivement mon encadreur, M. Belkacem MAHDAD, pour l'aide salutaire qu'il m'a fournie et les précieux conseils qu'il m'a prodigués tout au long de la réalisation de ce travail ;

Mes sincères remerciements vont également à tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à ce travail et dont je citerais notamment M. Abdelhakim BENSACI, M. Hocine SAADALLAH, M. Mabrouk HOUHOU, M. Slimane DERNOUNI ainsi que ma sœur Leila HACENE ;

Enfin , je ne terminerais pas sans remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont exprimé à l'égard de ma recherche en acceptant d'examiner le contenu de mon travail et de l'enrichir de leurs précieux conseils et propositions.



DEDICACE

Ce travail, je le dédie, tout d'abord

- A mes très chers parents qui n'ont eu de cesse de me fournir, au quotidien, un soutien et une confiance sans faille ; je ne saurais de ce fait leur exprimer, par les seuls mots, l'ampleur de ma gratitude. Papa ! Maman ! Que Dieu vous garde et vous prête longue vie et bonne santé.

Je le dédie également

- A mes sœurs Leila et Samia

- A mes frères Samir, Seif Eddine, Abdelhakim et Fouad

- A mes belles sœurs Fairouz, Rahyl et Sara

- A mes beaux-frères Ridha et Tarek

- A ma très chère grand-mère ; que Dieu la protège

- A mes petites nièces Farah, Yasmine, Rouchane, Alaâ Errahmane, Safaâ, Anfel et sadjaâ

- A mon cher neveu Anas

Cette dédicace s'adresse enfin

- A mes adorables amies Kamilia CHEBABI, Zahira ACHOURI, Khalida MIMOUNE, Asma GUEDIDI, Souaad HOUFANI, Nessrine ZOUBIRI, Maroua FERHAT et

Lilya ALOUI

- A toutes mes amies avec qui j'ai partagé de merveilleux moments de joie et de bonheur

- A tout le groupe de Master 2 " réseaux électriques " 2018-2019

Widad

Sommaire

Liste des tableaux.....	i
Liste des figures.....	iii
Liste des abréviations	vi
Liste des symboles	vi
Introduction Générale	1

Chapitre I : Généralités Sur Les Réseaux De Distribution

I.1.Introduction	3
I.2 .Structure de réseau électrique	3
I.3.Différents types des réseaux électriques	3
I.3.1.Les réseaux de transport	3
I.3.2.Les réseaux de répartition.....	3
I.3.3.Les réseaux de distribution	4
I.4.Les caractéristiques des réseaux	4
I.4.1.Pour les réseaux de distribution à moyenne tension HTA	4
I.4.2.Pour les réseaux de distribution à basse tension BTA	4
I.5.Les objectifs généraux de réseau de distribution	4
I.5.1.distribution de l'électricité.....	4
I.5.2.Priorités liées au contexte socio-économique	5
I.6.Structure générale d'un réseau de distribution.....	5
I.6.1.Schéma de principe de la distribution haute tension – HTA à comptage BT	6
I.6.1.1.Distribution en «Antenne» ou «Simple dérivation»	6
I.6.1.2.Distribution en «Coupure d'artère» ou en «Boucle»	7

I.6.1.3.Distribution en « Double dérivation »	8
I.6.2.Schéma de principe de la distribution très haut tension – HTB.....	8
I.6.2.1.Distribution en «simple antenne»	9
I.6.2.2.Distribution en «double antenne».....	9
I.6.2.3.Distribution en «double antenne et double jeu de barres».....	10
I.7.Qualité de service	11
I.8.Niveaux de tension	12
I.9.Topologie des réseaux aériens	12
I.9.1.Réseaux maillés	12
I.9.2.Réseau bouclé	12
I.9.3.Réseau radial.....	13
I.9.4.Réseau arborescent.....	13
I.10.Les différents Lignes de transport	13
I.10.1.Ligne aérienne.....	13
I.10.2.Lignes souterraines.	14
I.11.Carastéristiques de la charge	15
I.12.Le système de protection	15
I.13.Conclusion	16

Chapitre II : Exploitation Des Réseaux De Distribution 30 kVde la Sonelgaz

Biskra

II.1. Introduction	17
II.2. Le programme agricole à travers la wilaya	17
II.3. La commune de M'Lili	18
II.4. Prévision de charge 2016-2018	19

II.5.Stratégie de planification	21
II.6. Définition d'un logiciel SCADA /SUPERVISION	24
II.7. Principe de fonctionnement de système du SUPERVISION	24
II.7.1 Partie commande.....	24
II.7.2 surveillance	24
II.7.3 Système de supervision	25
II.8. Sécurité de système SCADA	25
II.9. les avantages d'installer un système SCADA dans les réseaux électriques	26
II.10. Conclusion	27

CHAPITRE III : Méthodes D'analyse Des Réseaux Electriques

III.1.Introduction	28
III.2.Objectifs de l'étude de l'écoulement de puissance	28
III.3.Classification des jeux de barres	28
III.3.1.Jeu de barres de charges (PQ).....	28
III.3.2.Jeu de barres de contrôle (PV).....	29
III.3.3.Jeu de barre de référence	29
III.4.Modélisation des éléments des puissances du réseau	30
III.4 .1. Modèle du générateur	30
III.4.2. Modélisation d'une charge	30
III.4.3. Modèle de Transformateurs	30
III.4.4. Modélisation de ligne	31
III.4.5. Elément shunt (Condensateur ou réactance).....	32
III.5. Formulation de base de l'équation de l'écoulement de puissance	32
III.5 .1.Les équations de l'écoulement de puissance.....	33

III.5 .2.Les pertes de puissance dans lignes	34
III.6.Méthodes de calcul de l'écoulement de puissance	34
III.6.1.La méthode itérative de GAUSS-SEIDEL	34
III.6.1.1. Principe de la méthode de Gauss Seidel	34
III.6.1.2.Application de la méthode de G-S au problème de l'écoulement de puissance.....	36
III.6.1.3. Organigramme de la méthode de GAUSS-SEIDEL.....	37
III.6.2 .La Méthode itérative de Newton-Raphson	38
III.6.2.1.Principe	38
III.6.2.2. Application de la méthode de N-R au problème de l'écoulement de puissance	38
III.6.2.3.Détermination des sous-matrices de Jacobienne.....	40
III.6.2.4.Organigramme de la méthode tde Newton-Raphson	41
III.7.Conclusion	42

Chapitre IV : Résultats De Statistiques Et De Simulation

IV.1.Introduction	43
IV.2.Description de la cabine mobile 220/30 kVde Oumeche.....	43
IV.3.Description de la cabine mobile 220/30 kV de Tolga	46
IV.4.Analyse du réseau de départ de Mlili :.....	49
IV.5.Méthodologie d'élaboration de la base de données du réseau de distribution	49
IV.6.Stratégie d'analyse	51
IV.7.Les différentes fonctions et types des postes MT/BT	65
Conclusion générale	93

Bibliographie

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralités Sur Les Réseaux De Distribution

Tableau I.1 : Caractéristiques de la tension BT et HTA.....	11
Tableau I.2 : Niveaux de tension	12

Chapitre II : Exploitation Des Réseaux De Distribution 30 kV

Tableau II.1 : La répartition des constances à travers des périmètres de la Commune de M' Lili.....	19
Tableau II.2 : Prévision en charge 2016-2018.....	21
Tableau II.3 : Les points d'ouverture des départs 30 kV issu du CM 60/30 kV.....	22

Chapitre III : Méthodes D'analyse Des Réseaux Electriques

Tableau IV.1 : Types de jeu de barres	29
---	----

Chapitre IV : Résultats De Statistiques Et De Simulation

Tableau IV.1 : Variation des charges enregistrées durant la période juillet 2017.....	43
Tableau IV.2 : Variation des charges enregistrées durant la période juillet 2017.....	47
Tableau IV.3 : Codage original des éléments du réseau de distribution.	51
Tableau IV.4 : Gammes des puissances normalisées des transformateurs MT/BT et type de poste.....	65
Tableau IV.5 : Les caractéristiques de tous les postes du départ M'lili.	71
Tableau IV.6 : caractéristiques des lignes du réseau de distribution M'lili.....	71
Tableau IV.7 : Module de tension (Départ 30 kV M'lili $U_b=30$ kV) test 1.....	76
Tableau IV.8 : Module de tension (Départ 30 kV M'lili $U_b=30$ kV) test 2.....	81
Tableau IV.9 : Module de tension (Départ 30 kV M'lili $U_b=30$ kV) test 3.....	85
Tableau IV.10 : Module de tension (Départ 30 kV M'lili $U_b=30$ kV) test 4.....	90

Tableau IV.11 : Résultats d'analyse du réseau de M'lili (charge normale avec variation de la tension de la source).	90
Tableau IV.12 : Résultats d'analyse du réseau de M'lili avec augmentation de la charge	92

Liste des figures

Chapitre I : Généralités Sur Les Réseaux De Distribution

Figure I.1 : Architecture générale du réseau électrique.	3
Figure I.2 : Structure générale d'un réseau de distribution.....	5
Figure I.3 : Alimentation en simple dérivation d'un poste de livraison HTA à comptage BT.....	6
Figure I.4 : Alimentation en coupure d'artère d'un poste de livraison HTA à comptage BT.....	7
Figure I.5 : Alimentation en double dérivation d'un poste de livraison HTA à comptage BT	8
Figure I.6 : Alimentation simple antenne d'un poste de livraison HTB.....	9
Figure I.7 : Alimentation double antenne d'un poste de livraison HTB.....	9
Figure I.8 : Alimentation double antenne-double JB d'un poste de livraison HTB	10
Figure I.9 : Les différentes lignes du transport	15
Figure I.10 : Différents dispositifs de protection	16

Chapitre II : Exploitation Des Réseaux De Distribution 30 kVde la Sonelgaz Biskra

Figure II.1 : Carte géographique de répartition du programme agricole à travers la wilaya de Biskra	18
Figure II.2 : Schéma unifilaire réduit du réseau de distribution : départ M'Lili. Bouclage avec le départ Ourelel.....	23
Figure II.3 : Armoire PLC Industriel.....	26
Figure II.4: Stratégie de planification des réseaux de distribution à base du système SCADA.	26

CHAPITRE III : Méthodes D'analyse Des Réseaux Electriques

Figure III.1 : Modèle d'un générateur de puissance.....	30
Figure III.2 : Modèle d'une charge électrique sous forme d'une impédance constante.	30
Figure III.3 : Modèle d'un transformateur de puissance.	31

Figure III.4 : Localisation de transformateur de puissance.	31
Figure III.5 : Modèle équivalent en π de ligne de transport.	31
Figure III.6 : Modèle d'un élément shunt dans RE.	32
Figure III.7 : Modèle représenter la répartition de la puissance dans RE.	33
Figure III.8 : Organigramme de la méthode de GAUSS-SEIDEL.....	37
Figure III.9 : Organigramme de la méthode de N-R.	42

Chapitre IV : Résultats De Statistiques Et De Simulation

Figure IV.1 : Schéma unifilaire de la cabine mobile 220/30 kV Oumeche.	43
Figure IV.2 : Répartition des courants transités dans les départs de la cabine mobile	44
Figure IV.3 : Répartition de puissance transitée dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV Oumeche.....	44
Figure IV.4 : Répartition de puissance transitée maximal et courant transité maximal dans les départs cabine mobile 220/30 kV Oumeche.	45
Figure IV.5 : Schéma unifilaire de la cabine mobile 220/30 kV de Tolga.	46
Figure IV.6 : Répartition de courant transité dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV.	47
FigureIV.7 : Répartition de puissance transitée dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV TOLGA.	47
FigureIV.8 : Répartition de puissance transitée maximal et courant transité maximal dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV TOLGA.....	48
Figure IV.9 : Interface permettant l'accès au fichier de donné.	50
Figure IV.10 : Fiche technique globale d'identification des éléments du réseau de distribution de la Sonelgaz.	50
Figure IV.11 : Schéma unifilaire de réseau de distribution.....	51
Figure IV.12 : Schéma unifilaire de Stratégie du réseau de distribution.	51

Figure IV.13 : Schéma unifilaire de réseau de distribution (De la première partie jusqu'à la 13 ^{ème} partie).....	64
Figure IV.14 : Forme des postes	65
Figure IV.15 : La carte schématique de réseau 30 kV de la zone de Tolga.	71
Figure IV.16 : Distribution des tensions aux jeux de barres en unité relative ($U_s=1$ p.u) et 30 en kV.	72
Figure IV.17 : Distribution des tensions aux jeux de barres en unité relative ($U_s=1.033$ p.u) et 31 en kV.	76
Figure IV.18 : Distribution des tensions aux jeux de barres en unité relative ($U_s=1.05$ p.u) et 31.5 en kV.	81
Figure IV.19 : Distribution des tensions aux jeux de barres en unité relative ($U_s=1.0665$ p.u) et 32 en kV.	86

Liste des abréviations

Abréviations	
HTB	Très haute tension
HTA	Haute tension
BTA	Base tension
BTB	Moyenne tension
SF6	L'hexa fluorure de soufre
TC	Transformateur de courant
PS	Poste source
EDF	Limite d'exploitation
NO	Normalement ouvert
NF	Normalement fermé
JB	Jeu de barre
Dep	départ
CM	Cabine mobile
N	Nombre

Liste des symboles

symboles	
V	Tension
V_{min}	Tension minimale
V_{max}	Tension maximale
Q	Puissance réactive
Q_{min}	Puissance réactive minimale
Q_{max}	Puissance réactive maximale
V_g	Tension généré
P_g	Puissance active généré
Q_g	Puissance réactive généré
Q_{gmin}	Puissance réactive généré minimale
Q_{gmax}	Puissance réactive généré maximale
ΔP_{ij}	Puissance injectée à un jeu de barres i et j

V_i	Tension injectée à un jeu de barres i
S_i	Puissance apparente injectée à un jeu de barres i
Δ_{tot}	Les pertes totales
K_{ch}	Facteur de charge
Q_i	Puissance réactive injectée à un jeu de barres i
P_i	Puissances active et réactive injectées au jeu de barres i
X_{ij}	Réactance injectées au jeu de barres i et j
R_{ij}	Résistance injectées au jeu de barres i et j
U_s	Tension de source

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

Le domaine de planification des réseaux électriques occupe une place importante dans la société algérienne au vu des investissements humains et matériels consentis et qui visent à assurer la stabilité, l'économie du pays et notamment la continuité du service.

C'est à cet effet que des efforts particuliers ont été fournis par les pouvoirs publics afin de développer les lignes et les câbles de distribution d'énergie électrique de moyenne tension qui constituent la majeure partie du réseau électrique puisqu'elles participent à la continuité de l'alimentation des consommateurs en électricité HTA et BTA.

Malgré les avantages qu'offrent ces lignes et ces câbles et le rôle qu'ils peuvent jouer, ils peuvent connaître des problèmes de nature à gêner la distribution d'énergie électrique ; ce qui peut engendrer des pertes financières dans le domaine de l'industrie et même causer des désagréments aux simples consommateurs.

Le modeste travail que nous avons réalisé vise l'étude et l'analyse d'une partie du réseau de distribution électrique de moyenne tension 30 kV de la commune de M'lili. Notre première contribution dans ce projet de fin d'étude est l'élaboration d'une base de données flexible adaptée au format d'analyse sous l'environnement Matlab, cela permet le traitement et la mise à jour rapide de la base de données ; ce qui permet de garantir une gestion efficace des réseaux de distribution en termes techniques et économiques.

Ce travail est organisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre traite des généralités portant sur les réseaux de distribution électriques HTA, la structure de réseau électrique, les différents types de postes associés aux réseaux de distribution électriques, et se termine par une brève description des éléments du système de protection.

Le deuxième chapitre est dédié à présenter les principales mesures d'exploitation des réseaux de distribution de Biskra, et en particulier l'exploitation des régions agricoles. Des statistiques concernant le plan énergétique en termes de projets réalisés et les prévisions de charges envisagées ont été exposées et discutées. Nous avons ensuite discuté la stratégie en termes de planification des points d'ouvertures et de sectionnement permettant ainsi de garantir l'alimentation des consommateurs avec une qualité d'énergie acceptable. Enfin, nous

avons exposé en bref la technique du système SCADA adopté et appliqué partiellement par la Sonelgaz récemment pour améliorer la qualité d'énergie fournie aux clients.

Nous avons présenté dans le troisième chapitre un aperçu sur le rôle de l'écoulement de puissance dans la planification des réseaux de distribution. Puis, nous avons exposé en bref les différents outils utilisés pour l'analyse des réseaux électriques à savoir la méthode de Gauss-Seidel, et la méthode de Newton-Raphson (N -R).

Le chapitre quatrième traite l'analyse d'une partie du réseau de distribution HTA de Biskra pour l'amélioration de la qualité de l'énergie fournie aux consommateurs. Comme échantillon de travail, nous avons choisi le départ de M'lili pour deux raisons principales; la première est que ce départ comparé aux autres, offre une grande énergie aux consommateurs de type agricole et la seconde raison, ce départ est le plus chargé pendant la période d'été.

Finalement on a terminé ce mémoire par une perspective qui représente une continuité de ce travail.

Chapitre I

I.1.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 :

« Haute Tension » pour les fortes puissances et les longues distances,

« Basse Tension » pour les moyennes et faibles puissances et les courtes distances [1].

I.2 .Structure de réseau électrique :

Un réseau d'énergie électrique est un système comprenant production, transport, répartition et distribution de l'énergie, étape finale pour l'alimentation des consommateurs domestiques, industriels... [2]

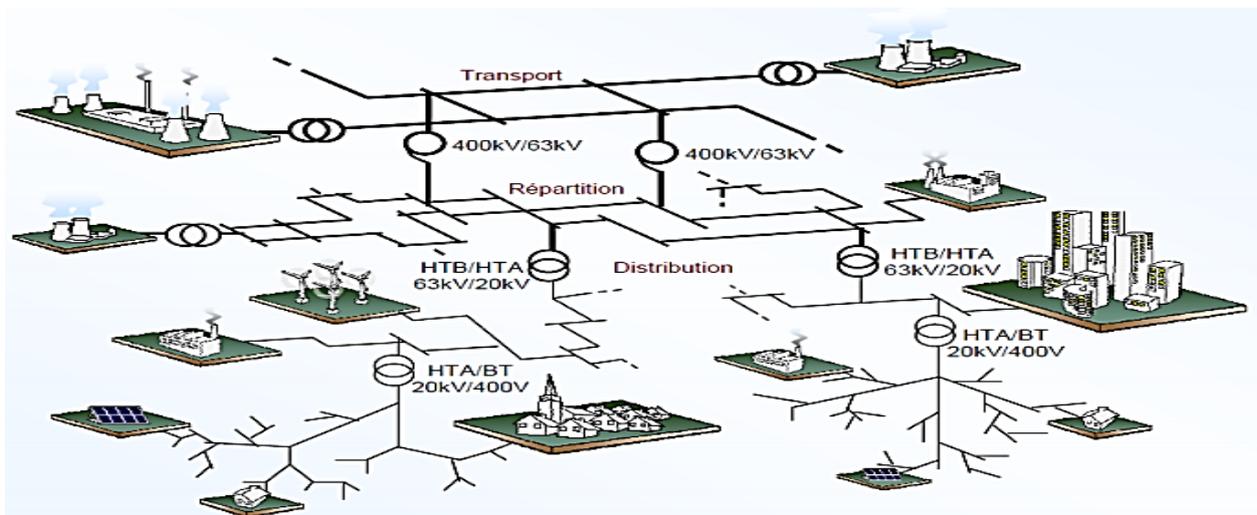


Figure I.1 : Architecture générale du réseau électrique.

I.3.Différents types des réseaux électriques :

Les réseaux électriques sont partagés en trois types :

I.3.1.Les réseaux de transport à très haute tension (THT) transportent l'énergie des gros centres de production vers les régions consommatrices (de 150 à 800 kV, en France 400 et 225 kV). Ces réseaux sont souvent interconnectés, réalisant la mise en commun de l'ensemble des moyens de production à disposition de tous les consommateurs.

I.3.2.Les réseaux de répartition à haute tension (HTA) assurent, à l'échelle régionale, la desserte des points de livraison à la distribution (de 30 à 150 kV, en France 90 et 63 kV) [3].

I.3.3. Les réseaux de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 60 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/BTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique [4].

I.4. Les caractéristiques des réseaux [4].

I.4.1. Pour les réseaux de distribution à moyenne tension HTA

- - 10 et 30 kV le plus répandu,
- - Neutre à la terre par une résistance ou transformateur de point neutre,
- - Réseaux souterrains en boucle ouverte.

I.4.2. Pour les réseaux de distribution à basse tension BTA

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

I.5. Les objectifs généraux de réseau de distribution [4]

I.5.1. distribution de l'électricité :

Dans pratiquement tous les pays, la distribution de l'électricité fait l'objet d'une concession attribuée au distributeur par la puissance publique. La société concessionnaires, qu'elles soient publiques ou privées, ont le bénéfice du monopole sur un territoire fixé.

Cette situation de monopole permet de développer un réseau de distribution optimal pour la collectivité. En contrepartie de ce monopole, ces sociétés sont assujetties à un certain nombre d'obligations constitutives de leur mission de service public.

En France, cette mission impose notamment le respect de deux règles fondamentales :

- **règle d'égalité** : service de l'électricité dans des conditions égales pour tous (égalité de traitement et d'accès), dès lors que les besoins desservis sont semblables ;
- **règle de continuité** : fonctionnement sans interruption du service de l'électricité (sauf cas de force majeure).

Les cahiers des charges relatifs aux traités de concessions précisent ainsi l'ensemble des règles qui définissent les performances de base dont doivent être capables les réseaux de distribution, en tant qu'outil principal du distributeur.

I.5.2. Priorités liées au contexte socio-économique :

Si le respect des cahiers des charges est un objectif fondamental que doit viser à remplir le réseau, les priorités en matière de développement de réseau peuvent être variables en fonction de l'environnement social, technique, économique et écologique auquel est confronté le distributeur.

I.6. Structure générale d'un réseau de distribution

Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau privé de distribution comporte (voir 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 / BTA
- des récepteurs HTA
- des transformateurs HTA / BTA
- des tableaux et des réseaux basse tension
- des récepteurs basses tensions.

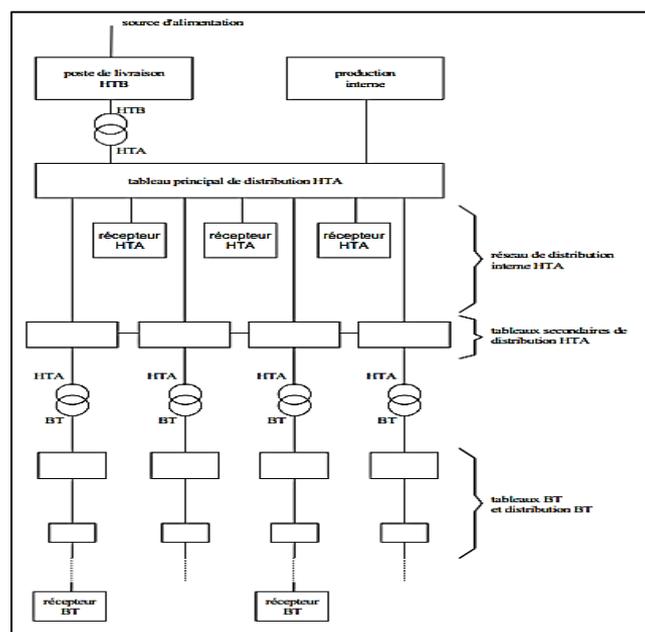


Figure I.2 : Structure générale d'un réseau de distribution

I.6.1.Schéma de principe de la distribution haute tension – HTA à comptage BTA

Les réseaux de distribution ont comme point de départ les postes sources. Ils comportent des transformateurs HTB/HTA à partir desquels la HTB est distribuée en triphasé sans neutre et entre 5 et 33 kV (souvent 20kV). Les transformateurs HTB/HTA peuvent être couplés.

En aval des transformateurs, la partie HTA est constituée de cellules « arrivée », « couplage » et « départ ».

A partir de ces départs, on réalise des schémas :

- en « Antenne » ou « Simple dérivation »,
- en « Boucle » ou « Coupure d'Artère »,
- en « Double dérivation »,

selon les besoins de continuité de service et de contraintes de coût [1].

I.6.1.1.Distribution en «Antenne» ou «Simple dérivation»

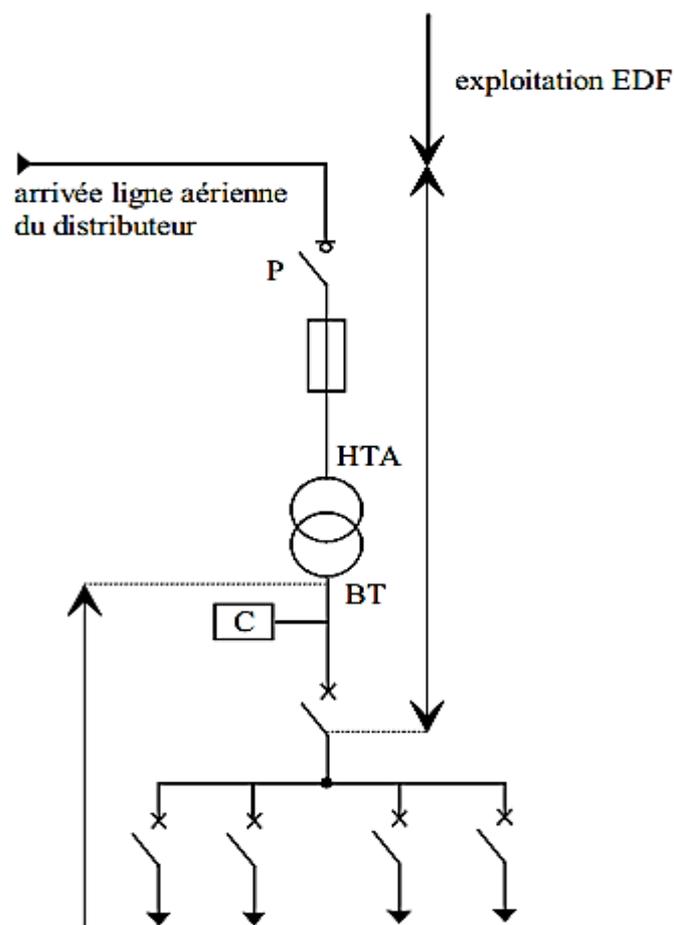


Figure I.3 : Alimentation en simple dérivation d'un poste de livraison HTA à comptage BTA

La cellule protection générale P doit être un disjoncteur si le courant nominal est supérieur ou égal à 45 A (voir NF C 13-100 § 433.1).

Ce type de poste est utilisé en général pour la distribution publique HTA en lignes aériennes, il comporte une seule source d'alimentation possible par le distributeur.

I.6.1.2. Distribution en «Coupure d'artère» ou en «Boucle»

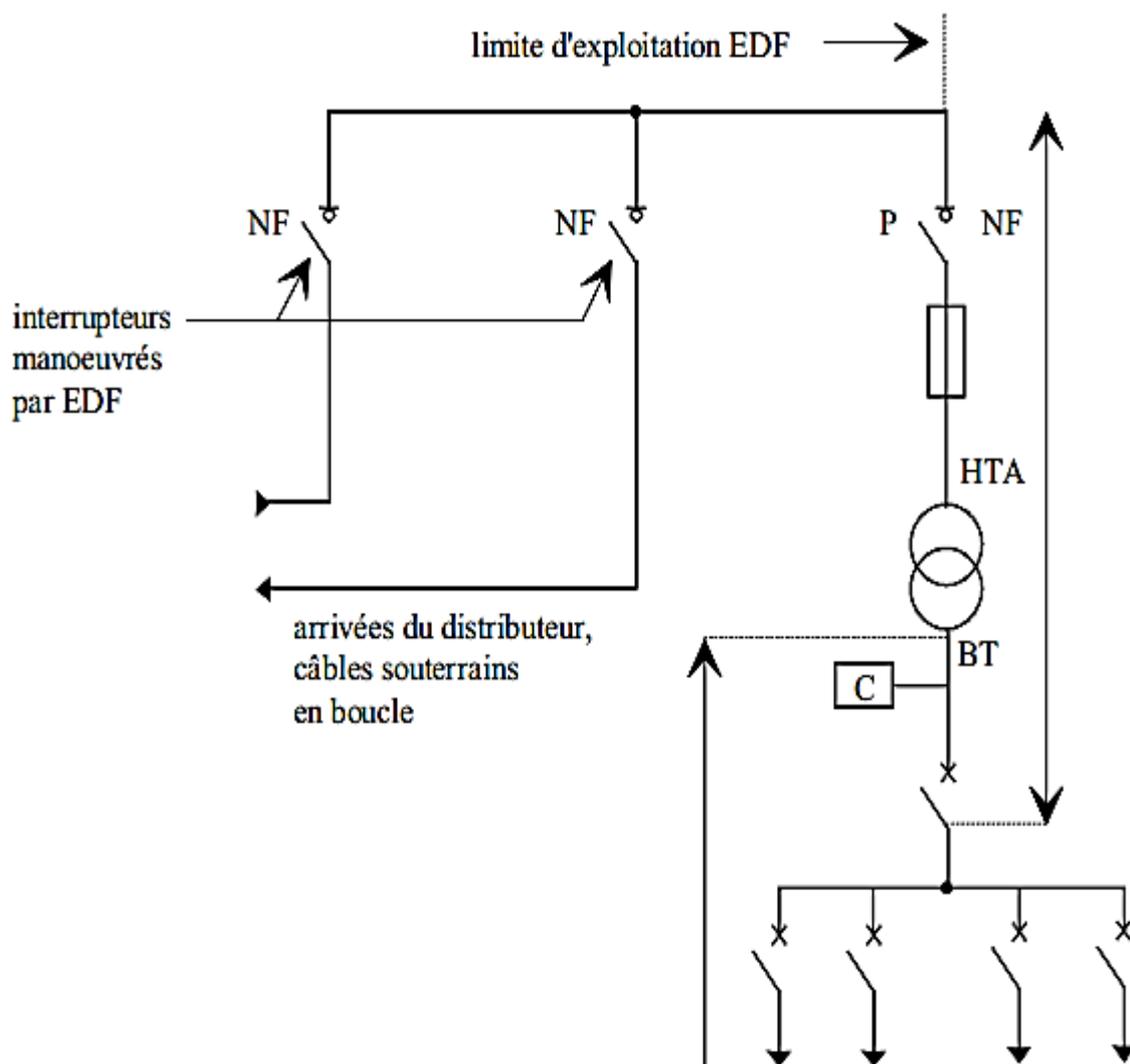


Figure I.4 : Alimentation en coupure d'artère d'un poste de livraison HTA à comptage BTA

La cellule protection générale P doit être un disjoncteur si le courant nominal est supérieur ou égal à 45 A (voir NF C 13-100 § 433.1).

Ce type de poste est utilisé pour la distribution publique HTA urbaine en réseaux souterrains, il permet à l'utilisateur de bénéficier d'une source d'alimentation fiable à partir de deux postes sources ou 2 départs HTA, ce qui limite les interruptions pour travaux ou en cas de panne.

