

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 – Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Electrotechnique et Automatique



Domaine : *Sciences et Technologie*
Filière : *Electrotechnique*
Spécialité : *Réseaux Electriques*

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master Académique

Etude Comparative du Réseau Electrique moyen tension 30 kV (ville de Guelma)

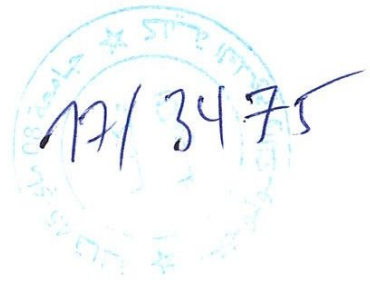
Présenté par Mrs: **Melouki Toufik**

Douh Mourad

Sous la direction de: **Pr. Bounaya Kamel**



Jun 2017



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 – Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Electrotechnique et Automatique



Domaine : *Sciences et Technologie*
Filière : *Electrotechnique*
Spécialité : *Réseaux Electriques*

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master Académique

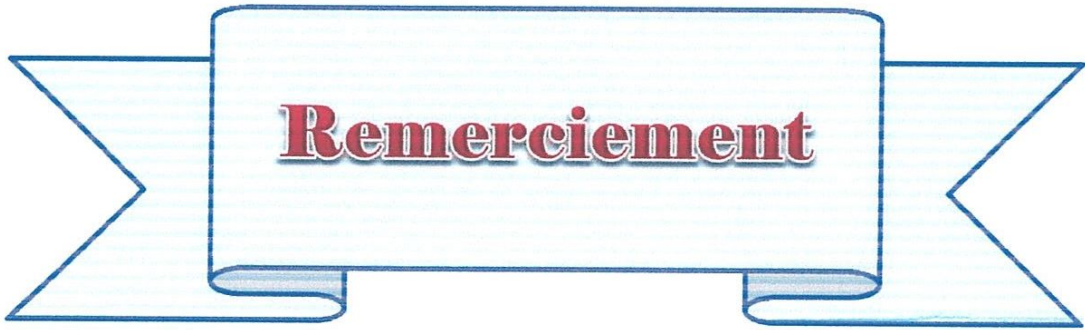
Etude Comparative du Réseau Electrique moyen tension 30 kV (ville de Guelma)

Présenté par Mrs: **Melouki Toufik**

Douh Mourad

Sous la direction de: **Pr. Bounaya Kamel**

Jun 2017



Remerciement

Nous remercions dieu de nous avoir donné la chance et l'opportunité d'arriver à ce jour, d'avoir guidé nous pas et d'accomplir ce projet de fin d'étude.

Nous tenons tout d'abord à remercier chaleureusement les membres du jury le qui nous ont fait le grand honneur d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Nous somme également très reconnaissant au Pr Bounaya Kamel, pour avoir accepté de encadrer notre thèse, et de l'accueil qui nous a réserver et du temps qui nous a consacrer pondons tout la période de la réalisation de notre travaille de fin d'étude.

Et pour moi Douh Mourad je suerai reconnaissons à Laib Mesbah et ma sœur et à mon amis R.N pour leur grands soutiens inestimables.

Pour terminer, nous tenons à remercier nous familles pour nous avoir encouragés et supportés durant toutes ses années.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A **mes Parents**, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler.

Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A celle que j'aime beaucoup et qui m'a pousser et soutenue tout le long de ce projet ma **Femme**, et que dieu la garde et protège.

A ma petite sœur **Lidia (chinou)**, que sa présence dans notre vie nous fait chaud au cœur et son sourire porte pleins de joies.

A **mon Frère** et **mes Sœurs** et toute ma famille, et mes amis,

A mes collègues, et à toutes leurs familles.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, *je vous dis merci.*

Toufik

SOMMAIRE

| | |
|--|-------------|
| <i>Titre</i> | <i>Page</i> |
| <i>Remerciements</i> | <i>I</i> |
| <i>Sommaire</i> | <i>II</i> |
| <i>Introduction générale</i> | <i>III</i> |
| <i>Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques</i> | |
| <i>I.1. Structure de base des réseaux électriques</i> | <i>2</i> |
| I.1.1. Définition d'un réseau électrique | <i>3</i> |
| I.1.2. Les niveaux de tensions des réseaux | <i>4</i> |
| I.1.2.1. Le réseau de transport et d'interconnexion | <i>4</i> |
| I.1.2.2. Les réseaux de répartition | <i>5</i> |
| I.1.2.3. Le réseau de distribution | <i>6</i> |
| I.1.3. Constitution des réseaux électriques | <i>7</i> |
| I.1.3.1. Les générateurs | <i>7</i> |
| I.1.3.2. Les postes électriques | <i>7</i> |
| I.1.3.3. Les transformateurs | <i>7</i> |
| I.1.3.4. Les lignes électriques | <i>8</i> |
| I.1.3.5. Les charges | <i>8</i> |
| <i>I.2. Fonctionnement du réseau électrique</i> | <i>9</i> |
| I.2.1. Introduction | <i>9</i> |
| I.2.2. Problème de conduite | <i>9</i> |
| I.2.3. Problème de réglage | <i>10</i> |
| I.2.4. Problème de stabilité | <i>10</i> |
| I.2.5. Problème de protection | <i>10</i> |

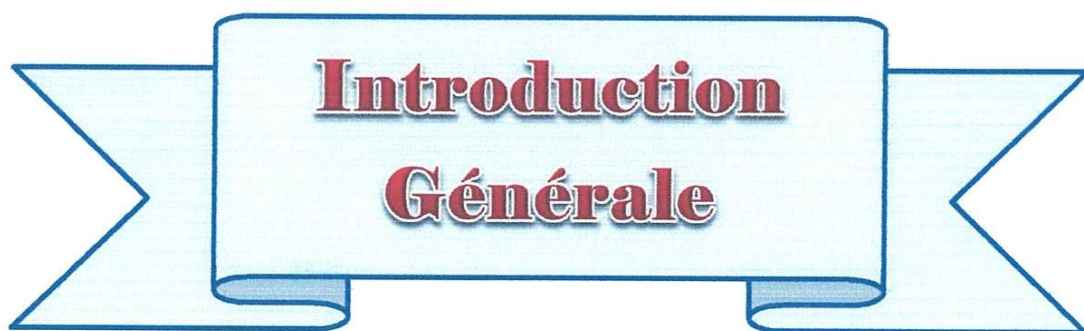
| | |
|---|----|
| <i>I.3. Fonctionnement en régime perturbé</i> | 11 |
| I.3.1. Les aléas affectant les réseaux électriques | 11 |
| I.3.1.1. Fluctuation de la consommation | 11 |
| I.3.1.2. Les aléas climatiques | 12 |
| I.3.1.3. Les pannes et les agressions extérieures | 12 |
| I.3.1.4. Les dysfonctionnements liés au facteur humain | 12 |
| I.3.2. Mécanismes des grands incidents | 13 |
| I.3.2.1. Généralités | 13 |
| I.3.3. Prévention et remèdes | 17 |
| I.3.3.1. Contre les surcharges | 18 |
| I.3.3.2. Contre l'écroulement de tension | 17 |
| I.3.3.3. Contre l'écroulement de fréquence | 20 |

Chapitre II : Choix de la section d'une ligne MT 30kV (ville de Guelma)

| | |
|---|----|
| <i>II.1. Données nécessaires pour les calculs</i> | 23 |
| II.1.1. Départ ville 06 | 23 |
| II.1.2. Départ ville 03 | 24 |
| <i>II.2. Transposition des charges</i> | 26 |
| II.2.1. Départ ville 06 | 26 |
| II.2.2. Départ ville 03 | 27 |
| <i>II.3. Calcul de la section [1]</i> | 28 |
| II.3.1. Départ ville 06 | 28 |
| II.3.2. Départ ville 03 | 30 |
| <i>II.4. Calcul des pertes de tension :</i> | 31 |
| II.4.1. Départ ville 06 | 31 |
| II.4.2. Départ ville 03 | 32 |
| <i>II.5. Calcul des pertes de puissance :</i> | 33 |
| II.5.1. Départ ville 06 | 34 |
| II.5.2. Départ ville 03 | 34 |

Chapitre III : l'impact de la section sur les pertes de tension et de puissance

| | |
|--|------------|
| <i>III.1. Calcul des pertes de tension :</i> | 35 |
| III.1.1. Départ ville 06 | 35 |
| III.1.2. Départ ville 03 | 37 |
| <i>III.2. Calcul des pertes de puissance :</i> | 38 |
| III.2.1. Départ ville 06 | 38 |
| III.2.2. Départ ville 03 | 39 |
| <i>III.3. Résultats d'étude faite par le programme CARAT</i> | 40 |
| III.3.1. Départ ville 06 | 40 |
| III.3.2. Départ ville 03 | 42 |
| III.3.3. Résumé des résultats des pertes de tension | 43 |
| III.3.3.1. Résumé des résultats avec les sections existantes | 44 |
| III.3.3.2. Résumé des résultats avec les nouvelles sections calculées | 44 |
| III.3.3.3. Résumé des résultats a estimées par le programme (CARAT) | 44 |
| III.3.4. Résumé des résultats des pertes de puissance | 45 |
| III.3.4.1. Résumé des résultats avec les sections existantes | 45 |
| III.3.4.2. Résumé des résultats avec les nouvelles sections calculées | 45 |
| III.3.4.3. Résumé des résultats a estimées par le programme (CARAT) | 45 |
| <i>Conclusion générale</i> | <i>VI</i> |
| <i>Bibliographie</i> | <i>VII</i> |



Introduction
Générale

Introduction générale

Habituellement, le transport de l'énergie électrique ne suscite pas le même intérêt que sa production et son utilisation, de sorte qu'on a souvent tendance à négliger l'étude de ce sujet important. Pourtant, les investissements humains et matériels affectés au transport dépassent largement les investissements consacrés au secteur de la production.

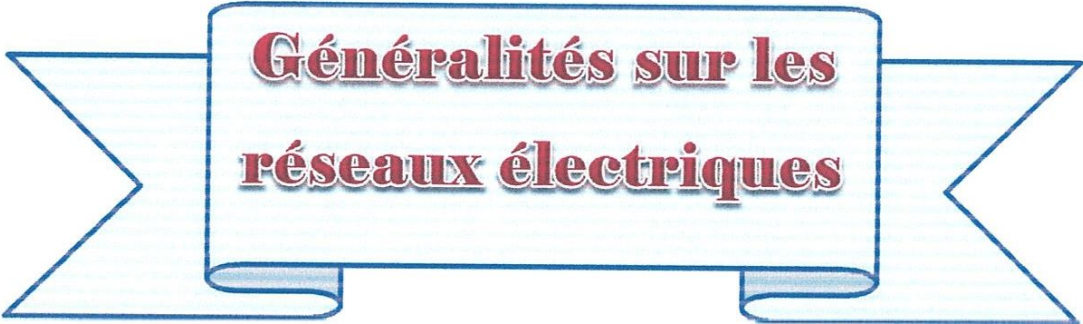
On sait que le transport de l'énergie électrique se fait sur des conducteurs tels que les lignes aériennes, les câbles souterrains ou le simple fil de raccordement sortant d'un téléviseur. Malgré leurs simplicités apparentes, ces conducteurs cachent des propriétés importantes qui influent grandement sur le transport de l'énergie électrique.

Pour que l'énergie électrique soit utilisable, le réseau de transport et de distribution doit satisfaire les exigences comme ; Assurer au client la puissance dont il a besoin et Fournir une tension stable dont les variations n'excèdent pas $\pm 10 \%$ de la tension nominale et Fournir une fréquence stable dont les variations n'excèdent pas $\pm 0,1$ Hz extra.

Et pour arriver à ces résultats on doit concentrer sur les différents facteurs comme le choix de la section qui est un facteur déterminant pour minimiser les pertes de tension et de puissance dans les lignes de moyenne tension qui sont des lignes qui relient les clients aux postes de transformation principaux de la compagnie d'électricité . Leur tension est comprise entre 1 kV et 30 kV, et c'est le but de notre étude dans les seconds chapitres.

A la fin, l'impact de la section sur les postes de tension et de puissance par différente méthode de calculs, fera l'objet du notre troisième chapitre.

Chapitre I



**Généralités sur les
réseaux électriques**

Introduction

Ce premier chapitre représente une vue d'ensemble qui va nous permettre d'introduire l'objet de notre travail que nous intitulons: " Etude comparative du réseau électrique de la ville de Guelma".

Le rôle des systèmes d'énergie électrique, est de fournir aux utilisateurs le produit électricité au moindre cout dans des conditions de qualité et de sécurité satisfaisantes, malheureusement l'apparition de défauts tels que les courts-circuits, déséquilibre entre la production et la consommation, perte d'un ou plusieurs ouvrages..., provoque de sérieuses perturbations.

Pour cela nous introduisons la notion de réseaux électriques, leurs types, ainsi que leurs constitutions. Ensuite, nous décrivons les différents aléas qui peuvent perturber le bon fonctionnement de ces réseaux.

A la fin, nous exposerons les différents phénomènes de dégradation de la sureté d'un système électrique, ainsi que les différentes solutions possibles pour rétablir son fonctionnement normal.

I.1. Structure de base des réseaux électriques

I.1.1. Définition d'un réseau électrique

Un réseau, c'est d'abord un certain nombre de fonctions et de comportements d'ensemble qu'il faut définir, mettre en œuvre, maîtriser grâce à une conception et une exploitation convenables.

Ce sont ensuite des ouvrages et des matériels, « lignes aériennes ou souterraines, postes, câbles, appareillage, transformateurs, parafoudres, etc. ... », Qui, assemblés, forment le réseau physique, ouvrages et matériels dont la qualité conditionne très largement celle du réseau, donc celle de la desserte en électricité de ses clients.

C'est enfin tout un ensemble d'automatismes et de transmission d'informations et de commandes, ensemble coordonné, donc un système nerveux absolument indispensable à la protection des ouvrages et des matériels, à la robustesse du réseau vis-à-vis des défaillances internes et des agressions extérieurs telle la foudre et les conditions climatiques extrêmes, système indispensable aussi à la maîtrise par l'exploitant d'un outil technique qui, pour les réseaux publics, du moins, n'est pas concentré en un site, mais couvre des milliers et des centaines de milliers de kilomètres carrés [1].