I.6.1.3. Distribution en « Double dérivation »

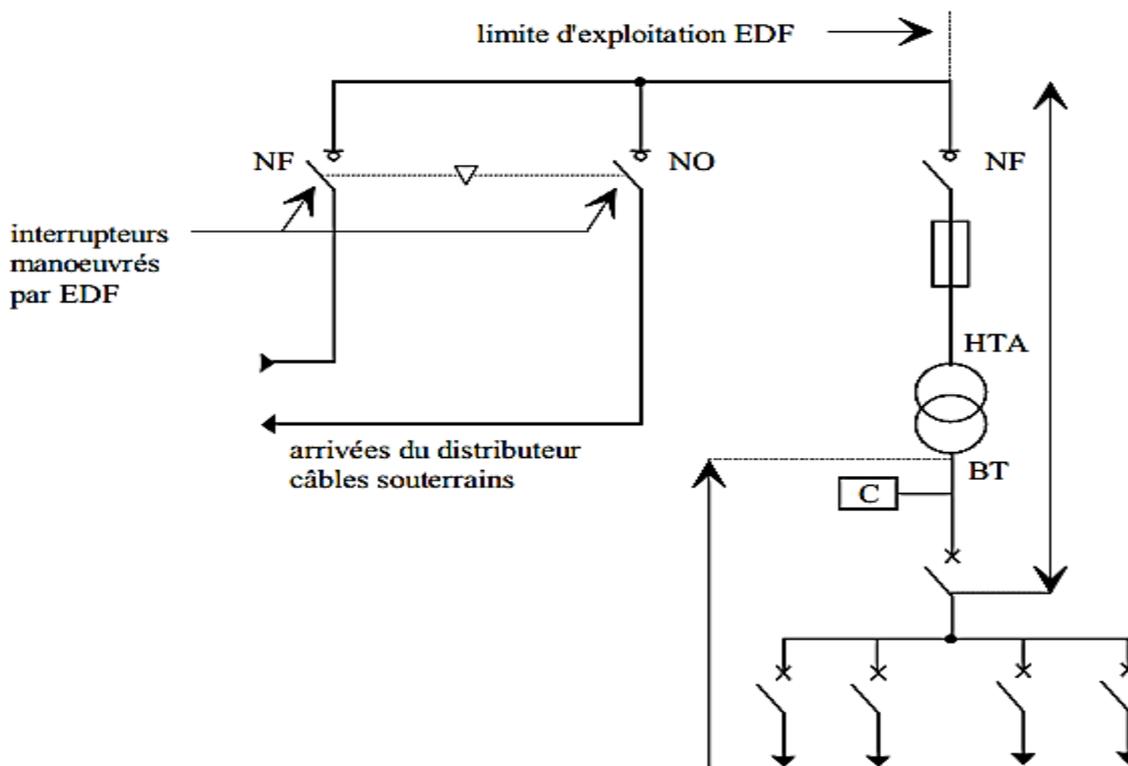


Figure I.5 : Alimentation en double dérivation d'un poste de livraison HTA à comptage BTA

La cellule protection générale P doit être un disjoncteur si le courant nominal est supérieur ou égal à 45 A (voir NF C 13-100 § 433.1).

Lorsque le réseau public HTA comporte deux câbles souterrains distincts en parallèle, le poste peut être alimenté par l'une ou l'autre de ces deux dérives.

La permutation d'une alimentation sur l'autre s'effectue lors de la disparition de la tension sur le câble alimentant le poste. Elle est réalisée soit automatiquement, soit manuellement.

Ce schéma, très coûteux pour le distributeur, est utilisé lorsque les exigences de disponibilité sont importantes (le surcoût est généralement payé par l'utilisateur).

I.6.2. Schéma de principe de la distribution très haut tension – HTB

Ils concernent généralement les puissances supérieures à 10 MVA. L'installation du poste de livraison est comprise entre :

- d'une part, le point de raccordement au réseau de distribution HTB
- d'autre part, la borne aval du ou des transformateurs HTB / HTA

Les schémas électriques des postes de livraison HTB les plus couramment rencontrés sont les suivants :

I.6.2.1. Distribution en «simple antenne»

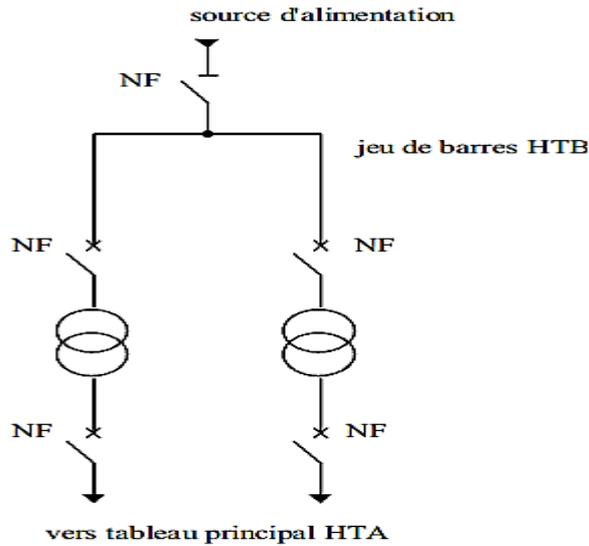


Figure I.6 : Alimentation simple antenne d'un poste de livraison HTB

Avantage : Coût minimal

inconvénient : Disponibilité faible

Nota : les sectionneurs d'isolement associés aux disjoncteurs HTB ne sont pas représentés.

I.6.2.2. Distribution en «double antenne»

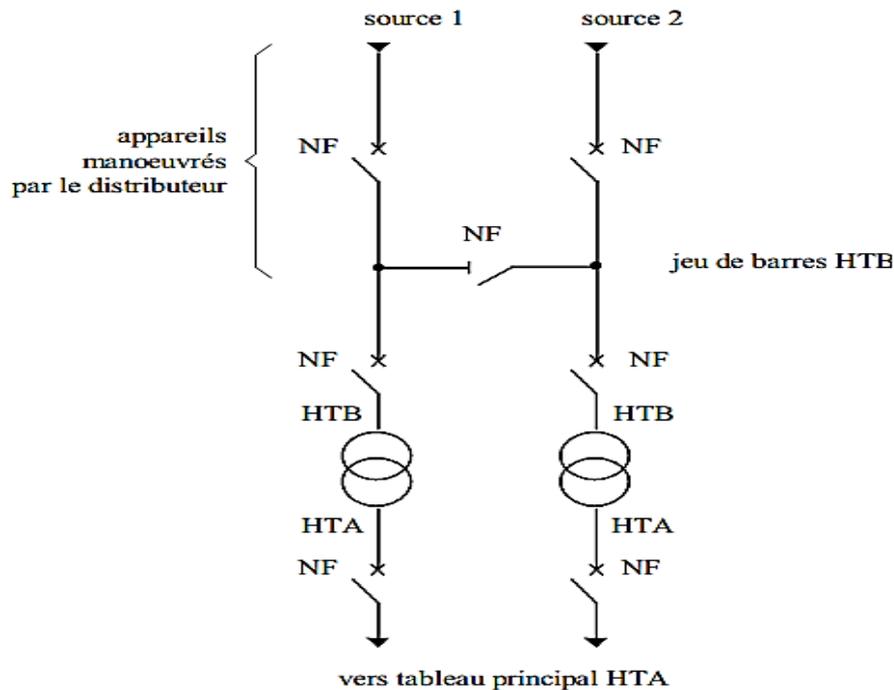


Figure I.7 : Alimentation double antenne d'un poste de livraison HTB

Mode d'exploitation :(I.6.2.2)

- normal : Les deux disjoncteurs d'arrivée des sources sont fermés, ainsi que le sectionneur de couplage.

Les transformateurs sont donc alimentés par les 2 sources simultanément.

- perturbé : En cas de perte d'une source, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

Avantages :(I.6.2.2)

- bonne disponibilité, dans la mesure où chaque source peut alimenter la totalité du réseau
- maintenance possible du jeu de barres, avec un fonctionnement partiel de celui-ci

inconvénients :(I.6.2.2)

- solution plus coûteuse que l'alimentation simple antenne
- ne permet qu'un fonctionnement partiel du jeu de barres en cas de maintenance de celui-ci

Nota : les sectionneurs d'isolement associés aux disjoncteurs HTB ne sont pas représentés.

I.6.2.3.Distribution en «double antenne et double jeu de barres»

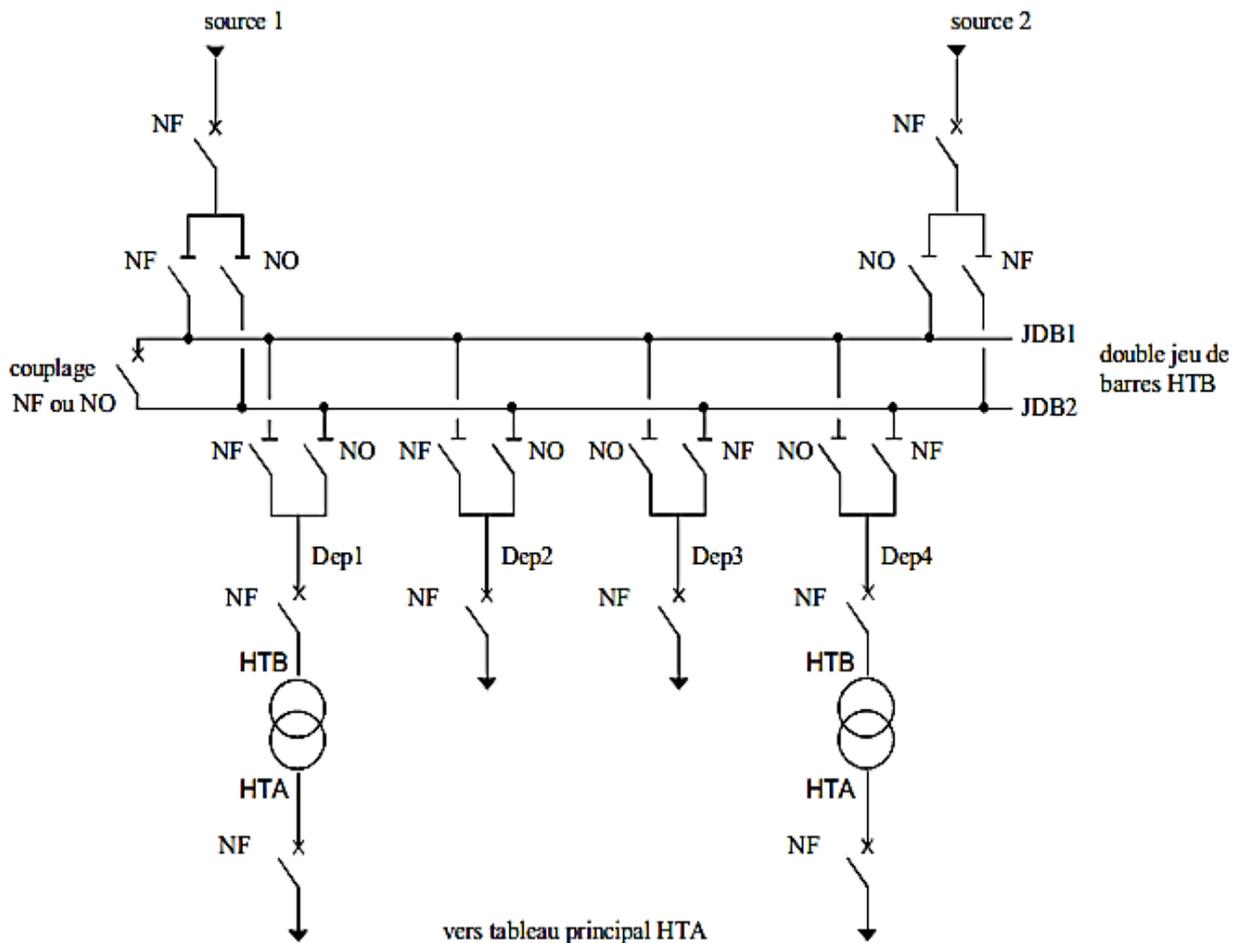


Figure I.8 : Alimentation double antenne - double jeu de barres d'un poste de livraison HTB

Mode d'exploitation :

- normal : La source 1 alimente, par exemple, le jeu de barres JDB1 et les départs Dep1 et Dep2.

La source 2 alimente, par exemple, le jeu de barres JDB2 et les départs Dep3 et Dep4.

Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert.

- perturbé : En cas de perte d'une source, 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.

Avantages :

- bonne disponibilité d'alimentation

- très grande souplesse d'utilisation pour l'affectation des sources et des charges, et pour la maintenance des jeux de barres

- possibilité de transfert de jeu de barres sans coupure (lorsque les jeux de barres sont couplés, il est possible de manœuvrer un sectionneur si son sectionneur adjacent est fermé).

Inconvénient :

- surcoût important par rapport à la solution simple jeu de barres

Nota : les sectionneurs d'isolement associés aux disjoncteurs HTB ne sont pas représentés [5].

I.7. Qualité de service [6].

L'objectif des réseaux de distribution est de fournir de l'énergie électrique aux clients raccordés en HTA ou en BT. La qualité de l'énergie délivrée doit être conforme à des caractéristiques définies par la norme européenne EN 50610 (NF C02-160) de mai 2000, résumées dans le tableau I.1.

Caractéristiques	Valeurs admises
Fréquence	BTA : 50 Hz ± 1 % pendant 99.5 % du temps sur une année. HTA : 50 Hz + 4 % / - 6 % pendant 100 % du temps.
Tension	BTA : 230 V ± 10 % pendant 95 % du temps sur une semaine. HTA : 20 kV ± 10 % pendant 95 % du temps sur une semaine.
Harmoniques	Taux global de distorsion harmonique ≤ 8 % · U nominale.
Déséquilibre de la tension	U inverse ≤ 2 % · U directe pendant 95 % du temps sur une semaine.

Tableau I.1 : Caractéristiques de la tension BTA et HTA

I.8.Niveaux de tension : [7]

La nouvelle norme en vigueur en Algérie (SONELGAZ) définit les niveaux de tension alternative dans le tableau I.2

Domaines de tension		Valeur de la tension composée nominale (U_n en Volts)	
		Tension alternative	Tension continue
Très basse tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse tension (BTA)	BTB	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute tension (HTA)	HTA ou BTB	$1000 < U_n \leq 50000$	$1500 < U_n \leq 75000$
	HTB	$U_n > 50000$	$U_n > 75000$

Tableau I.2 : Niveaux de tension

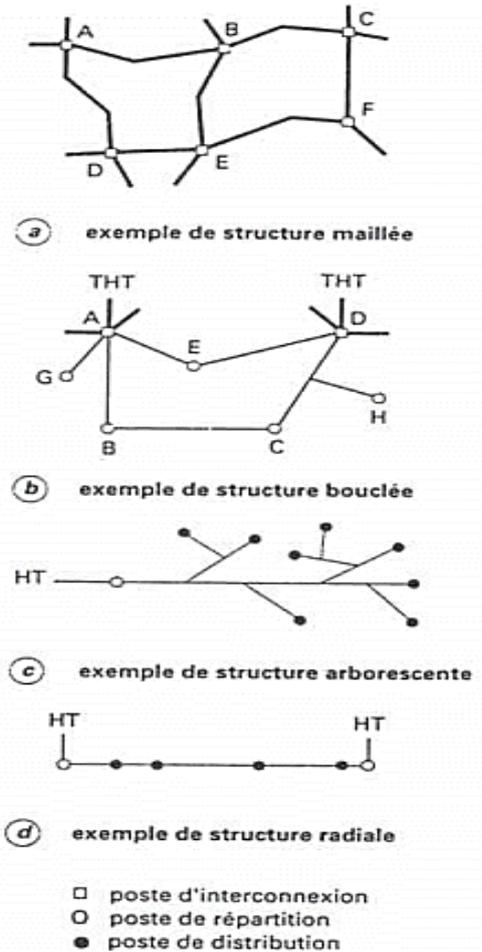
I.9.Topologie des réseaux aériens : [8]

I.9.1.Réseaux maillés

Tous les centres de production sont liés entre eux par des lignes THT au niveau des postes d'interconnexion, ce qui forme un maillage. Cette structure permet une meilleure fiabilité mais nécessite une surveillance à l'échelle nationale voir continentale.

I.9.2.Réseau bouclé

Cette topologie est surtout utilisée dans les réseaux de répartition et distribution BTB. Les postes de répartition HTA ou BTB alimentés à partir du réseau THT sont reliés entre eux pour former des boucles qui permettent d'assurer la disponibilité en cas de défaillance. Cependant, il faut noter que les réseaux BTB ne sont pas forcément bouclés.



I.9.3.Réseau radial

C'est une topologie simple qu'on trouve usuellement dans la distribution BTB et BTA. Elle est composée d'une ligne alimentée au départ par un poste source HTA ou BTB. En moyenne tension cette structure est souvent alimentée des deux côtés afin d'assurer la disponibilité.

I.9.4.Réseau arborescent

Cette structure est très utilisée en milieu rural et quelque fois en milieu urbain. Elle est constituée d'un poste de répartition qui alimente plusieurs postes de distribution (BTA) grâce à des piquages à différents niveaux des lignes alimentant les postes BTB /BTA.

I.10.Les différents Lignes de transport

I.10.1.Ligne aérienne

Elle est composée de conducteur, d'isolateurs, de pylônes et d'un câble de garde pour les lignes de haute tension. Son rôle principale est de transporter l'énergie électrique de la source de production jusqu'à la zone de consommation [9].

Elle possède les caractéristiques suivantes :

- La tension reste constante sur toute la longueur de la ligne et pour toutes les charges comprises entre zéro est la charge nominale.
- Un bon rendement.
- Les pertes joules ne doivent pas surchauffer les conducteurs.

Parmi les avantages des lignes aériennes sont :

- La tension reste constante sur toute la longueur de la ligne et pour toutes les charges comprises entre zéro est la charge nominale.
- Un bon rendement.
- Les pertes joules ne doivent pas surchauffer les conducteurs.

Parmi les avantages des lignes aériennes sont :

- Sont moins coûteuses que les lignes souterraines du point de vue des frais d'installation et de réparation.
- Elles permettent une surveillance aisée de leur état et un repérage facile des accidents et des défauts.
- Elles peuvent être réparées très rapidement en cas d'accident ou de défaut.

- Elles peuvent être surchargées en intensité de courant sans trop de danger.

Parmi les inconvénients, on distingue :

- L'exposition aux surtensions d'origine atmosphérique.
- Leur installation donne lieu à des oppositions des propriétaires des terrains surplombés.
- Elles soulèvent des problèmes d'esthétique et de respect des sites.
- Elles sont susceptibles d'induire des forces électromotrices perturbatrices ou dangereuses dans les circuits de télécommunication.
- Elles sont susceptibles de produire des perturbations radioélectriques gênant les réceptions de radiodiffusion et de télévision.
- La rupture de leurs conducteurs est susceptible de présenter des dangers pour les personnes, les animaux.
- Selon certains, les champs électriques et magnétiques peuvent exercer une influence néfaste sur la santé [10].

I.10.2.Lignes souterraines

Les câbles souterrains ne produisent pas de champ électrique. En effet, celui-ci est confiné à l'intérieur de la gaine métallique qui entoure les conducteurs.

Ces avantages :

- Elles constituent la seule solution possible dans les agglomérations plus serrées.
- Elles sont soustraites aux surtensions d'origine atmosphérique.
- Elles ne causent pas d'interférences avec les circuits de télécommunications.
- Ne produisent aucune gêne pour les réceptions de radiodiffusion et télévision.
- Elles sont les seules solutions possibles pour traverser de larges fleuves ou des bras de mer lorsque la distance à franchir dépasse 3 km.

Parmi les inconvénients, en note :

- Elles sont d'un coût beaucoup plus élevé que celui des lignes aériennes. La différence est d'autant plus grande que la tension est plus élevée.
- Le repérage des défauts est délicat et lent.
- Les réparations sont coûteuses et parfois malaisées.
- Leurs armures et gaines doivent être protégées contre les effets de corrosion dus aux courants.
- Elles risquent d'être détériorées en cas de mouvements de terrains (particulièrement à craindre dans les régions minières).
- Leur isolement est susceptible d'être détérioré par élévation de température des conducteurs en

cas de surcharge [10].

- Le dimensionnement des lignes aériennes est soumis à des contraintes liées à ses conditions de fonctionnement et à des contraintes externes dues à son environnement climatique.



Lignes aériennes

Lignes souterraines

Figure I.9 : Les différentes lignes du transport

I.11. Caractéristiques de la charge

La demande de charge totale d'une région dépend de sa population et du niveau de vie des gens. La nature générale de la charge est caractérisée par le facteur de charge, le facteur de demande, le facteur de diversité, le facteur de puissance et le facteur d'utilisation. En général, les types de charge peuvent être divisés en quatre catégories suivantes : Domestique, Commercial, Industrielle, Transport.

- Domestique : englobe toutes les charges usuelles, telles que les téléviseurs, réfrigérateurs, climatiseurs,...
- Industrielles : moteurs de puissance, éclairage, tous les équipements existants dans les zones industrielles et semi-industrielles
- Commercial : toutes les charges utilisées dans les établissements commerciaux
- Transport : tramway, métro, ... [3]

I.12. Le système de protection : [11]

À l'instar des alternateurs, des transformateurs et des lignes, d'autres dispositifs existent (Figure. I.10), pour assurer, non seulement un fonctionnement normal, mais aussi, la protection

des équipements et du personnel d'exploitation du réseau. Cela englobe, les transformateurs de mesures, les disjoncteurs, les interrupteurs, les sectionneurs, les fusibles, les éclateurs et sont directement reliés au réseau. Ces dispositifs permettent d'interrompre volontairement, et à tout moment, la fourniture d'énergie électrique, mais aussi, automatiquement à la survenance d'une quelconque perturbation (défaut). Les équipements de contrôle associés à ces dispositifs ainsi que les relais de protection sont installés dans des salles de contrôle.



(a) Disjoncteur à base de SF6



(b) Sectionneur



(c) Transformateur de Courant TC



(d) Parafoudre

Figure I.10 : Différents dispositifs de protection

I.13.Conclusion :

Dans ce chapitre, on a exposé dans la première partie les différentes structures des réseaux électriques permettant ainsi de transiter, répartir et distribué l'énergie aux consommateurs selon les normes techniques. Puis dans la deuxième partie, on a exposé en détail, les différentes architectures des postes de distribution de la Sonelgaz, le choix de la forme de ces structures à installer dépend de l'importance de la charge à alimenter. Le prochain chapitre sera consacré à exposé les différentes méthodes d'analyse des réseaux électriques à savoir les méthodes de Gauss Seidel et la méthode de Newton-Raphson.

Chapitre II

II.1. Introduction :

La direction de distribution de Biskra a été toujours présente pour poursuivre l'accroissement du potentiel économique puisque l'énergie électrique occupe encore aujourd'hui une place centrale dans notre région ; c'est pourquoi que plusieurs projets 'd'ouvrages lourds' ont été réalisés et d'autres sont soit en phase réalisation soit programmés et ce afin d'améliorer la qualité et la continuité de service pour des abonnés de plus en plus exigeant et de plus en plus énergivores.

II.2. Le programme agricole à travers la wilaya :

Suite à des décisions politiques et économiques liées principalement à l'amélioration du secteur agricole dans la région de Tolga, l'électrification des périmètres agricoles ne cesse de se développer depuis quelques années. Nous constatons que le réseau électrique évolue progressivement à partir des zones industrialisées et consommatrices d'énergie vers des zones de plus en plus agricoles et de forte densité des agriculteurs. Ces aspects impactent fortement sur l'expansion des réseaux de distribution électriques dans des zones agricoles.

La Wilaya de Biskra a bénéficié d'un programme ambitieux concernant l'alimentation des périmètres agricoles en énergie électriques. Une consistance physique de 1001 kms et d'une enveloppe financière de 2 499 999 989.98 DA ont été réparties sur trois tranches touchant 33 communes et 267 périmètres.

Ce projet a été lancé sous forme d'un appel d'offre à des entreprises privées afin de le réaliser conformément à la réglementation en vigueur.

La Direction de Distribution de Biskra, eu égard à sa grande expérience dans le domaine de la réalisation des lignes électriques, fut retenue pour la réalisation de ces travaux.

La consistance des travaux du projet comporte :

- L'étude et les calculs mécaniques ainsi que la levée topographique du profil en long en vue de l'implantation de l'ouvrage de l'interconnexion de la source de la ligne à l'entrée du Périmètre.
- La réalisation de ce tronçon de ligne, long de 5 km environ.
- La construction d'une ligne de haute tension pour l'alimentation de quatre transformateurs dans le périmètre.
- La construction d'un réseau de basse tension issu des transformateurs le long des certaines pistes de périmètre pour l'alimentation des pompes des fellahs [10].

II.3. La commune de M'Lili :

De nos jours, toutes nos activités sont tributaires de l'énergie électrique. L'avènement de l'énergie électrique dans une zone joue un grand rôle puisqu'il contribue grandement à l'amélioration du niveau de vie de la population locale. C'est dans ce contexte que la Société Algérienne de distribution d'Electricité é et de Gaz (Direction de Distribution Biskra) a décidé de réaliser l'électrification de la localité de Sikh, une zone agricole de L'APC M'LILI, en la raccordant à son réseau de distribution HTA existant.

M'LILI	Zone	Consistances Prévues Km	Cout en DA
	Sereg	10.00	24 999 999.90
	Zaouiat Ouled M'Hamed (Sih)	2.000	4 999 999.98
	El Sikh	5.000	12 499 999.95
	Périmètre Emir Abdelkader	3.000	7 499 999.97
	Hetaymia & Zitouna	2.000	4 999 999.98
	D'Zira (Menahla)	2.000	4 999 999.98
	L'Est Zaouiet Ouled M'Hamed	2.000	4 999 999.98
	Zaouiet Ouled M'Hamed	3.000	7 499 999.97
	Périmètre Emir Abdelkader	2.000	4 999 999.98
	Zitouna El Hatabia	2.000	4 999 999.98

Tableau II.1 : La répartition des constances à travers des périmètres de la Commune de M' Lili [10].

II.4. Prévision de charge 2016-2018 :

Postes		PI [MVA] Projets	PMD [MVA] Projets	Prévisions de charge			Observation
				2016	2017	2018	
POSTE 60/30kV BISKRA	Total projets POSTE 60/30kV BISKRA [MVA]	106.58	74.60	16.3	22.1	26.7	
	Charge en profondeur			119.2	128.7	139.0	
	Report sur CM 220/30 Oumeche			8,00	9	9	Puissance reportée sur CM Oumeche
	Total poste			127.5	141.8	156.7	saturation en 2016
CM 60/30kV ZONE INDUSTRIELLE	Total projets [MVA]	8.7	6.1	1.2	5.4	6.9	
	Report sur CM 60/10 Zone Industrielle			12.4	13.39	14.46	
	Charge en profondeur			22.57	24.38	26.33	
	Total poste			11.37	16.39	18.77	
CM 60/30kV EL- OUTAYA	Total projets [MVA]	29.18	20.42	13.1	26.6	32.1	
	Charge en profondeur			14.68	15.85	15.85	
	Total [MVA]			27.78	15.85	47.945	saturation en 2016
CM 60/10kV ZONE OUEST	Total projets [MVA]	32.51	22.75	5.2	7.6	11.1	
	Charge en profondeur			1.73	9.00	16.20	
	Total [MVA]			6.93	16.6	27.3	
CM 60/10kV EL- ALIA	Total projets [MVA]	17.24	12.06	4.9	6.2	8	
	Charge en profondeur			20.63	22.28	24.06	
	Total [MVA]			25.53	28.48	32.06	saturation en 2016
POSTE 60/10kV HAMMAM SALHINE	Total projets [MVA]	21.36	15	5.5	6.2	6.5	
	Charge en profondeur			61.1	65.9	71.2	
	Report sur CM 60/10 Zone Ouest			3.30	3.6	3.8	
	Total [MVA]			63.3	68.5	73.9	
POSTE 60/30kV O/DJELLEL	Total projets [MVA]	36.46	25.52	20.9	23.1	23.8	
	Charge en profondeur			82.8	91.1	100.2	
	Report sur PS 60/30 Leghrouss			9.32	10.3	11.3	
	Total [MVA]			94.38	103.93	112.76	saturation en 2016
CABINE MOBILE 60/30 kV DOUISS	Total projets [MVA]	10.13	7.1	0.8	5.05	5.25	
	Charge en profondeur			13.71	15.08	16.58	
	Report sur PS 60/30 Leghrouss			3.59	3.95	4.34	
	Total [MVA]			10.92	16.18	17.49	
POSTE 60/30 kV TOLGA	Total projets [MVA]	80.15	56.1	19.07	26.47	36.38	
	Charge en profondeur			87.4	94.4	102.0	
	Report sur PS 60/30 Leghrouss			11.80	12.7	13.8	

Chapitre II : Exploitation Des Réseaux De Distribution 30 kVde la Sonelgaz Biskra

	Report sur CM 220/30 Oumeche		4.43	4.8	5.2		
	Total [MVA]		90.24	103.37	119.38	saturation en 2017	
CABINE MOBILE 60/30 kV LEGROUSS	Total projets [MVA]	5.44	3.80	2.99	2.99	2.99	
	Charge en profondeur		23.19	25.0	27.0		
	Report sur PS 60/30 Leghrouss		15.87	17.14	18.51		
	Total [MVA]		10.31	10.85	11.48		
CABINE MOBILE 220/30 kV TOLGA	Total projets [MVA]	0	0	0	0	0	
	Charge en profondeur		38.26	41.33	44.63		
	Total [MVA]		38.3	41.3	44.6	saturation en 2017	
NOUVEAU POSTE 60/30kV LEGROUSS	Total projets [MVA]	11.09	7.76	2.2	4.0	4.0	
	Charge en profondeur		0	0	0		
	Reprise du PS 60/30 Tolga		11.80	12.74	13.76		
	Reprise du PS 60/30 O/Djellel		9.32	10.07	10.87		
	Reprise du CM 60/30 Leghrouss		15.87	17.14	18.51		
	Reprise du CM 60/30 Douiss		3.59	3.88	4.19		
	Total [MVA]		35.6	40.1	43.0		
CM 220/30 kV Oumeche	Total projets [MVA]	20.96	14.67	11.8	12	0	
	Charge en profondeur		0	0	0		
	Reprise du PS 60/30 Biskra		13.30	14.36	15.51		
	Reprise du CM 220/30 Tolga		4.43	4.78	5.17		
	Total [MVA]						
POSTE 60/30kV AIN NAGUA	Total projets [MVA]	18.19	12.73	9.15	12.06	14.68	
	Charge en profondeur		35.15	37.61	40.24		
	Total [MVA]		44.30	49.67	54.92		
CABINE MOBILE 60/30kV CHETMA	Total projets [MVA]	34.16	23.91	7.97	10.2	15	
	Charge en profondeur		20.53	22.18	23.95		
	Total [MVA]		28.5	32.38	38.95	saturation en 2016	
CABINE MOBILE 60/30kV GARTA	Total projets [MVA]	10.62	7.43	2.41	1.03	1.03	
	Charge en profondeur		20.93	22.39	23.96		
	Total [MVA]		23.34	23.42	24.99	saturation en 2016	
POSTE 60/30kV ZERIBET HAMED	Total projets [MVA]	25.11	17.57	8.41	8.86	8.86	
	Charge en profondeur		18.31	19.23	20.19		
	Total [MVA]		26.72	28.1	29.05		
Total Wilaya	Total projets [MVA]		535.82	350.17	128.08	169.53	188.44
	Charge en profondeur				580.19	634.43	691.39
	Total [MVA]				669.44	763.66	849.2
	Totale PI (MVA)				860	860	860
						Intégration du PS El-Grouss dans la PI et la PG	

	Totale PG (MVA)	340	340	340
	Taux d'utilisation (%)	77.84%	88.79%	98.74%
	Déficit en garantie (MVA)	329.44	423.66	509

Tableau II.2 : Prévion en charge 2016-2018.

D'après l'examen des prévisions en charge sur la période 2016-2018, nous remarquons que le taux d'utilisation global des sources a connu un accroissement très important puisque sur les deux dernières années, il est passé de 77.84% à 98.74% ; mais par la suite la puissance de garantie n'est pas assurée. Malgré l'intégration provisoire des nouvelles CM, la majorité des postes sources ont atteint leurs saturations en raison de l'importance du programme agricole et de l'extension périmètre de la wilaya. Par ailleurs il reste 2800 km réseau HTA/BTA prévus dans le programme quinquennal au niveau de la wilaya ; ce qui implique la nécessité de garantir une puissance importante par la mise en place de postes sources dans les périmètres d'extension [10].

II.5. Stratégie de planification :

A titre d'exemple, et afin d'assurer le maximum de continuité de service, le départ M'lili possède des points de bouclage avec les autres départs localisés comme suit :

- J 5193 Départ Oumeche.
- J 5436 Départ Ourellal Cabine Mobile 220/30 kV Tolga.
- Poste 542 vers tronçon 5436 Départ Ourellal Cabine Mobile 220/30 kV Tolga.

Le tableau II.3 récapitule les principaux points d'ouvertures associé au départ d'Ourellal. La figure II.2 montre le schéma unifilaire d'exploitation du réseau radial de la région de M'lili alimentée à partir de la cabine mobile d'Oumeche avec possibilité de bouclage avec le départ de Ourellal alimenté à partir de la cabine mobile de Tolga [10].

Départ	Point d'ouverture
Biskra	OV au T 3807 avec District Biskra
	OV au J5349 avec Oumeche ville
Oumeche ville	OV au J562 avec SASKO

	<p>OV au J5193 avec M'lili</p> <p>OV au P615vers TRN°50 vers Oumeche ville</p> <p>OV au J 5349 vers C Biskra</p> <p>OV au J 519 vers Oumeche ville</p> <p>OV au P1370 vers TRN°743 vers Oumeche ville</p> <p>OV au P1380 vers TRN°132 Oumeche ville</p> <p>OV au P653 vers TR196 Oumeche ville</p>
M'lili	<p>OV au P 1345 vers TR N° 140 avec M'lili</p> <p>OV au J535 avec DISTRICT M'GHAYAR DD ELOUED</p> <p>OV au J 775 vers DISTRICT SIDI OKBA</p> <p>OV au P81 vers TRN°482 vers M'lili</p> <p>OV au P1254 vers TRN°140 vers M'lili</p> <p>OV au J 5437 vers M'lili</p> <p>OV au J 5438 vers M'lili</p> <p>OV au J 5436 avec Ourelal</p> <p>OV au J 5193 vers Oumeche ville</p> <p>OV au P 1410 vers TR 780 avec M'lili</p> <p>OV au P542 vers TR 648 avec OURLAL</p>
SASKO	<p>OV au J 562 avec Oumeche</p>

Tableau II.3 : Les points d'ouverture des départs 30 kV issu du CM 60/30 kV.

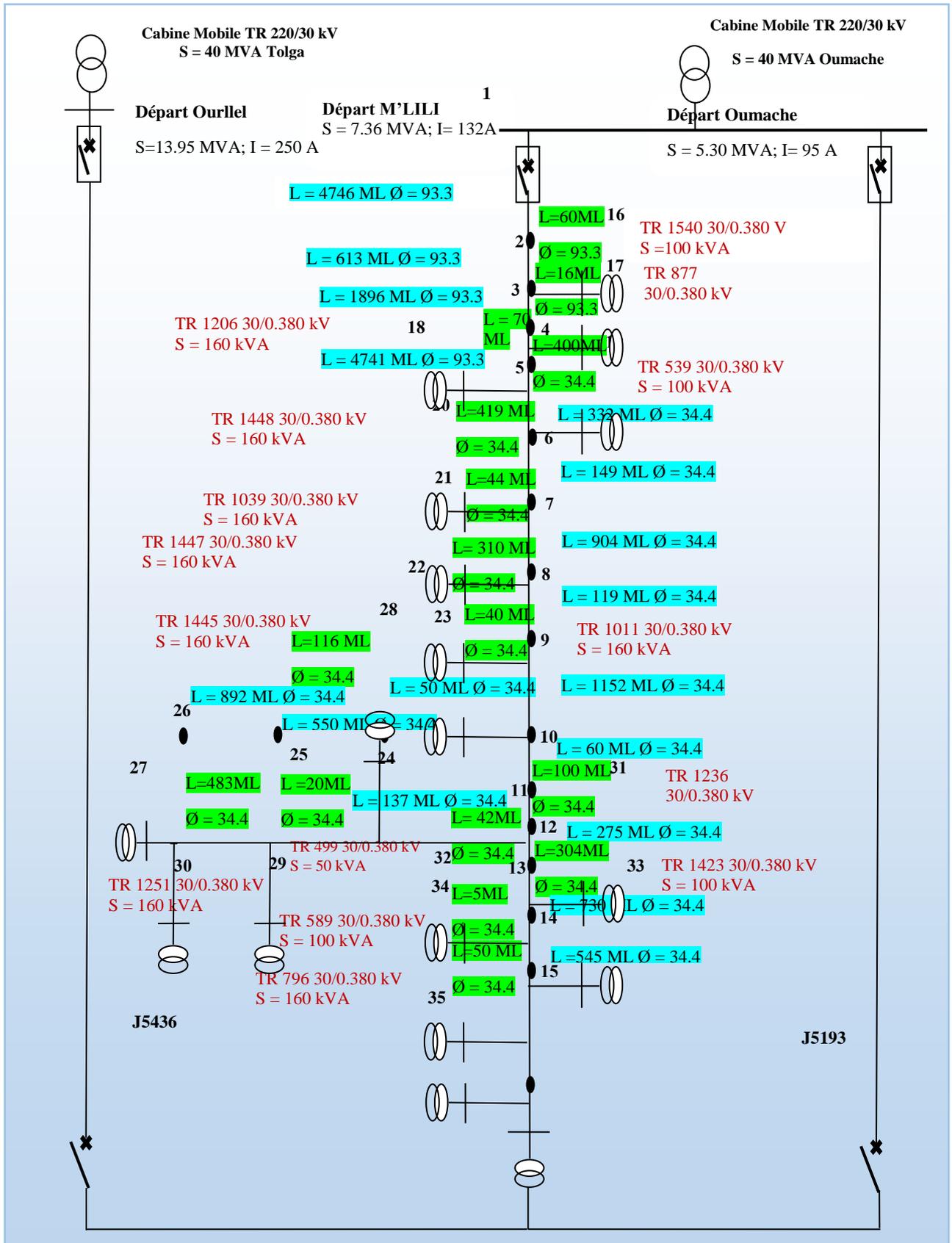


Figure II.1 : Schéma unifilaire réduit du réseau de distribution : départ M'Lili. Bouclage avec le départ Ourel.

II.6. Définition d'un logiciel SCADA /SUPERVISION :

Les systèmes de contrôle industriel **ICS**, appelés **SCADA**, contrôlent les infrastructures critiques de la société (réseaux électriques, traitement de l'eau, industrie chimique...) [12].

Le contrôle commande / SCADA est un système modulaire conçu pour la communication et/ou le contrôle de chaque partie des sous-stations électriques. Il permet des interactions entre les différentes cellules d'une sous-station électrique, au moyen de protocoles spécifiques et/ou de protocoles Industriels standards (tels que IEC 61850, EC 60870-5-101/ 104, DNP 3.0, Modbus-TCP, Profinet) et de protocoles de série (Modbus-RTU, Modbus-RTU, Profibus-DP) [13].

II.7. Principe de fonctionnement de système du SUPERVISION : [14]

Ce système englobe le transfert des données entre la centrale SCADA et un certain nombre d'automates programmable (**API**) ; entre l'ordinateur et les terminaux de commande. Il comprend trois sous-ensembles fonctionnels qui sont :

II.7.1 Partie commande

La commande regroupe toutes les fonctions qui agissent directement sur les actionneurs du procédé qui permettent d'assurer

- Le fonctionnement en absence de défaillance,
- La reprise ou gestion des modes,
- Les traitements d'urgence,
- Une partie de la maintenance corrective.

II.7.2 surveillance

• Recueille en permanence tous les signaux en provenance du procédé et de la commande

• Reconstitue l'état réel du système commandé

• Réalise toutes les inférences nécessaires pour produire les données utilisées pour dresser des historiques de fonctionnement

- Met en œuvre un processus de traitement de défaillance le cas échéant

II.7.3 Système de supervision :

Il contrôle et surveille l'exécution d'une opération ou d'un travail effectué par d'autres sans rentrer dans les détails de cette exécution.

- En fonctionnement normal, son rôle est surtout de prendre en temps réel les dernières Décisions correspondant aux degrés de liberté exigés par la flexibilité décisionnelle ; pour cela elle est amenée à faire de l'ordonnancement temps réel, de l'optimisation, à modifier en ligne La commande et à gérer le passage d'un algorithme de surveillance à l'autre.
- En présence de défaillance, la supervision va prendre toutes les décisions nécessaires pour le retour vers un fonctionnement normal. Après avoir déterminé un nouveau fonctionnement. Il peut choisir une solution curative, d'effectuer des ré-ordonnements "Locaux", de prendre en compte la stratégie de surveillance de l'entreprise, de déclencher des procédures d'urgence, etc

II.8. Sécurité de système SCADA :

Pour gérer les problèmes de sécurité des composants vulnérables de SCADA ; il faut :

1. Verrouiller ou fermer les sessions lorsque vous quittez une station ou un écran tactile
2. Ne pas « prêter » ses identifiants /mots de passe à ses collègues ;
3. Ne pas connecter de clés USB, disques durs externes, téléphones portables ou autres Périphériques sur les machines ;
4. Utiliser les sas pour importer ou exporter des données depuis ou vers l'extérieur ;
5. Ne pas sortir les consoles de programmation et de maintenance et ne pas les connecter sur d'autres réseaux que ceux des SCADA.
6. Ne pas conserver de données sur les stations et consoles de programmation. Utiliser les espaces de stockages partagés prévus à cet effet ;
7. Refermer à clé les armoires PLC, compartiments courants faibles et baies de brassage après les interventions (Figure II.3)
8. Ne pas redémarrer un équipement défaillant (Station SCADA, OP, PLC...) sans l'intervention d'un spécialiste.
9. Ne pas connecter d'équipement non sûr sur le réseau SCADA ;
10. Signaler toute situation anormale au responsable du centre d'exploitation [15].



Figure II.2 : Armoire PLC Industriel.

Architecture des outils du centre de contrôle pour un réseau actif

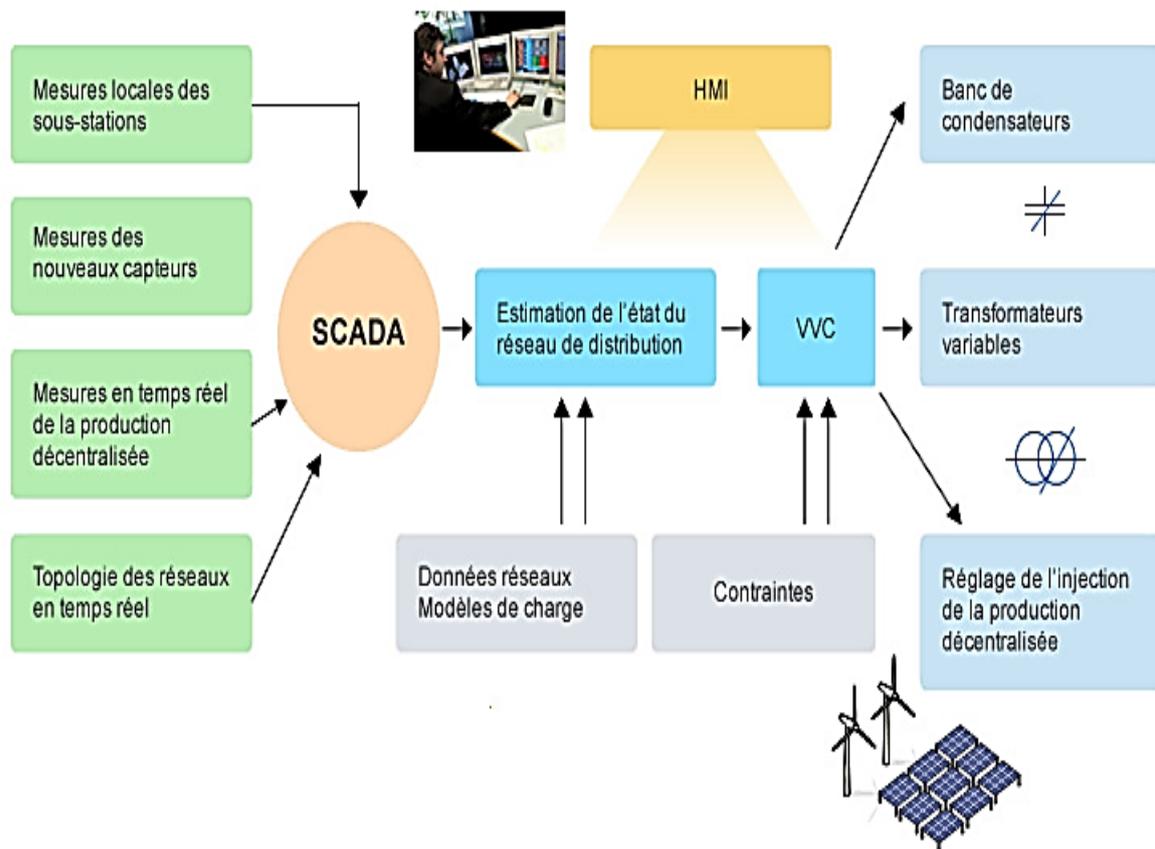


Figure II.3: Stratégie de planification des réseaux de distribution à base du système SCADA.

II.9. les avantages d'installer un système SCADA dans les réseaux électriques :

Les principaux objectifs du système SCADA intégré dans les réseaux de distribution sont résumés comme suit:

1. Surveiller l'état du réseau à tout moment (défaut, congestion, variation de la tension, etc.),
2. Anticiper les incidents et de faciliter la prise de décision pour optimiser le réseau et le rendre plus sûr.
3. Un grand nombre de données sont prises en compte : la topologie du réseau, les mesures de la tension, de la puissance sur le réseau, les principaux usages des clients, les courbes de charges individuelles de consommation et de production et les données de stockage de l'énergie ce qui permet de garantir une meilleur continuité de service.
4. Prendre en compte la production décentralisée pour la téléconduite et la supervision du réseau, surveiller la qualité de fourniture, gérer activement la demande, mieux prévoir le dimensionnement du réseau [15].

II.10. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons exposé les principales mesures d'exploitation des réseaux de distribution de Biskra, et en particulier l'exploitation des régions agricoles. Des statistiques concernant le plan énergétique en termes de projets réalisés et les prévisions de charges envisagées ont été exposées et discutées. Nous avons ensuite discuté de la stratégie en termes de planification des points d'ouvertures et de sectionnement permettant ainsi de garantir l'alimentation des consommateurs avec une qualité d'énergie acceptable. Enfin, nous avons exposé en bref la technique du système SCADA adopté et appliqué partiellement par la Sonelgaz récemment pour améliorer la qualité d'énergie fournie aux clients. Le prochain chapitre sera consacré à aux principales méthodes d'analyse des réseaux de distribution permettant ainsi de donner aux exploitants une idée sur l'état des réseaux de distribution dans le régime normal et régime anormal.

Chapitre III

III.1.Introduction :

L'écoulement de puissance est l'une des tâches principales du problème de planification des réseaux électriques. L'analyse de l'écoulement de puissance consiste à calculer les tensions aux jeux de barres, les courants transités dans les lignes et les pertes totales. L'analyse de l'état du réseau nécessite des outils de calcul permettant de résoudre d'une manière itérative les équations non-linéaire de l'écoulement de puissance. Parmi les méthodes itératives les plus utilisées nous citons la méthode de Gauss-Seidel et la méthode de Newton-Raphson. Ce chapitre est dédié à exposé en bref la modélisation des éléments de base du réseau électrique et une formulation mathématique des méthodes itératives adaptés et appliquées à résoudre le problème de l'écoulement de puissance.

III.2.Objectifs de l'étude de l'écoulement de puissance :

L'étude de la répartition de charge permet :

- L'équilibre entre la production et la demande de l'énergie électrique.
- Le maintien des tensions aux jeux de barres entre les limites tolérées ($V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$),
- pour éviter l'excès des pertes de puissance dans les lignes et les transformateurs ...etc.
- Le contrôle de la puissance réactive, c'est-à-dire le maintien de celle-ci entre deux limites ($Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$), pour éviter l'excès des coûts d'utilisation de la puissance réactive.
- L'interconnexion entre les centrales et les réseaux a pour but d'accroître la sécurité d'alimentation des usagers.

D'éviter les défauts sur les réseaux, c'est à dire les risques de surcharge des lignes, des transformateurs, et les risques de court-circuit,... [16]

III.3.Classification des jeux de barres : [17]

Les jeux de barres sont classés suivant les deux variables connues parmi les quatre variables citées ultérieurement. Généralement, on les classe sous trois types [18], mais le respect des contraintes relatives à la puissance réactive durant le calcul de l'écoulement de puissance du réseau oblige un quatrième type.

III.3.1.Jeu de barres de charges (PQ)

Ce sont les jeux de barres de la demande de la clientèle, pour ce genre, les puissances actives et réactives sont données, mais l'amplitude et l'argument de la tension sont à déterminer.

III.3.2. Jeu de barres de contrôle (PV)

Ce sont les jeux de barres générateurs de réseau où la puissance active et le module de la tension sont connus, puisqu'elles sont contrôlables ; par contre la puissance réactive et l'argument de la tension sont inconnus.

III.3.3. Jeu de barre de référence

C'est un jeu de barre connecté à une source de tension considérée constante, et son angle de phase est pris comme référence de calcul. Ses puissances actives et réactives, doivent être calculées d'après le calcul de la puissance pour s'adapter aux exigences des jeux de barres de contrôle est d'assurer l'égalité de la puissance générée totale à la somme de puissance demandée et les pertes de puissances totales.

Les critères de choix d'un JBD de référence sont :

- La nature de la centrale connectée à ce JBD car on doit contrôler la puissance active et réactive au même temps (on évite les centrales nucléaires).
- Il doit avoir assez de puissance pour pouvoir répondre aux exigences de l'équilibre de puissances. - De préférence il n'est pas connecté à une charge. Il faut noter que les variables concernées dans le tableau suivant sont celles injectées dans le réseau à partir du jeu de barre concerné.

Type de Jeux de barre (JB)	Variables connues	Abondance dans le réseau (%)
Charge (P, Q)	P, Q	≥ 80
Contrôle (P, V)	$P, V $	≤ 20
Référence (slack/swing bus)	$ V , \theta_i$	1

Tableau IV.1 : Types de jeu de barres

III.4. Modélisation des éléments des puissances du réseau :

III.4 .1 Modèle du générateur

Le générateur est considéré comme le cœur du réseau électrique. Il assure la production de l'énergie électrique demandée par le consommateur. Dans l'analyse de l'écoulement de puissance, le générateur est modélisé comme une source de tension constante V_g qui injecte de la puissance active P_g et réactive Q_g (figure I.1).



Figure III.1 : Modèle d'un générateur de puissance.

La puissance réactive du générateur s'adapte de façon à maintenir la tension au nœud i constante. Aussi, le générateur est caractérisé par deux limites de puissance réactive $Q_{g_{min}}$ et $Q_{g_{max}}$ [19].

III.4.2. Modélisation d'une charge

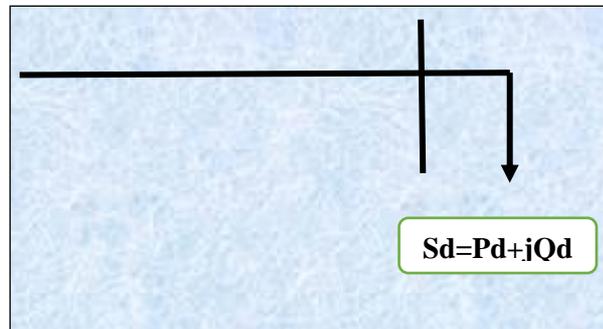


Figure III.2 : Modèle d'une charge électrique sous forme d'une impédance constante.

Une charge peut être modélisée par une impédance qui consomme une quantité constante de puissances active et réactive [20].

III.4.3. Modèle de Transformateurs

Le transformateur permet d'élever l'amplitude de la tension alternative disponible à la sortie de l'unité de production pour l'amener aux niveaux requis pour le transport. A l'autre extrémité de la chaîne, côté consommateurs, les transformateurs sont utilisés pour abaisser la tension et la ramener aux valeurs utilisées dans les réseaux de distribution –BTA

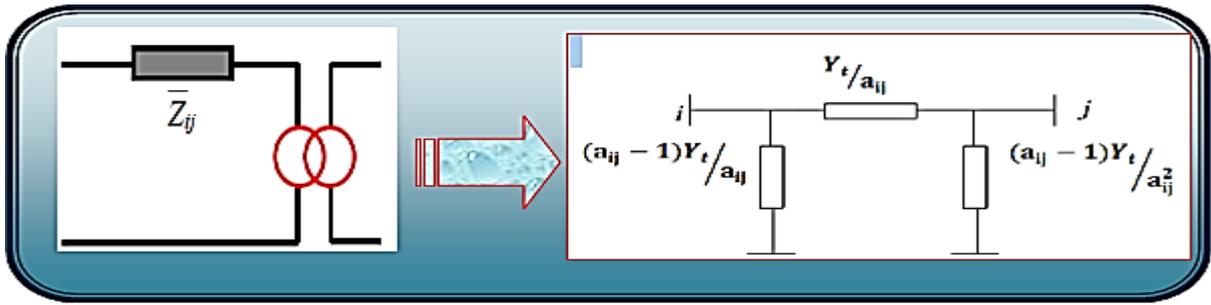


Figure III.3 : Modèle d'un transformateur de puissance.

Outre la transmission de l'énergie électrique avec modification des tensions, les transformateurs peuvent être utilisés pour contrôler les tensions de nœuds des réseaux ce contrôle de tension utilise la variation du nombre de spire des transformateurs [21].

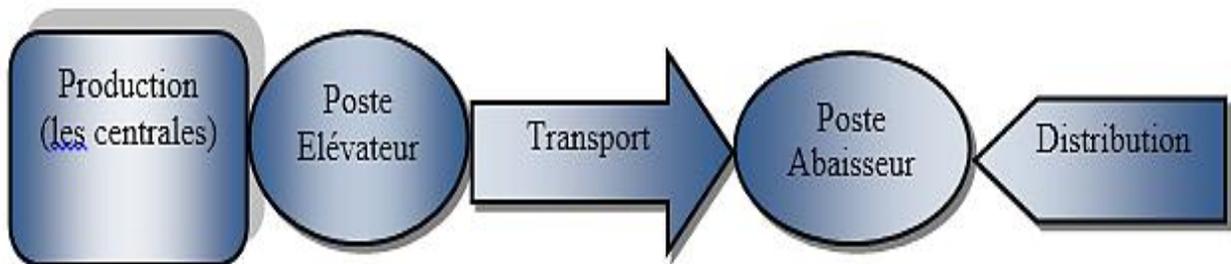


Figure III.4 : Localisation de transformateur de puissance.

III.4.4. Modélisation de ligne

Généralement la ligne de transport est modélisée par un schéma équivalent en π qui se compose d'une impédance série (résistance R en série avec une réactance inductive X), et une admittance shunt qui consiste en une susceptance capacitive B (due à l'effet capacitif de la ligne avec la terre). Voir (Figure I.5).

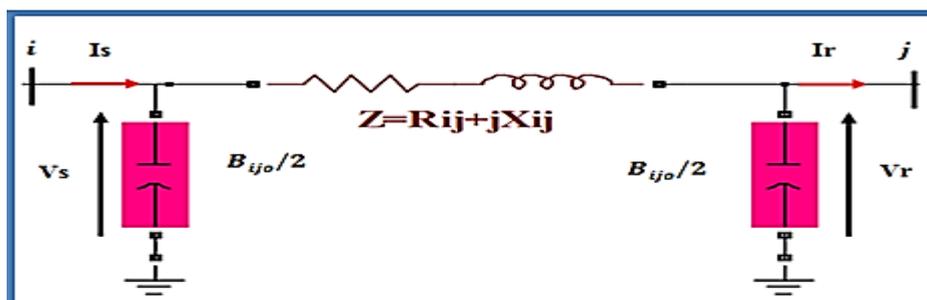


Figure III.5 : Modèle équivalent en π de ligne de transport.

– L'admittance longitudinale vaut

$$Y_{ij} = \frac{1}{R_{ij} + jX_{ij}} = G_{ij} + jB_{ij} \text{ (III.3)}$$

– L'admittance transversale correspondant aux effets capacitifs s'écrit :

$$Y_{ij0} = jB_{ij0} \text{ (III.5)}$$

Avec :

R_{ij} : Résistance longitudinale.

X_{ij} : Réactance longitudinale.

B_{ij} : Susceptance transversale [22].

III.4.5. Elément shunt (Condensateur ou réactance)

Les condensateurs statiques et les réactances sont très utilisés pour fournir ou absorber la puissance réactive qui permet, par son transit en un point du réseau, d'ajuster la tension de ce point [23].

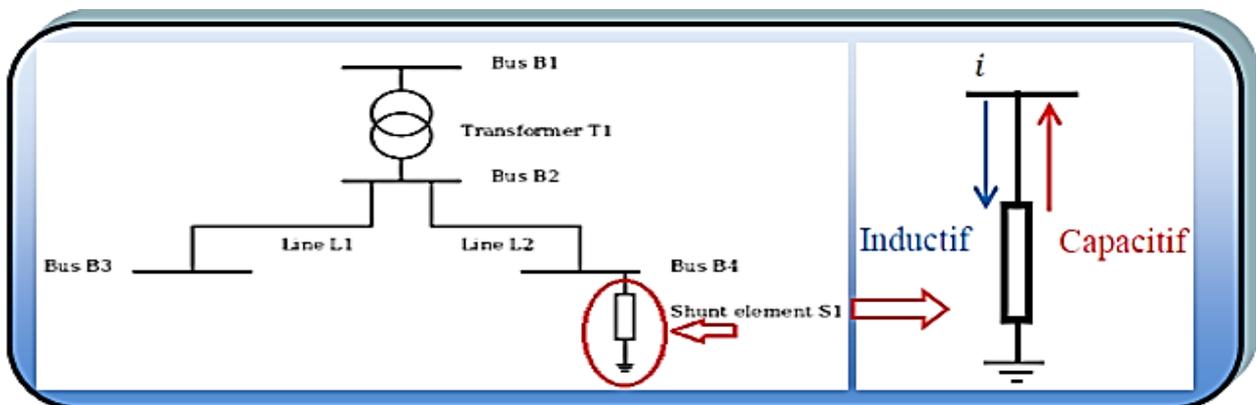


Figure III.6 : Modèle d'un élément shunt dans RE.

III.5. Formulation de base de l'équation de l'écoulement de puissance :

Le calcul de l'écoulement de puissances dit aussi calcul de la répartition des charges permet de déterminer :

- (1) les tensions complexes aux niveaux des différents nœuds.
- (2) les puissances transitées d'un nœud à autre.
- (3) les puissances injectées à un nœud.
- (4) les pertes actives et réactives dans le réseau électrique.

Le calcul de l'écoulement de puissance en régime permanent établi se base sur le système d'équation linéaire suivante : [24]

$$I = Y \cdot V \quad (\text{III.6})$$

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad (\text{III.7})$$

Où :

Y : matrice d'admittance nodale du réseau.

V : vecteur colonne des tensions en chaque nœud.

I : vecteur colonne des courants injectés en chaque nœud.

Pour résoudre ce système d'équations linéaires, on doit imposer à chaque nœud soit la tension soit le courant injecté [25].

III.5 .1.Les équations de l'écoulement de puissance

Le bilan de puissance électrique à un jeu de barres d'un réseau électrique de i jeux de barres est égal à la différence entre la puissance générée S_{Gi} et la puissance demandée S_{Di} au niveau du même jeu de barres [19].

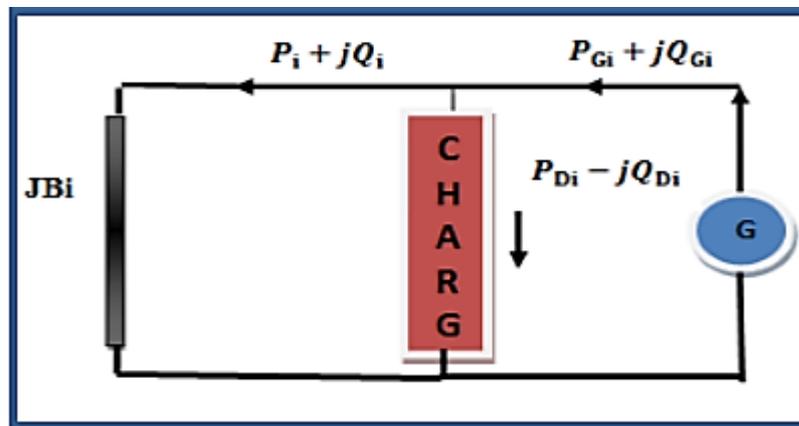


Figure III.7 : Modèle représenter la répartition de la puissance dans RE.

$$S_i = P_i + Q_i = V_i I_i^* \quad (\text{III.8})$$

$$S_i = P_i + Q_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad (\text{III.9})$$

$$S_i = S_{Gi} - S_{Di} = (P_{Gi} - P_{Di}) + j(Q_{Gi} - Q_{Di}) \quad (\text{III.10})$$

$$P_i = V_i \sum_{j=1}^n V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (\text{III.11})$$

$$Q_i = V_i \sum_{j=1}^n V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (\text{III.12})$$

Avec :

V_i, θ_i : Le module et la phase de la tension au nœud i ;

P_i, Q_i : Les puissances active et réactive injectées au nœud i ;

$G_{ij} + jB_{ij}$: L'élément complexe Y_{ij} de la matrice des admittances ;

$\theta_{ij} = \theta_i - \theta_j$: la différence des phases entre les nœuds i et j [20].