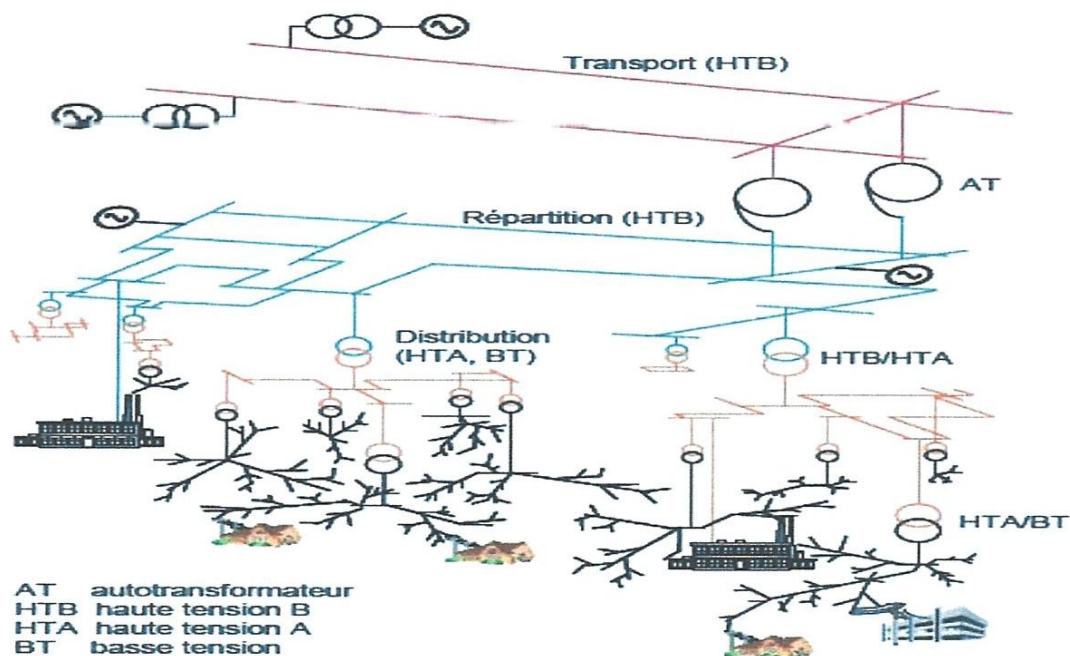


Figure I.1 Schéma de réseau général.

I.1.2. Les niveaux de tensions des réseaux [2]

Le réseau électrique constitue le lien obligatoire entre la production de l'énergie électrique et les utilisateurs. Ce système est structuré en plusieurs niveaux (figure I.2), assurant des fonctions spécifiques propres, et caractérisés par des tensions adaptées à ces fonctions ; d'une façon générale, la plupart des pays mettent en œuvre :

- Un réseau de transport et THT 220.....800k
- Un réseau de répartition HT 60.....170k
- Un réseau de distribution MT 5.....36kV
- Un réseau de livraison de l'abonné BT 230/400V.

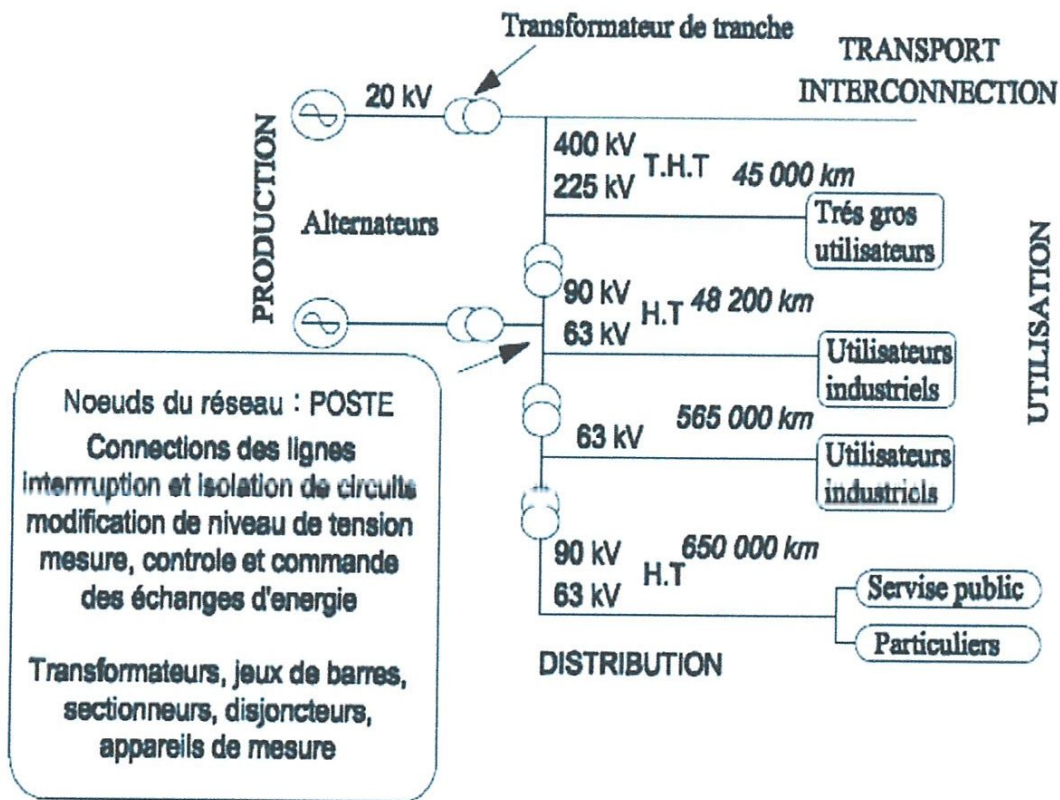


Figure I.2 Structure du réseau.

I.1.2.1. Le réseau de transport et d'interconnexion

Les réseaux de transport et d'interconnexion THT ont principalement pour mission de collecter l'électricité produite par les centrales importantes (> 300 MW) et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport), de permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion).

Ces réseaux sont pour la plupart aériens. Ils sont étudiés pour un transit donné correspondant en général à la limite thermique de la ligne. Une attention particulière doit être portée à l'effet couronne qui peut donner lieu en THT, à des pertes très significatives suivant le climat et l'altitude.

Pour remplir correctement sa mission et faire face aux événements imprévus le réseau de transport aura une structure fortement maillée qui permet d'assurer la redondance des transits possibles en cas d'incident mais aussi en fonctionnement normal d'assurer dans de bonnes conditions le maintien de la tension lors des fortes variations de la puissance transitée. La (figure I.3) illustre la topologie d'un réseau de ce type fortement maillé.

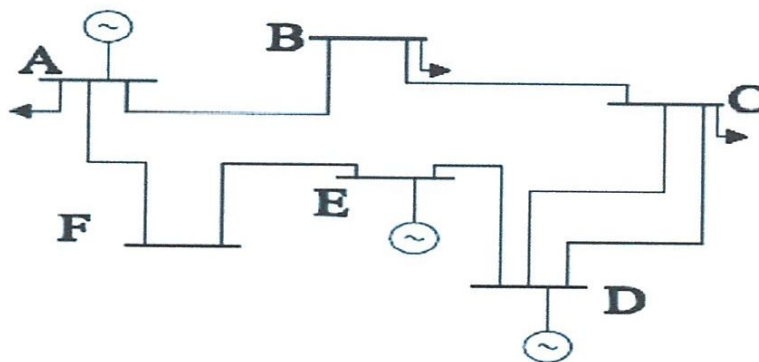


Figure I.3 Réseau maillé.

L'inconvénient d'une telle structure est, comme nous le verrons plus loin, de présenter en certains points du réseau une faible impédance de court-circuit et donc de favoriser, en cas de défaut, l'apparition de courants de court-circuit élevés. Il faudra donc dimensionner les protections en conséquence.

Ces réseaux sont toutefois dimensionnés pour supporter la perte d'un ouvrage et assurer les reports de charge. C'est ce que l'on appelle la règle N-1, où N représente le nombre d'ouvrages [3].

I.1.2.2. Les réseaux de répartition

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport.

Ces réseaux sont, en grande partie, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 100 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres.

Leur structure est soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation.

En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et d'autre part les utilisateurs industriels dont la taille (supérieure à 100 MVA) nécessite un raccordement à cette tension. La (figure I.4) illustre la topologie d'un réseau de structure bouclée [3].

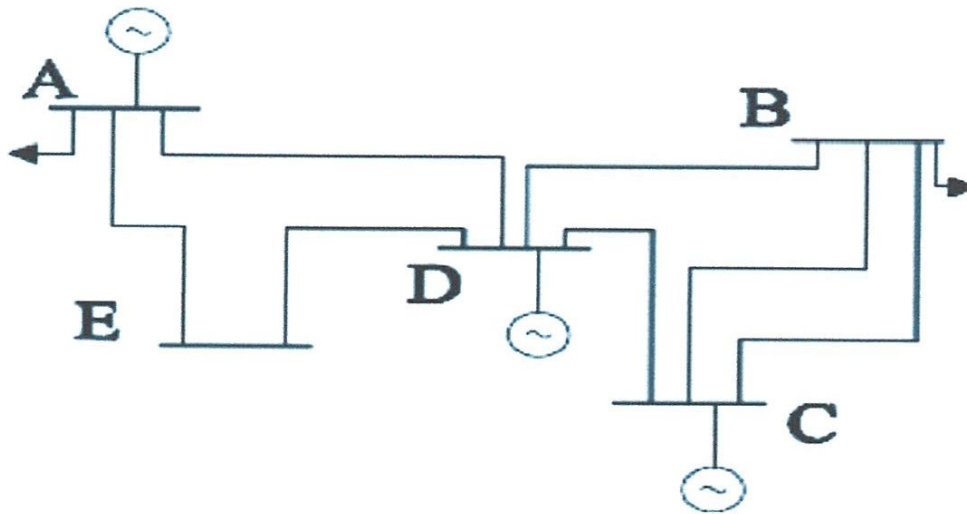


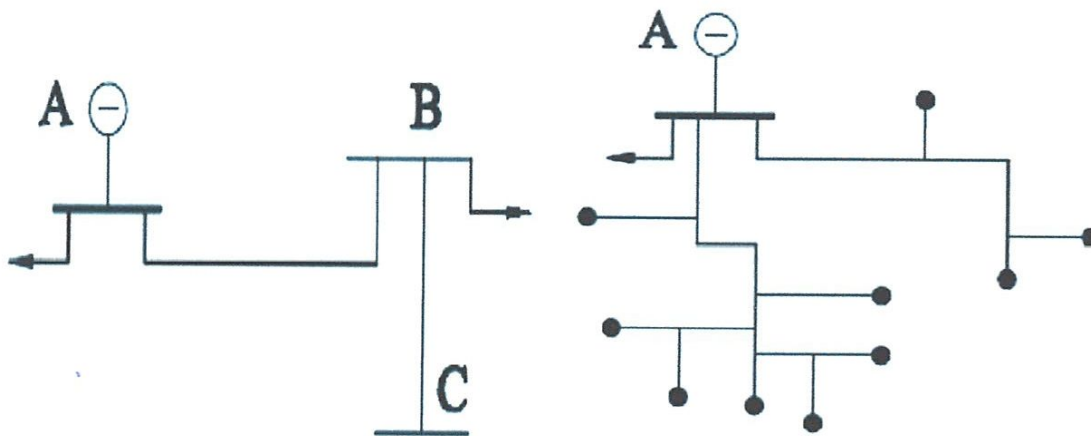
Figure I.4 Exemple de structure bouclée.

I.1.2.3. Le réseau de distribution

Les utilisateurs peuvent être groupés d'une façon très dense comme dans les villes ou bien séparés les uns des autres par des distances plus ou moins grandes comme dans les campagnes. Ils sont desservis par un réseau de distribution alimenté par un poste de répartition qui reçoit l'énergie, provenant de centrales éloignées, par l'intermédiaire du réseau de transport.

Des lignes de distribution à moyenne tension (MT) partent des postes de répartition et alimentent des postes de transformation répartis en différents endroits de la zone à desservir; ces postes de transformation abaissent la tension à une valeur convenable pour alimenter le réseau de distribution publique auquel les abonnés sont raccordés par des branchements.

Les réseaux de distribution sont en général à structure radiale ou arborescente (Figure I.4), c'est-à-dire qu'il n'y a qu'une seule ligne entre deux nœuds.



a) Exemple de structure arborescente.

b) Exemple de structure radiale.

Figure I.5 Structure arborescente et radial

I.1.3. Constitution des réseaux électriques

I.1.3.1. Les générateurs

Les générateurs peuvent fournir une puissance active et fournir ou absorber une puissance réactive dans certaines limites. Les groupes importants tentent de maintenir à leurs bornes un niveau de tension donné [1].

I.1.3.2. Les postes électriques

Tous les réseaux sont reliés entre eux par des postes électriques. On distingue trois types de postes électriques, suivant les fonctions qu'ils assurent :

- **Postes d'interconnexion** : Permettent de relier entre eux plusieurs sections du réseau, leur but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques. Ils comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs triphasés appelés jeu de barres, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs, etc...) de même tension peuvent être aiguillés.
- **Postes de transformation** : Dans lesquels il existe au moins deux jeux de barres à des tensions différentes liés par un ou plusieurs transformateurs.
- **Les postes mixtes** : Les plus fréquents, qui assurent une fonction dans le réseau d'interconnexion et qui comportent en outre un ou plusieurs étages de transformation.

I.1.3.3. Les transformateurs

Les transformateurs étant des matériels particulièrement coûteux, leur protection est assurée par différents mécanismes redondants.

- **Les transformateurs électriques** : Permettent de convertir les valeurs de tensions et de courants délivrés par le réseau en un système de tensions et de courants de valeurs différentes;
- **Les transformateurs de courant** : Permettent de mesurer la valeur du courant traversant le réseau ;
- **Les transformateurs de tension** : Permettent de mesurer la valeur de la tension du réseau;
- **Les autotransformateurs**: Ont la même fonction que les transformateurs électriques standards ;
- **Les transformateurs déphaseurs**: Leur objectif est de déphaser plus ou moins fortement la tension secondaire par rapport à la tension primaire, afin d'ajuster les transits de puissance active dans les branches du réseau.

I.1.3.4. Les lignes électriques

Une ligne électrique est un ensemble de conducteurs, d'isolant et d'éléments accessoires destinés au transport de l'énergie électrique. Les conducteurs sont en général en aluminium, en cuivre ... etc.

Nous distinguons quatre types de lignes [2] :

- **Lignes de distribution à basse tension** : installées à l'intérieur des usines et des maisons;
- **Lignes de distribution à moyenne tension** : reliant les clients aux postes de transformation principaux de la compagnie ;
- **Lignes de transport à haute tension** : reliant les postes de transformation principaux aux centrales de génération ;
- **Lignes de transport à très haute tension** : reliant les centrales éloignées au centre d'utilisation.

I.1.3.5. Les charges [2]

Selon la nature des récepteurs on peut classer les charges en trois grandes catégories :

- **La première catégorie** : dans cette classe les récepteurs ne permettent que moins de deux secondes d'arrêt d'alimentation comme les hôpitaux et les zones militaires ;
- **La deuxième catégorie** : pour cette classe, les récepteurs acceptent un arrêt de moins de deux heures, comme les usines ;
- **La troisième catégorie** : dans cette dernière catégorie, l'arrêt peut être de plus 24 heures. Comme l'éclairage public et les habitations.

I.2. Fonctionnement du réseau électrique

I.2.1. Introduction [4]

Le stockage massif de l'énergie électrique sous une forme immédiatement disponible n'est, actuellement, pas possible dans des conditions économique satisfaisantes.