III.5.2. Les pertes de puissance dans lignes

Au niveau de JB la puissance apparente écoule est la différence entre la puissance générée et la puissance demandée Pour un JB « i » :

$$\text{On a: } S_i = S_{Gi} - S_{Di} \quad (\text{III.13})$$

$$\text{Avec: } P_i = P_{Gi} - P_{Di} \quad (\text{III.14})$$

$$Q_i = Q_{Gi} - Q_{Di} \quad (\text{III.15})$$

$$\sum P_i = \sum P_{Gi} - \sum P_{Di} \quad (\text{III.16})$$

$$\sum Q_i = \sum Q_{Gi} - \sum Q_{Di} \quad (\text{III.17})$$

On peut calculer les pertes par une autre méthode, on calcule les pertes au niveau des lignes puis la somme algébrique donne l'expression des pertes [26].

$$P_{Lij} = P_{ij} + P_{ji} \quad (\text{III.18})$$

$$Q_{Lij} = Q_{ij} + Q_{ji} \quad (\text{III.19})$$

III.6. Méthodes de calcul de l'écoulement de puissance :

Deux méthodes sont actuellement, très connues pour la résolution du problème du calcul d'écoulement de puissance à savoir : Méthode de Gauss-Seidel et celle de Newton-Raphson [27].

III.6.1. La méthode itérative de GAUSS-SEIDEL [28]

La méthode de GAUSS-SEIDEL est l'une de plus simples méthodes itératives utilisées pour la résolution du problème de l'écoulement de puissance pour résoudre un ensemble très large d'équations algébriques non linéaires.

III.6.1.1. Principe de la méthode de Gauss Seidel

Soit à résoudre la fonction : $f(x) = 0$

Cette méthode est basée sur le changement de l'équation $f(x) = 0$ à la forme $x = g(x)$.

Pour une fonction $f(x) = 0$, il est toujours possible de trouver une fonction $g(x)$, tel que $x = g(x)$ ($g(x)$ n'est pas unique).

On estime une valeur initiale x^0

$$\begin{cases} x^1 = g(x^0) \\ x^2 = g(x^1) \\ \cdot \\ \cdot \\ x^{K+1} = g(x^K) \end{cases} \quad \text{(III.20)}$$

Où k : nombre d'itération

Le processus itératif se termine si la différence entre deux valeurs successives vérifie le test de convergence :

$$|x^{K+1} - x^K| \leq \varepsilon \quad \text{(III.21)}$$

Pour un système de n équations :

$$f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$$

$$f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$$

$$f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \quad \text{(III.22)}$$

Pour trouver l'algorithme de Gauss-Seidel on a besoin de reformer la fonction $f(x) = 0$ à la

$$\text{forme itérative } x = g(x) \begin{cases} x^1 = g(x^0) \\ x^2 = g(x^1) \\ \cdot \\ \cdot \\ x^{K+1} = g(x^K) \end{cases} \quad \text{(III.23)}$$

A la fin de chaque itération on fait le test de convergence :

$$|x^{K+1} - x^K| \leq \varepsilon \quad \text{(III.24)}$$

III.6.1.2. Application de la méthode de G-S au problème de l'écoulement de puissance [19]

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.

Les solutions recherchées sont déduites de la résolution de l'équation nodale suivante :

$$I_i = Y_{i1}V_1 + Y_{i2}V_2 + \dots + Y_{in}V_n = \sum_{m=1}^n Y_{im}V_m \quad (\text{III.25})$$

En général, on calcule le vecteur \mathbf{V} qui satisfait le système non linéaire et qui est donné par :

$$V_i^{K+1} = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{(V_i^*)^k} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^n Y_{im}V_m^{(k)} \right] \quad (\text{III.26})$$

Pour les expressions des puissances actives et réactives, elles sont calculées à partir des deux expressions ci-après respectivement :

$$P_i^{1+K} = \Re \left[(V_i^*)^k \left[V_i^{(k)} Y_{ii} - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^n Y_{im}V_m^{(k)} \right] \right] \quad (\text{III.27})$$

$$Q_i^{1+K} = -\Im \left[(V_i^*)^k \left[V_i^{(k)} Y_{ii} - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^n Y_{im}V_m^{(k)} \right] \right] \quad (\text{III.28})$$

La convergence du système est atteinte lors que la condition suivante est satisfaite :

$$\max |V^{K+1} - V^K| \leq \varepsilon \quad (\text{III.29})$$

Dans le cas pratique, la condition d'arrêt est choisie par rapport aux puissances actives et réactives :

$$\max |P^{K+1} - P^K| \leq \varepsilon \quad (\text{III.30})$$

$$\max |Q^{K+1} - Q^K| \leq \varepsilon \quad (\text{III.31})$$

III.6.1.3. Organigramme de la méthode de GAUSS-SEIDEL

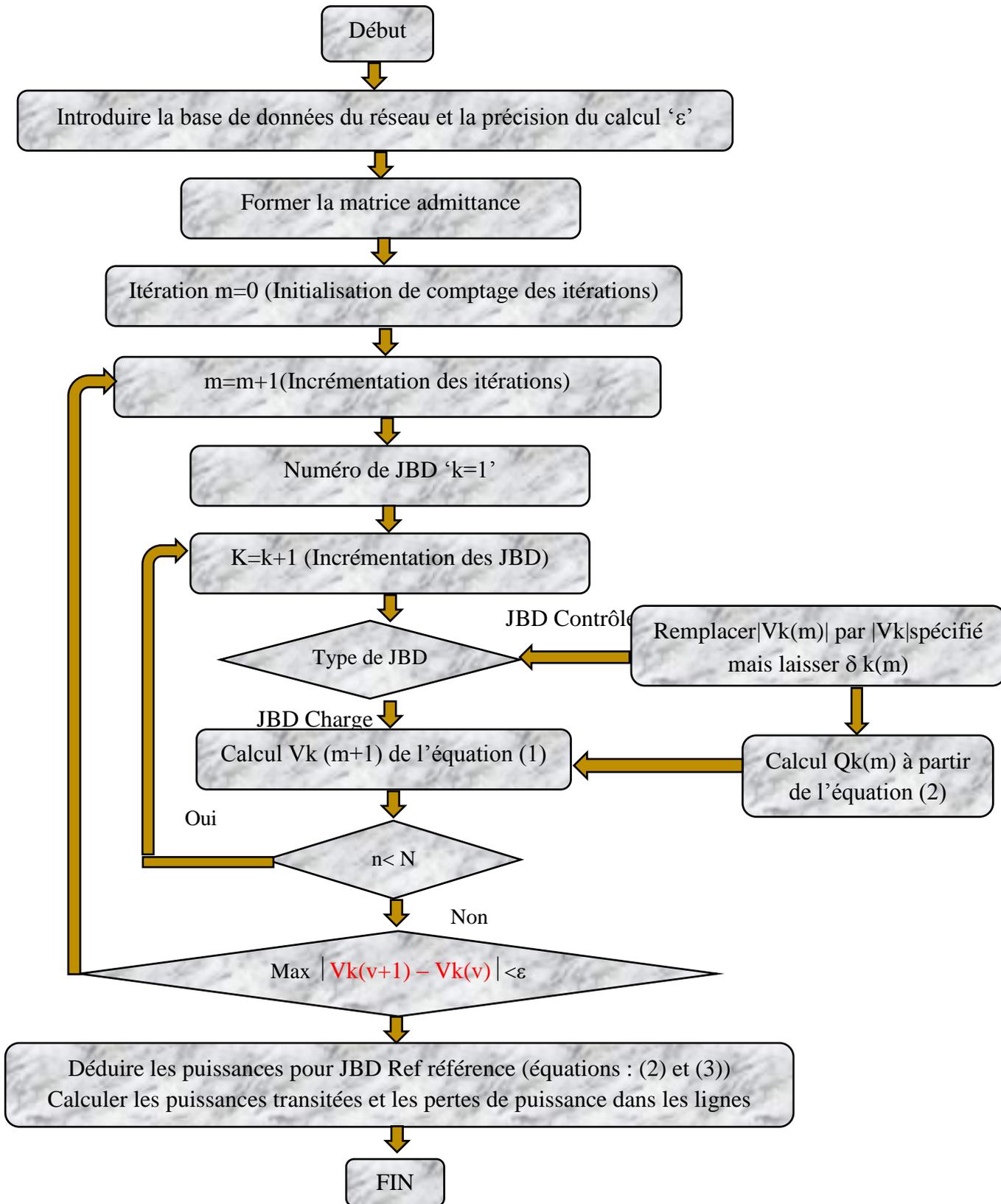


Figure III.8 : Organigramme de la méthode de GAUSS-SEIDEL

III.6.2 .La Méthode itérative de Newton-Raphson

III.6.2.1.Principe

Le problème de l'écoulement de puissance peut être résolu aussi par la méthode de Newton-Raphson. En réalité, parmi les nombreuses méthodes disponibles pour l'analyse de l'écoulement de puissance, la méthode de Newton-Raphson est considérée comme la plus raffinée et la plus importante. Elle n'est pas plus simple que la méthode de Gauss-Seidel, mais elle est plus rapide (convergence) surtout pour les réseaux de tailles importantes. Equation de puissance réelle $f(x)=0$ [29].

En appliquant les séries de Taylor, il est possible d'approcher une solution pour le système d'équations comme suit :

$$X^{(K+1)} = X^{(K)} - [J^{(K)}]^{-1} f(X^{(K)}) \text{ (III.32)}$$

D'où :

$X^{(K+1)}$: C'est la solution estimée à l'itération K+1.

$f(X^{(K)})$: C'est la fonction évaluée $X^{(K)}$.

K : C'est l'itération.

$[J^{(K)}]^{-1}$ C'est l'inverse de la matrice Jacobienne, soit $\left. \frac{\delta f}{\delta x} \right|_{x=X^{(K)}}$

Les itérations sont faites jusqu'au moment où la différence entre $X^{(K+1)}$ et $X^{(K)}$ est inférieure à l'erreur ou à une précision définie à l'avance. Dans ce cas, la solution est dite convergente. [20]

III.6.2.2. Application de la méthode de N-R au problème de l'écoulement de puissance [19]

Les expressions des puissances actives et réactives de chaque nœud idu réseau peuvent se mettre sous la forme ci-dessous :

$$\left. \begin{aligned} P_i &= \sum_{m=1}^n |V_i| |V_m| |Y_{im}| \cos(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}) \\ Q_i &= - \sum_{m=1}^n |V_i| |V_m| |Y_{im}| \sin(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}) \end{aligned} \right\} i = 1, 2, \dots, n \text{ (III.33)}$$

Avec :

i = 1: Représente le nœud de référence.

n: Nombre de nœuds.

i : Numéro du nœud.

Après développement de P_i et Q_i en série de TAYLOR autour de la première approximation

$$\left. \begin{aligned} P_i &= p_i^{(0)} + \left(\frac{\partial P_i}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} \Delta\delta_2^{(0)} + \dots + \left(\frac{\partial P_i}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} \Delta\delta_n^{(0)} + \left(\frac{\partial P_i}{\partial |V_2|}\right)^{(0)} \Delta|V_2|^{(0)} + \dots + \left(\frac{\partial P_i}{\partial |V_n|}\right)^{(0)} \Delta|V_n|^{(0)} \\ Q_i &= Q_i^0 + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_2}\right)^{(0)} \Delta\delta_2^{(0)} + \dots + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_n}\right)^{(0)} \Delta\delta_n^{(0)} + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial |V_2|}\right)^{(0)} \Delta|V_2|^{(0)} + \dots + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial |V_n|}\right)^{(0)} \Delta|V_n|^{(0)} \end{aligned} \right\} \quad (\text{III.34})$$

A partir de la relation de $\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$

Avec

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_i^{(0)} &= P_i - P_i^{(0)} \\ \Delta Q_i^{(0)} &= Q_i - Q_i^{(0)} \end{aligned} \right\} \quad (\text{III.35})$$

Les deux systèmes d'équation (III.34) et (III.35) donnent :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(0)} \\ \Delta Q_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\Delta P_2}{\partial \delta_2}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\Delta P_2}{\partial \delta_n}\right)^0 & \left(\frac{\Delta P_2}{\partial |V_2|}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\Delta P_2}{\partial |V_n|}\right)^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(\frac{\Delta P_n}{\partial \delta_2}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\Delta P_n}{\partial \delta_n}\right)^0 & \left(\frac{\Delta P_n}{\partial |V_2|}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\Delta P_n}{\partial |V_n|}\right)^0 \\ \left(\frac{\Delta Q_2}{\partial \delta_2}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\Delta Q_2}{\partial \delta_n}\right)^0 & \left(\frac{\Delta Q_2}{\partial |V_2|}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\Delta Q_2}{\partial |V_n|}\right)^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(\frac{\Delta Q_n}{\partial \delta_2}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\Delta Q_n}{\partial \delta_n}\right)^0 & \left(\frac{\Delta Q_n}{\partial |V_2|}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\Delta Q_n}{\partial |V_n|}\right)^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\delta_2^{(0)} \\ \Delta\delta_n^{(0)} \\ \Delta|V_2|^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta|V_n|^{(0)} \end{bmatrix} \quad (\text{III.36})$$

Donc on peut écrire le système comme suit :

$$\begin{bmatrix} \Delta P^{(0)} \\ \Delta Q^{(0)} \end{bmatrix} = [J^{(0)}] \begin{bmatrix} \Delta\delta^{(0)} \\ \Delta|V|^{(0)} \end{bmatrix} \quad (\text{III.37})$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta^{(0)} \\ \Delta|V|^{(0)} \end{bmatrix} = [J^{(0)}]^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P^{(0)} \\ \Delta Q^{(0)} \end{bmatrix} \quad (\text{III.38})$$

On rappelle que :

$$\Delta\delta_i^{(K)} = \delta_i^{(K+1)} - \delta_i^{(K)} \quad (\text{III.39})$$

$$\Delta|V|_i^{(K)} = |V|_i^{(K+1)} - |V|_i^{(K)} \quad (\text{III.40})$$

L'adaptation (III.38) avec (III.40) donne :

$$\begin{bmatrix} \delta_i^{(K+1)} \\ |V|_i^{(K+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_i^{(K)} \\ |V|_i^{(K)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \Delta|V| \end{bmatrix} \quad (\text{III.41})$$

$$\begin{bmatrix} \delta_i^{(K+1)} \\ |V|_i^{(K+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_i^{(K)} \\ |V|_i^{(K)} \end{bmatrix} + [J^{(K)}]^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P^{(K)} \\ \Delta Q^{(K)} \end{bmatrix} \quad (\text{III.42})$$

En remplaçant l'expression de l'équation (III.38) dans l'équation ci-dessus on aura :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad \text{(III.43)}$$

Avec

$$J = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \quad \text{(III.44)}$$

J_1, J_2, J_3 et J_4 : sont les sous-matrices de Jacobienne.

III.6.2.3. Détermination des sous-matrices de Jacobienne

A partir du système (III.33) on peut déterminer les éléments de J.

Sous matrice J_1 :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{m=1, m \neq i}^n |Y_{im}| |V_i| |V_m| \sin(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}), \quad i = m \quad \text{(III.45)}$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|Y_{im}| |V_i| |V_m| \sin(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}), \quad i \neq m \quad \text{(III.46)}$$

Sous matrice J_2 :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |Y_{im}| |V_m| \cos(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}), \quad i \neq m \quad \text{(III.47)}$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|Y_{im}| |V_m| \cos(\theta_{im}) + \sum_{m=1, m \neq i}^n |Y_{im}| |V_m| \cos(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}), \quad i = m \quad \text{(III.48)}$$

Sous matrice J_3 :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{m=1, m \neq i}^n |Y_{im}| |V_i| |V_m| \cos(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}), \quad i = m \quad \text{(III.49)}$$

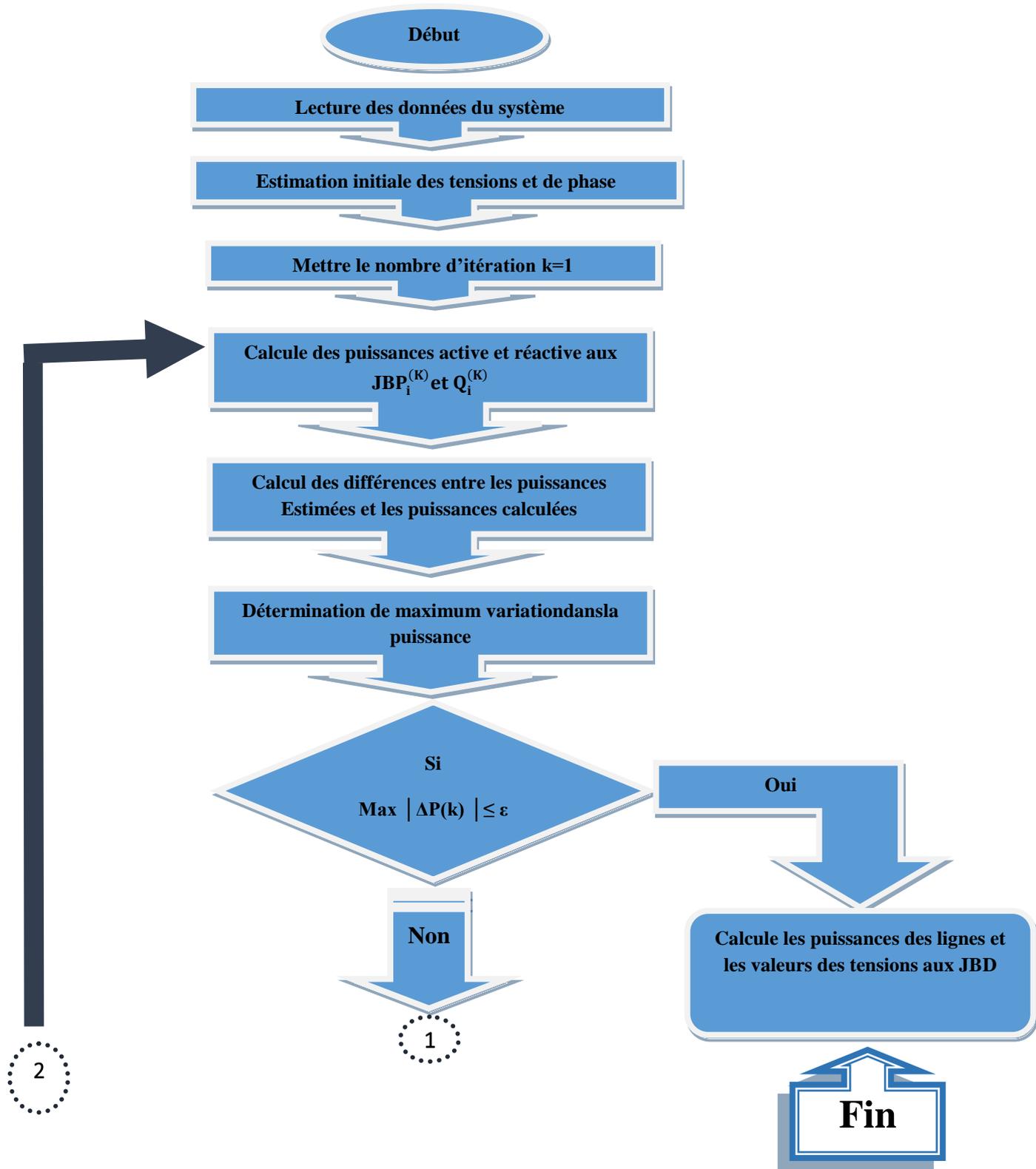
$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -|V_i| |V_m| |Y_{im}| \cos(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}), \quad i \neq m \quad \text{(III.50)}$$

Sous matrice J_4 :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -\sum_{m=1}^n |Y_{im}| |V_m| \sin(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}) - 2|Y_{im}| |V_m| \sin(\theta_{im}), \quad i = m \quad \text{(III.51)}$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = -|V_i| |Y_{im}| \sin(\delta_m - \delta_i + \theta_{im}), \quad i \neq m \quad \text{(III.52)}$$

III.6.2.4. Organigramme de la méthode de Newton-Raphson



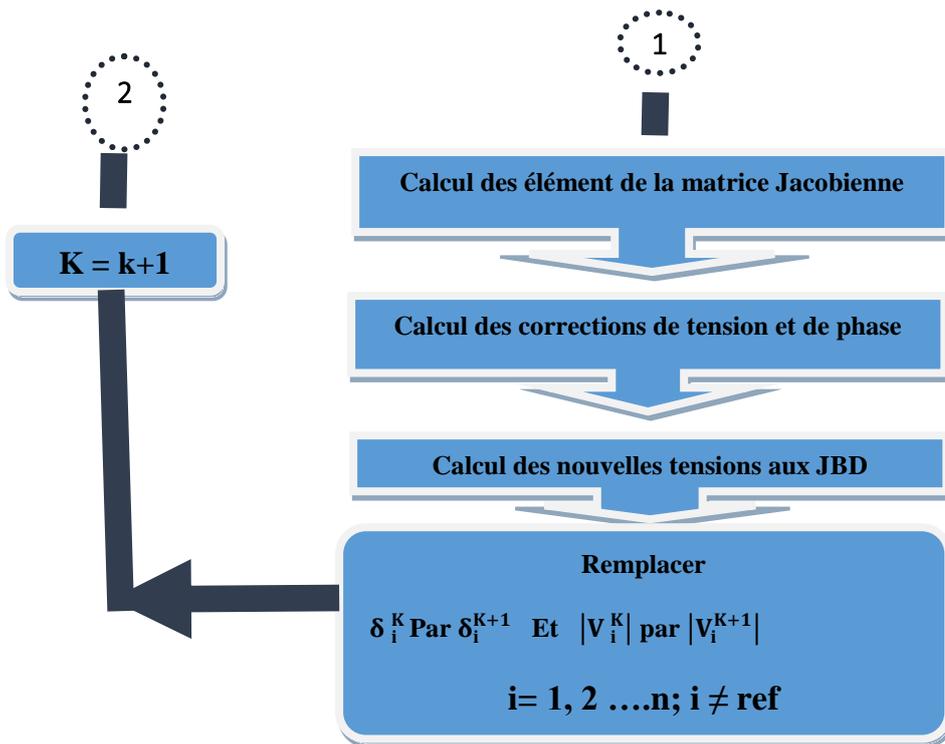


Figure III.9 : Organigramme de la méthode de N-R.

III.7.Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre un aperçu sur le rôle de l'écoulement de puissance dans la planification des réseaux de distribution. Puis, nous avons exposé en bref les différents outils utilisés pour l'analyse des réseaux électriques à savoir la méthode de Gauss-Seidel, et la méthode de Newton-Raphson (N -R). Le prochain chapitre sera consacré à adapter et appliqué la méthode de Newton-Raphson (N -R) pour l'analyse du réseau de distribution de la région agricole de M'li.

Chapitre IV

IV.1.Introduction :

Dans cette partie, nous avons mis l'accent sur l'analyse d'une partie du réseau de distribution HTA de Biskra avec pour visée l'amélioration de la qualité de l'énergie fournie aux consommateurs .Comme échantillon de travail, nous avons choisi le départ de M'lili pour deux raisons principales; la première est que ce départ ,comparé aux autres, offre une grande énergie aux consommateurs de type agricole et la seconde est que ce départ est le plus chargé pendant la période d'été.

IV.2.Description de la cabine mobile 220/30 kV de Oumeche :

La cabine mobile 220/30 kV localisée à Oumeche, est constituée d'un transformateur de puissance 40 MVA. Cette cabine assure l'alimentation de quatre départs :

1. Départ Sasco 2.Départ M'lili 3. Départ Oumeche 4. Départ Biskra

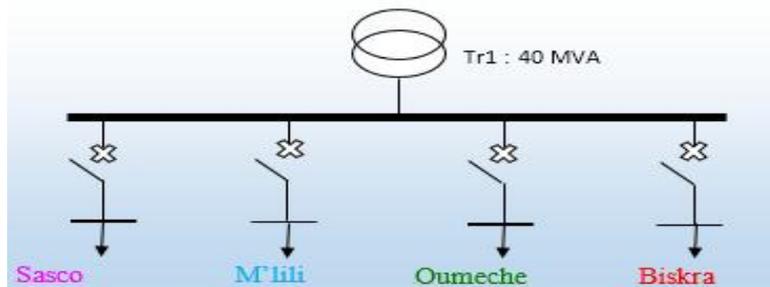


Figure IV.1 : Schéma unifilaire de la cabine mobile 220/30 kV Oumeche.

Départ MT	Code GDO	Stade délestage	H	06H	08H	10H	12H	14H	16H	18H	20H	22H	24H	02H	04H	06H
				Mesures												
Tension (kV)				32.07	32.16	32.19	32.2	32.2	32.6	32.2	32.2	31.4	32.3	32.3	32.2	32.22
Sasco	826H2C	*	I(A)	44	45	44	45	52	50	44	45	45	44	44	44	45
			MVA	2.44	2.51	2.45	2.51	2.90	2.82	2.45	2.51	2.44	2.46	2.46	2.46	2.51
M'lili	826H2C	*	I(A)	127	129	130	129	132	127	120	120	123	122	125	126	128
			MVA	7.05	7.19	7.25	7.19	7.36	7.16	6.69	6.70	6.68	6.83	6.99	7.04	7.14
Oumeche	826H2C	*	I(A)	87	85	88	92	95	94	94	93	90	91	89	89	88
			MVA	4.83	4.73	4.91	5.13	5.30	5.30	5.24	5.19	4.89	5.09	4.98	4.97	4.91
Biskra		*	I(A)	29	30	32	37	40	38	37	28	28	27	30	29	28
			MVA	1.61	1.67	1.78	2.06	2.23	2.14	2.06	1.56	1.52	1.51	1.68	1.62	1.56
TOTAL TRANSFORMATEUR			I(A)	287	289	294	303	319	309	295	286	286	284	288	288	289
TOTAL TRANSFORMATEUR			MVA	15.94	16.10	16.39	16.90	17.80	17.42	16.45	15.97	15.53	15.89	16.10	16.08	16.13

➤ 14H00 est de 17.80 [MVA] qui présente une charge de 319A sous 32.20 kV

Tableau IV.1 : Variation des charges enregistrées durant la période juillet 2017.

1. Analyse préliminaire des mesures : cabine mobile Oumeche

L'analyse préliminaire de l'état des charges est une étape très importante pour assurer une meilleure exploitation des réseaux de distribution. Parmi les données indispensables à connaître, celle se rapportant à l'élaboration des mesures au niveau du poste source et des postes clients. Cela permet de calculer le taux de surcharge du transformateur principal ainsi que le taux d'exploitation de différents postes clients.

Les Figures IV.2- IV.3, montrent l'évolution de la puissance demandée ainsi que le courant total au niveau de chaque départ. Ces mesures ont été effectuées par le service chargé d'exploitation des réseaux de distribution de la Sonelgaz durant la période d'été.

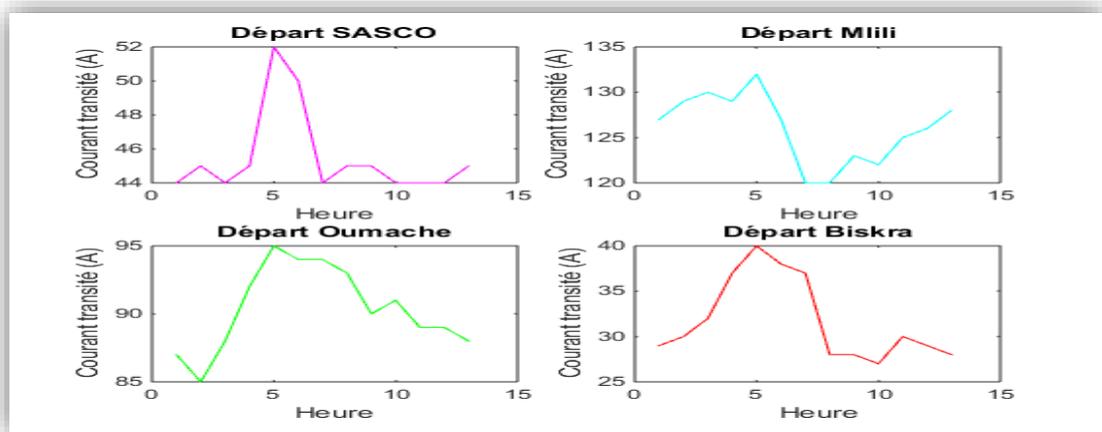


Figure IV.2 : Répartition des courants transités dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV Oumeche.

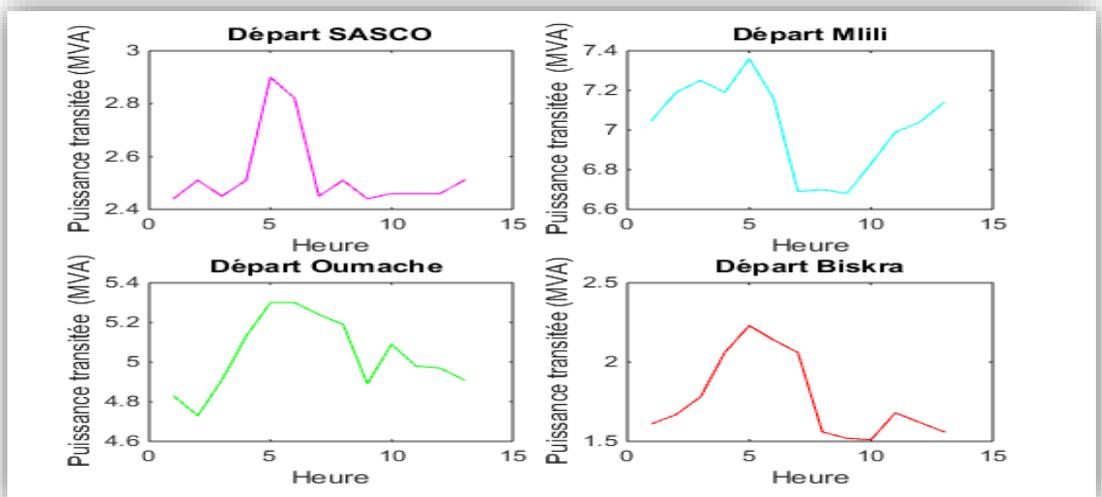


Figure IV.3 : Répartition de puissance transmise dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV Oumeche.

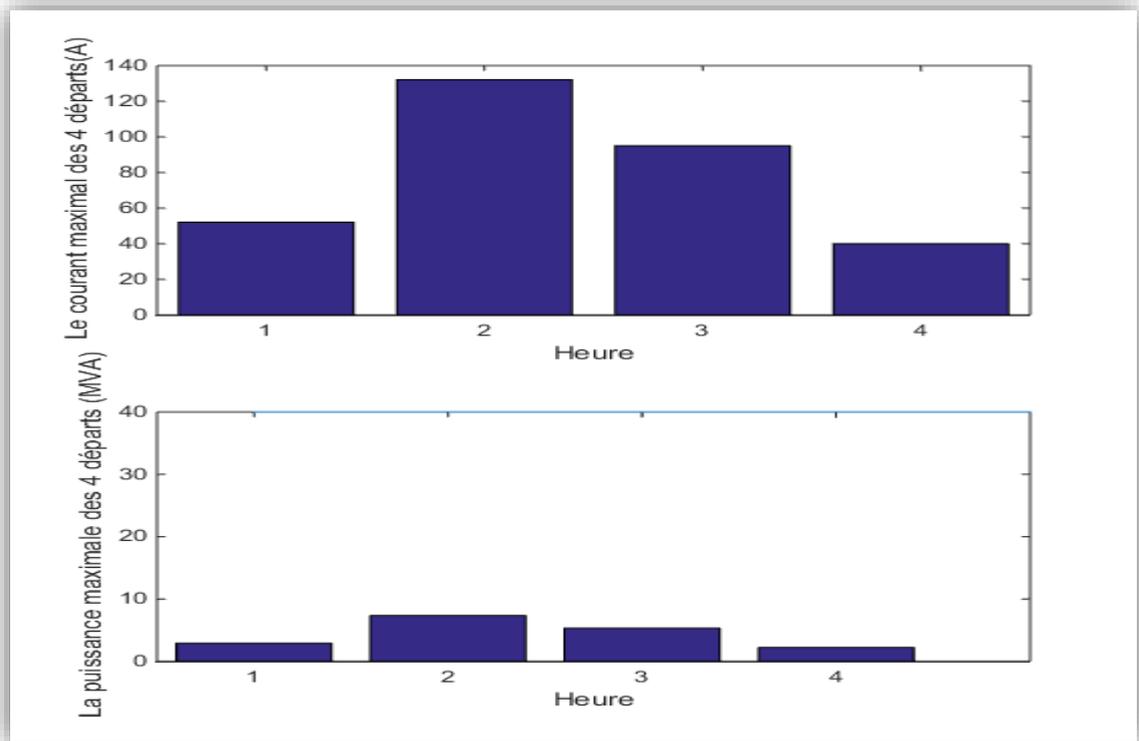


Figure IV.4 : Répartition de puissance transité maximal et courant transité maximal dans les départs cabine mobile 220/30 kV Oumeche.

1.1 Interprétation :

Le tableau IV.1 récapitule la variation des charges enregistrées durant le mois de juillet dans quatre points du réseau de distribution d'énergie électrique du poste HTA au niveau la willaya de Biskra (Sasco, M'lili, Oumeche et Biskra centre-ville).

- On y observe par exemple sur l'intervalle de temps bien précis (24 heures) que la charge varie en fonction du temps, on constate que la charge enregistrée à 6 heures du matin est de 44 A sous la tension 32,07. Par contre elle est à 45 A à la même heure sous la tension de 32,22 kV.
- On enregistre 52 A à 14 h, mais elle diminue pour atteindre 44 A à 18 h à la même heure 18 h ; ce qui montre que la charge la plus élevée est enregistrée à 14h.
- Le même constat s'observe pour les trois autres départs. En comparant les charges enregistrées au niveau des différents départs, on constate que la valeur maximale de la charge est toujours enregistrée au niveau du départ de M'lili quelles que soient les valeurs de la tension.
- On remarque que le départ M'lili est le plus chargé, la puissance de pointe demandée est de 7.36 MVA.
- Il faut noter que le transformateur principal de la cabine mobile d'Oumeche est chargé à 44.5%.

IV.3.Description de la cabine mobile 220/30 kV de Tolga :

La cabine mobile 220/30 kV localisé à Tolga, est constituée d'un transformateur de puissance 40 MVA. La figure IV.5 représente le schéma unifilaire de la cabine mobile 220/30[kV] de Tolga. Cette cabine mobile assure l'alimentation de quatre départs :

1. Départ Khenizene
2. Départ Foughala N
3. Départ Ourelal
4. Départ Zaatcha

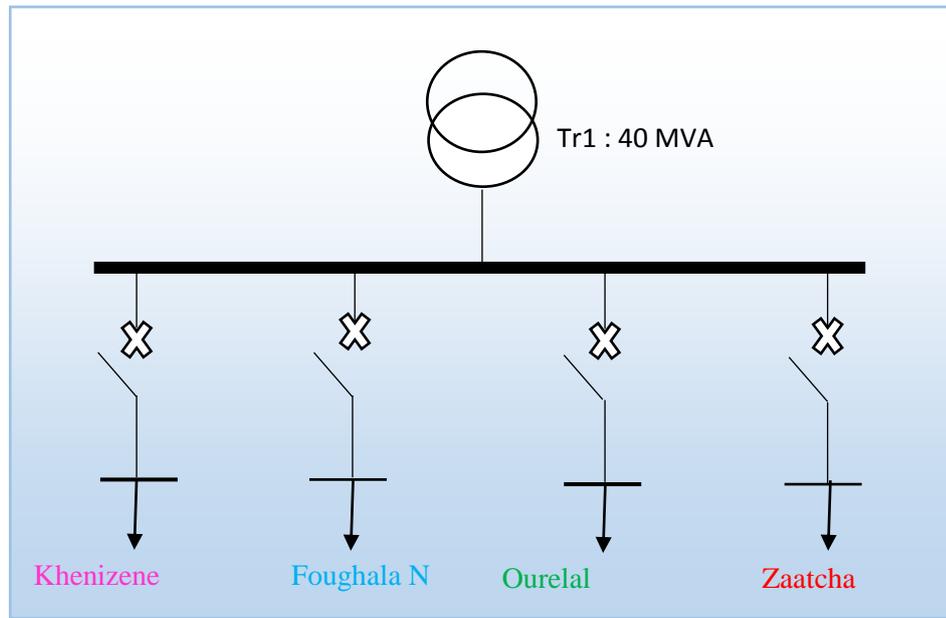


Figure IV.5 : Schéma unifilaire de la cabine mobile 220/30 kV de Tolga.

2. Analyse préliminaire des mesures : cabine mobile de Tolga

L'analyse préliminaire de l'état des charges de la cabine mobile de Tolga est une étape très importante permettant une meilleure planification des réseaux de distribution. En général les départs de la cabine mobile d'Oumeche et ceux de la cabine de Tolga peuvent être connectés dans des points bien déterminés pour assurer une continuité de service en cas de défaillance d'une partie du réseau.

Les Figures IV.6- IV.7, montrent l'évolution de la puissance demandée ainsi que le courant total au niveau de chaque départ. Ces mesures ont été effectuées aussi par le service chargé d'exploitation des réseaux de distribution de la Sonelgaz durant la même période d'été.

Départ MT	Code GDO	Stade délestage	H	06H	08H	10H	12H	14H	16H	18H	20H	22H	24H	02H	04H	06H
				Mesures												
Tension (kV)				32.27	32.27	32.25	32.22	32.2	32.2	32.2	32.3	23.3	32.3	32.3	32.3	32.7
Khenizene	825H2C	*	I(A)	44	46	46	48	50	48	45	45	47	44	44	45	48
			MVA	2.46	2.57	2.57	2.68	2.79	2.68	2.51	2.51	1.89	2.46	2.46	2.52	2.68
Foughala N	825H2C	*	I(A)	123	124	127	132	142	138	135	135	128	124	123	123	124
			MVA	6.87	6.93	7.09	7.37	7.92	7.70	7.54	7.54	5.15	6.93	6.87	6.88	6.93
Ourelal	825H2C	*	I(A)	188	185	210	247	250	242	170	173	18	178	178	180	182
			MVA	10.51	10.34	11.73	13.78	13.95	13.51	9.49	9.66	0.72	9.95	9.95	10.06	10.17
Zaatcha	825H2C	*	I(A)	150	150	165	170	183	183	162	152	150	150	145	146	148
			MVA	8.38	8.38	9.22	9.49	10.21	10.21	9.04	8.49	6.04	8.38	8.10	8.16	8.27
TOTAL TRANSFORMATEUR			I(A)	505	505	548	597	625	611	512	505	343	496	490	494	502
			MVA	28.23	28.23	30.61	33.32	34.88	34.10	28.58	28.21	13.81	27.72	27.39	27.62	28.06

➤ La puissance de pointe maximum atteinte le 11/07/2017 à 14H00 est de 34.88MVA qui présente une charge de 625A sous 32.2 kV

Tableau IV.2 : Variation des charges enregistrées durant la période juillet 2017.

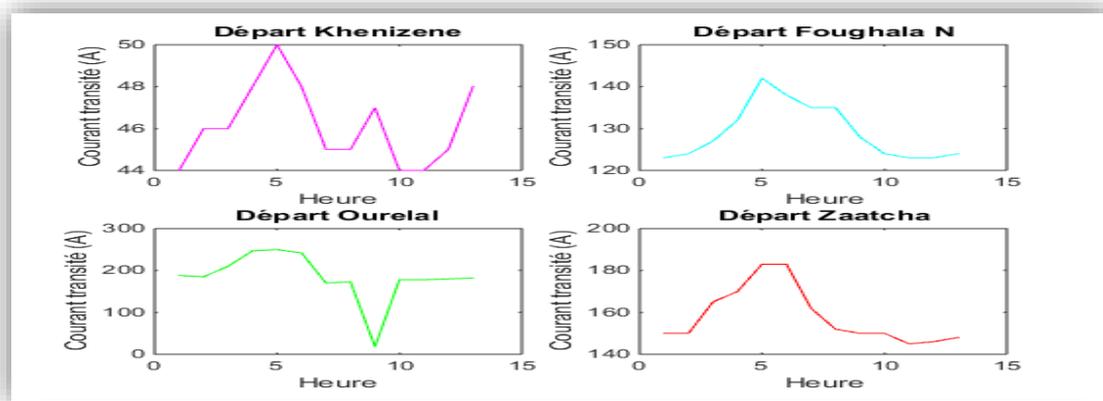


Figure IV.6 : Répartition de courant transité dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV.

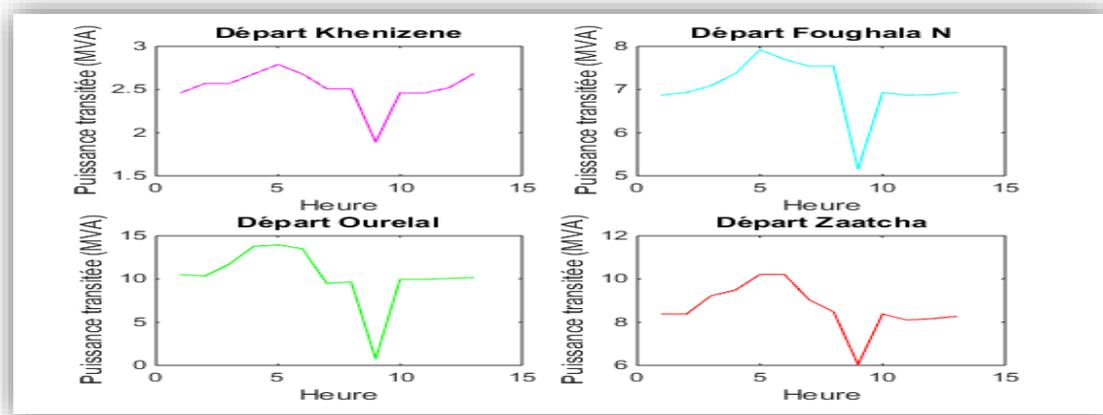


Figure IV.7 : Répartition de puissance transitée dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV
TOLGA.

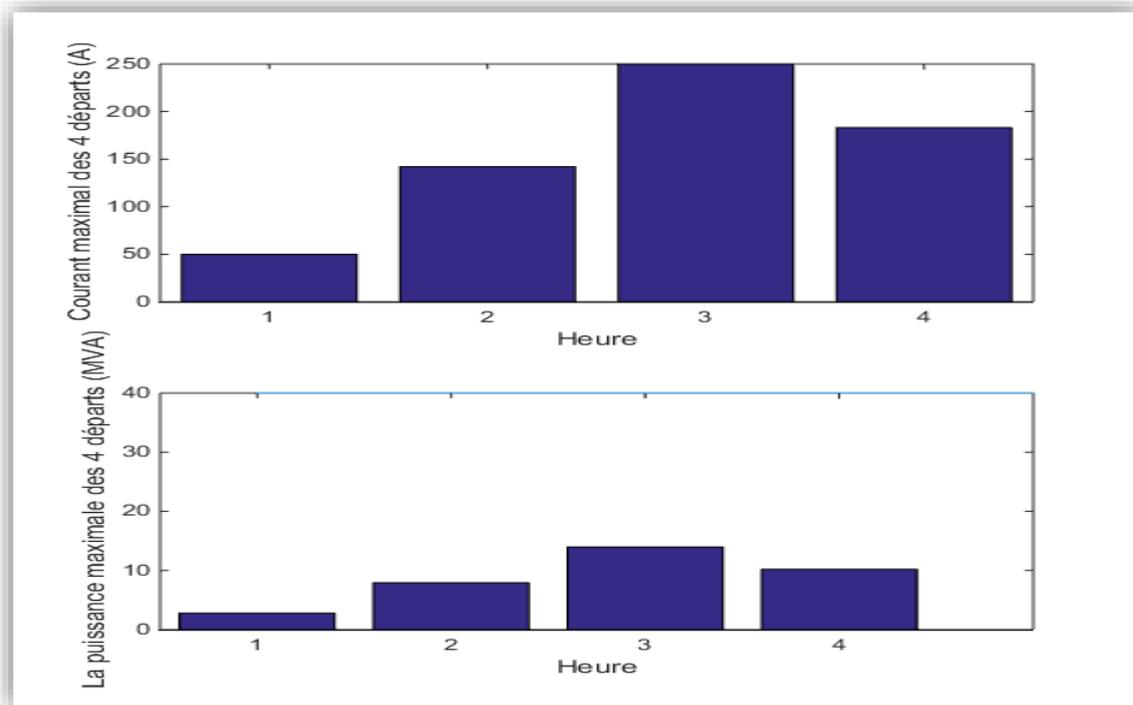


Figure IV.8 : Répartition de puissance transmise maximal et courant transité maximal dans les départs de la cabine mobile 220/30 kV TOLGA.

2.1 Interprétation :

Le tableau IV.2 représente la variation des charges enregistrées durant le mois de juillet dans quatre points du réseau de distribution d'énergie électrique du poste HTA au niveau de la cabine mobile de Tolga (Khenizene, Foughala N, Ourelal et Zaatcha).

- On y observe par exemple sur l'intervalle de temps bien précis (24 heures) que la charge varie en fonction du moment, on constate que la charge enregistrée à 6 heures du matin est de 44 A sous la tension 32.27 kV. Par contre elle est de 48 A à la même heure sous la tension de 32.27 kV.
- On enregistre 50 A à 14 h mais elle diminue pour atteindre 45 A à 18h ; ce qui montre que la charge la plus élevée est enregistrée à 14h.
- Le même constat s'observe pour les trois autres départs. En comparant les charges enregistrées au niveau des différents départs, on constate que la valeur maximale de la charge est toujours enregistrée au niveau du départ d'Ourelal quelles que soient les valeurs de la tension.
- On remarque que le départ Ourelal est le plus chargé, la puissance de pointe demandée est de 13.95 MVA.
- Il faut noter que le transformateur principal de la cabine mobile de Tolga est chargé à 87.2%.

IV.4-Analyse du réseau de départ de Mlili :

Cas normal

Ce premier test a pour objectif d'analyser le départ M'lili avec considération de la demande maximale calculée d'après les mesures disponibles au niveau du poste. Il faut noter que les charges des différents postes (30/0.4Kv) ont été mesurées pendant la période critique de l'été entre 13H et 15H.

Départ 30kV de M'Lili

Le départ 30 kV de M'lili est alimenté de la Cabine Mobile 220/30 kV, il alimente 213 postes HTA/BTA (30/0.4 kV), le nombre de branches est de 235 lignes, la puissance active maximale demandée est de 4.5336 MW, la puissance réactive maximale demandée est de 3.4002 MVAR. Les courants admissibles sont : 270 A pour les lignes possédant une section de 93.3 mm^2 et de 140 A pour les lignes ayant une section de 34.5 mm^2 . Les caractéristiques techniques du départ sont récapitulées dans les tableaux IV.4 et IV.5 et IV.6. Le départ M'lili possède des points de bouclage avec les autres départs localisés comme suit :

- J 5193 Départ Oumache.
- J 5436 Départ Ourllal Cabine Mobile 220/30 kV Tolga.
- Poste 542 vers tronçon 5436 Départ Ourllal Cabine Mobile 220/30 kV Tolga.

IV.5.Méthodologie d'élaboration de la base de données du réseau de distribution :

Réaliser une base de données flexible est une tâche primordiale pour la gestion et la planification optimale des réseaux de distribution électrique. Lors du stage pratique au sein de la direction de distribution de la Sonelgaz, nous avons constaté d'une part que l'accès aux informations relatives aux caractéristiques techniques des postes, lignes et charges sont élaborées d'une manière classique c'est à dire par utilisation des fichiers techniques de différents formats, ce qui ne permet pas un accès flexible aux données nécessaires. D'autre part, nous avons également constaté l'absence d'une carte schématique informatisée relative à chaque départ. L'objectif de cette première tâche est l'élaboration d'une base de données flexible adaptée au format d'analyse sous l'environnement Matlab, cela permet le traitement et la mise à jour rapide de la base de données ; ce qui permet de garantir une gestion efficace des réseaux de distribution en termes techniques et économiques.

825P1118	1	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	15	NU	46	S		16/09/2013	
		2	1	825H4C4	36.0	S	AL	120.0	20	URSS	46	E	S	16/09/2013	
			2	825H4C4	36.0	S	AL	120.0	20	URSS	46	E	S	16/09/2013	
825E989	825P1151	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	28	NU	46	S		18/11/2013	
	825P498	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	10	NU	99	S		10/07/2000	
825E991	825E800	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	93.3	2202	NU	99	S		23/07/2008	
	825P1206	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	100	NU	46	S		16/06/2014	
825H4C4	1	825J5301	1	1	825H4C4	36.0	S	CU	120.0	60	URSS	99	E	S	26/03/2018
		2	1	825H4C4	36.0	A	AM	93.3	50	NU	99	S		26/05/2016	
825J5127	825E1032	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	10	NU	99	S		11/07/2000	
825J5141	825E322	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	93.3	518	NU	99	S		01/01/1985	
825J5152	825E1259	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	60	NU	99	S		27/02/2006	
825J5179	825E823	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	614	NU	99	S		11/11/2006	
:19-mar-2019															
825J5190	825E745	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	15	NU	99	S			
825J5242	825E797	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	30	NU	99	S			
825J5243	825E875	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	8	NU	99	S			
825J5254	825E948	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	10	NU	99	S			
825J5286	825E1140	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	37	NU	99	S			
825J5287	825E1143	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	34.4	1650	NU	99	S			
825J5301	825J5302	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	93.3	3800	NU	99	S		26/05/2016	
825J5302	825E1225	1	1	825H4C4	36.0	A	AM	93.3	70	NU	99	S		26/05/2016	

Figure IV.11 : Schéma unifilaire de réseau de distribution.

E1/1225	E9/991	E17/433
E2/1227	E10/1222	E18/1189
E3/1226	E11/796	E19/1105
E4/1119	E12/1187	E20/1190
E5/946	E13/1022	.
E6/312	E14/1188	.
E7/1201	E15/884	.
E8/800	E16/1104	... Etc

Tableau IV.3 : Codage original des éléments du réseau de distribution.

IV.6-Stratégie d'analyse :

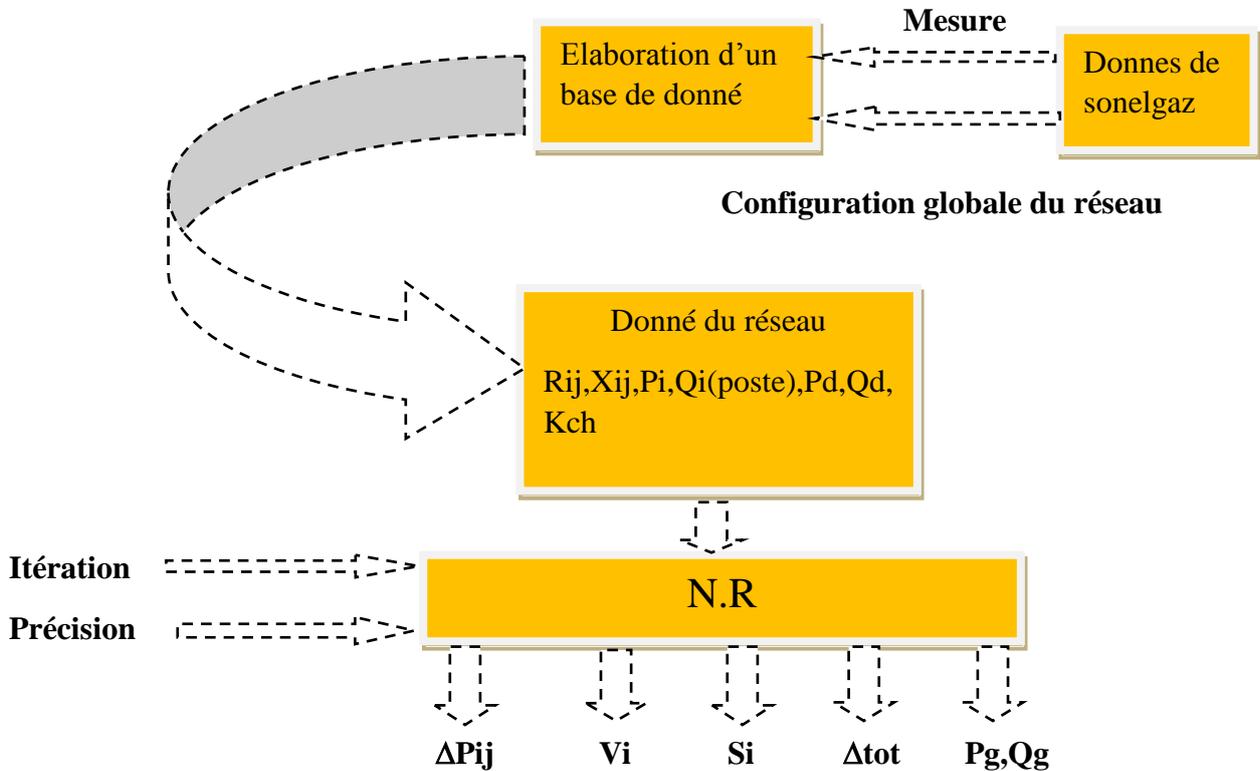
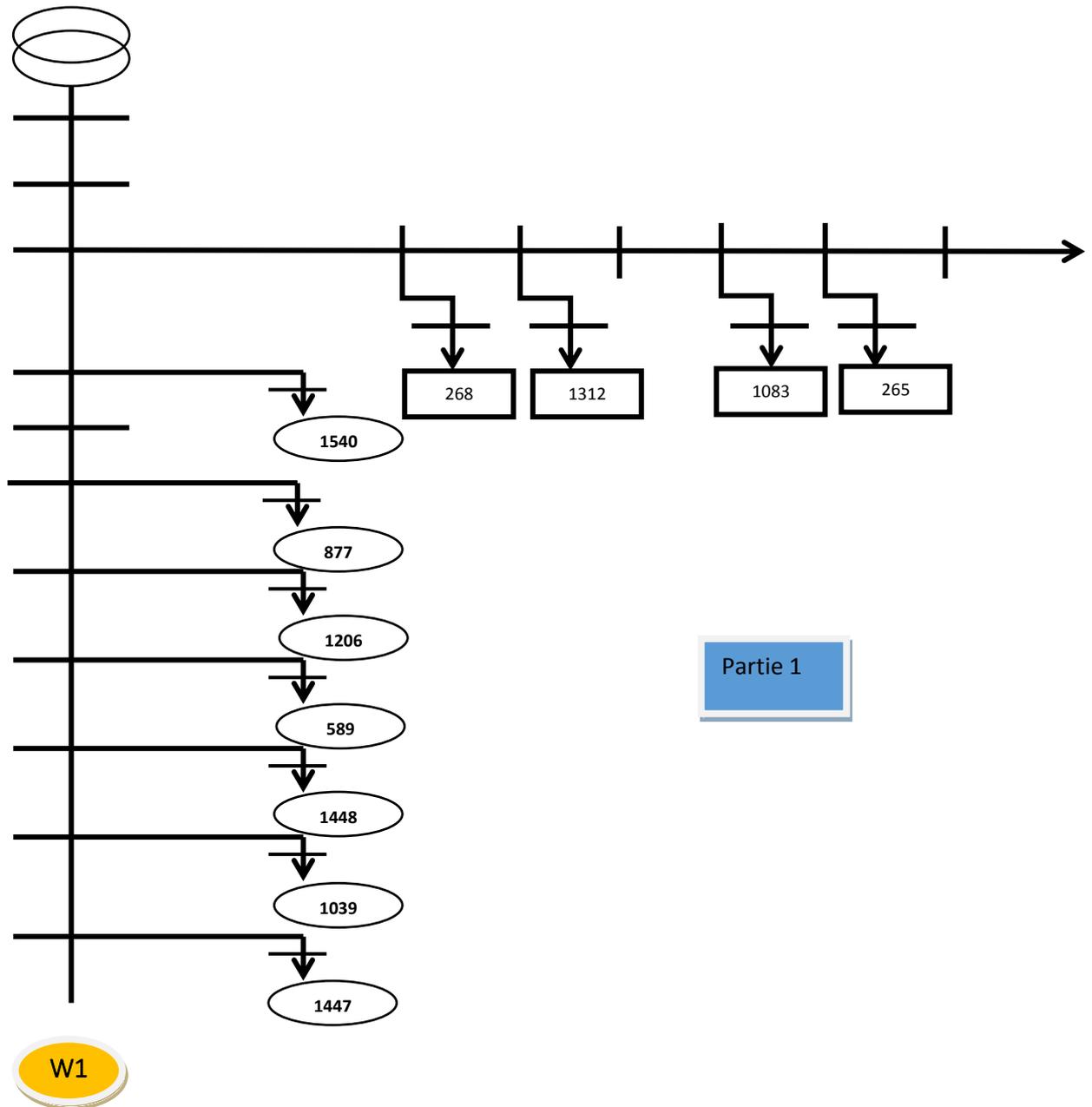
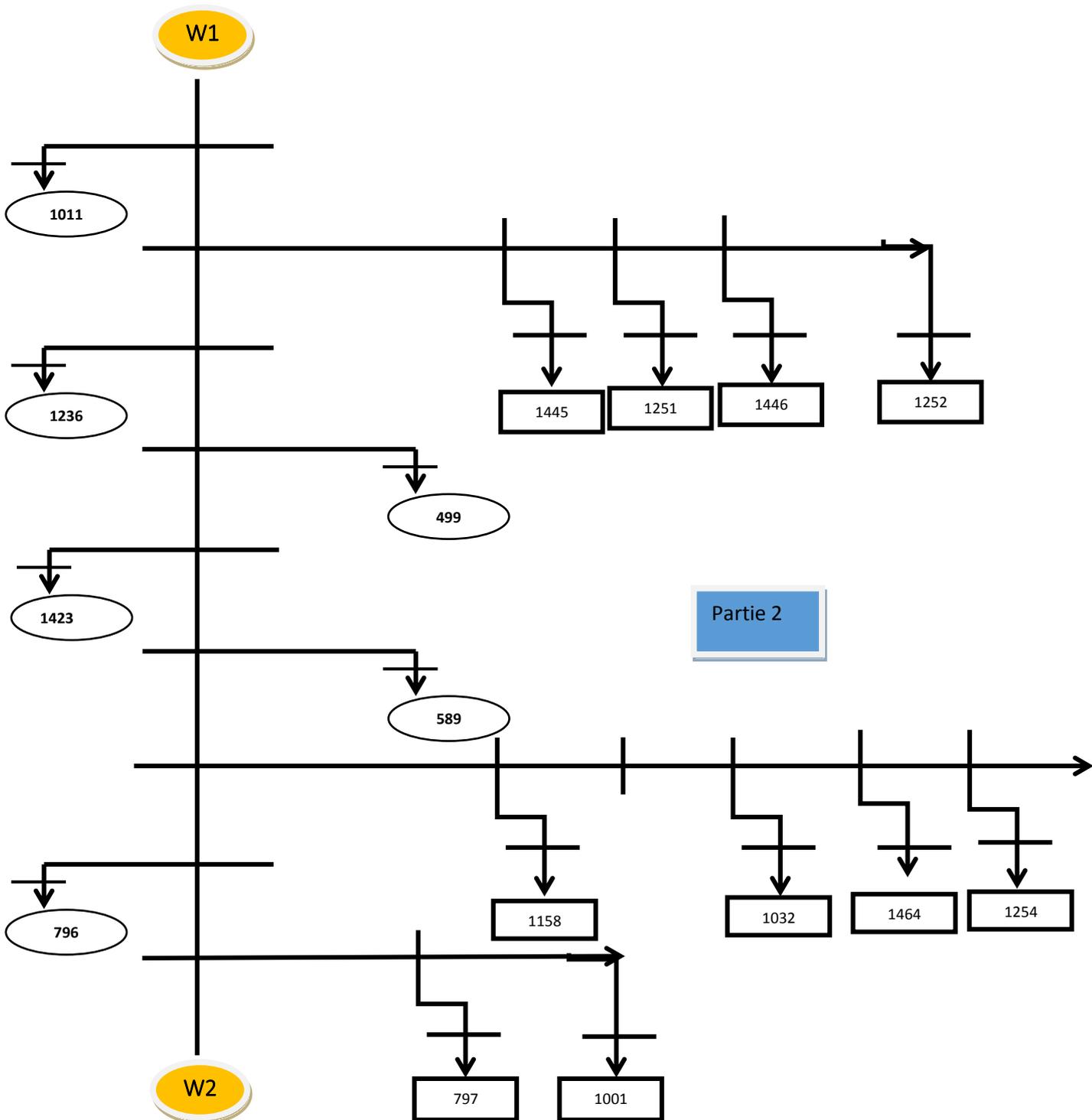
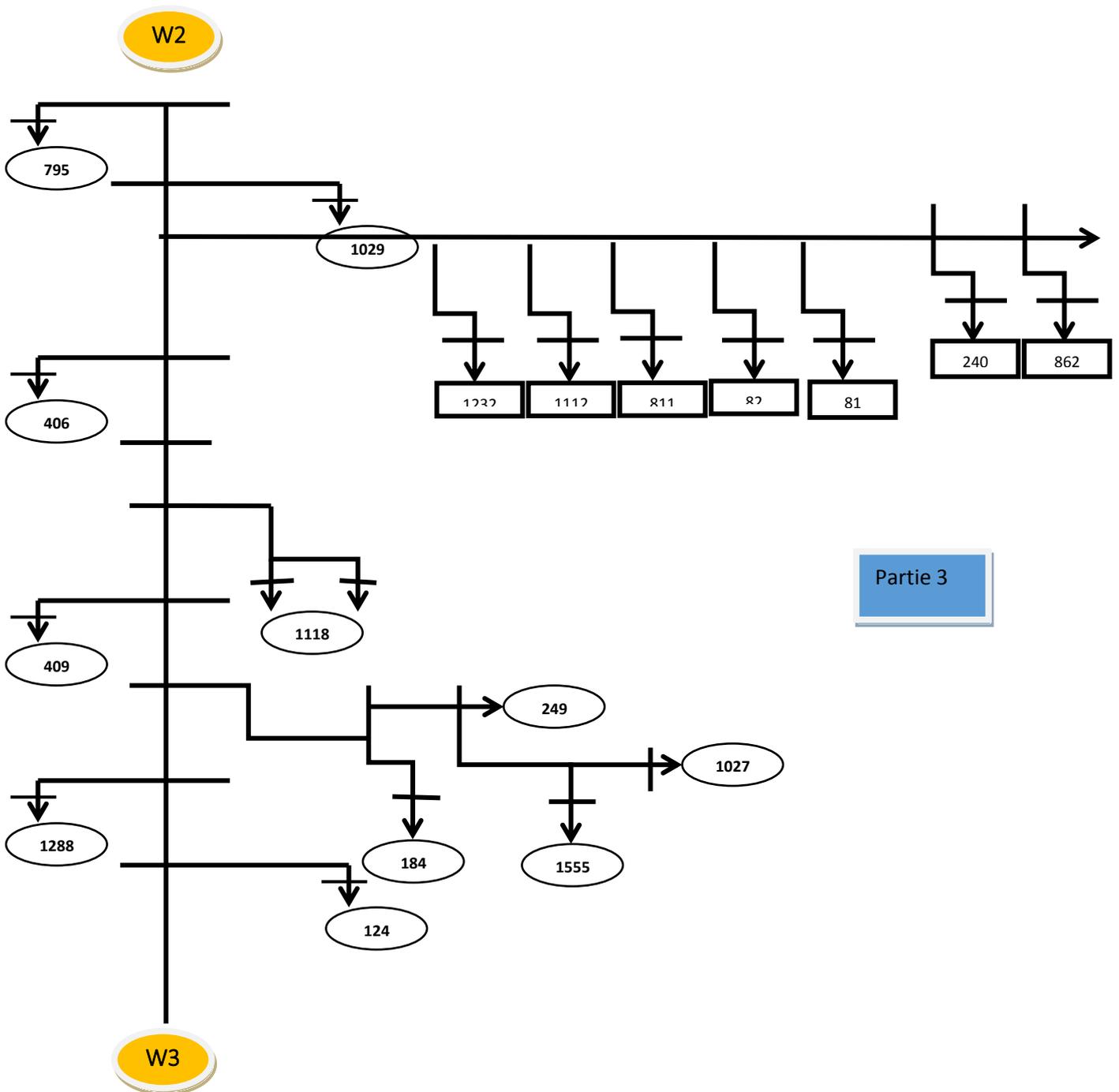
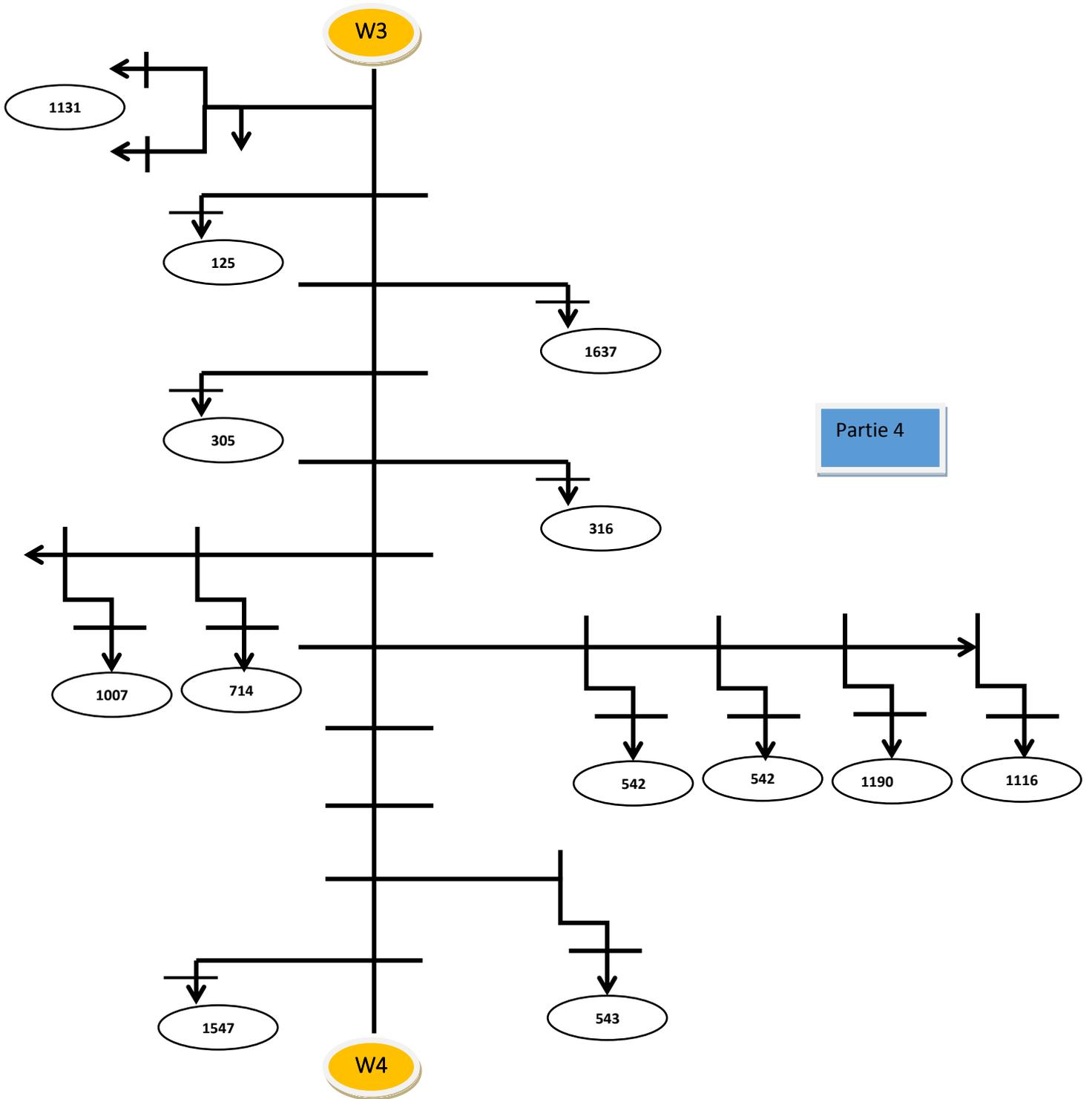