Le problème majeur de l'exploitant est donc le maintenir, en permanence, l'équilibre entre l'offre disponible et la demande potentielle, étant entendue que l'équilibre instantané entre production et consommation est une condition nécessaire de fonctionnement du système production-transport- consommation (que nous appellerons aussi système électrique).

L'étude du fonctionnement du système production-transport-consommation est dominée par quatre préoccupations :

- Maintenir en permanence les conditions nécessaires d'un équilibre entre la production et la consommation : (**problème de conduite**);
- Maintenir les caractéristiques de la tension et de la fréquence dans les plages contractuelles : (**problème de réglage**);
- Tenir compte du fort couplage dynamique entre production et consommation via le réseau (**problème de stabilité**);
- Assurer l'intégrité des ouvrages : (**problème de protection**).

I.2.2. Problème de conduite

Les réseaux de transport et d'interconnexion à très haute tension (THT) assurent la liaison entre les centres de production et les grandes zones de consommation. Ils permettent d'acheminer, là où elle est consommée, l'énergie la moins chère possible à un instant donné. Par ailleurs, le maillage du réseau contribue à la sécurité d'alimentation et permet de faire face, dans des conditions économiques satisfaisantes, aux aléas locaux ou conjoncturels qui peuvent affecter l'exploitation (indisponibilité d'ouvrage, aléas de consommation, incidents...).

Les réseaux THT contribuent donc de façon déterminante au maintien de l'équilibre entre la demande de l'offre, ainsi qu'à la sécurité d'alimentation et à l'économie de l'exploitation.

I.2.3. Problème de réglage

Par ailleurs, la qualité du service est également un souci majeur de l'exploitant. Sur le plan pratique, cette qualité :

- De maintenir les caractéristiques du produit (tension, fréquence) dans les limites très précises des cahiers des charges.
- De limiter, autant que faire se peut, des interruptions de service. Les réseaux THT jouent aussi un rôle très important pour respecter ces contraintes car :
- Les références de tension qui vont conditionner l'ensemble du plan de tension dans le réseau sont fixées, pour l'essentiel, par les groupes de production raccordés aux réseaux THT.
- La fréquence est, de même, fixe par les groupes de production qui doivent rester synchrone en régime permanent.
- La sécurité d'alimentation des grands centres de consommation dépend très fortement de la structure des réseaux de transport.

I.2.4. Problème de stabilité

Il faut savoir que, compte tenu de l'inertie mécanique relativement faible de certains composants des systèmes électriques (groupes de production et moteurs) et de la grande vitesse de propagation des phénomènes, les réseaux THT créent un couplage dynamique très fort entre les moyens de production, d'une part, et les charges (consommation), d'autre part.

Au-delà de l'examen du problème de la répartition économique et en sécurité de la puissance, l'étude du fonctionnement de ces vastes systèmes interconnectés et fortement couplés est donc absolument nécessaire. Elle portera sur leur réglage et leur stabilité.

I.2.5. Problème de protection

Enfin, il va de soi qu'il est nécessaire de protéger les systèmes électriques qui peuvent être affectés par de nombreux types d'incidents. Il convient de distinguer la protection des ouvrages du réseau proprement dit (lignes...) et celle du système production-transport. La protection du système production-transport est essentielle, car certains incidents (pertes de lignes en cascade, pertes brutales de moyens de production importants...) peuvent induire des conséquences catastrophiques (effondrement du système électrique).

I.3. Fonctionnement en régime perturbé

La sûreté de fonctionnement du système électrique consiste à maîtriser l'évolution et les réactions du système face aux différents aléas dont il est l'objet : courts-circuits, évolution imprévue de la consommation, indisponibilité soudaine d'une unité de production ou d'un élément du réseau et à en limiter les conséquences [1].

La sûreté du système se définit alors comme l'aptitude à :

- Assurer le fonctionnement normal du système électrique ;
- Limiter le nombre des incidents et éviter les grands incidents ;
- Limiter les conséquences d'un grand incident « black-out » s'il survenait malgré tout.

I.3.1. Les aléas affectant les réseaux électriques

Le système électrique, de par sa nature, est en permanence soumis à différents aléas qui peuvent être regroupés en quatre familles :

I.3.1.1. Fluctuation de la consommation

La consommation d'électricité varie en fonction de plusieurs paramètres, dont les principaux sont :

- **La période de l'année** : on identifie trois cycles temporels :
 - Un cycle annuel : dont le taux de consommation varie selon les saisons ;
 - Un cycle hebdomadaire : de grands écarts de consommation sont à signaler pendant ce cycle, notamment entre le week-end et les jours ouvrables ;
 - Un cycle journalier : la consommation quotidienne décroît à la mi-journée (entre 12h et 14h) et connaît une pointe par exemple en hiver le matin vers 6h et le soir vers 17h.
- **La température** : dont les variations se traduisent par des modifications de l'utilisation du chauffage électrique en hiver ou de la climatisation en été.
- **La nébulosité (taux de couverture nuageuse)** : les effets du rayonnement solaire dans les habitations ont également une influence sur l'utilisation de l'éclairage. En effet la différence de consommation entre un jour d'hiver avec un ciel clair et un jour très nuageux est très importante.

D'autres facteurs ont des effets directement observables sur la consommation, comme l'activité économique (creux au moment des vacances, les week-ends et les jours fériés).

Des événements exceptionnels peuvent perturber le profil de la consommation (par exemple les tempêtes) mais leur impact est impossible à prévoir.

I.3.1.2. Les aléas climatiques

Le système électrique, géographiquement étendu et en relation très forte avec l'environnement, subit des événements d'origine météorologique (foudre, tempête, vent, crue ou sécheresse, grand froid,.....), souvent peu prévisibles et qui induisent des perturbations notables.

Par exemple la chute d'une ligne ou d'un pylône haute tension à cause du vent, ou l'inondation d'un poste de transformation peuvent créer un court-circuit provoquant ainsi un déséquilibre entre la production et la consommation, une hausse de température non prévue aussi tous ces incidents peuvent dégénérer en coupure de vastes zones de clientèles, voire de pays entiers.

I.3.1.3. Les pannes et les agressions extérieures

Les composants du système eux-mêmes, intégrant souvent des matériels de haute technologie travaillant dans des conditions industrielles sévères, ne sont pas à l'abri de panne (défaillances imprévisibles d'équipements) ou d'agressions extérieures (pelleuses qui sectionnent les câbles, accidents d'aéronefs ou de personnes, ...).

Certaines se traduisent par des conséquences immédiates (déclenchements d'ouvrages), d'autres peuvent rester cachées (pannes latentes) et se révéler inopinément lors d'une sollicitation; le système électrique affronte alors cette sollicitation dans une situation plus vulnérable.

I.3.1.4. Les dysfonctionnements liés au facteur humain

Le niveau de performance des composants du système dépend, pour une large part, du facteur humain qui intervient à tous les niveaux, depuis la conception et la mise en œuvre des équipements (qualité des réalisations, rigueur des essais de mise en service,...) jusqu'à leur exploitation (qualité de la maintenance, rigueur des interventions,...). Là encore, les conséquences peuvent être immédiates ou se manifester lors d'une sollicitation ultérieure (cas du mauvais réglage, par exemple).

I.3.2. Mécanismes des grands incidents [5]

I.3.2.1. Généralités

Les incidents uniques ou multiples, simples ou complexes conduisent le système électrique à des situations caractérisées par des phénomènes de nature différente :

- Les courts-circuits ;
- Déclenchement brutal d'ouvrages ;
- Déséquilibre entre la production et la consommation.

I.3.2.2. Types de fonctionnement d'un système électrique en régime très perturbé

Il peut survenir dans les réseaux électriques des situations beaucoup plus complexes résultant d'incidents multiples, très proches dans le temps voire simultanés, associés parfois à des défaillances de systèmes de protection, de régulations ou d'opérations ou d'opérateurs.

La genèse d'un incident de grande ampleur est toujours caractérisée par quelques phases de fonctionnement typiques liées à quatre grands phénomènes qui se succèdent, ou se conjuguent tout au long de l'incident.

Ces phénomènes sont :

1. La cascade de surcharges de lignes de transport de leur déclenchement ;
2. L'écroulement de tension ;
3. L'écroulement de fréquence ;
4. La rupture de synchronisme entre les groupes de production.

a. Les surcharges en cascade [9]

Le maintien d'intensités trop élevées dans un ouvrage conduit à des échauffements pouvant endommager des constituants de la liaison (ligne ou câble) elle-même. En outre, pour les lignes aériennes, l'échauffement des conducteurs induit aussi leur allongement : ils se rapprochent du sol, réduisant les distances d'isolement (risques d'amorçages) et créant des risques pour les personnes et les biens.

Pour se prévenir contre ces risques, on utilise des protections dites de surcharge. Si la surcharge n'est pas levée avant un temps donné (selon l'ampleur du dépassement constaté), l'ouvrage concerné déclenchera, par action de sa protection de surcharge.

Le transit supporté auparavant par cet ouvrage va alors se reporter sur d'autres ouvrages, en fonction des impédances apparentes relatives.

Selon la gravité des phénomènes, et tout particulièrement l'état de charge initial des ouvrages concernés, on conçoit que ce déclenchement puisse générer de nouvelles surcharges, de nouveaux déclenchements et, par reports de charge successifs, l'apparition d'un phénomène cumulatif, les nouvelles surcharges étant plus nombreuses et de plus en plus difficiles à lever dans les délais impartis.

L'apparition initiale d'une (ou plusieurs) surcharge(s) peut être la conséquence de plusieurs types de situations ou d'événements, en particulier :

- Le déclenchement brutal d'ouvrages : perte(s) de ligne(s) (suite à l'apparition puis à l'élimination d'un court-circuit, action intempestive de protection sans apparition de défaut,...), déclenchement de groupe de production,...
- Une évolution de la consommation incompatible avec les ouvrages disponibles à un moment donné, éventuellement combinée avec des valeurs de tension basses.

b. L'écroulement de tension

La tension est une grandeur locale, fortement influencée par les variations de consommation et les transits de puissance réactive. Celle-ci se transporte mal et aux prix de chutes de tension importantes. La tension est donc réglée à partir de sources de puissance réactive (groupes, condensateurs, réactances, ...) réparties sur le réseau.

Pour une zone donnée, les sources de puissance réactive peuvent ne plus être suffisantes pour satisfaire les besoins à la suite, par exemple, d'un événement du type déclenchement d'ouvrage de transport ou de groupes, ou une évolution imprévue de la consommation.

L'importation de la puissance réactive manquante à partir des zones voisines provoque des chutes de tension importantes sur le réseau. Sans autre dispositions, ceci se traduirait, au niveau des charges des clients, par le non-respect des plages contractuelles de tension. Pour pallier cet inconvénient, des régleurs en charge automatiques, installés au niveau des transformateurs des réseaux alimentant la clientèle, permettent, normalement, de rattraper ces chutes de tension.

Si, en outre, l'appel de puissance réactive de la zone dépasse les capacités disponibles des zones voisines-qui sont par nature limitées l'appel de puissance réactive supplémentaire produit-les même effets sur les zones adjacents et conduit à l'extension du phénomène.

En deçà d'un certain niveau bas de tension appelé tension critique, on se heurte à des problèmes de limite de puissance active transmissible. Ce qui conduit à l'écroulement du plan de tension, si aucune mesure n'est prise.

• Puissance transmissible dans une ligne

Contrairement à une idée très répandue, ce n'est pas l'échauffement maximal des conducteurs qui limite la puissance transmissible à travers une ligne.

En effet, considérons la (figure I.6) qui représente de manière très simplifiée, par un dipôle d'impédance $Z = R + jX$, une ligne destinée à alimenter une charge. Sans nuire à la généralité de notre propos, nous supposons, d'abord, que la résistance R de la ligne est nulle (elle est généralement très faible vis-à-vis de la réactance X) et que la puissance réactive Q_2 de la charge est nulle (ce qui est vrai en cas de bonne compensation de puissance réactive).

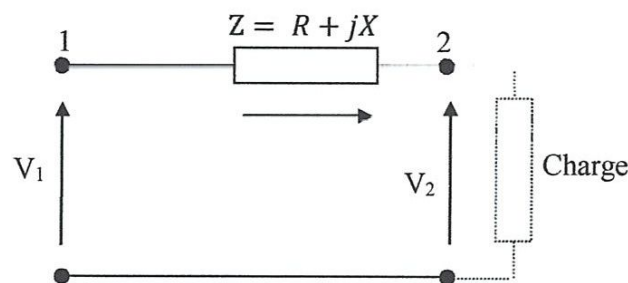


Figure I.6 Schéma d'une charge alimentée par une source de tension à travers une ligne.

• Dégradation de la tension [8]

Pour une zone donnée, les sources de puissance réactive peuvent ne plus être suffisantes pour satisfaire les besoins à la suite, par exemple, d'un événement du type déclenchement d'ouvrages de transport ou de groupes, évolution imprévue de la consommation.

L'importation de la puissance réactive manquante à partir des zones voisines provoque des chutes de tension importantes sur le réseau.

Sans autres dispositions, ceci se traduirait, au niveau des charges des clients, par le non-respect des plages contractuelles de tension. Pour pallier cet inconvénient, des régulateurs en charge automatique, installés au niveau des transformateurs des réseaux alimentant la clientèle, permettent, normalement, de rattraper ces chutes de tension. Ceci a cependant pour conséquences de réduire l'impédance du dipôle entre la source et la charge, d'augmenter le courant et donc d'abaisser un peu plus la tension de la zone au rythme des changements de prise des transformateurs.

Si, en outre, l'appel de puissance réactive de la zone dépasse les capacités de secours des zones voisines-qui sont par nature limitées- l'appel de puissance réactive supplémentaire produit les mêmes effets sur les zones adjacentes et conduit à l'extension du phénomène.

En deçà d'un certain niveau bas de tension appelé tension critique, on se heurte à des problèmes de limite de puissance active transmissible. Ce qui conduit à l'écroulement du plan de tension, si aucune mesure n'est prise.

c. L'écroulement de fréquence

La stabilité de la fréquence, sur un réseau électrique, traduit l'équilibre entre la production et la consommation, c'est-à-dire entre les forces motrices des centrales et le couple résistant que représentent les charges. Si la demande (la consommation) excède l'offre (la production), le système est déséquilibré, la vitesse des machines et par voie de conséquence la fréquence du réseau baisse. A contrario, si c'est l'offre qui est supérieure à la demande, le système voit les groupes accélérer et la fréquence augmente.

Comme la consommation fluctue par nature, il est nécessaire d'adapter, en permanence, le niveau de la production pour maintenir la fréquence à une valeur de référence : 50 Hz. La fréquence doit être tenue autour de cette valeur de référence, d'une part parce qu'une fréquence évoluant sans cesse rendrait l'électricité inutilisable pour de multiples usages, d'autre part parce que la plupart des composants du système sont optimisés et spécifiés pour fonctionner dans une plage de fréquence donnée. En dehors de cette plage de tolérance, des dysfonctionnements graves de matériels apparaissent (en particulier sur les dispositifs de régulation) et, si le déséquilibre est trop important, les groupes se séparent du réseau entraînant inévitablement l'effondrement de tout ou partie du système électrique.