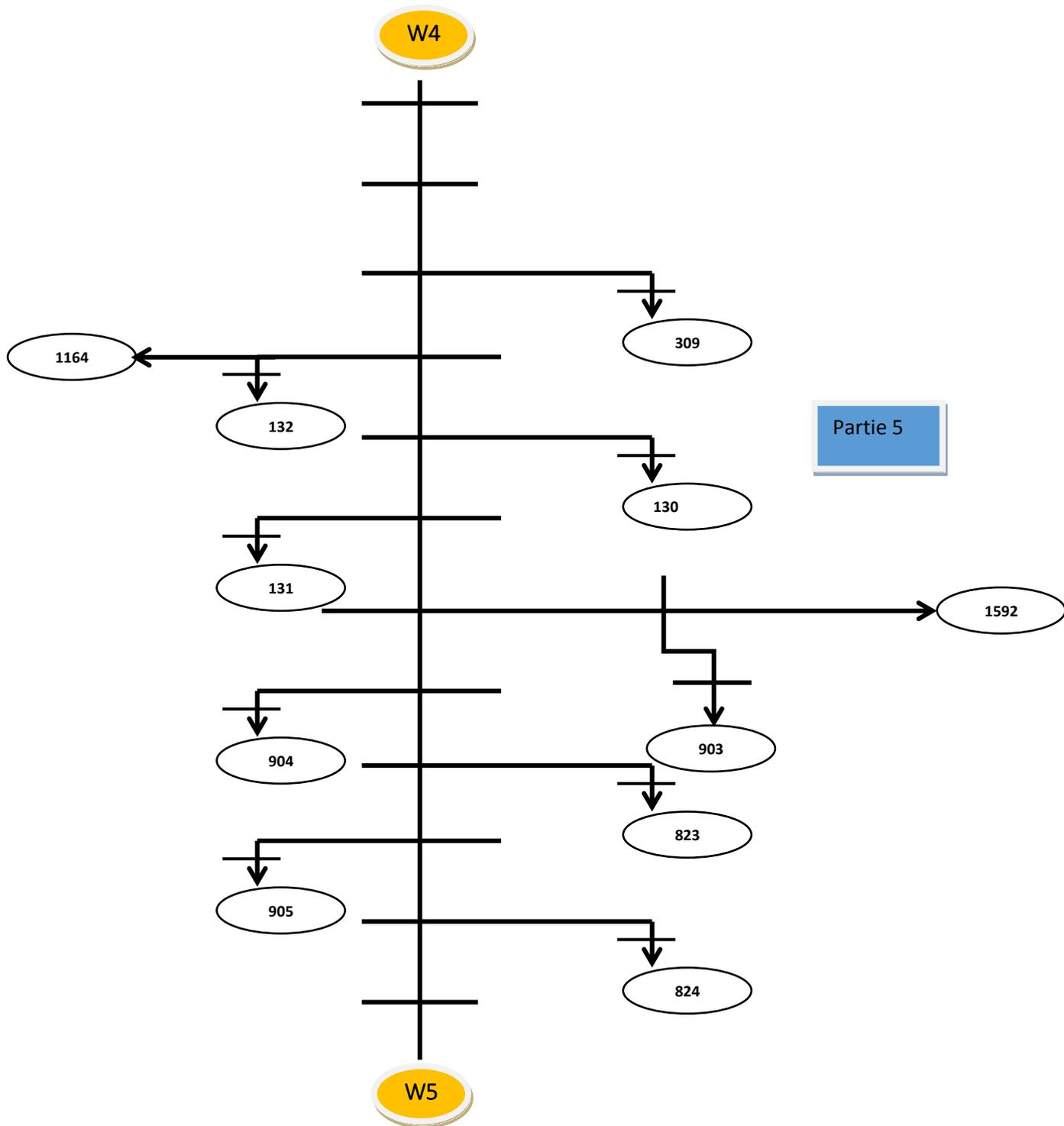
Figure IV.12 : Schéma unifilaire de Stratégie du réseau de distribution.

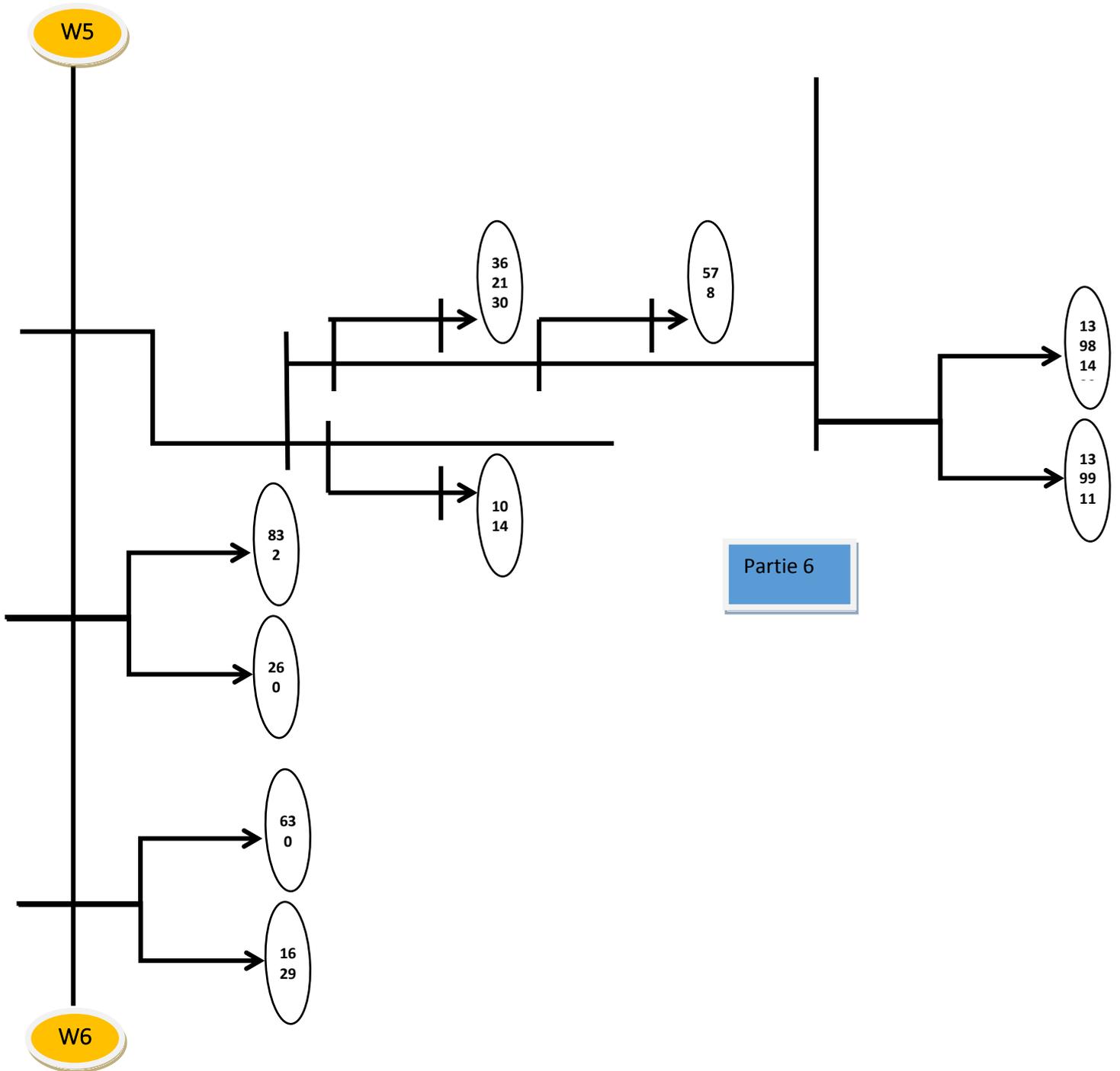


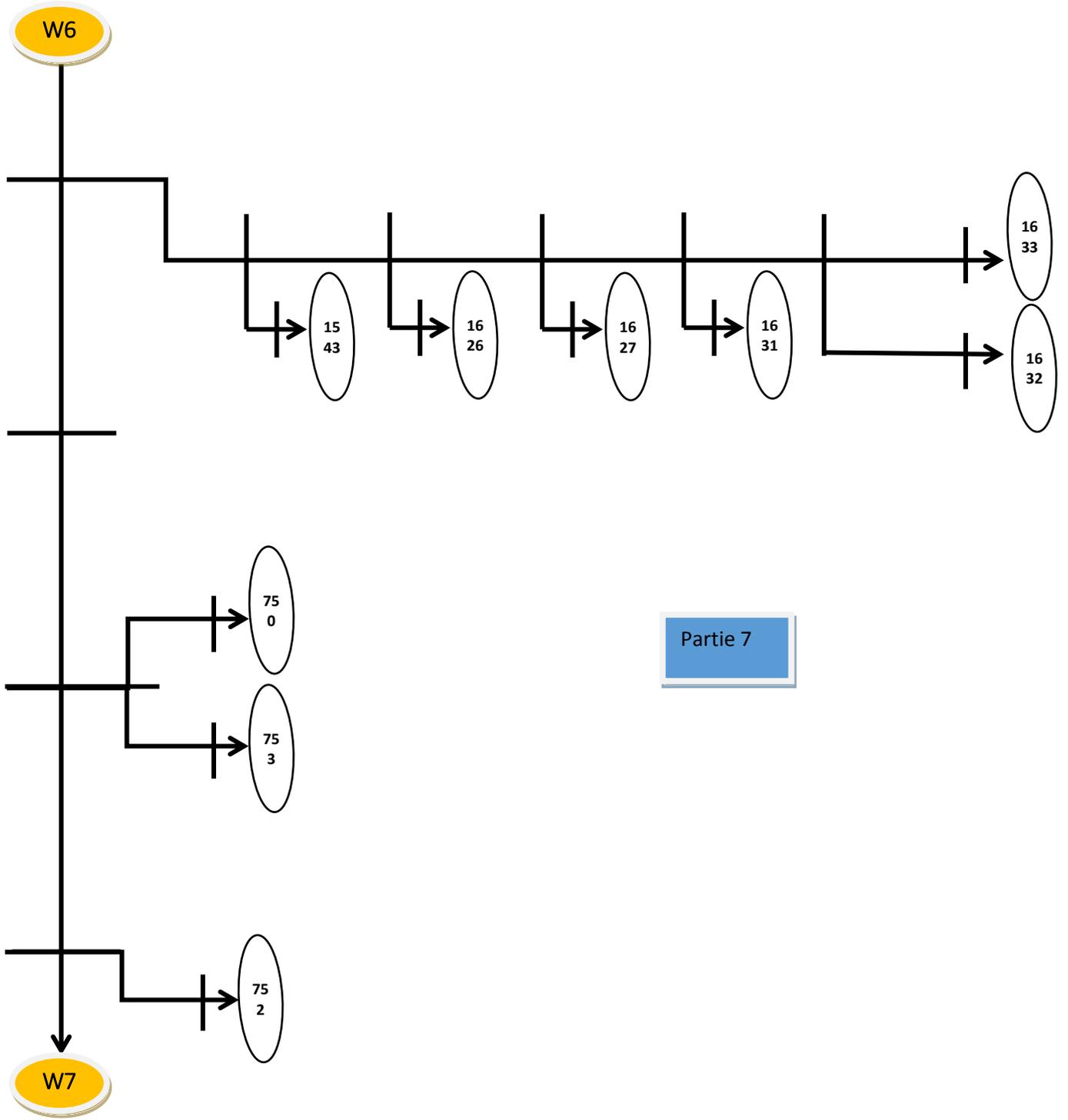


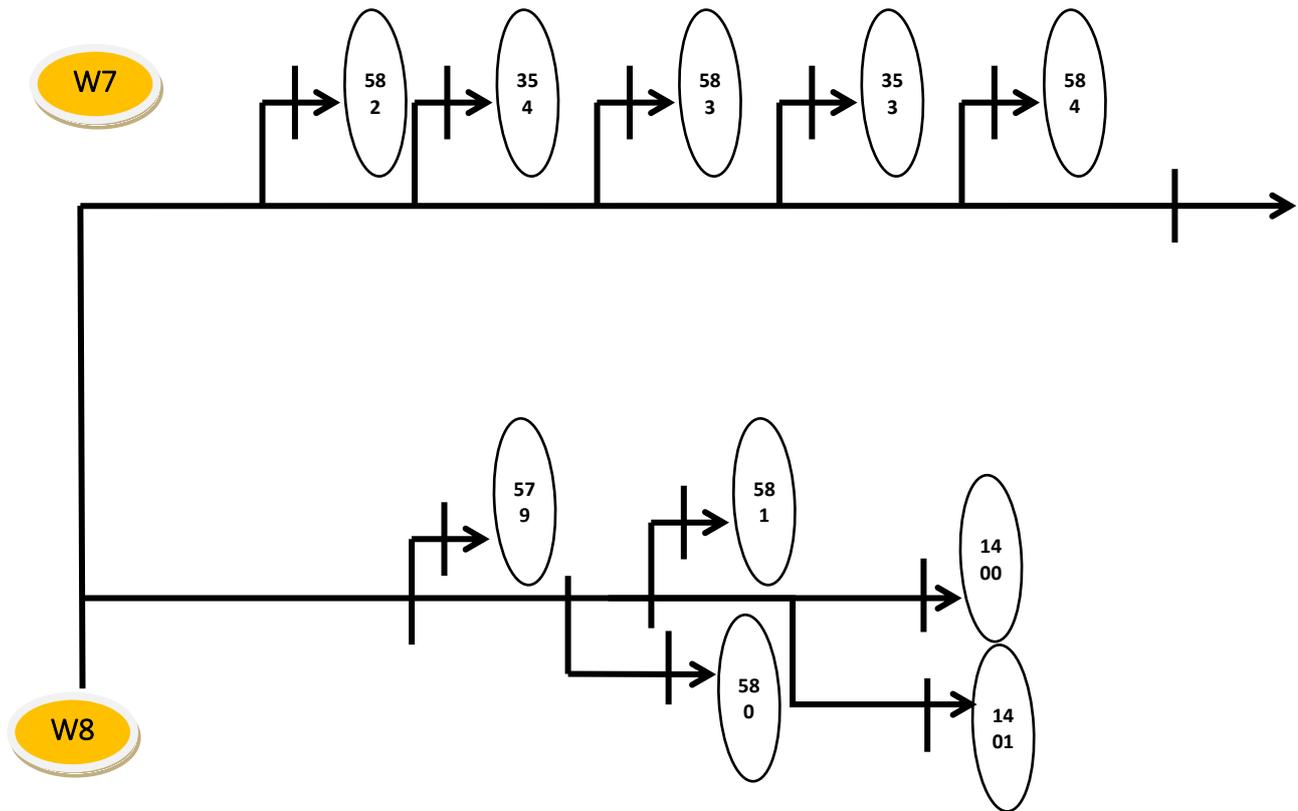








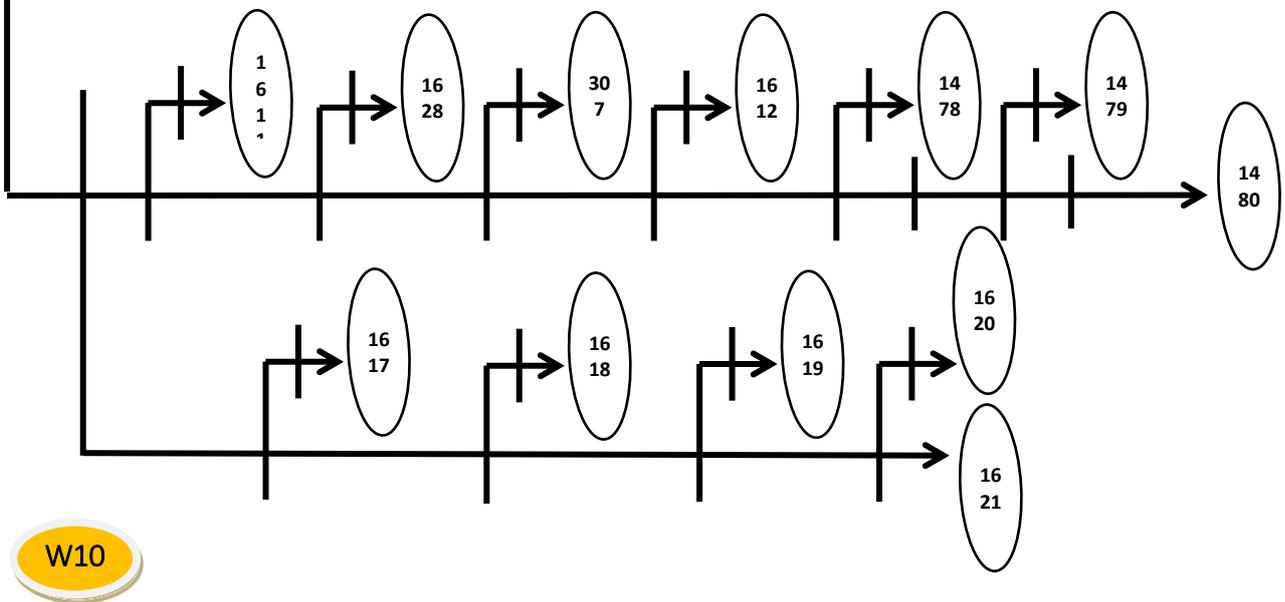




Partie 8

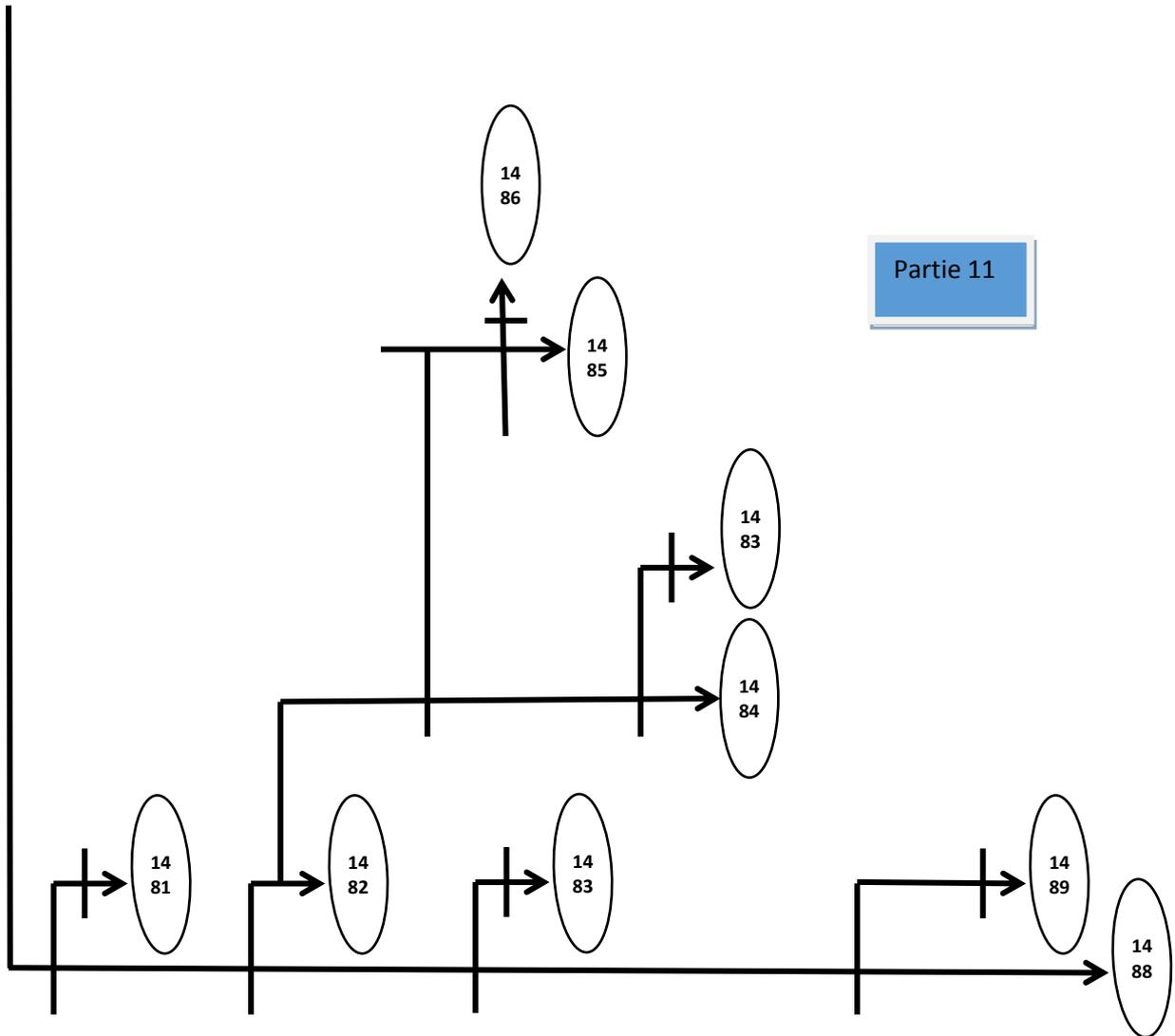
W9

Partie 10



W10

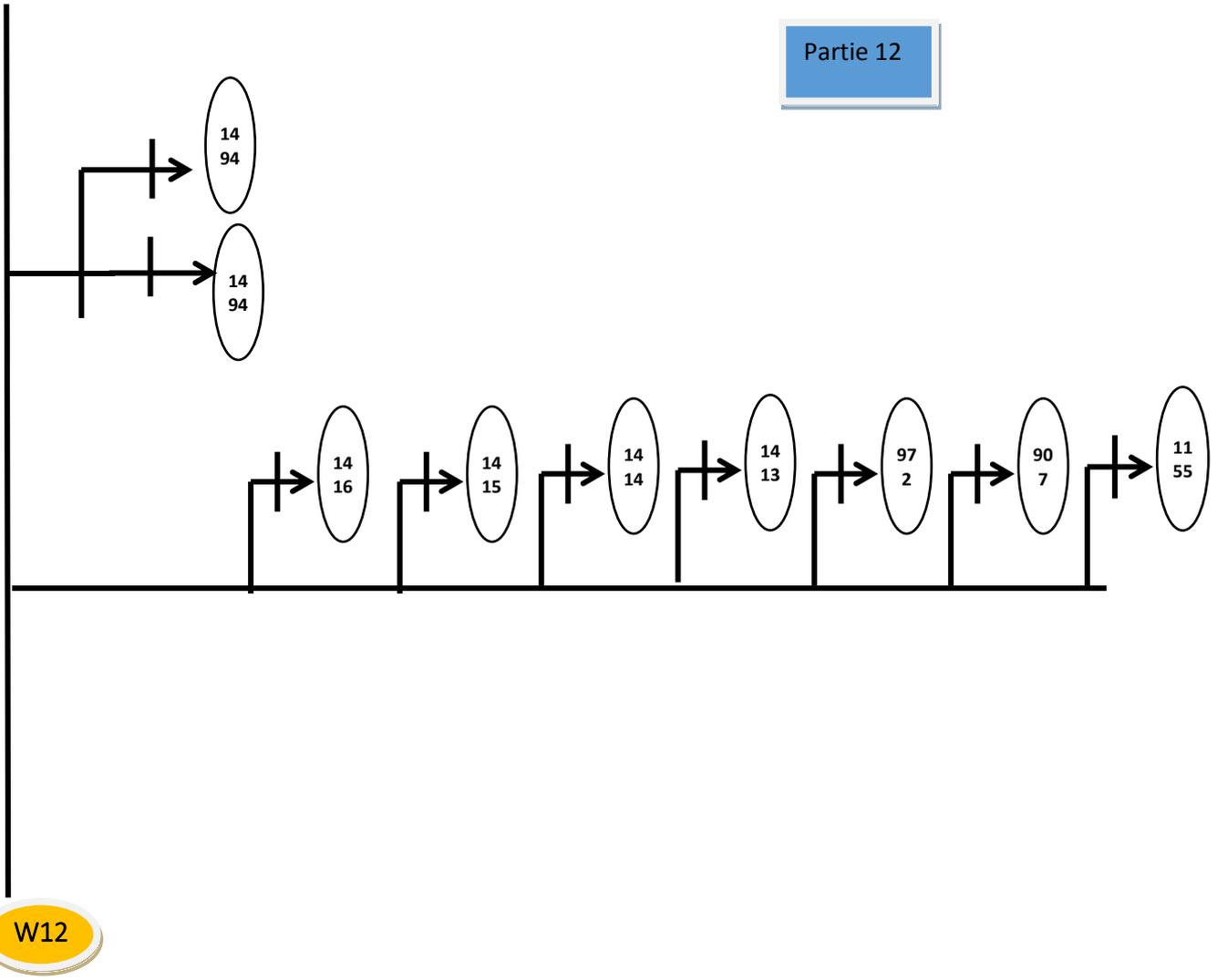
W10



W11

W11

Partie 12



W12

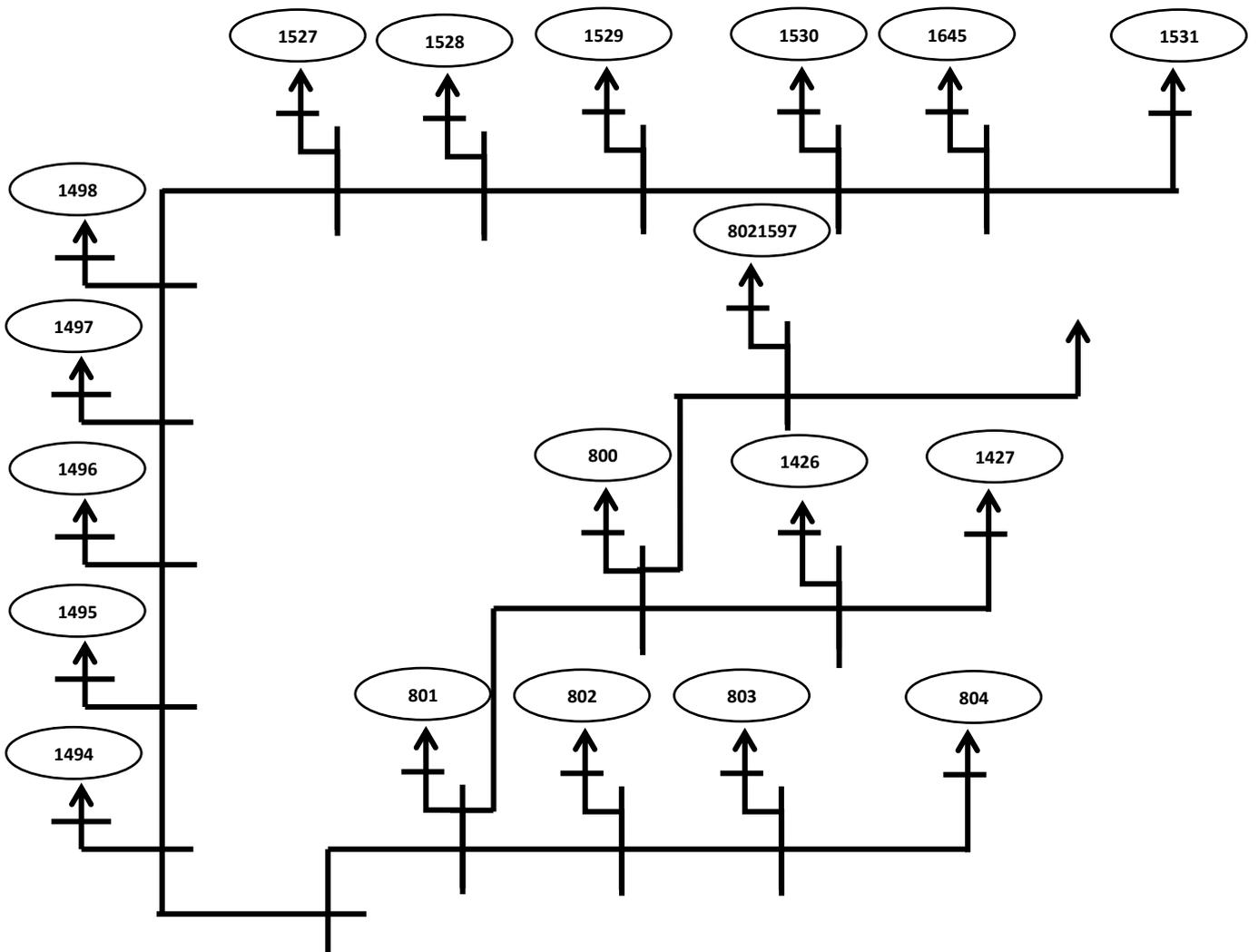


Figure IV.13 : Schéma unifilaire de réseau de distribution (De la première partie jusqu'à la 13^{ème} partie).

IV.7. Les différentes fonctions et types des postes MT/BT : [30]

On distingue trois (3) fonctions :

A) Les postes de distribution publique (DP) : Ces postes sont réalisés de la façon la plus économique compatible avec la sécurité des usagers. Ils sont de deux types.

⇒ Sur poteau pour des puissances

⇒ Maçonnés pour des puissances

Ce type de poste assure l'alimentation en énergie électrique des usagers en Basse Tension (BTA) (220 V, 380 V).

B) Les postes Livraison (L) : Ce sont des postes appartenant aux clients moyenne tension pour l'alimentation de leurs activités. Le poste livraison doit être équipé d'une cellule de comptage pour comptabiliser l'énergie consommée par le client, ainsi que d'une protection coté réseau BTB.

Les postes livraison sont de deux types :

⇒ Sur poteau des puissances

⇒ Maçonnés pour des puissances

En général le mode de comptage est en BTA pour des puissances et en BTB pour des puissances

C) poste mixte (MXT) : il assure deux fonctions. Distribution assurée en partie pour la distribution publique et l'autre partie pour le client BTB. Ce poste possède au moins deux transformateurs, un pour les clients BTA coté DP l'autre pour l'abonné BTB coté livraison.

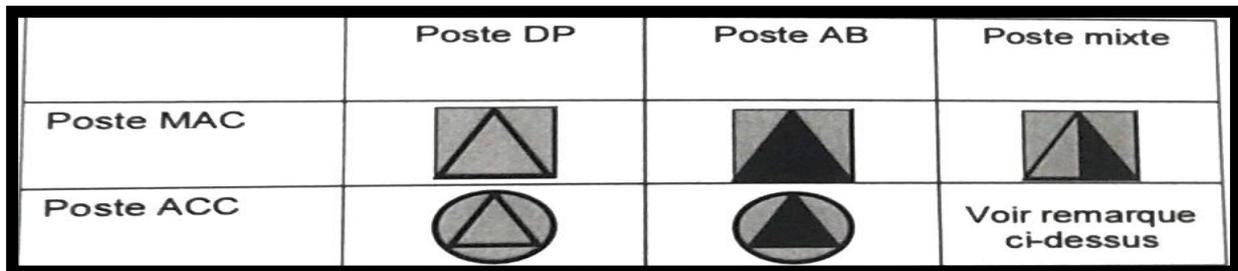


Figure IV.14 : Forme des postes

Type de réseau	Type de poste	Puissance des transformateurs
Aérien	Poteau	50 -100 -160
Aérien	Cabine	160- 250- 400 -630 -800 -1000
Souterrain	Cabine	160 -250 -400- 630 -800 -1000

Tableau IV.4 : Gammes des puissances normalisées des transformateurs BTB/BTA et type de poste.

❖ les postes :

NJB	Sins(KVA)	code	fonctions des postes
1	0		
2	0		
3	0		
4	0		
5	100	1540	AB
6	0		
7	160	877	DP
8	160	1206	AB
9	100	539	DP
10	160	1448	DP
11	160	1039	AB
12	160	1447	DP
13	160	1011	AB
14	0		
15	160	1236	DP
16	100	499	AB
17	100	1423	AB
18	100	589	AB
19	0		
20	160	796	DP
21	0		
22	160	795	DP
23	160	1029	DP
24	0		
25	160	406	DP
26	0		
27	0		
28	400	409	AB
29	0		
30	160	1288	DP
31	100	124	DP
32	630	1131	DP
33	160	1125	DP
34	100	1637	AB
35	100	305	AB
36	100	316	AB
37	0		
38	0		
39	0		

40	0		
41	0		
42	400	1547	DP
43	0		
44	0		
45	0		
46	0		
47	0		
48	0		
49	160	903	DP
	160	1592	DP
50	0		
51	0		
52	0		
53	0		
54	0		
55	100	268	AB
56	250	1312	AB
57	0		
58	630	1083	AB
59	100	265	AB
60	160	1162	DP
61	0		
62	0		
63	0		
64	0		
65	0		
66	100	750	AB
	100	753	AB
67	100	751	AB
68	100	752	AB
69	50	832	AB
	100	260	AB
70	100	630	DP
	160	1629	DP
71	160	1543	DP
72	160	1626	DP
73	160	1627	DP
74	160	1631	DP
75	160	1632	DP
	160	1633	DP
76	100	362	DP
77	160	578	DP

78	0		
79	160	582	DP
80	160	354	DP
81	160	583	DP
82	100	353	DP
83	100	584	DP
84	0		
85	0		
86	160	580	DP
87	0		
88	0		
89	160	1401	DP
	160	1400	DP
90	100	1014	AB
91	0		
92	160	1237	AB
93	50	133	AB
94	160	1346	DP
	160	1644	DP
95	160	1613	DP
	160	1614	DP
96	0		
97	160	872	DP
98	100	1499	AB
99	50	833	AB
	50	924	AB
100	100	819	AB
101	0		
102	100	1434	AB
103	0		
104	0		
105	100	1439	DP
	160	1440	DP
106	160	1437	DP
	160	1438	DP
107	0		
108	160	1518	DP
109	160	1519	DP
110	160	1521	DP
111	160	1523	DP
112	160	1437	DP
113	0		
114	160	1611	AB

115	160	1628	AB
116	100	34	AB
117	100	1612	AB
118	0		
119	160	1478	DP
120	160	1479	DP
	160	1480	DP
121	0		
122	160	1617	DP
123	160	1618	DP
124	0		
125	160	1619	DP
126	160	1620	DP
	160	1621	DP
127	160	1481	DP
128	0		
129	160	1483	DP
	160	1484	DP
130	160	1485	DP
	160	1486	DP
131	160	1487	DP
132	0		
133	0		
134	0		
135	160	1416	DP
136	160	1415	DP
137	160	1414	DP
138	160	1413	DP
139	50	972	AB
140	160	907	DP
141	0		
142	160	1155	DP
143	160	1156	DP
144	160	1157	DP
145	160	1557	DP
146	160	1558	DP
147	160	1559	DP
148	160	1560	DP
149	160	1561	DP
150	160	1562	DP
151	0		
152	160	1563	DP
153	0		

154	160	1494	DP
155	160	1495	DP
156	160	1496	DP
157	160	1497	DP
158	160	1498	DP
159	160	1527	DP
160	160	1528	DP
161	160	1529	DP
162	160	1530	DP
163	160	1645	DP
164	160	1531	DP
165	160	1426	DP
	160	1427	DP
166	0		
167	100	1597	AB
168	0		
169	0		
170	100	801	AB
171	100	802	AB
172	100	803	AB
	100	804	AB
181	160	1445	DP
182	160	1251	DP
183	160	1446	DP
184	160	1252	DP
189	160	1158	DP
195	160	797	DP
	160	1001	AB
198	630	1232	DP
199	630	1112	DP
200	160	811	DP
201	630	82	DP
202	160	81	DP
203	100	240	AB
204	160	862	DP
205	0		
210	630	184	DP
211	160	249	AB
212	160	1555	DP
213	250	1027	DP
221	100	714	AB
222	250	1007	DP

223	0		
224	630	542	DP
226	630	1190	DP
227	630	1116	DP
228	160	543	DP
229	160	309	DP
230	160	132	DP
	250	1164	DP
231	250	130	DP
232	100	131	DP
233	160	904	DP
234	100	823	AB
235	160	905	DP
236	100	824	AB

Tableau IV.5 : Les caractéristiques de tous les postes du départ M’lili.

❖ Les lignes :

Catégories des lignes	Section des lignes (mm ²)	Résistance linéique (Ω/km)	réactance linéique (Ω/km)
Aérienne type 1	34.4	0.958	0.35
Aérienne type 1	93.3	0.357	0.35
Aérienne type 1	54.6	0.603	0.35
Câble souterrain	120	0.284	0.35

Tableau IV.6 : caractéristiques des lignes du réseau de distribution M’lili.

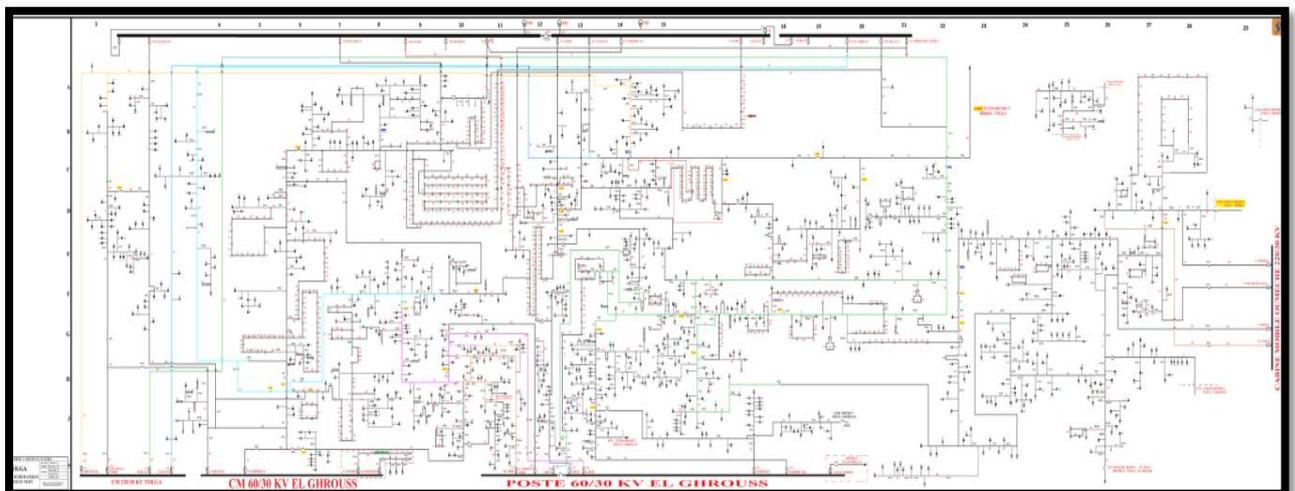


Figure IV.15 : La carte schématique de réseau 30 kV de la zone de Tolga.

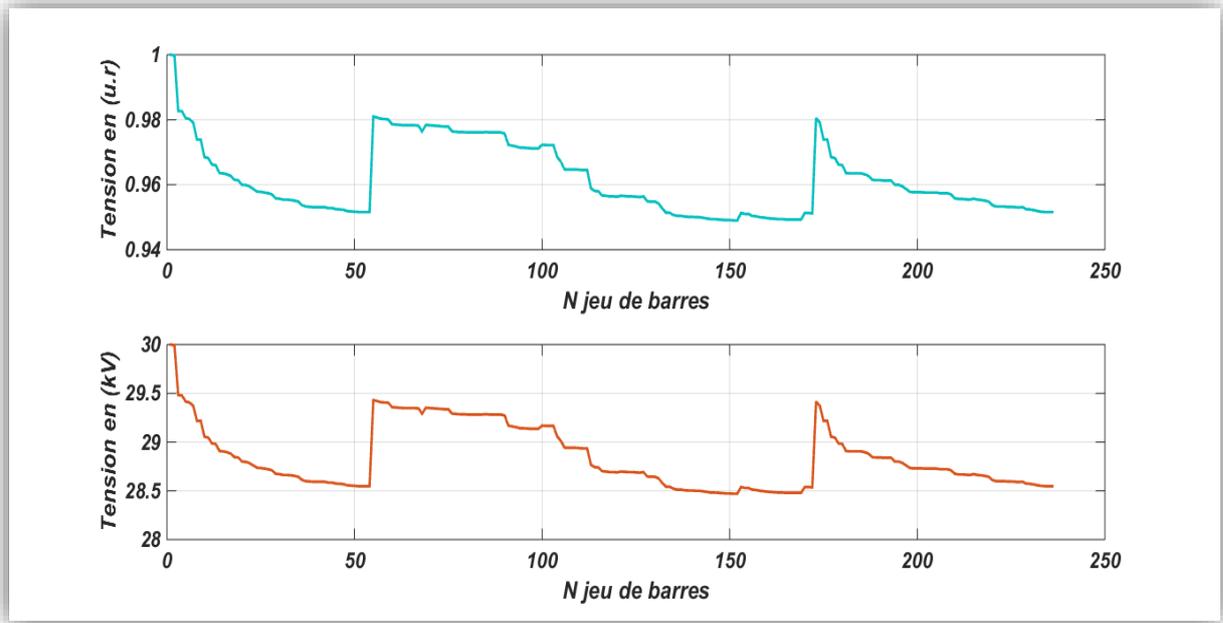


Figure IV.16 : Distribution des tensions aux jeux de barres en unité relative ($U_s=1$ p.u) et 30 en kV.

N JB	Vm1 (u.r)	Vm1 (kV)
1	1.0000	30.0000
2	0.9998	29.9940
3	0.9827	29.4810
4	0.9826	29.4780
5	0.9805	29.4150
6	0.9802	29.4060
7	0.9791	29.3730
8	0.9739	29.2170
9	0.9739	29.2170
10	0.9685	29.0550
11	0.9682	29.0460
12	0.9662	28.9860
13	0.9660	28.9800
14	0.9636	28.9080
15	0.9635	28.9050
16	0.9632	28.8960
17	0.9627	28.8810
18	0.9615	28.8450
19	0.9614	28.8420
20	0.9600	28.8000
21	0.9599	28.7970
22	0.9595	28.7850
23	0.9587	28.7610
24	0.9579	28.7370
25	0.9578	28.7340
26	0.9576	28.7280
27	0.9574	28.7220
28	0.9570	28.7100
29	0.9558	28.6740

30	0.9557	28.6710
31	0.9554	28.6620
32	0.9554	28.6620
33	0.9553	28.6590
34	0.9551	28.6530
35	0.9548	28.6440
36	0.9537	28.6110
37	0.9533	28.5990
38	0.9532	28.5960
39	0.9531	28.5930
40	0.9531	28.5930
41	0.9531	28.5930
42	0.9531	28.5930
43	0.9528	28.5840
44	0.9528	28.5840
45	0.9525	28.5750
46	0.9524	28.5720
47	0.9523	28.5690
48	0.9519	28.5570
49	0.9518	28.5540
50	0.9516	28.5480
51	0.9516	28.5480
52	0.9516	28.5480
53	0.9516	28.5480
54	0.9810	29.4300
55	0.9807	29.4210
56	0.9803	29.4090
57	0.9802	29.4060
58	0.9801	29.4030
59	0.9786	29.3580
60	0.9785	29.3550
61	0.9784	29.3520
62	0.9783	29.3490
63	0.9783	29.3490
64	0.9783	29.3490
65	0.9783	29.3490
66	0.9782	29.3460
67	0.9784	29.3520
68	0.9783	29.3490
65	0.9782	29.3460
66	0.9781	29.3430
67	0.9779	29.3370
68	0.9779	29.3370
65	0.9764	29.2920
66	0.9763	29.2890
67	0.9762	29.2860
68	0.9761	29.2830
69	0.9761	29.2830
70	0.9761	29.2830
71	0.9762	29.2860
72	0.9761	29.2830
73	0.9761	29.2830
74	0.9761	29.2830

75	0.9761	29.2830
76	0.9723	29.1690
77	0.9720	29.1600
78	0.9718	29.1540
79	0.9714	29.1420
80	0.9714	29.1420
81	0.9713	29.1390
82	0.9712	29.1360
83	0.9712	29.1360
84	0.9712	29.1360
85	0.9723	29.1690
86	0.9722	29.1660
87	0.9722	29.1660
88	0.9722	29.1660
89	0.9686	29.0580
90	0.9647	28.9410
91	0.9647	28.9410
92	0.9647	28.9410
93	0.9647	28.9410
94	0.9646	28.9380
95	0.9645	28.9350
96	0.9581	28.7430
97	0.9580	28.7400
98	0.9567	28.7010
99	0.9566	28.6980
100	0.9564	28.6920
101	0.9563	28.6890
102	0.9566	28.6980
103	0.9565	28.6950
104	0.9564	28.6920
105	0.9564	28.6920
106	0.9562	28.6860
107	0.9549	28.6470
108	0.9548	28.6440
109	0.9548	28.6440
110	0.9543	28.6290
111	0.9527	28.5810
112	0.9514	28.5420
113	0.9514	28.5420
114	0.9507	28.5210
115	0.9504	28.5120
116	0.9504	28.5120
117	0.9502	28.5060
118	0.9501	28.5030
119	0.9501	28.5030
120	0.9500	28.5000
121	0.9498	28.4940
122	0.9496	28.4880
123	0.9494	28.4820
124	0.9494	28.4820
125	0.9493	28.4790
126	0.9492	28.4760
127	0.9491	28.4730

128	0.9490	28.4700
129	0.9490	28.4700
130	0.9510	28.5300
131	0.9504	28.5120
132	0.9503	28.5090
133	0.9500	28.5000
134	0.9499	28.4970
135	0.9497	28.4910
136	0.9496	28.4880
137	0.9495	28.4850
138	0.9494	28.4820
139	0.9494	28.4820
140	0.9493	28.4790
141	0.9493	28.4790
142	0.9493	28.4790
143	0.9493	28.4790
144	0.9493	28.4790
145	0.9513	28.5390
146	0.9513	28.5390
147	0.9512	28.5360
148	0.9805	29.4150
149	0.9791	29.3730
150	0.9739	29.2170
151	0.9739	29.2170
152	0.9685	29.0550
153	0.9682	29.0460
154	0.9662	28.9860
155	0.9660	28.9800
156	0.9636	28.9080
157	0.9635	28.9050
158	0.9635	28.9050
159	0.9635	28.9050
160	0.9635	28.9050
161	0.9632	28.8960
162	0.9627	28.8810
163	0.9615	28.8450
164	0.9614	28.8420
165	0.9614	28.8420
166	0.9613	28.8390
167	0.9613	28.8390
168	0.9600	28.8000
169	0.9600	28.8000
170	0.9595	28.7850
171	0.9587	28.7610
172	0.9578	28.7340
181	0.9577	28.7310
182	0.9577	28.7310
183	0.9576	28.7280
184	0.9576	28.7280
189	0.9576	28.7280
195	0.9576	28.7280
198	0.9574	28.7220
199	0.9574	28.7220

200	0.9570	28.7100
201	0.9558	28.6740
202	0.9556	28.6680
203	0.9556	28.6680
204	0.9555	28.6650
205	0.9554	28.6620
210	0.9557	28.6710
211	0.9554	28.6620
212	0.9553	28.6590
213	0.9551	28.6530
221	0.9548	28.6440
222	0.9537	28.6110
223	0.9533	28.5990
224	0.9533	28.5990
226	0.9533	28.5990
227	0.9532	28.5960
228	0.9532	28.5960
229	0.9531	28.5930
230	0.9530	28.5900
231	0.9525	28.5750
232	0.9524	28.5720
233	0.9522	28.5660
234	0.9519	28.5570
235	0.9517	28.5510
236	0.9516	28.5480

Tableau IV.7 : Module de tension (Départ 30 kV M'lili $U_b=30$ kV) test 1.

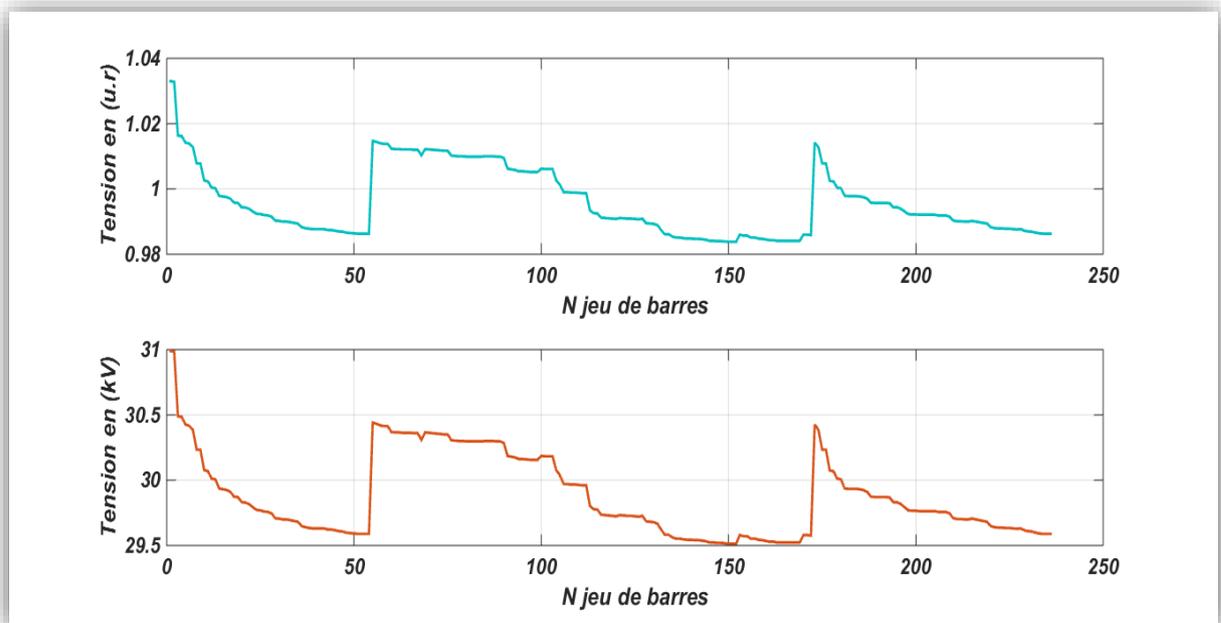


Figure IV.17 : Distribution des tensions aux jeux de barres en unité relative ($U_s=1.033$ p.u) et 31 en kV.

N JB	Vm2 (u.r)	Vm2 (kV)
1	1.0330	30.9900
2	1.0328	30.9840
3	1.0163	30.4890
4	1.0162	30.4860
5	1.0142	30.4260
6	1.0139	30.4170
7	1.0128	30.3840
8	1.0078	30.2340
9	1.0078	30.2340
10	1.0026	30.0780
11	1.0023	30.0690
12	1.0004	30.0120
13	1.0002	30.0060
14	0.9979	29.9370
15	0.9977	29.9310
16	0.9975	29.9250
17	0.9970	29.9100
18	0.9958	29.8740
19	0.9957	29.8710
20	0.9944	29.8320
21	0.9943	29.8290
22	0.9939	29.8170
23	0.9931	29.7930
24	0.9924	29.7720
25	0.9923	29.7690
26	0.9920	29.7600
27	0.9919	29.7570
28	0.9915	29.7450
29	0.9903	29.7090
30	0.9902	29.7060
31	0.9900	29.7000
32	0.9900	29.7000
33	0.9898	29.6940
34	0.9896	29.6880
35	0.9894	29.6820
36	0.9883	29.6490
37	0.9880	29.6400
38	0.9878	29.6340
39	0.9877	29.6310
40	0.9877	29.6310
41	0.9877	29.6310
42	0.9877	29.6310
43	0.9874	29.6220
44	0.9874	29.6220
45	0.9872	29.6160
46	0.9870	29.6100
47	0.9869	29.6070
48	0.9866	29.5980
49	0.9865	29.5950
50	0.9863	29.5920
51	0.9863	29.5890
52	0.9863	29.5890

53	0.9863	29.5890
54	1.0147	29.5890
55	1.0144	30.4410
56	1.0140	30.4320
57	1.0138	30.4200
58	1.0138	30.4140
59	1.0123	30.4140
60	1.0122	30.3690
61	1.0122	30.3660
62	1.0121	30.3660
63	1.0121	30.3630
64	1.0121	30.3630
65	1.0120	30.3630
66	1.0120	30.3600
67	1.0122	30.3600
68	1.0121	30.3090
65	1.0120	30.3660
66	1.0119	30.3630
67	1.0117	30.3600
68	1.0117	30.3570
65	1.0102	30.3540
66	1.0101	30.3510
67	1.0100	30.3510
68	1.0099	30.3060
69	1.0099	30.3030
70	1.0099	30.3000
71	1.0100	30.3000
72	1.0100	30.2970
73	1.0100	30.2970
74	1.0099	30.2970
75	1.0099	30.2970
76	1.0062	30.2970
77	1.0060	30.3000
78	1.0058	30.3000
79	1.0054	30.3000
80	1.0054	30.2970
81	1.0053	30.2970
82	1.0052	30.2850
83	1.0052	30.1860
84	1.0052	30.1800
85	1.0062	30.1740
86	1.0061	30.1620
87	1.0061	30.1620
88	1.0061	30.1590
89	1.0026	30.1560
90	0.9990	30.1560
91	0.9990	30.1560
92	0.9989	30.1860
93	0.9989	30.1830
94	0.9988	30.1830
95	0.9987	30.1830
96	0.9926	30.0780
97	0.9925	30.0360

98	0.9912	29.9700
99	0.9911	29.9700
100	0.9909	29.9670
101	0.9908	29.9670
102	0.9911	29.9640
103	0.9910	29.9610
104	0.9909	29.9610
105	0.9909	29.8020
106	0.9907	29.7780
107	0.9895	29.7750
108	0.9894	29.7360
109	0.9893	29.7330
110	0.9889	29.7300
111	0.9874	29.7270
112	0.9861	29.7240
113	0.9861	29.7330
114	0.9854	29.7300
115	0.9851	29.7270
116	0.9851	29.7270
117	0.9849	29.7240
118	0.9848	29.7210
119	0.9848	29.7270
120	0.9847	29.6850
121	0.9846	29.6820
122	0.9844	29.6790
123	0.9841	29.6670
124	0.9841	29.6220
125	0.9840	29.5830
126	0.9840	29.5830
127	0.9838	29.5620
128	0.9838	29.5530
129	0.9838	29.5530
130	0.9857	29.5470
131	0.9851	29.5440
132	0.9851	29.5440
133	0.9848	29.5410
134	0.9847	29.5410
135	0.9845	29.5380
136	0.9843	29.5320
137	0.9843	29.5230
138	0.9841	29.5230
139	0.9841	29.5200
140	0.9841	29.5200
141	0.9841	29.5170
142	0.9841	29.5140
143	0.9841	29.5140
144	0.9841	29.5140
145	0.9860	29.5800
146	0.9860	29.5710
147	0.9859	29.5710
148	1.0142	29.5530
149	1.0128	29.5530
150	1.0078	29.5440

151	1.0078	29.5410
152	1.0025	29.5350
153	1.0023	29.5290
154	1.0004	29.5290
155	1.0002	29.5230
156	0.9979	29.5230
157	0.9978	29.5230
158	0.9978	29.5230
159	0.9978	29.5230
160	0.9977	29.5230
161	0.9975	29.5230
162	0.9970	29.5800
163	0.9958	29.5800
164	0.9957	29.5770
165	0.9957	30.4260
166	0.9957	30.3840
167	0.9956	30.2340
168	0.9944	30.2340
169	0.9944	30.0750
170	0.9939	30.0690
171	0.9931	30.0120
172	0.9923	30.0060
181	0.9922	29.9370
182	0.9921	29.9340
183	0.9921	29.9340
184	0.9921	29.9340
189	0.9921	29.9310
195	0.9921	29.9250
198	0.9919	29.9100
199	0.9919	29.8740
200	0.9915	29.8710
201	0.9903	29.8710
202	0.9901	29.8710
203	0.9901	29.8710
204	0.9900	29.8680
205	0.9900	29.8320
210	0.9902	29.8320
211	0.9900	29.8170
212	0.9898	29.7930
213	0.9896	29.7690
221	0.9894	29.7660
222	0.9883	29.7660
223	0.9880	29.7630
224	0.9879	29.7630
226	0.9879	29.7630
227	0.9878	29.7630
228	0.9878	29.7630
229	0.9877	29.7570
230	0.9876	29.7570
231	0.9872	29.7570
232	0.9870	29.7450
233	0.9869	29.7090
234	0.9866	29.7030

235	0.9864	29.7030
236	0.9863	29.7000

Tableau IV.8 : Module de tension (Départ 30 kV M’lili Ub=30 kV) test 2.