En Algérie, la plage admissible est de 50 Hz +/- 0.5 Hz. A partir de 49 Hz, des délestages automatiques de consommation interviennent, des baisses de fréquence de plusieurs Hz entraînant la séparation des groupes de production par action de leur protection à minimum de fréquence.

I.3.3. Prévention et remèdes

I.3.3.1. Contre les surcharges

a. La prévention :

En premier lieu, il est essentiel de disposer d'un plan de protection parfaitement cordonné et suffisamment sélectif pour ne déclencher, lors d'un court-circuit, que les ouvrages nécessaires à l'élimination du défaut. Ensuite, il faut disposer, en temps réel, de schémas d'exploitation suffisamment « Robustes » pour éviter l'émergence du phénomène. Ceci est obtenu en appliquant la règle du « N-k », utilisées par la plupart des compagnies électriques : on doit pouvoir perdre k élément du réseau sans observer de surcharge. Par exemple le réseau EDF est exploité à l'aide de la règle N-1 lignes doubles, c'est-à-dire une règle de type N-1 complétée par la possibilité de perdre deux lignes parallèles, en limitant la puissance coupée à 100MW [5].

b. Les remèdes :

Il s'agit à ce stade de mener les actions de conduite appropriées permettant de lever les surcharges d'ouvrages apparues avant l'arrivée à échéance de leur temporisation de déclenchement, par manœuvre sur le réseau ou par action sur les groupes de production (les protections de surcharge génèrent une alarme qui est rapatriée vers les dispatchings).

La régulation des transits est assurée en jouant principalement sur deux paramètres :

- La topologie du réseau : en adaptant les schémas d'exploitation, le dispatcher modifie les impédances des différentes mailles du réseau et joue sur la répartition des charges par rapport aux sources de production ;
- Les programmes de production : en adaptant les programmes de production des groupes, le dispatcher joue sur la répartition des sources de production par rapport aux charges.

En situation ultime, le dernier recours est d'agir sur les charges en en délestant de la clientèle [5].

I.3.3.2. Contre l'écroulement de tension

a. La prévention

Pour prévenir l'écroulement de la tension, il convient de bien dimensionner les moyens de compensation de l'énergie réactive et les ouvrages du réseau afin de disposer des réserves nécessaires et suffisantes et de pouvoir les acheminer [5].

- **Méthodes moyens de compensation [4]**

Le choix du moyen adéquat dépend du but poursuivi ; Si la chute de tension est sans importance, les condensateurs statiques montés au voisinage des consommateurs du réactif fournissent une puissance réactive inférieure à la demande ; Dans le cas contraire plusieurs types de matériels peuvent intervenir:

- Condensateurs HT : raccordés aux jeux de barres HT des postes HT des postes THT/HT ;
- Condensateurs MT : raccordés aux jeux de barres MT des postes HT/MT et THT/MT;
- Les inductances : sont utilisées pour compenser l'énergie réactive fournie en heures creuses par les lignes ou par les câbles ;
- Groupes thermiques et hydrauliques : jouent le rôle essentiel dans le contrôle de la tension et la compensation de l'énergie réactive. Ils peuvent fournir ou absorber de l'énergie réactive selon la valeur du courant d'excitation ;
- Compensateurs synchrones : ce sont des machines tournantes qui peuvent fournir ou absorber de l'énergie réactive sans mettre en jeu la puissance active ;
- Les régleurs en charge : jouent un rôle très important dans les réglages de la tension, ces régleurs peuvent être :
 - Des régleurs en charge de transformateurs THT/HT
 - Des régleurs en charge de transformateurs HT/MT

Le régleur en charge permet de modifier le rapport de transformation en changeant le nombre de spires de l'enroulement primaire ;

➤ Transformateur à prise auto-commutable : au niveau MT/BT, il n'existe pas de régleurs permettant l'ajustement de la tension aux variations de la charge. Ces transformateurs sont équipés de prises auto-commutables hors tension. Actuellement le nombre de spires à vide est limité à trois :

- Prise basse : $1.025 U_N$
- Prises médiane : $1.05 U_N$
- Prise haute: $1.075 U_N$

- **Chaîne de réglage**

La chaîne de réglage de la tension est constituée par l'ensemble des moyens permettant de contrôler la tension en tout point du réseau, depuis les groupes de production jusqu'aux appareils d'utilisation. Le contrôle de la tension présente deux aspects : assurer dans l'espace (c'est-à-dire en chaque point du réseau) et dans le temps (régimes dynamiques) que la valeur de la tension reste, pour chaque niveau dans les plages admissibles.

Or, on sait que les exigences en matière de qualité de la tension ne sont pas les mêmes pour les réseaux de transport et de distribution. Ce découplage des besoins justifie donc l'implantation de moyens de réglage de la tension entre ces deux types de réseaux [4].

- b. Les remèdes**

Contrôler en maîtriser, en temps réel, le plan de tension grâce aux actions automatiques (réglages primaire et secondaire) et manuelles (réglage tertiaire). Ces commandes concernent les ordres d'enclenchement ou de déclenchement de moyens de compensation. Il peut aussi s'agir du démarrage de groupes ou modifications de la topologie du réseau.

La situation ultime vise à maîtriser l'évolution du plan de tension en régime d'incident, lorsque le phénomène d'écoulement de tension s'amorce, en agissant sur les charges, d'abord par le blocage des régleurs en charge des transformateurs THT/HT et HT/MT dès que la tension atteint une valeur critique en certains points du réseau, puis par la baisse de 5% du niveau de tension moyenne tension.

Ces actions sont relayées, le cas échéant, par des interventions « énergiques », commandées par les opérateurs des dispatchings, sur les moyens de production ou de consommation, comme le démarrage de moyens rapides de production et, en dernier recours, l'activation du télé-délestage de secours, voire la mise hors service des transformateurs THT/HT [4].

I.3.3.3. Contre l'écroulement de fréquence

a. La prévention [5]

Les actions engagées à ce niveau visent à mettre à la disposition des dispatchings les moyens pour maîtriser l'équilibre offre/demande. Il s'agit :

- De disposer d'une prévision de consommation.
- De disposer d'un plan global de production capable de couvrir la prévision de consommation et les échanges, avec une marge suffisante pour faire face aux différents aléas pouvant affecter l'équilibre offre/demande.
- De pouvoir mobiliser, dans les différents délais requis, ces réserves de puissance.

b. Les remèdes

Les actions engagées visent à maintenir la fréquence en régime normal par mobilisations successives des différentes réserves ces niveaux de réserve sont gérés et reconstitués par les réglages automatiques primaire et secondaire fréquence/puissance, le réglage tertiaire étant placé sous le contrôle des dispatchers [5]:

- **Le réglage primaire** : qui agit localement sur chaque groupe de production, assure, de façon automatique, la correction de l'écart entre production et demande. Il aboutit à un nouvel équilibre dans l'ensemble du réseau interconnecté, mais à une fréquence de fonctionnement différente de la fréquence de référence [6].
- **Réglage secondaire** : également automatique, agit après le réglage primaire. Il a pour fonction de rétablir la fréquence de référence et les échanges contractuels entre réseaux interconnectés [6].
- **Le réglage tertiaire** : qui intervient lorsqu'on s'écarte trop des conditions prévues de fonctionnement, et lorsque les réglages automatiques s'avèrent inopérants, donc il faut procéder à un réajustement des programmes de fonctionnement des centrales. Ce réajustement devra prendre en compte les coûts de production et réaliser l'optimum économique en assurant le fonctionnement le plus sûr du système de production-transport.

Dans la situation où les actions normales de conduite ne permettent plus de maîtriser la fréquence, des actions exceptionnelles de conduite sont engagées sur la production (passage à la puissance maximale des unités de production) et sur les charges (délestage rapide de clientèle) [5].

Chapitre II

**Choix de la section
d'une ligne MT 30kV
(ville de Guelma)**

Introduction

Pour les calculs des réseaux électriques on dispose de plusieurs méthodes ; parmi eux la méthode de transformation de schémas.

Cette méthode consiste à réduire jusqu'à des formes simples les schémas initiaux, en se basant sur les transformations ; telles que essentiellement connues ;

- Source équivalente,
- Branche équivalente,
- Réduction triangle-étoile et inversement,
- Autre réductions (séries, parallèles... etc.),
- Transposition de charges,

Vue le nombre important des charges, on a recours à la stylisation du schéma pour la transposition des charges.

Méthode de stylisation [1]

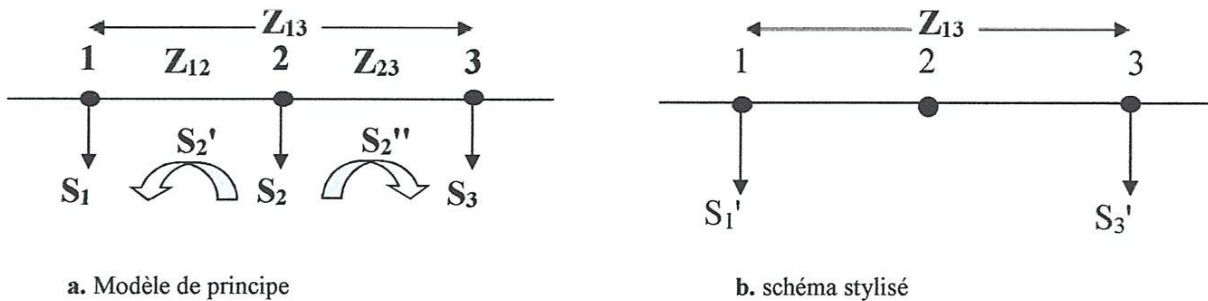


Figure II.1: exemple de stylisations

$$S'_2 = S_2 \times \frac{Z_{23}}{Z_{13}}$$

$$S''_2 = S_2 \times \frac{Z_{12}}{Z_{13}}$$

$$S'_1 = S_1 + S'_2$$

$$S'_3 = S_3 + S''_2$$

II. Choix de la section d'une ligne MT 30kV (ville de Guelma)

Vue la complexité des calculs, on a choisi deux départs avec une possibilité de bouclage en cas de défaut quelconque ou de nécessité, pour la maintenance par exemple.

Le choix est réalisé conformément aux points suivants :

1. La ville 03 est une ligne magistrale de niveau de tension MT égale à 30 kV
2. La ville 06 est une ligne magistrale de niveau de tension MT égale à 30 kV
3. La nécessité d'une possibilité de bouclage pour diverses raisons (défaut, incident, maintenance... etc.).

Schéma réel de départ ville 03 et ville 06 de la commune de Guelma [2]

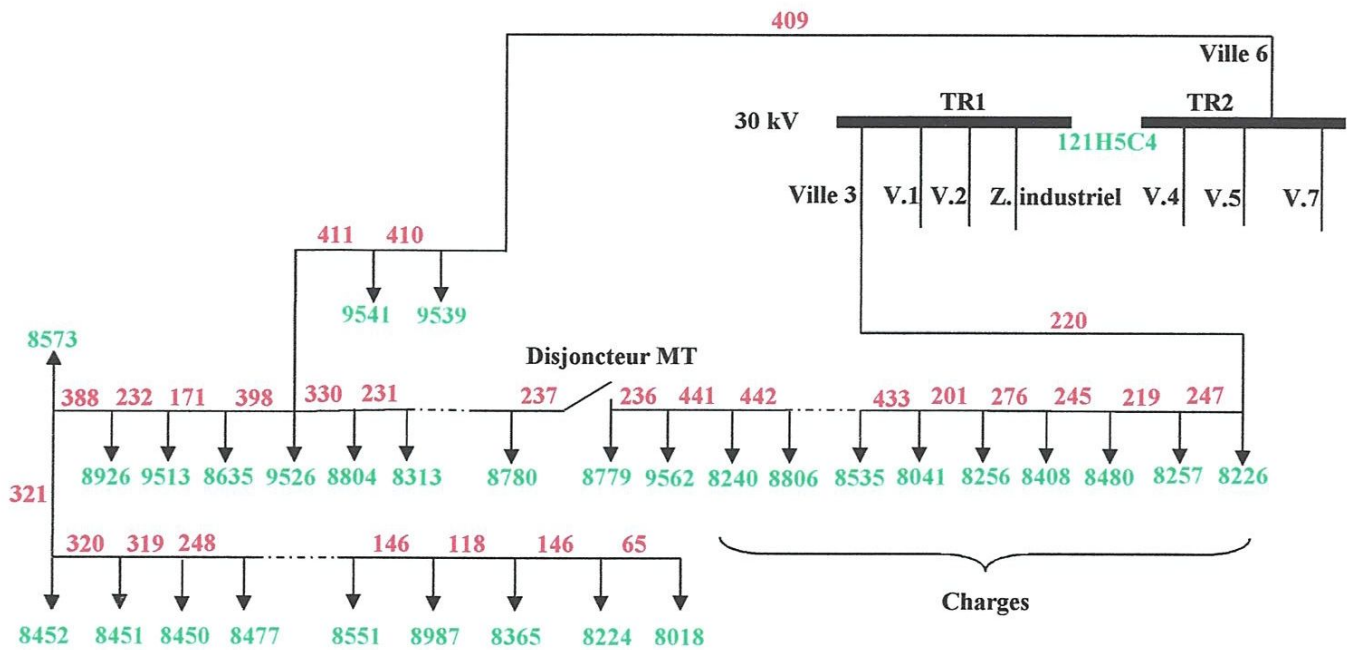


Figure II.2 : Structure des lignes souterraines MT (avec possibilité de bouclage en cas de défaut)

II.1. Données nécessaires pour les calculs [3]