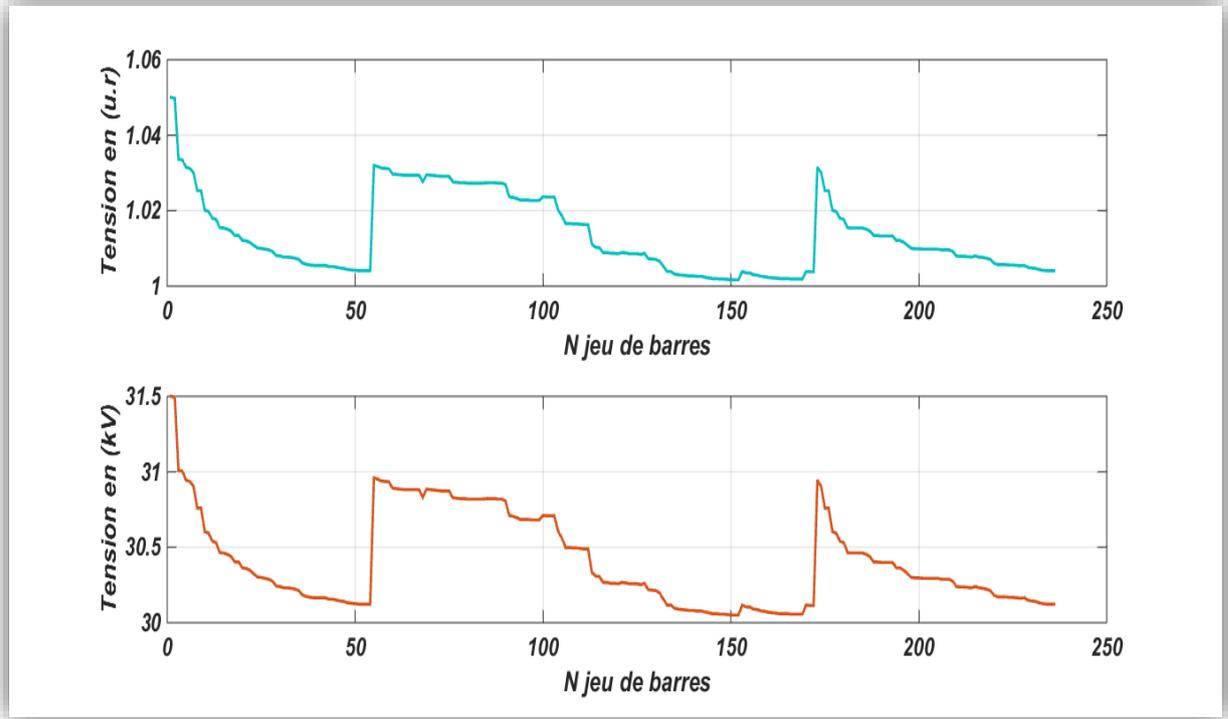


Figure IV.18 : Distribution des tensions aux jeux de barres en unité relative ($U_s=1.05$ p.u)

et 31.5 en kV.

N JB	Vm3 (u.r)	Vm3 (kV)
1	1.0500	31.5000
2	1.0498	31.4940
3	1.0336	31.0080
4	1.0335	31.0050
5	1.0315	30.9450
6	1.0312	30.9360
7	1.0301	30.9030
8	1.0253	30.7590
9	1.0253	30.7590
10	1.0201	30.6030
11	1.0198	30.5940
12	1.0180	30.5400
13	1.0177	30.5310
14	1.0155	30.4650
15	1.0154	30.4620
16	1.0151	30.4530
17	1.0146	30.4380
18	1.0134	30.4020

19	1.0134	30.4020
20	1.0121	30.3630
21	1.0120	30.3600
22	1.0116	30.3480
23	1.0108	30.3240
24	1.0101	30.3030
25	1.0100	30.3000
26	1.0098	30.2940
27	1.0096	30.2880
28	1.0092	30.2760
29	1.0081	30.2430
30	1.0080	30.2400
31	1.0077	30.2310
32	1.0077	30.2310
33	1.0076	30.2280
34	1.0074	30.2220
35	1.0071	30.2130
36	1.0061	30.1830
37	1.0058	30.1740
38	1.0056	30.1680
39	1.0055	30.1650
40	1.0055	30.1650
41	1.0055	30.1650
42	1.0055	30.1650
43	1.0052	30.1560
44	1.0052	30.1560
45	1.0050	30.1500
46	1.0048	30.1440
47	1.0047	30.1410
48	1.0044	30.1320
49	1.0043	30.1290
50	1.0041	30.1230
51	1.0041	30.1230
52	1.0041	30.1230
53	1.0041	30.1230
54	1.0320	30.9600
55	1.0317	30.9510
56	1.0313	30.9390
57	1.0312	30.9360
58	1.0311	30.9330
59	1.0297	30.8910
60	1.0296	30.8880
61	1.0295	30.8850
62	1.0294	30.8820
63	1.0294	30.8820
64	1.0294	30.8820
65	1.0294	30.8820
66	1.0294	30.8820
67	1.0295	30.8850
68	1.0294	30.8820
65	1.0293	30.8790
66	1.0292	30.8760
67	1.0291	30.8730

68	1.0291	30.8730
65	1.0276	30.8280
66	1.0275	30.8250
67	1.0274	30.8220
68	1.0273	30.8190
69	1.0273	30.8190
70	1.0273	30.8190
71	1.0274	30.8220
72	1.0274	30.8220
73	1.0274	30.8220
74	1.0273	30.8190
75	1.0273	30.8190
76	1.0237	30.7110
77	1.0235	30.7050
78	1.0232	30.6960
79	1.0228	30.6840
80	1.0228	30.6840
81	1.0228	30.6840
82	1.0227	30.6810
83	1.0227	30.6810
84	1.0227	30.6810
85	1.0237	30.7110
86	1.0236	30.7080
87	1.0236	30.7080
88	1.0236	30.7080
89	1.0202	30.6060
90	1.0166	30.4980
91	1.0166	30.4980
92	1.0165	30.4950
93	1.0165	30.4950
94	1.0164	30.4920
95	1.0163	30.4890
96	1.0103	30.3090
97	1.0102	30.3060
98	1.0089	30.2670
99	1.0089	30.2670
100	1.0087	30.2610
101	1.0086	30.2580
102	1.0089	30.2670
103	1.0088	30.2640
104	1.0086	30.2580
105	1.0086	30.2580
106	1.0084	30.2520
107	1.0087	30.2610
108	1.0072	30.2160
109	1.0071	30.2130
110	1.0066	30.1980
111	1.0052	30.1560
112	1.0039	30.1170
113	1.0039	30.1170
114	1.0032	30.0960
115	1.0030	30.0900
116	1.0029	30.0870

117	1.0028	30.0840
118	1.0027	30.0810
119	1.0027	30.0810
120	1.0026	30.0780
121	1.0024	30.0720
122	1.0022	30.0660
123	1.0020	30.0600
124	1.0020	30.0600
125	1.0019	30.0570
126	1.0019	30.0570
127	1.0017	30.0510
128	1.0017	30.0510
129	1.0017	30.0510
130	1.0035	30.1050
131	1.0030	30.0900
132	1.0029	30.0870
133	1.0026	30.0780
134	1.0025	30.0750
135	1.0023	30.0690
136	1.0022	30.0660
137	1.0021	30.0630
138	1.0020	30.0600
139	1.0020	30.0600
140	1.0020	30.0600
141	1.0019	30.0570
142	1.0019	30.0570
143	1.0019	30.0570
144	1.0019	30.0570
145	1.0039	30.1170
146	1.0038	30.1140
147	1.0038	30.1140
148	1.0315	30.9450
149	1.0301	30.9030
150	1.0253	30.7590
151	1.0253	30.7590
152	1.0201	30.6030
153	1.0198	30.5940
154	1.0180	30.5400
155	1.0177	30.5310
156	1.0155	30.4650
157	1.0154	30.4620
158	1.0154	30.4620
159	1.0154	30.4620
160	1.0154	30.4620
161	1.0151	30.4530
162	1.0146	30.4380
163	1.0134	30.4020
164	1.0134	30.4020
165	1.0133	30.3990
166	1.0133	30.3990
167	1.0133	30.3990
168	1.0121	30.3630
169	1.0121	30.3630

170	1.0116	30.3480
171	1.0108	30.3240
172	1.0100	30.3000
181	1.0099	30.2970
182	1.0098	30.2940
183	1.0098	30.2940
184	1.0098	30.2940
189	1.0098	30.2940
195	1.0098	30.2940
198	1.0096	30.2880
199	1.0096	30.2880
200	1.0092	30.2760
201	1.0080	30.2400
202	1.0079	30.2370
203	1.0079	30.2370
204	1.0078	30.2340
205	1.0077	30.2310
210	1.0080	30.2400
211	1.0077	30.2310
212	1.0076	30.2280
213	1.0074	30.2220
221	1.0071	30.2130
222	1.0061	30.1830
223	1.0057	30.1710
224	1.0057	30.1710
226	1.0057	30.1710
227	1.0056	30.1680
228	1.0056	30.1680
229	1.0055	30.1650
230	1.0054	30.1620
231	1.0050	30.1500
232	1.0048	30.1440
233	1.0047	30.1410
234	1.0044	30.1320
235	1.0042	30.1260
236	1.0041	30.1230

Tableau IV.9 : Module de tension (Départ 30 kV M'lili $U_b=30$ kV) test 3.

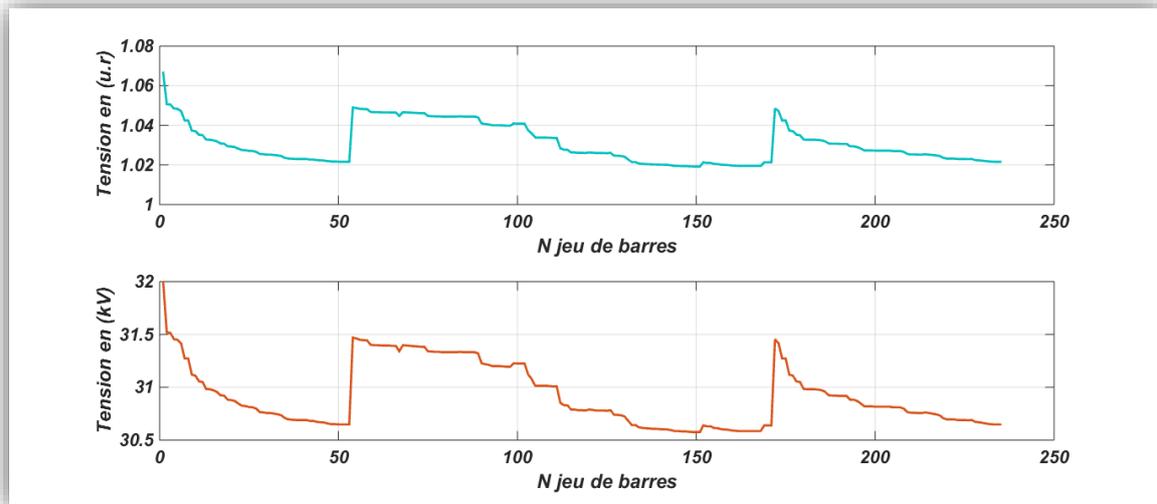


Figure IV.19 : Distribution des tensions aux jeux de barres en unité relative ($U_s=1.0665$ p.u) et 32 en kV.

N JB	Vm4 (u.r)	Vm4 (kV)
1	1.0665	31.9950
2	1.0506	31.5180
3	1.0505	31.5150
4	1.0485	31.4550
5	1.0483	31.4490
6	1.0472	31.4160
7	1.0424	31.2720
8	1.0424	31.2720
9	1.0373	31.1190
10	1.0370	31.1100
11	1.0352	31.0560
12	1.0350	31.0500
13	1.0328	30.9840
14	1.0327	30.9810
15	1.0324	30.9720
16	1.0319	30.9570
17	1.0308	30.9240
18	1.0307	30.9210
19	1.0294	30.8820
20	1.0293	30.8790
21	1.0290	30.8700
22	1.0282	30.8460
23	1.0275	30.8250
24	1.0274	30.8220
25	1.0271	30.8130
26	1.0270	30.8100
27	1.0266	30.7980
28	1.0255	30.7650
29	1.0254	30.7620
30	1.0252	30.7560

31	1.0252	30.7560
32	1.0250	30.7500
33	1.0248	30.7440
34	1.0245	30.7350
35	1.0236	30.7080
36	1.0232	30.6960
37	1.0231	30.6930
38	1.0230	30.6900
39	1.0230	30.6900
40	1.0230	30.6900
41	1.0230	30.6900
42	1.0227	30.6810
43	1.0227	30.6810
44	1.0224	30.6720
45	1.0223	30.6690
46	1.0222	30.6660
47	1.0219	30.6570
48	1.0217	30.6510
49	1.0217	30.6510
50	1.0216	30.6480
51	1.0216	30.6480
52	1.0216	30.6480
53	1.0490	31.4700
54	1.0487	31.4610
55	1.0483	31.4490
56	1.0482	31.4460
57	1.0481	31.4430
58	1.0467	31.4010
59	1.0466	31.3980
60	1.0466	31.3980
61	1.0465	31.3950
62	1.0465	31.3950
63	1.0465	31.3950
64	1.0464	31.3920
65	1.0464	31.3920
66	1.0447	31.3410
67	1.0465	31.3950
68	1.0464	31.3920
65	1.0463	31.3890
66	1.0462	31.3860
67	1.0461	31.3830
68	1.0447	31.3410
65	1.0446	31.3380
66	1.0445	31.3350
67	1.0445	31.3350
68	1.0444	31.3320
69	1.0444	31.3320
70	1.0444	31.3320
71	1.0444	31.3320
72	1.0444	31.3320
73	1.0444	31.3320
74	1.0444	31.3320
75	1.0440	31.3200

76	1.0406	31.2180
77	1.0404	31.2120
78	1.0400	31.2000
79	1.0400	31.2000
80	1.0400	31.2000
81	1.0399	31.1970
82	1.0398	31.1940
83	1.0398	31.1940
84	1.0409	31.2270
85	1.0408	31.2240
86	1.0408	31.2240
87	1.0408	31.2240
88	1.0374	31.1220
89	1.0359	31.0770
90	1.0338	31.0140
91	1.0338	31.0140
92	1.0338	31.0140
93	1.0337	31.0110
94	1.0336	31.0080
95	1.0284	30.8520
96	1.0276	30.8280
97	1.0263	30.7890
98	1.0263	30.7890
99	1.0261	30.7830
100	1.0260	30.7800
101	1.0263	30.7890
102	1.0262	30.7860
103	1.0260	30.7800
104	1.0260	30.7800
105	1.0260	30.7800
106	1.0261	30.7830
107	1.0247	30.7410
108	1.0245	30.7350
109	1.0241	30.7230
110	1.0227	30.6810
111	1.0214	30.6420
112	1.0214	30.6420
113	1.0207	30.6210
114	1.0205	30.6150
115	1.0204	30.6120
116	1.0203	30.6090
117	1.0202	30.6060
118	1.0202	30.6060
119	1.0201	30.6030
120	1.0201	30.6030
121	1.0198	30.5940
122	1.0195	30.5850
123	1.0195	30.5850
124	1.0194	30.5820
125	1.0194	30.5820
126	1.0193	30.5790
127	1.0192	30.5760
128	1.0192	30.5760

129	1.0213	30.6390
130	1.0210	30.6300
131	1.0204	30.6120
132	1.0201	30.6030
133	1.0200	30.6000
134	1.0199	30.5970
135	1.0197	30.5910
136	1.0196	30.5880
137	1.0195	30.5850
138	1.0195	30.5850
139	1.0195	30.5850
140	1.0195	30.5850
141	1.0195	30.5850
142	1.0195	30.5850
143	1.0195	30.5850
144	1.0213	30.6390
145	1.0213	30.6390
146	1.0213	30.6390
147	1.0485	31.4550
148	1.0472	31.4160
149	1.0424	31.2720
150	1.0424	31.2720
151	1.0373	31.1190
152	1.0370	31.1100
153	1.0352	31.0560
154	1.0350	31.0500
155	1.0328	30.9840
156	1.0327	30.9810
157	1.0327	30.9810
158	1.0327	30.9810
159	1.0326	30.9780
160	1.0324	30.9720
161	1.0319	30.9570
162	1.0308	30.9240
163	1.0307	30.9210
164	1.0307	30.9210
165	1.0306	30.9180
166	1.0306	30.9180
167	1.0294	30.8820
168	1.0294	30.8820
169	1.0290	30.8700
170	1.0282	30.8460
171	1.0273	30.8190
172	1.0273	30.8190
181	1.0272	30.8160
182	1.0272	30.8160
183	1.0272	30.8160
184	1.0272	30.8160
189	1.0272	30.8160
195	1.0270	30.8100
198	1.0270	30.8100
199	1.0266	30.7980
200	1.0255	30.7650

201	1.0253	30.7590
202	1.0253	30.7590
203	1.0252	30.7560
204	1.0252	30.7560
205	1.0254	30.7620
210	1.0252	30.7560
211	1.0250	30.7500
212	1.0248	30.7440
213	1.0245	30.7350
221	1.0236	30.7080
222	1.0232	30.6960
223	1.0232	30.6960
224	1.0232	30.6960
226	1.0230	30.6900
227	1.0230	30.6900
228	1.0230	30.6900
229	1.0229	30.6870
230	1.0230	30.6900
231	1.0223	30.6690
232	1.0221	30.6630
233	1.0219	30.6570
234	1.0217	30.6510
235	1.0216	30.6480
236	1.0216	30.6480

Tableau IV.10 : Module de tension (Départ 30 kV M'lili $U_b=30$ kV) test 4.

❖ Les pertes totales et les puissances fournies par le transformateur principal

	Cas 1 : $U_s=30$ (kV) $U_s=1$ p.u	Cas 2 : $U_s=31$ (kV) $U_s=1.0333$ p.u	Cas 3 : $U_s=31.5$ (kV) $U_s=1.05$ p.u	Cas 4 : $U_s=32$ (kV) $U_s=1.0667$ p.u
P_g (MW)	6.2898	6.2741	6.2666	6.2596
Q_g(MVA_r)	4.7568	4.7423	4.7354	4.7290
P_d (MW)	6.0591	6.0591	6.0591	6.0591
Q_d (MVA_r)	4.5443	4.5443	4.5443	4.5443
ΔP_{tot} (kW)	231	214.9	207.5	200.5
V_{min} (kV)	28.47	29.514	30.051	30.576
JB critique	151	150.0000	150	149.0000

Tableau IV.11 : Résultats d'analyse du réseau de M'lili (charge normale avec variation de la tension de la source).

Analyse et interprétations des cas d'études :

Scenario 1 : Régime normal

Ce premier scénario a pour objectif d'analyser l'état du réseau de distribution de la région de M'lili pour une puissance demandée enregistrée pendant la période d'été 2017.

Cas 1 : tension de la source $U_s=30$ kV

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la tension minimale est de 28.47 kV enregistré au jeu de barres 151. Ce jeu de barre est le jeu de barre le plus critique, c'est-à-dire que les clients base tension qui sont alimentés à partir de ce jeu de barre, ont une mauvaise qualité d'énergie. La valeur des pertes actives totales est de 0.231MW.

Cas 2 : Réglage de la tension au niveau du poste source

Le réglage de la tension est une technique largement utilisée par les exploitants des réseaux électriques pour améliorer le niveau de tension aux niveaux des jeux de barres de charges. Ce cas d'étude est dédié à l'analyse du réseau de distribution de M'lili pour différentes valeurs de tension. En général, le transformateur de poste source est équipé d'un régulateur de tension permettant de régler la tension à la sortie du transformateur de 30 kV à une valeur maximale de 32 kV. Ce moyen de réglage est efficace mais peut avoir des conséquences indésirables chez les clients branchés à côté du poste source et qui possède une tension stable et conforme. Pour ces cas, nous avons procédé à la variation de la tension de la source selon les normes pratiques appliquées par la Sonelgaz. Les résultats d'analyse de ces tests en termes de module de tension et pertes actives sont récapitulés dans les tableaux IV.8 et IV.9 et IV.10 et IV.11. Le réglage de la tension au niveau du poste source nous permis de réduire les pertes actives dans les lignes, ce qui permet d'assurer relativement une exploitation du réseau de distribution de la région de M'lili pour le cas normal avec également la considération de l'augmentation de la charge.

Scenario 2 : Augmentation de la charge

Dans ce deuxième test nous avons procédé à l'analyse de l'état du réseau de distribution de la région de M'lili avec considération de l'augmentation de la charge. Pour ce cas la puissance active demandée totale est augmentée de 6.0591 MW à 10.5376 MW, la puissance réactive demandée est augmentée à 7.9032 MVar. La tension au niveau de la source est varié de 30 kV à la valeur maximale 32 kV. Les résultats 'analyse sont récapitulés dans le Tableau IV.12.

	Cas 1 : Us= 30 (kV) Us=1 p.u	Cas 2 : Us=31 (kV) Us=1.0333 p.u	Cas 3 : Us=31.5 (kV) Us=1.05 p.u	Cas 4 : Us=32 (kV) Us=1.0667 p.u
Pg (MW)	11.2873	11.2319	11.2065	11.1825
Qg (MVar)	8.5935	8.5425	8.5192	8.4971
Pd (MW)	10.5376	10.5376	10.5376	10.5376
Qd (MVar)	7.9032	7.9032	7.9032	7.9032
ΔP_{tot} (kW)	749.7	694.30	668.9	644.9
Vmin (kV)	27.237	28.3409	28.8913	29.4398
JB critique	152	152	152	152

Tableau IV.12 : Résultats d'analyse du réseau de M'lili avec augmentation de la charge.

Interprétations des résultats :

D'après les résultats d'analyse du deuxième scenario basé sur l'augmentation de la charge au niveau du départ M'lili, les commentaires et recommandation suivantes sont à considérer pour assurer une meilleure exploitation du départ tout en considérant les projets à réaliser.

1. La tension d'émission 30 kV est insuffisante pour garantir une qualité de tensions fournie aux consommateurs. La tension minimale atteint 27.2370 kV, les pertes actives total engendrées est de 749.7 KW.
2. Le réglage de la tension à la source à une valeur maximale, entraine une amélioration des tensions aux niveaux des jeux de barres, mais cette amélioration est insuffisante pour garantir une meilleure qualité d'énergie fournie aux consommateurs. En effet la tension minimale localisée au jeu de barre 152 est améliorée de 27.2370 kV à 29.4398 kV.

Cela a entrainé aussi une réduction des pertes à une valeur 644.9 KW qui correspond à 8.602%.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion Générale

Le tâche principale du réseau de distribution d'énergie électrique c'est d'assurer le mouvement de cette énergie (active ou réactive) en la transitant par des lignes ou câbles HTA (30 et 10 kV) et entre les différents postes de livraison (postes sources HTB/HTA) et les consommateurs BTA (400/230 V) selon les normes techniques admissibles. L'architecture d'un réseau de distribution électrique moyenne tension (HTA) est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise.

Suite à des décisions politiques et économiques liées principalement à l'amélioration du secteur d'agriculture en zones de Tolga, l'électrification des périmètres agricoles ne cesse de se développée depuis quelques années. Nous constatons que, le réseau électrique se développe progressivement à partir des zones industrialisées et consommatrices d'énergie vers des zones de plus en plus agricoles et de forte densité des agriculteurs. Ces aspects impactent fortement sur l'expansion des réseaux de distribution électriques dans des zones agricoles. Dans ce projet de fin d'étude nous avons exposé une des statistiques sur l'état énergétique du secteur agricole dans la région de Tolga et analyser selon les données disponible une partie du réseau de distribution destiné à l'alimentation des zones agricole et en particulier la région de M'lili. Cette analyse préliminaire nous a permet de déterminer l'état actuel des investissements existants en termes de qualité de la tension et les pertes totales ainsi que les prévisions d'extension envisagés à court et long terme.

Comme perspective nous proposons d'élargir cette étude pour traiter les axes suivants :

1. Il faut considérer les point de bouclage avec les autres départs afin d'assurer une exploitation efficace pendant les heures de pointes et en cas de défauts.
2. Réaliser une planification efficace de la puissance réactive par l'installation des batteries de condensateurs appropriées.

*Références
bibliographiques*

Bibliographies

- [1] P.JACOB, Distribution de l'énergie, avril 2014.
- [2] A.Ouchatti, « Réseaux électriques ».
- [3] P.CARRIVE, « Réseaux de distribution structure et planification »,10 décembre 1991.
- [4] D.Cheikh, This dissertation is submitted for the degree of Doctor of philosophy,Univ Biskra,2017.
- [5] P.Christopher et J.Robert,Guide de conception des réseaux électriques industriels,1997.
- [6] B.Berseneff, Réglage de la tension dans les réseaux de distribution du futur, Français ,2010.
- [7] Z.Mohamed,étude des protections des réseaux électriques MT(30 kV et 10 kV),2010.
- [8] R.MEZIANT et S.SAHLI, Calcul du champ électromagnétique généré par les réseaux électriques en vue de la compatibilité électromagnétique(CEM), BEJAIA, 2016-2017.
- [9] B.D.Selsabil,calcul des protections d'un départ HTA(30 kV),2014.
- [10] BEN SACI Abdelhakim, 'Etude d'un réseaux d'alimentation dédiée aux zones agricoles',Mémoire de master,2018,Université Biskra
- [11] A.Hellal et M.Boudour, réseaux électriques fondamentaux et concepts de base ,2014
- [12] www.orsys.fr/pdf_cours/day--21/03/2017--11h:54
- [13] Secheron brochure –local-scada-SG817955BFR-06/04/2017-14h21-
- [14] supervision-2005-supmeca.pdf/25/03/2017-00h59
- [15] https://www.ssi.gouv.fr/uploads/IMG/pdf/Cas_pratique_version_finalepdf.pdf -19/03/2017--18H35
- [16] Seddiki Zahira « Optimisation de l'écoulement de puissances dans un système d'énergie électrique par la méthode du point intérieur » Thèse de magistère, université H.B.Chlef 2008/2009.
- [17] Merah Hana, 'Planification optimale de la puissance réactive du réseau de transport Algérien ', Mémoire Master, 2018, Université de Biskra.

- [18] W.D. Stevenson, "Elements of Power System Analysis", 4th Ed., McGraw-Hill Book 1982.
- [19] BENCHEIKH, DEROUICHE «Etude de l'écoulement de puissance sur un réseau électrique en présence des systèmes FACTS » mémoire de Master, Université de Kasdi Merbah Ouargla, 02/06/2016.
- [20] MEKONTCHOU MERLIN «Réduction des pertes de puissance dans les systèmes et RE par réduction de l'inhomogénéité de paramètres application au RE interconnecté sud du Cameroun» Mémoire de magister, Université de Yaoundé1, 2015
- [21] K.S.Kalyan, M.S. Lin, « Introduction to facts controllers theory, modeling, and applications », John Wiley & sons, publications, Hoboken, New Jersey, 2009.
- [22] MANCER Nabil, « Contribution à l'optimisation de la puissance réactive en en présence de dispositifs de compensation dynamique (FACTS) »Thèse de Magister Université - Biskra, Algérie, Janvier 2012.
- [23] Gilbert Ruelle, "Alternateurs hydrauliques et compensateurs", Techniques de l'ingénieur, traité Génie électrique, D3 540.
- [24] Belhachem, A.Bendaoued, Y.Ramdani« Résolution de dispatching optimal en combinant l'écoulement de puissance pour le calcul des pertes ».Acta Electrotechnica, volume53, number 1,2012pp22
- [25] MENASRIA Amel «Etude comparative de la répartition optimale des puissances d'un réseau d'énergie électrique» Mémoire de magister, Université d'Oran 18 Juin 2013.
- [26] Abdelmalek Gacem « Utilisation des méthodes d'optimisations méta-heuristiques pour la résolution du problème de répartition optimale de la puissance dans les réseaux électriques »Thèse de magistère, centre université d'El-oued, 24/06/2010.
- [27] W.S. Glen, A.H. El Abiad, "Computer methods in power systems analysis", Mc Graw Hill international Book Company, 1968.
- [28] MANSOURI Dris, GUMMOUDI Mohammed, FERHAT Abdelhamid «Calcul de l'écoulement de puissance par la méthode GAUSS-SEIDEL», Mémoire de fin d'étude Université de Biskra (promotion 1996).
- [29] Arthur R.Bergen et Vijay Vittal, Power System Analysis, 2000.

[30] S.P.A/SONELGAZ/Zone d'ALGER D.T.D.E/S.D.R.E/S.E.G, SUIVI ET REALISATION DES POSTES MT/BT, 28 Septembre 2002

[31] Belkacem Mahdad, K. Srairi, “Adaptive differential search algorithm for optimal location of distributed generation in the presence of SVC for power loss reduction in distribution system”, *International Journal in Engineering Science and Technology*, Volume 19, Issue 3, September 2016, Pages 1266-1282.

[32] Belkacem Mahdad, “Optimal reconfiguration and reactive power planning based fractal search algorithm: A case study of the Algerian distribution electrical system”, *International Journal in Engineering Science and Technology*, Volume 22, Issue 1, 2019, Pages 78-101.

Résumé :

Ce projet de fin d'étude vise comme objectif principal l'étude et l'analyse du réseau de distribution dédié à l'alimentation de la zone agricole de M'lili. Dans un premier temps nous nous sommes concentrés à la réalisation d'une base de données du départ de M'lili (30/0.4 kV) adoptée au format d'analyse sous l'environnement Matlab, cela permet le traitement et la mise à jour rapide de la base de données ; ce qui permet de garantir une gestion efficace des réseaux de distribution du point de vue technique et économique. D'autre part, la méthode Newton-Raphson est appliquée pour déterminer l'état du réseau de M'lili dans le régime normal et avec considération des prévisions d'extension. D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que la tension 30 kV est insuffisante pour garantir une qualité d'énergie conforme aux normes, d'autre part, le réglage de la tension au niveau du poste source à une valeur maximale, entraîne une amélioration des tensions aux niveaux des jeux de barres de charges, mais cette amélioration est insuffisante pour garantir une meilleure qualité d'énergie fournie aux consommateurs.

Mots clés : Réseau de distribution, Zones agricoles, Base de données, Gestion des réseaux, Méthode de Newton-Raphson, Prévisions d'extension, réglage de tension, Qualité d'énergie.

ملخص:

يهدف مشروع هذه المذكرة إلى تحليل شبكة التوزيع الكهربائية المعدة لتغذية المجمعات الفلاحية في منطقة مليلي. في البداية قمنا بإنجاز قاعدة بيانات تقنية لشبكة التوزيع 0.4/30 kV مهيأة للبرمجة ضمن لغة MATLAB. هذه الخطوة المهمة تسمح بتحديد كل المعطيات والتغيرات التقنية المنجزة ضمن هذه الشبكة والتي تسمح بمتابعة فعالة لشبكة التوزيع لضمان نوعية طاغوية متوافقة والمقاييس التقنية. من جهة أخرى اعتمدنا تطبيق واحدة من أفضل الطرق التكرارية وهي طريقة نيوتن رافسن لتحليل الشبكة في الوضع الحالي وكذا الأخذ بعين الاعتبار التوقعات المستقبلية لطلب الطاقوي. النتائج المتحصل عليها تبين بوضوح أن مستوي التوتر 30kV غير كافي لضمان نوعية طاغوية للمستهلكين، كما أن رفع توتر المحول الرئيسي إلى القيمة العظمى 32 بإمكانه تحسين نوعية الطاقة ولكن هذا الإجراء يعد أيضا غير مثالي لضمان استثمار فعال للشبكة خصوصا مع مراعاة الزيادة الطاقوية.

الكلمات المفتاحية: شبكة التوزيع، المناطق الفلاحية، قاعدة البيانات، تسيير الشبكات، طريقة نيوتن رافسن، التوقعات الطاقوية المستقبلية، ضبط التوتر، نوعية الطاقة.