II.1.1. Départ ville 06

| N°TR | Noeud1 | Noeud2 | type | Sect.(mm2) | Long.(m) | r0(Ω/k) | x0(Ω/k) | z0(Ω/k) | z(Ω) × 10 ⁻³ | S (kVA) |
|------|----------|--------|------|------------|----------|---------|---------|---------|----------------------------|------------|
| 409 | 121H5C16 | 9539 | AL | 120 | 530 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 159,530 | 250 |
| 410 | 9539 | 9541 | AL | 120 | 500 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 159,530 | 400 |
| 411 | 9541 | 9526 | AL | 120 | 1100 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 331,100 | 630 |
| 330 | 9526 | 8804 | AL | 120 | 102 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 30,702 | 630 |
| | | | CU | 70 | 894 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 282,504 | |
| | | | AL | 120 | 90 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 27,090 | |
| 231 | 8804 | 8313 | AL | 120 | 90 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 27,090 | 250 |
| | | | AL | 120 | 180 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 54,180 | |
| | | | AL | 120 | 42 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 12,642 | |
| 217 | 8313 | 8569 | AL | 120 | 361 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 108,661 | 630 |
| 400 | 8569 | 9529 | AL | 120 | 271 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 81,571 | 250 |
| 424 | 9529 | 9551 | AL | 120 | 302 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 90,902 | 400 |
| 117 | 9551 | 8988 | AL | 120 | 625 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 188,125 | 400 |
| 230 | 8988 | 8742 | CU | 70 | 169 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 53,404 | 250 |
| 212 | 8742 | 9558 | CU | 70 | 180 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 56,880 | 400 |
| 432 | 9558 | 8718 | AL | 120 | 183 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 55,083 | 250 |
| 211 | 8718 | 8717 | CU | 70 | 148 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 46,768 | 630 |
| 179 | 8717 | 8716 | CU | 70 | 250 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 79,000 | 400 |
| 267 | 8716 | 8793 | CU | 70 | 467 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 147,572 | 400 |
| | | | AL | 120 | 180 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 54,180 | |
| 76 | 8793 | 8947 | AL | 120 | 451 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 135,751 | 400 |
| 251 | 8947 | 8858 | AL | 120 | 190 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 57,190 | 250 |
| 325 | 8858 | 8456 | CU | 70 | 40 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 12,640 | 100 |
| | | | AL | 120 | 75 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 22,575 | |
| 79 | 8456 | 9517 | AL | 120 | 507 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 152,607 | 400 |
| 389 | 9517 | 8023 | AL | 120 | 258 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 77,658 | 790 |
| 237 | 8023 | 8780 | CU | 70 | 308 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 97,328 | ville 3 |
| 398 | 9526 | 8635 | AL | 120 | 102 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 30,702 | 400 |
| 171 | 8635 | 9513 | AL | 120 | 470 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 141,470 | 250 |
| 232 | 9513 | 8926 | AL | 120 | 203 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 61,103 | 630 |
| 388 | 8926 | 8573 | AL | 120 | 786 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 236,586 | 630 |
| 321 | 8573 | 8452 | AL | 120 | 109 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 32,809 | 630 |
| | | | AL | 120 | 360 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 108,360 | |
| | | | AL | 120 | 1100 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 331,100 | |

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|----|-----|-----|------|-----|-------|---------|-----|
| 320 | 8452 | 8451 | AL | 120 | 610 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 183.610 | 630 |
| 319 | 8451 | 8450 | AL | 120 | 302 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 90,902 | 160 |
| 248 | 8450 | 8477 | AL | 120 | 232 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 69,832 | 630 |
| | | | AL | 120 | 40 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 12,040 | |
| | | | AL | 120 | 361 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 108.661 | |
| 119 | 8477 | 8315 | AL | 120 | 372 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 111.972 | 400 |
| 140 | 8315 | 8022 | AL | 120 | 486 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 146.286 | 400 |
| 224 | 8022 | 8225 | AL | 120 | 666 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 200.466 | 160 |
| 323 | 8225 | 8453 | AL | 120 | 155 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 46,655 | 630 |
| 225 | 8453 | 8263 | AL | 120 | 169 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 50,869 | 630 |
| 244 | 8263 | 8326 | CU | 70 | 405 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 127.980 | 100 |
| 37 | 8326 | 8352 | CU | 70 | 225 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 71,100 | 160 |
| 123 | 8352 | 8465 | CU | 70 | 220 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 69,520 | 160 |
| | | | AL | 120 | 159 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 47,859 | |
| 338 | 8465 | 8934 | AL | 120 | 159 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 47,859 | 250 |
| 36 | 8934 | 8551 | AL | 120 | 512 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 154.112 | 160 |
| 159 | 8551 | 8987 | AL | 120 | 70 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 21,070 | 400 |
| | | | AL | 120 | 335 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 100.835 | |
| 118 | 8987 | 8365 | AL | 120 | 269 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 80,969 | 630 |
| 146 | 8365 | 8224 | AL | 120 | 35 | 0,28 | 0,1 | 0,301 | 10,535 | 160 |
| | | | CU | 70 | 311 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 98,276 | |
| 65 | 8224 | 8018 | CU | 70 | 237 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 71,892 | 100 |

Tableau II.1 : données ville 03

II.1.2. Départ ville 03

| N°TR | Noeud1 | Noeud2 | type | Sect. (mm ²) | Long. (m) | r ₀ (Ω/k) | x ₀ (Ω/k) | z ₀ (Ω/k) | z(Ω) × 10 ⁻³ | S (kVA) |
|------|---------|--------|------|--------------------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------|
| 220 | 121H5C4 | 8226 | CU | 70 | 234 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 73,944 | 250 |
| 247 | 8226 | 8257 | CU | 70 | 87 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 27,492 | 400 |
| 219 | 8257 | 8480 | AL | 120 | 67 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 20,167 | 250 |
| 245 | 8480 | 8408 | AL | 120 | 260 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 78,26 | 160 |
| | | | AL | 120 | 97 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 29,197 | |
| 276 | 8408 | 8256 | AL | 120 | 243 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 73,143 | 100 |
| 201 | 8256 | 8041 | AL | 120 | 198 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 59,598 | 100 |
| 433 | 8041 | 8535 | AL | 120 | 190 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 57,19 | 250 |
| 173 | 8535 | 8536 | AL | 120 | 729 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 219,429 | 160 |
| 170 | 8536 | 8321 | AL | 120 | 565 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 170,065 | 650 |
| 48 | 8321 | 8534 | AL | 120 | 155 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 46,655 | 250 |
| | | | CU | 70 | 75 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 23,7 | |
| 175 | 8534 | 8881 | AL | 120 | 245 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 73,745 | 250 |

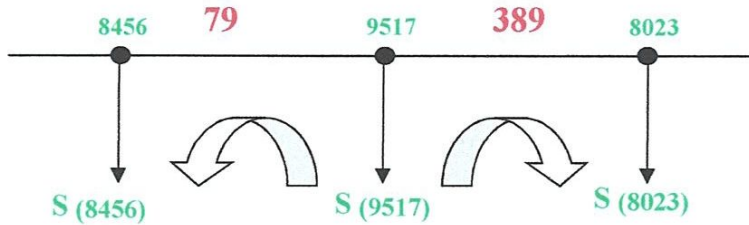
| | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|----|-----|-----|-------|-----|-------|---------|------|
| 153 | 8881 | 8644 | AL | 120 | 579 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 174,279 | 630 |
| 131 | 8644 | 8288 | CU | 70 | 60 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 18,96 | 100 |
| | | | AL | 120 | 353 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 106,253 | |
| 258 | 8288 | 8310 | CU | 70 | 444 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 140,304 | 250 |
| 295 | 8310 | 8766 | AL | 120 | 289 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 86,989 | 250 |
| 227 | 8766 | 8517 | AL | 120 | 47 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 14,147 | 630 |
| | | | CU | 70 | 280 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 88,48 | |
| 70 | 8517 | 9514 | AL | 120 | 147 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 44,247 | 630 |
| 385 | 9514 | 8963 | AL | 120 | 145 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 43,645 | 880 |
| 84 | 8963 | 8024 | CU | 70 | 227 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 71,732 | 1030 |
| 66 | 8024 | 9651 | AL | 120 | 918 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 276,318 | 400 |
| 509 | 9651 | 8631 | AL | 120 | 245 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 73,745 | 250 |
| 290 | 8631 | 8834 | AL | 120 | 257 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 77,357 | 250 |
| 177 | 8834 | 8867 | AL | 120 | 139 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 41,839 | 400 |
| | | | CU | 70 | 120 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 37,92 | |
| 132 | 8867 | 8985 | AL | 120 | 463 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 139,363 | 400 |
| 301 | 8985 | 8714 | AL | 120 | 264 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 79,464 | 250 |
| 116 | 8714 | 9532 | AL | 120 | 240 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 72,24 | 250 |
| | | | AL | 120 | 230 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 69,23 | |
| 404 | 9532 | 9593 | AL | 120 | 87 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 26,187 | 400 |
| 467 | 9593 | 8388 | AL | 120 | 119 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 35,819 | 400 |
| 207 | 8388 | 9608 | AL | 120 | 282 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 84,882 | 400 |
| 481 | 9608 | 8025 | AL | 120 | 368 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 110,768 | 160 |
| | | | CU | 70 | 435 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 137,46 | |
| 241 | 8025 | 8311 | CU | 70 | 359 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 113,444 | 630 |
| 254 | 8311 | 8777 | CU | 70 | 317 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 100,172 | 400 |
| 468 | 8777 | 9594 | AL | 120 | 176 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 52,976 | 400 |
| 234 | 9594 | 8778 | AL | 120 | 263 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 79,163 | 400 |
| 430 | 8778 | 9556 | AL | 120 | 185 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 55,685 | 400 |
| 235 | 9556 | 8806 | AL | 120 | 402 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 121,002 | 160 |
| | | | AL | 120 | 270 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 81,27 | |
| | | | AL | 120 | 181 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 54,481 | |
| 332 | 8806 | 8240 | AL | 120 | 293 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 88,193 | 400 |
| 442 | 8240 | 9562 | AL | 120 | 275 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 82,775 | 630 |
| 441 | 9562 | 8779 | AL | 120 | 198 | 0,284 | 0,1 | 0,301 | 59,598 | 630 |
| 236 | 8779 | 8780 | CU | 70 | 454 | 0,3 | 0,1 | 0,316 | 143,464 | 630 |

Tableau II.2 : données ville 03

II.2. Transposition des charges [1]

II.2.1. Départ ville 06

a. Schéma avant stylisation

Figure II.3: structure avant stylisation de la charge $S_{(9517)}$

D'après les données du tableau 01 :

$$S'_{(9517)} = S_{(9517)} \times \frac{Z_{(389)}}{Z_{(389)} + Z_{(79)}}$$

Puisque la résistance et la réactance sont les mêmes on peut écrire :

$$S'_{(9517)} = S_{(9517)} \times \frac{l_{(389)}}{l_{(389)} + l_{(79)}}$$

$$S'_{(9517)} = 400 \times \frac{0,258}{0,258 + 0,507} = 134,901 \text{ kVA}$$

$$S''_{(9517)} = S_{(9517)} \times \frac{l_{(79)}}{l_{(389)} + l_{(79)}}$$

$$S''_{(9517)} = 400 \times \frac{0,507}{0,258 + 0,507} = 265,098 \text{ kVA}$$

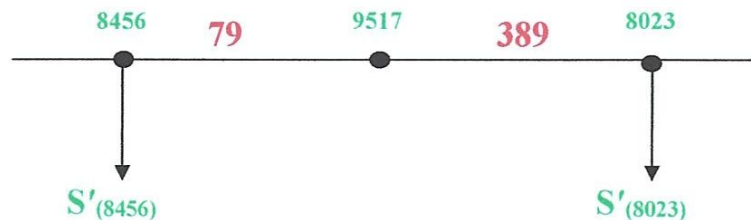
$$S'_{(8456)} = S_{(8456)} + S'_{(9517)}$$

$$S'_{(8456)} = 100 + 134,901 = 234,901 \text{ kVA}$$

$$S'_{(8023)} = S_{(8023)} + S''_{(9517)}$$

$$S'_{(8023)} = 790 + 265,098 = 1055,098 \text{ kVA}$$

b. Schéma après stylisation

Figure II.4: structure après stylisation de la charge $S_{(9517)}$

c. Schéma final après transformation

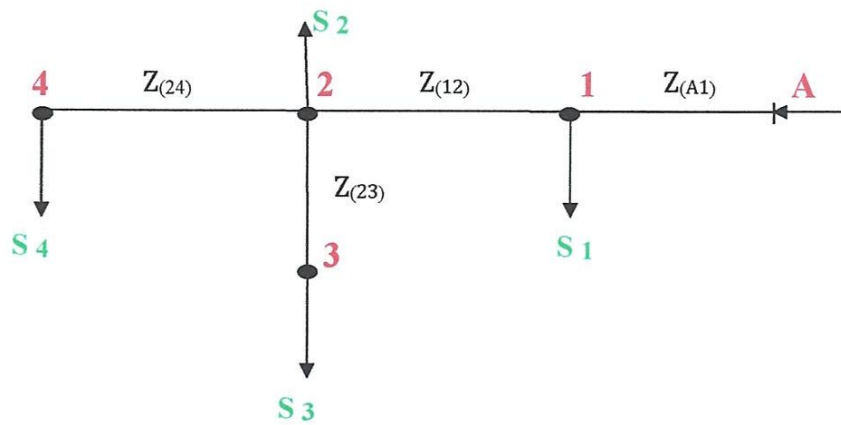


Figure II.5: structure finale après transformation de la ville 06

| Puissances (kVA) | Valeurs calculées | Impédances (Ω) | Valeurs calculées |
|------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| S ₁ | 525 | Z _{A1} | 159,530 |
| S ₂ | 8041,222 | Z ₁₂ | 481,600 |
| S ₃ | 4026,546 | Z ₂₃ | 1854,788 |
| S ₄ | 3445,138 | Z ₂₄ | 2868,430 |

Tableau II.3 : valeurs calculées de la ville 06

II.2.2. Départ ville 03

Schéma final après transformation

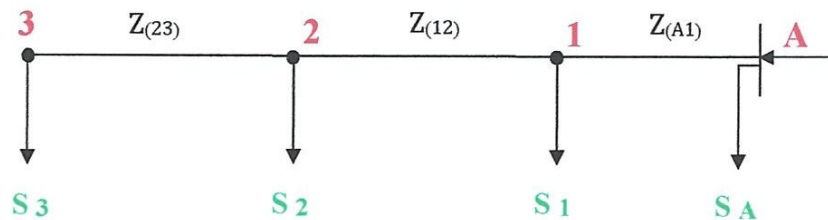


Figure II.6: structure finale après transformation de la ville 03

| Puissances (kVA) | Valeurs calculées | Impédances (Ω) | Valeurs calculées |
|------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| S ₁ | 3983,041 | Z _(A1) | 1329,092 |
| S ₂ | 11339,767 | Z ₍₁₂₎ | 1419,026 |
| S ₃ | 5883,188 | Z ₍₂₃₎ | 17723,109 |
| S _A | 1623,493 | | |

Tableau II.4 : puissances et impédances calculées de la ville 03

II.3. Calcul de la section [1]

II.3.1. Départ ville 06

Avant de calculer la section de chaque tronçon, on doit d'abord calculer le courant d'appelle qui le traverse ;

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_N}$$

$$S_{A1} = \sum_{i=1}^4 S_i$$

$$\dot{S}_{A1} = \dot{S}_1 + \dot{S}_2 + \dot{S}_3 + \dot{S}_4$$

Dans ce cas, on peut considérer que le rapport X_0/r_0 est pratiquement le même pour toutes les branches $\frac{x_0}{r_0} = cte$;

Ce qui permet de considérer que les branches sont homogènes, et de ce fait, on peut considérer que la somme éventuelle des valeurs complexes des puissances apparentes est égale à celle correspondantes de leur module. Ce qui permet d'écrire ;

$$S_{A1} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

$$S_{A1} = 525 + 8041,222 + 4026,456 + 3445,138$$

$$S_{A1} = 16037,816 \text{ kVA}$$

Puisque les abonnés ne consomment pas en même temps, alors un facteur de demande (facteur de simultanéité) est imposé ; Ce dernier dépend du nombre d'abonnés.

Selon les calculs faits par le groupe sonelgaz, le facteur de simultanéité ($f_s = 0,4 \div 0,6$). [4]

Donne,

$$SA1 = 16037,816 \times 0,6 = 9622,689 \text{ kVA}$$

D'où,

$$I = \frac{9622,689}{\sqrt{3} \times 30} = 185,188 \text{ A}$$

Et,

$$F = \frac{I}{J} \quad \text{Avec : J - densité de la ville 06}$$

| Puissances kVA | Valeurs calculées | Courant (A) | Valeurs calculées |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| S _{A1} | 16037,816 | I _{A1} | 308,647 |
| S ₁₂ | 15512,816 | I ₁₂ | 298,544 |
| S ₂₃ | 4026,546 | I ₂₃ | 77,489 |
| S ₂₄ | 3445.138 | I ₂₄ | 66,301 |

Tableau II.5: puissances et courants des branches

Le choix de la densité (J) dans les réseaux urbains se fait selon la nature du câble et sa mise à terre : [5]

- J = 3,0 pour le Cuivre (Cu)
- J = 1,6 pour l'Aluminium (Al)

$$F = \frac{185,188}{1,6} = 115,743 \text{ mm}^2$$

Alors ; la section normalisée homologuée disponible est : 120 mm² Al [4]

$$F = \frac{185,188}{3} = 61,729 \text{ mm}^2$$

Alors ; la section normalisée homologuée disponible est : 70 mm² Cu

| Section (mm ²) | AL | CU |
|----------------------------|-----|----|
| F _{A1} | 120 | 70 |
| F ₁₂ | 120 | 70 |
| F ₂₃ | 50 | 50 |
| F ₂₄ | 50 | 50 |

Tableau II.6: section des branches de la ville 03

II.3.2. Départ ville 03

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_N}$$

$$S_{A1} = \sum_{i=1}^4 S_i$$

$$S_{A1} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S_{A1} = 3983,041 + 11339,767 + 5883,188$$

Donne,

$$S_{A1} = 21205,996 \text{ kVA}$$

$$S_{A1} = 21205,996 \times 0,6 = 12723,597 \text{ kVA}$$

D'où,

$$I = \frac{12723,597}{\sqrt{3} \times 30} = 244,865 \text{ A}$$

Et,

$$F = \frac{I}{J}$$

$$F = \frac{244,865}{1,6} = 153,041 \text{ mm}^2$$

Alors ; la section normalisée homologuée disponible est : 150 mm² Al

$$F = \frac{244,865}{3} = 81,621 \text{ mm}^2$$

Alors ; la section normalisée homologuée disponible est : 95 mm² Cu

| Courant (A) | Valeurs calculés |
|-------------------|------------------|
| I _(A1) | 408,109 |
| I ₍₁₂₎ | 331,455 |
| I ₍₂₃₎ | 113,222 |

Tableau II.7: courant des branches de la ville 03

| Section (mm ²) | AL | CU |
|----------------------------|-----|----|
| F _{A1} | 150 | 95 |
| F ₁₂ | 120 | 70 |
| F ₂₃ | 50 | 50 |

Tableau II.8: section des branches de la ville 03

II.4. Calcul des pertes de tension : [1]**II.4.1. Départ ville 06**

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times Z_{A1} \times I_{A1}$$

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times (r_{A1} + jx_{A1}) \times I_{A1}$$

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times (0,28 \times 0,53 + j0,1 \times 0,53) \times 308,647$$

$$\Delta U_{A1} = 0,079 + j0,028$$

$$|\Delta U_{A1}| = 0,083 \text{ kV}$$

$$|\Delta U_{A1}| \% = \frac{\Delta U_{A1} \times 100}{U_N}$$

$$|\Delta U_{A1}| \% = \frac{0,083 \times 100}{30} = 0,27 \%$$

| ΔU (kV) | Valeurs calculées | ΔU % | Tension (kV) | Valeurs calculées |
|-----------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------|
| ΔU_{A1} | 0,083 | 0,28 | U_1 | 29,921 |
| ΔU_{12} | 0,262 | 0,82 | U_2 | 29,666 |
| ΔU_{23} | 0,247 | 0,82 | U_3 | 29,419 |
| ΔU_{24} | 0,329 | 1,09 | U_4 | 28,634 |

Tableau II.9: pertes de tension des branches de la ville 06

La tension dans le nœud (1) est :

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A1}$$

$$U_1 = 30 - (0,079 + j0,028)$$

$$U_1 = 29,921 - j 0,028$$

$$|U_1| = 29,921 \text{ kV}$$

II.4.2. Départ ville 03

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times Z_{A1} \times I_{A1}$$

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times (r_{A1} + jx_{A1}) \times I_{A1}$$

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times (0,28 \times 4,137 + j0,1 \times 4,137) \times 408,109$$

$$\Delta U_{A1} = 0,818 + j0,292$$

$$|\Delta U_{A1}| = 0,868 \text{ kV}$$

$$|\Delta U_{A1}| \% = \frac{\Delta U_{A1} \times 100}{U_N}$$

$$|\Delta U_{A1}| \% = \frac{0,868 \times 100}{30} = 2,89 \%$$

| ΔU (kV) | Valeurs calculées | ΔU % | Tension (kV) | Valeurs calculées |
|-----------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------|
| ΔU_{A1} | 0,938 | 3,12 | U_1 | 29,061 |
| ΔU_{12} | 0,803 | 2,67 | U_2 | 28,247 |
| ΔU_{23} | 0,337 | 1,25 | U_3 | 28,054 |

Tableau II.10: pertes de tension dans les branches de la ville 03

La tension dans le nœud (1) est :

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A1}$$

$$U_1 = 30 - (0,818 + j0,292)$$

$$U_1 = 29,182 - j 0,292$$

$$|U_1| = 29,183 \text{ kV}$$

II.5. Calcul des pertes de puissance :

Pour les réseaux de distribution on évalue les pertes par la tension nominale.

II.5.1. Départ ville 06

$$\Delta S = \frac{\sum S_k^2}{U_N^2} \times Z$$

Pour le réseau de distribution on se base sur les pertes actives, tandis que le calcul des pertes réactives se fait pour la compensation.

$$\Delta P_{A1} = \frac{\sum S_k^2}{U_N^2} \times r_{A1}$$

Avec : $r_{A1} = r_0 \times l_{A1}$

$$\Delta P_{A1} = \frac{(16037,816)^2}{30^2} \times 0,28 \times 0,530$$

$$\Delta P_{A1} = 42,411 \text{ kW}$$

| Puissances (kVA) | Valeurs calculées | ΔP (kW) | Valeurs calculées |
|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| S _{A1} | 16037,816 | ΔP_{A1} | 42,411 |
| S ₁₂ | 15512,816 | ΔP_{12} | 119,788 |
| S ₂₃ | 4026,546 | ΔP_{23} | 32,095 |
| S ₂₄ | 3445,138 | ΔP_{24} | 34,931 |

Tableau II.11: puissances et pertes de puissance actives dans la ville 06

II.5.2. Départ ville 03

$$\Delta P_{A1} = \frac{\sum S_k^2}{U_N^2} \times r_{A1}$$

$$\Delta P_{A1} = \frac{(21205,996)^2}{30^2} \times 0,28 \times 4,137$$

$$\Delta P_{A1} = 578,786 \text{ kW}$$

| Puissances (kVA) | Valeurs calculées | ΔP (kW) | Valeurs calculées |
|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| S_{A1} | 21205,996 | ΔP_{A1} | 578,786 |
| S_{12} | 17222,955 | ΔP_{12} | 430,140 |
| S_{23} | 5883,188 | ΔP_{23} | 48,004 |

Tableau II.12: puissances et pertes de puissance actives dans la ville 03

Chapitre III

**L'impact de la section
sur les pertes de tension
et de puissance**

Introduction

Dans le chapitre précédent, les calculs de la section ont abouti à un résultat très intéressant. En effet, on obtient des sections différentes de celles déjà installées, ce qui permet de réaliser une étude comparative de quelques points de vue.

De ce fait ; notre étude dans ce chapitre est orientée vers l'évaluation de cette différence du point de vue pertes de tension, pertes de puissance, échauffement (courant admissible... etc.).

III.1. Calcul des pertes de tension :

III.1.1. Départ ville 06

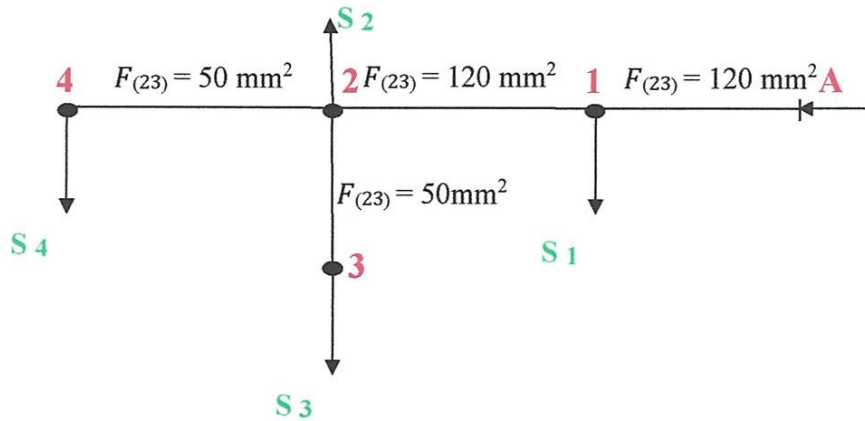


Figure III.1: structure finale après transformation de la ville 06 avec de nouvelles sections

On utilisant le schéma final de la figure III.1, avec le maintien des sections calculées, on obtient les résultats du tableau III.2.

| Section (mm^2) | r_0 (Ω) | |
|---------------------------|--------------------|-------|
| | Al | Cu |
| 150 | 0,231 | 0,141 |
| 120 | 0,284 | 0,176 |
| 70 | 0,497 | 0,301 |
| 50 | 0,918 | 0,424 |

Tableau III.1 : résistances des sections normalisées

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times (r_{A1} + jx_{A1}) \times I_{A1}$$

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times (0,28 \times 0,53 + j0,1 \times 0,53) \times 308,647$$

$$\Delta U_{A1} = 0,079 + j0,028$$

$$|\Delta U_{A1}| = 0,083 \text{ kV}$$

$$|\Delta U_{A1}| \% = \frac{\Delta U_{A1} \times 100}{U_N}$$

| Impédances (Ω) | Valeurs calculées | ΔU (kV) | Valeurs calculées | ΔU % |
|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|------|
| Z _{A1} | 159,530 | ΔU _{A1} | 0,083 | 0,27 |
| Z ₁₂ | 481,600 | ΔU ₁₂ | 0,262 | 0,87 |
| Z ₂₃ | 5873,049 | ΔU ₂₃ | 0,455 | 1,51 |
| Z ₂₄ | 8731,580 | ΔU ₂₃ | 0,578 | 1,92 |

Tableau III.2 : impédances et pertes de tension dans la ville 06

La tension dans le nœud (1) est :

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A1}$$

$$U_1 = 30 - (0,079 + j0,028)$$

$$U_1 = 29,921 - j0,028$$

$$|U_1| = 29,921 \text{ kV}$$

| Tension (kV) | Valeurs calculées |
|----------------|-------------------|
| U ₁ | 29,921 |
| U ₂ | 29,666 |
| U ₃ | 29,212 |
| U ₄ | 28,634 |

Tableau III.3 : tensions nodales dans la ville 06

III.1.2. Départ ville 03

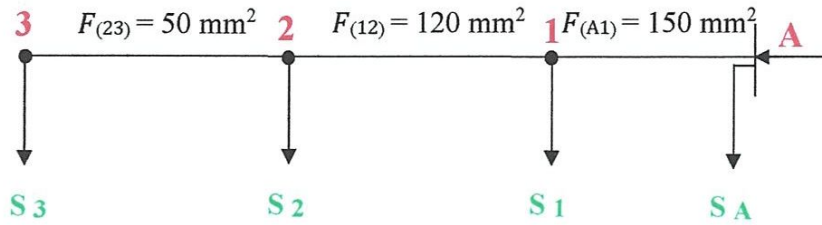


Figure III.1: structure finale après transformation de la ville 03 avec de nouvelles sections

On utilisant le schéma final de la figure III.1, avec le maintien des sections calculées, on obtient

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times Z_{A1} \times I_{A1}$$

$$\Delta U_{A1} = \sqrt{3} \times (0,231 \times 4,137 + j0,1 \times 4,137) \times 408,109$$

$$\Delta U_{A1} = 0,675 + j0.292$$

$$|\Delta U_{A1}| = 0,735\text{kV}$$

$$\Delta U_{A1}\% = \frac{\Delta U_{A1} \times 100}{U_N}$$

$$\Delta U_{A1}\% = \frac{0,735 \times 100}{30} = 1,51 \%$$

| Impédances (Ω) | Valeurs calculées | ΔU (kV) | Valeurs calculées | ΔU % |
|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|------|
| Z _{A1} | 1038,387 | ΔU _{A1} | 0,735 | 2,45 |
| Z ₁₂ | 1388,978 | ΔU ₁₂ | 0,803 | 2,67 |
| Z ₂₃ | 4114,734 | ΔU ₂₃ | 0,445 | 1,48 |

Tableau III.4 : impédances et pertes de tension dans la ville 03

La tension dans le nœud (1) est :

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A1}$$

$$U_1 = 30 - (0,675 + j0,292)$$

$$U_1 = 29,325 - j0,292$$

$$|U_1| = 29,326 \text{ kV}$$

| Tension (kV) | Valeurs calculées |
|--------------|-------------------|
| U_1 | 29,326 |
| U_2 | 28,421 |
| U_3 | 27,973 |

Tableau III.5 : tensions nodales dans la ville 03

III.2. Calcul des pertes de puissance :

III.2.1. Départ ville 06

$$\Delta P_{A1} = \frac{\sum S_k^2}{U_N^2} \times r_{A1}$$

$$\Delta P_{A1} = \frac{(16037,816)^2}{30^2} \times 0,28 \times 0,530$$

$$\Delta P_{A1} = 42,411 \text{ kW}$$

| Puissances (kVA) | Valeurs calculées | ΔP (kW) | Valeurs calculées |
|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| S_{A1} | 16037,816 | ΔP_{A1} | 42,411 |
| S_{12} | 15512,816 | ΔP_{12} | 119,788 |
| S_{23} | 4026,546 | ΔP_{23} | 105,227 |
| S_{24} | 3445,138 | ΔP_{24} | 114,526 |

Tableau III.6 : puissances et pertes de puissance dans la ville 06

III.2.2. Départ ville 03

$$\Delta P_{A1} = \frac{\sum S_k^2}{U_N^2} \times r_{A1}$$

$$\Delta P_{A1} = \frac{(21205,996)^2}{30^2} \times 0,231 \times 4,137$$

$$\Delta P_{A1} = 477,498 \text{ kW}$$

| Puissances KVA | Valeurs calculées | ΔP (kW) | Valeurs calculées |
|-------------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| S_{A1} | 21205,996 | ΔP_{A1} | 477,498 |
| S_{12} | 17222,955 | ΔP_{12} | 430,140 |
| S_{23} | 5883,188 | ΔP_{23} | 157,385 |

Tableau III.7 : puissances et pertes de puissance dans la ville 03

III.3. Résultats d'étude faite par le programme CARAT

Cette étude est faite au niveau du groupe sonelgaz par le biais de son programme appelé CARAT, qui donne les résultats suivants :

III.3.1. Départ ville 06

PROGRAM CEDRA1

de 30Kv DEPART VILLE 6 GUELMA état initial

PARAMETERS

```

PLANNING PERIOD FROM 16 THRU 27           MINIMAL POWER      25.00 %
NOMINAL VOLTAGE      30000.00             BREAKPOINT         1200
MINIMAL VOLTAGE SANE STATE 80.00 %        LOAD DURATION      4500
MINIMAL VOLTAGE BY OUTAGE 70.00 %        COS. FI            .890
ALLOWED OVERLOAD BY OUTAGE 10.00 %       MAX. RESEARCH TIME 10.000
RESEARCH OPTION      0                   TIME MULTIPL. FACT. 1.000
TRACE                0                   WRITE INPUT DATA  0
FULL CEDRA           0                   TOTAL COMPUTING TIME 600. SEC
CEDRA WHEN OUTAGES  0                   WRITE SWITCHINGS
    
```

*LOAD LEVEL AT YEAR : 16 *

SAFE STATE

*****TOTAL STRUCTURE FOUND IN .00 SECONDS**

| NODE1 | NODE2 | CAPACITY | CURRENT | PCT | V-NODE2 | DV% | LOSS (KW) | SURCHARGE | PERT.CUMUL. | LG-ARC(KM) | LG-ARC CUM |
|-----------------|-------|----------|---------|--------|---------|-------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|
| INJECT - VILLE6 | 771. | 116. | 15.10 | 30000. | .00 | .00 | .000 | 1.000 | 1.000 | | |
| VILLE6 - NFFEND | 400. | 116. | 29.10 | 30000. | .00 | .00 | .000 | 1.000 | 2.000 | | |
| NFFEND - P9539 | 198. | 116. | 58.78 | 29969. | .10 | 6.03 | 6.031 | .530 | 2.530 | | |
| P9539 - P9541 | 198. | 116. | 58.78 | 29939. | .20 | 5.69 | 11.721 | .500 | 3.030 | | |
| P9541 - P9526 | 198. | 116. | 58.78 | 29873. | .42 | 12.52 | 24.239 | 1.100 | 4.130 | | |
| P9526 - P8804 | 198. | 43. | 21.82 | 29846. | .51 | 1.93 | 26.174 | 1.170 | 5.300 | | |
| P8804 - P8313 | 198. | 39. | 19.69 | 29840. | .53 | .40 | 26.569 | .310 | 5.610 | | |
| P8313 - P8569 | 198. | 39. | 19.46 | 29833. | .56 | .45 | 27.018 | .360 | 5.970 | | |
| P8569 - P9529 | 198. | 36. | 18.14 | 29828. | .57 | .29 | 27.311 | .270 | 6.240 | | |
| P9529 - P9551 | 198. | 33. | 16.81 | 29823. | .59 | .28 | 27.590 | .300 | 6.540 | | |
| P9551 - P8988 | 198. | 33. | 16.81 | 29813. | .62 | .58 | 28.167 | .620 | 7.160 | | |
| P8988 - P8742 | 210. | 32. | 13.04 | 29810. | .63 | .14 | 28.311 | .160 | 7.320 | | |
| P8742 - P9558 | 210. | 29. | 13.79 | 29807. | .64 | .14 | 28.447 | .180 | 7.500 | | |
| P9558 - P8718 | 198. | 29. | 14.62 | 29804. | .65 | .15 | 28.602 | .220 | 7.720 | | |
| P8718 - P8717 | 210. | 26. | 12.54 | 29802. | .66 | .09 | 28.689 | .140 | 7.860 | | |
| P8717 - P8716 | 210. | 24. | 11.29 | 29799. | .67 | .13 | 28.815 | .250 | 8.110 | | |
| P8716 - P8793 | 198. | 21. | 10.65 | 29791. | .70 | .25 | 29.067 | .640 | 8.750 | | |
| P8793 - P8947 | 198. | 17. | 8.52 | 29787. | .71 | .11 | 29.174 | .450 | 9.200 | | |
| P8947 - P8858 | 198. | 15. | 7.66 | 29786. | .71 | .04 | 29.211 | .190 | 9.390 | | |
| P8858 - P8456 | 198. | 13. | 6.33 | 29785. | .72 | .01 | 29.226 | .110 | 9.500 | | |
| P8456 - P9517 | 198. | 13. | 6.33 | 29782. | .73 | .07 | 29.292 | .500 | 10.000 | | |
| P9517 - P8023 | 198. | 8. | 4.20 | 29781. | .73 | .01 | 29.307 | .250 | 10.250 | | |
| P9526 - P8635 | 210. | 69. | 32.84 | 29870. | .43 | .43 | 29.735 | .100 | 10.350 | | |
| P8635 - P9513 | 198. | 66. | 33.51 | 29854. | .49 | 1.74 | 31.473 | .470 | 10.820 | | |
| P9513 - P8926 | 198. | 64. | 32.18 | 29847. | .51 | .68 | 32.155 | .200 | 11.020 | | |
| P8926 - P8573 | 198. | 57. | 28.85 | 29823. | .59 | 2.25 | 34.402 | .820 | 11.840 | | |
| P8573 - P8452 | 198. | 54. | 27.52 | 29780. | .73 | 3.89 | 38.293 | 1.560 | 13.400 | | |
| P8452 - P8451 | 198. | 48. | 24.18 | 29765. | .78 | 1.17 | 39.468 | .610 | 14.010 | | |
| P8451 - P8450 | 198. | 41. | 20.84 | 29759. | .80 | .43 | 39.897 | .300 | 14.310 | | |
| P8450 - P8477 | 198. | 35. | 17.50 | 29748. | .84 | .64 | 40.532 | .630 | 14.940 | | |
| P8477 - P8315 | 198. | 33. | 16.64 | 29741. | .86 | .34 | 40.870 | .370 | 15.310 | | |
| P8315 - P8022 | 198. | 32. | 16.41 | 29735. | .88 | .32 | 41.189 | .360 | 15.670 | | |
| P8022 - P8225 | 210. | 31. | 14.82 | 29712. | .96 | 1.21 | 42.401 | 1.390 | 17.060 | | |
| P8225 - P8453 | 198. | 29. | 14.39 | 29710. | .97 | .10 | 42.503 | .150 | 17.210 | | |
| P8453 - P8263 | 198. | 27. | 13.53 | 29708. | .97 | .10 | 42.599 | .160 | 17.370 | | |
| P8263 - P8326 | 210. | 20. | 9.61 | 29703. | .99 | .15 | 42.746 | .400 | 17.770 | | |
| P8326 - P8352 | 210. | 20. | 9.45 | 29701. | 1.00 | .08 | 42.824 | .220 | 17.990 | | |
| P8352 - P8465 | 198. | 19. | 9.79 | 29697. | 1.01 | .12 | 42.944 | .370 | 18.360 | | |
| P8465 - P8934 | 198. | 18. | 8.92 | 29696. | 1.01 | .04 | 42.983 | .150 | 18.510 | | |
| P8934 - P8551 | 198. | 16. | 8.06 | 29692. | 1.03 | .11 | 43.092 | .510 | 19.020 | | |
| P8551 - P8987 | 198. | 14. | 7.20 | 29689. | 1.04 | .07 | 43.161 | .400 | 19.420 | | |
| P8987 - P8365 | 198. | 13. | 6.33 | 29687. | 1.04 | .03 | 43.195 | .260 | 19.680 | | |
| P8365 - P8224 | 198. | 6. | 2.99 | 29686. | 1.05 | .01 | 43.203 | .260 | 19.940 | | |
| P8224 - P8018 | 210. | 4. | 2.01 | 29683. | 1.06 | .02 | 43.225 | 1.390 | 21.330 | | |

**PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW : 43.225
 **LONGUEUR DEVELOPPEE DU DEPART EN KM : 21.330

PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW

OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 5.383
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 24222.277
 TOTAL LOSSES IN KW : 43. OR .80 %
 OUTAGE STUDY AT YEAR : 16

PUISSANCE DEMANDÉE GLOBALE (MW)
 ÉNERGIE CONSOMMÉE GÉNÉRALE (MWH)
 PERTES TOTALES EN KW
 ÉTUDE DE DÉPENSE À L'ANNÉE: 16

 *LOAD LEVEL AT YEAR : 17 *

SAFE STATE

*****TOTAL STRUCTURE FOUND IN .00 SECONDS**

| NODE1 | NODE2 | CAPACITY | CURRENT | PCT | V-NODE2 | DV% | LOSS (KW) | SURCHARGE | PERT.CUMUL. | LG-ARC(KM) | LG-ARC CUM |
|-----------------|-------|----------|---------|-------|---------|------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|
| INJECT - VILLE6 | | 771. | 133. | 17.21 | 30000. | .00 | .00 | .000 | 1.000 | 1.000 | |
| VILLE6 - NFFEND | | 400. | 133. | 33.17 | 30000. | .00 | .00 | .000 | 1.000 | 2.000 | |
| NFFEND - P9539 | | 198. | 133. | 67.01 | 29964. | .12 | 7.84 | 7.838 | .530 | 2.530 | |
| P9539 - P9541 | | 198. | 133. | 67.01 | 29930. | .23 | 7.39 | 15.233 | .500 | 3.030 | |
| P9541 - P9526 | | 198. | 133. | 67.01 | 29856. | .48 | 16.27 | 31.501 | 1.100 | 4.130 | |
| P9526 - P8804 | | 198. | 49. | 24.88 | 29825. | .58 | 2.51 | 34.015 | 1.170 | 5.300 | |
| P8804 - P8313 | | 198. | 44. | 22.45 | 29818. | .61 | .51 | 34.530 | .310 | 5.610 | |
| P8313 - P8569 | | 198. | 44. | 22.19 | 29810. | .63 | .58 | 35.113 | .360 | 5.970 | |
| P8569 - P9529 | | 198. | 41. | 20.68 | 29804. | .65 | .38 | 35.493 | .270 | 6.240 | |
| P9529 - P9551 | | 198. | 38. | 19.17 | 29798. | .67 | .36 | 35.856 | .300 | 6.540 | |
| P9551 - P8988 | | 198. | 38. | 19.17 | 29786. | .71 | .75 | 36.606 | .620 | 7.160 | |
| P8988 - P8742 | | 210. | 36. | 17.14 | 29783. | .72 | .19 | 36.793 | .160 | 7.320 | |
| P8742 - P9558 | | 210. | 33. | 15.72 | 29780. | .73 | .18 | 36.969 | .180 | 7.500 | |
| P9558 - P8718 | | 198. | 33. | 16.67 | 29776. | .75 | .20 | 37.171 | .220 | 7.720 | |
| P8718 - P8717 | | 210. | 30. | 14.30 | 29774. | .75 | .11 | 37.284 | .140 | 7.860 | |
| P8717 - P8716 | | 210. | 27. | 12.87 | 29770. | .77 | .16 | 37.449 | .250 | 8.110 | |
| P8716 - P8793 | | 198. | 24. | 12.14 | 29762. | .79 | .33 | 37.775 | .640 | 8.750 | |
| P8793 - P8947 | | 198. | 19. | 9.71 | 29758. | .81 | .14 | 37.915 | .450 | 9.200 | |
| P8947 - P8858 | | 198. | 17. | 8.73 | 29756. | .81 | .05 | 37.963 | .190 | 9.390 | |
| P8858 - P8456 | | 198. | 14. | 7.22 | 29755. | .82 | .02 | 37.982 | .110 | 9.500 | |
| P8456 - P9517 | | 198. | 14. | 7.22 | 29752. | .83 | .09 | 38.068 | .500 | 10.000 | |
| P9517 - P8023 | | 198. | 9. | 4.79 | 29750. | .83 | .02 | 38.087 | .250 | 10.250 | |
| P9526 - P8635 | | 210. | 79. | 37.44 | 29851. | .50 | .56 | 38.643 | .100 | 10.350 | |
| P8635 - P9513 | | 198. | 76. | 38.20 | 29833. | .56 | 2.26 | 40.902 | .470 | 10.820 | |
| P9513 - P8926 | | 198. | 73. | 36.69 | 29826. | .58 | .89 | 41.789 | .200 | 11.020 | |
| P8926 - P8573 | | 198. | 65. | 32.88 | 29799. | .67 | 2.92 | 44.709 | .820 | 11.840 | |
| P8573 - P8452 | | 198. | 62. | 31.37 | 29749. | .84 | 5.06 | 49.765 | 1.560 | 13.400 | |
| P8452 - P8451 | | 198. | 55. | 27.57 | 29732. | .89 | 1.53 | 51.292 | .610 | 14.010 | |
| P8451 - P8450 | | 198. | 47. | 23.76 | 29725. | .92 | .56 | 51.850 | .300 | 14.310 | |
| P8450 - P8477 | | 198. | 40. | 19.95 | 29712. | .96 | .83 | 52.676 | .630 | 14.940 | |
| P8477 - P8315 | | 198. | 38. | 18.97 | 29705. | .98 | .44 | 53.114 | .370 | 15.310 | |
| P8315 - P8022 | | 198. | 37. | 18.71 | 29698. | 1.01 | .41 | 53.529 | .360 | 15.670 | |
| P8022 - P8225 | | 210. | 35. | 16.89 | 29672. | 1.09 | 1.57 | 55.104 | 1.390 | 17.060 | |
| P8225 - P8453 | | 198. | 32. | 16.41 | 29669. | 1.10 | .13 | 55.237 | .150 | 17.210 | |
| P8453 - P8263 | | 198. | 31. | 15.42 | 29667. | 1.11 | .13 | 55.362 | .160 | 17.370 | |
| P8263 - P8326 | | 210. | 23. | 10.95 | 29662. | 1.13 | .19 | 55.553 | .400 | 17.770 | |
| P8326 - P8352 | | 210. | 23. | 10.77 | 29659. | 1.14 | .10 | 55.654 | .220 | 17.990 | |
| P8352 - P8465 | | 198. | 22. | 11.16 | 29655. | 1.15 | .16 | 55.810 | .370 | 18.360 | |
| P8465 - P8934 | | 198. | 20. | 10.17 | 29653. | 1.16 | .05 | 55.861 | .150 | 18.510 | |
| P8934 - P8551 | | 198. | 18. | 9.19 | 29648. | 1.17 | .14 | 56.003 | .510 | 19.020 | |
| P8551 - P8987 | | 198. | 16. | 8.20 | 29645. | 1.18 | .09 | 56.092 | .400 | 19.420 | |
| P8987 - P8365 | | 198. | 14. | 7.22 | 29643. | 1.19 | .04 | 56.136 | .260 | 19.680 | |
| P8365 - P8224 | | 198. | 7. | 3.41 | 29642. | 1.19 | .01 | 56.146 | .260 | 19.940 | |
| P8224 - P8018 | | 210. | 5. | 2.29 | 29639. | 1.20 | .03 | 56.175 | 1.390 | 21.330 | |

**PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW : 56.175
 **LONGUEUR DEVELOPPEE DU DEPART EN KM : 21.330

PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW

OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 6.136
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 27613.396
 TOTAL LOSSES IN KW : 56. OR .92 %
 OUTAGE STUDY AT YEAR : 17

PUISSANCE DEMANDÉE GLOBALE (MW)
 ÉNERGIE CONSOMMÉE GÉNÉRALE (MWH)
 PERTES TOTALES EN KW
 ÉTUDE DE DÉPENSE À L'ANNÉE: 17

III.3.2. Départ ville 03

PROGRAM CEDRA1

de 30Kv DEPART VILLE 3 GUELMA état initial

PARAMETERS

```

PLANNING PERIOD FROM 16 THRU 27
NOMINAL VOLTAGE 30000.00
MINIMAL VOLTAGE SANE STATE 90.00 %
MINIMAL VOLTAGE BY OUTAGE 85.00 %
ALLOWED OVERLOAD BY OUTAGE 10.00 %
RESEARCH OPTION 0
TRACE 0
FULL CEDRA 0
CEDRA WHEN OUTAGES 0
MINIMAL POWER 25.00 %
BREAKPOINT 1200
LOAD DURATION 4500
COS. FI .890
MAX. RESEARCH TIME 10.000
TIME MULTIPL. FACT. 1.000
WRITE INPUT DATA 0
TOTAL COMPUTING TIME 600. SEC
WRITE SWITCHINGS
    
```

*LOAD LEVEL AT YEAR : 16 *

SAFE STATE

*****TOTAL STRUCTURE FOUND IN .00 SECONDS**

| NODE1 | NODE2 | CAPACITY | CURRENT | PCT | V-NODE2 | DV% | LOSS (KW) | SURCHARGE | PERT.CUMUL | LG-ARC(KM) | LG-ARC CUM |
|-----------------|-------|----------|---------|--------|---------|------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| INJECT - VILLE3 | 771. | 65. | 8.40 | 30000. | .00 | .00 | .000 | 1.000 | 1.000 | | |
| VILLE3 - NFSONA | 400. | 65. | 16.20 | 30000. | .00 | .00 | .000 | 1.000 | 2.000 | | |
| NFSONA - P8226 | 210. | 65. | 30.86 | 29992. | .03 | .87 | .869 | .230 | 2.230 | | |
| P8226 - P8257 | 210. | 65. | 30.71 | 29989. | .04 | .30 | 1.169 | .080 | 2.310 | | |
| P8257 - P8480 | 198. | 64. | 32.22 | 29987. | .04 | .21 | 1.374 | .060 | 2.370 | | |
| P8480 - P8408 | 198. | 64. | 32.22 | 29976. | .08 | 1.20 | 2.571 | .350 | 2.720 | | |
| P8408 - P8256 | 198. | 63. | 31.57 | 29969. | .10 | .69 | 3.260 | .210 | 2.930 | | |
| P8256 - P8534 | 198. | 62. | 31.16 | 29934. | .22 | 3.58 | 6.841 | 1.120 | 4.050 | | |
| P8534 - P8321 | 198. | 57. | 28.54 | 29927. | .24 | .60 | 7.445 | .220 | 4.270 | | |
| P8321 - P8535 | 198. | 55. | 27.98 | 29891. | .36 | 3.30 | 10.744 | 1.280 | 5.550 | | |
| P8535 - P8536 | 198. | 53. | 26.97 | 29870. | .43 | 1.82 | 12.565 | .760 | 6.310 | | |
| P8536 - P8881 | 198. | 52. | 26.31 | 29859. | .47 | 1.00 | 13.568 | .440 | 6.750 | | |
| P8881 - P8310 | 198. | 50. | 25.30 | 29848. | .51 | .84 | 14.412 | .400 | 7.150 | | |
| P8310 - P8288 | 210. | 49. | 23.52 | 29837. | .54 | .97 | 15.378 | .440 | 7.590 | | |
| P8288 - P8644 | 198. | 49. | 24.85 | 29826. | .58 | .84 | 16.220 | .410 | 8.000 | | |
| P8644 - P8766 | 198. | 47. | 23.84 | 29811. | .63 | 1.21 | 17.430 | .630 | 8.630 | | |
| P8766 - P8517 | 198. | 46. | 23.18 | 29803. | .66 | .60 | 18.032 | .320 | 8.950 | | |
| P8517 - P9516 | 198. | 44. | 22.17 | 29800. | .67 | .23 | 18.258 | .160 | 9.090 | | |
| P9516 - P8963 | 198. | 39. | 19.55 | 29797. | .68 | .18 | 18.434 | .160 | 9.230 | | |
| P8963 - P8024 | 210. | 37. | 17.48 | 29793. | .69 | .27 | 18.701 | .220 | 9.450 | | |
| P8024 - P8631 | 198. | 33. | 16.87 | 29772. | .76 | 1.13 | 19.830 | 1.150 | 10.600 | | |
| P8631 - P8834 | 198. | 31. | 15.86 | 29768. | .77 | .21 | 20.037 | .250 | 10.850 | | |
| P8834 - P8867 | 198. | 29. | 16.85 | 29764. | .79 | .19 | 20.224 | .250 | 11.100 | | |
| P8867 - P8985 | 198. | 29. | 16.44 | 29758. | .81 | .32 | 20.541 | .460 | 11.560 | | |
| P8985 - P8716 | 198. | 25. | 12.37 | 29754. | .82 | .13 | 20.672 | .260 | 11.820 | | |
| P8716 - P9532 | 198. | 23. | 11.36 | 29752. | .83 | .10 | 20.774 | .240 | 12.060 | | |
| P9532 - P8388 | 198. | 21. | 10.35 | 29750. | .83 | .04 | 20.813 | .110 | 12.170 | | |
| P8388 - P8025 | 198. | 19. | 9.70 | 29740. | .87 | .34 | 21.156 | 1.080 | 13.250 | | |
| P8025 - P8311 | 210. | 19. | 8.81 | 29736. | .88 | .11 | 21.264 | .350 | 13.600 | | |
| P8311 - P8777 | 210. | 18. | 8.62 | 29733. | .89 | .09 | 21.356 | .310 | 13.910 | | |
| P8777 - P8778 | 210. | 16. | 7.67 | 29732. | .89 | .04 | 21.398 | .180 | 14.090 | | |
| P8778 - P8806 | 210. | 16. | 6.71 | 29726. | .91 | .12 | 21.518 | .670 | 14.760 | | |
| P8806 - P8240 | 210. | 11. | 5.16 | 29725. | .92 | .03 | 21.548 | .290 | 15.050 | | |
| P8240 - P8779 | 210. | 10. | 4.95 | 29724. | .92 | .02 | 21.565 | .170 | 15.220 | | |
| P8779 - P8780 | 210. | 5. | 2.48 | 29722. | .93 | .01 | 21.575 | .450 | 15.670 | | |

**PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW : 21.575

PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW

**LONGUEUR DEVELOPPEE DU DEPART EN KM : 15.670

OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 2.997
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 13485.262
 TOTAL LOSSES IN KW : 22. OR .72 %
 OUTAGE STUDY AT YEAR : 16

PUISSANCE DEMANDÉE GLOBALE (MW)
 ÉNERGIE CONSOMMÉE GÉNÉRALE (MWH)
 PERTES TOTALES EN KW
 ÉTUDE DE DÉPENSE À L'ANNÉE: 16

*LOAD LEVEL AT YEAR : 17 *

NIVEAU DE CHARGE À L'ANNÉE: 17

SAFE STATE

*****TOTAL STRUCTURE FOUND IN .00 SECONDS**

| QNODE1 | NODE2 | CAPACITY | CURRENT | PCT | V-NODE2 | DV% | LOSS (KW) | SURCHARGE | PERT.CUMUL. | LG-ARC(KM) | LG-ARC CUM |
|-----------------|-------|----------|---------|--------|---------|------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|
| INJECT - VILLE3 | 771. | 67. | 8.74 | 30000. | .00 | .00 | .000 | 1.000 | 1.000 | | |
| VILLE3 - NFSONA | 400. | 67. | 16.85 | 30000. | .00 | .00 | .000 | 1.000 | 2.000 | | |
| NFSONA - P8226 | 210. | 67. | 32.09 | 29992. | .03 | .94 | .940 | .230 | 2.230 | | |
| P8226 - P8257 | 210. | 67. | 31.94 | 29989. | .04 | .32 | 1.264 | .080 | 2.310 | | |
| P8257 - P8480 | 198. | 66. | 33.51 | 29987. | .04 | .22 | 1.486 | .060 | 2.370 | | |
| P8480 - P8408 | 198. | 66. | 33.51 | 29975. | .08 | 1.29 | 2.780 | .350 | 2.720 | | |
| P8408 - P8256 | 198. | 65. | 32.83 | 29968. | .11 | .75 | 3.526 | .210 | 2.930 | | |
| P8256 - P8534 | 198. | 64. | 32.41 | 29931. | .23 | 3.87 | 7.399 | 1.120 | 4.050 | | |
| P8534 - P8321 | 198. | 59. | 29.68 | 29924. | .25 | .65 | 8.052 | .220 | 4.270 | | |
| P8321 - P8535 | 198. | 58. | 29.10 | 29887. | .38 | 3.57 | 11.621 | 1.280 | 5.550 | | |
| P8535 - P8536 | 198. | 56. | 28.05 | 29865. | .45 | 1.97 | 13.590 | .760 | 6.310 | | |
| P8536 - P8881 | 198. | 54. | 27.37 | 29853. | .49 | 1.09 | 14.675 | .440 | 6.750 | | |
| P8881 - P8310 | 198. | 52. | 26.32 | 29842. | .53 | .91 | 15.588 | .400 | 7.150 | | |
| P8310 - P8288 | 210. | 51. | 24.46 | 29830. | .57 | 1.05 | 16.633 | .440 | 7.590 | | |
| P8288 - P8644 | 198. | 51. | 25.84 | 29819. | .60 | .91 | 17.544 | .410 | 8.000 | | |
| P8644 - P8766 | 198. | 49. | 24.79 | 29803. | .66 | 1.31 | 18.852 | .630 | 8.630 | | |
| P8766 - P8517 | 198. | 48. | 24.11 | 29795. | .68 | .65 | 19.503 | .320 | 8.950 | | |
| P8517 - P9516 | 198. | 46. | 23.06 | 29792. | .69 | .25 | 19.748 | .160 | 9.090 | | |
| P9516 - P8963 | 198. | 40. | 20.33 | 29789. | .70 | .19 | 19.939 | .160 | 9.230 | | |
| P8963 - P8024 | 210. | 38. | 18.18 | 29784. | .72 | .29 | 20.227 | .220 | 9.450 | | |
| P8024 - P8631 | 198. | 35. | 17.54 | 29763. | .79 | 1.22 | 21.448 | 1.150 | 10.600 | | |
| P8631 - P8834 | 198. | 33. | 16.49 | 29759. | .80 | .22 | 21.672 | .250 | 10.850 | | |
| P8834 - P8867 | 198. | 31. | 15.44 | 29755. | .82 | .20 | 21.875 | .250 | 11.100 | | |
| P8867 - P8985 | 198. | 30. | 15.02 | 29748. | .84 | .34 | 22.217 | .460 | 11.560 | | |
| P8985 - P8716 | 198. | 25. | 12.87 | 29745. | .85 | .16 | 22.358 | .260 | 11.820 | | |
| P8716 - P9532 | 198. | 23. | 11.82 | 29742. | .86 | .11 | 22.469 | .240 | 12.060 | | |
| P9532 - P8388 | 198. | 21. | 10.77 | 29740. | .87 | .04 | 22.511 | .110 | 12.170 | | |
| P8388 - P8025 | 198. | 20. | 10.08 | 29729. | .90 | .37 | 22.883 | 1.080 | 13.250 | | |
| P8025 - P8311 | 210. | 19. | 9.16 | 29726. | .91 | .12 | 22.999 | .350 | 13.600 | | |
| P8311 - P8777 | 210. | 19. | 8.96 | 29722. | .93 | .10 | 23.098 | .310 | 13.910 | | |
| P8777 - P8778 | 210. | 17. | 7.97 | 29721. | .93 | .05 | 23.164 | .180 | 14.090 | | |
| P8778 - P8806 | 210. | 15. | 6.98 | 29715. | .95 | .13 | 23.273 | .670 | 14.760 | | |
| P8806 - P8240 | 210. | 11. | 5.35 | 29716. | .95 | .03 | 23.306 | .290 | 15.050 | | |
| P8240 - P8779 | 210. | 11. | 5.15 | 29713. | .96 | .02 | 23.324 | .170 | 15.220 | | |
| P8779 - P8780 | 210. | 5. | 2.58 | 29711. | .96 | .01 | 23.336 | .450 | 15.670 | | |

**PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW : 23.336 PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW

**LONGUEUR DEVELOPEE DU DEPART EN KM : 15.670

OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 3.117

PUISSANCE DEMANDÉE GLOBALE (MW)

OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 14024.672

ÉNERGIE CONSOMMÉE GÉNÉRALE (MWH)

TOTAL LOSSES IN KW : 23. OR .75 %

PERTES TOTALES EN KW

OUTAGE STUDY AT YEAR : 17

ÉTUDE DE DÉPENSE À L'ANNÉE: 17

Pour pouvoir faire une comparaison objective, de point de vu pertes de tension et puissance, entre le réseau existant et celle avec de nouvelles sections obtenues, il faut égalisés les branches en premier.

III.3.3. Résumé des résultats des pertes de tension

III.3.3.1. Résumé des résultats avec les sections existantes

| Ville 06 | | | | | Ville 03 | | | | |
|-----------------|-------|----------------------------|----------------|--------|-----------------|-------|----------------------------|----------------|--------|
| ΔU (kV) | | Section (mm ²) | Tension (kV) | | ΔU (kV) | | Section (mm ²) | Tension (kV) | |
| ΔU_{A1} | 0,083 | 120 | U ₁ | 29,921 | ΔU_{A1} | 0,938 | 120 | U ₁ | 29,061 |
| ΔU_{12} | 0,262 | 120 | U ₂ | 29,666 | ΔU_{12} | 0,803 | 120 | U ₂ | 28,247 |
| ΔU_{23} | 0,247 | 120 | U ₃ | 29,419 | ΔU_{23} | 0,337 | 120 | U ₃ | 28,054 |
| ΔU_{24} | 0,329 | 120 | U ₄ | 28,634 | | | | | |

Tableau II.8: pertes de tension dans les branches de la ville 06 et ville 03

III.3.3.2. Résumé des résultats avec les nouvelles sections calculées

| Ville 06 | | | | | Ville 03 | | | | |
|-----------------|-------|----------------------------|----------------|--------|-----------------|-------|----------------------------|----------------|--------|
| ΔU (kV) | | Section (mm ²) | Tension (kV) | | ΔU (kV) | | Section (mm ²) | Tension (kV) | |
| ΔU_{A1} | 0,083 | 120 | U ₁ | 29,921 | ΔU_{A1} | 0,735 | 150 | U ₁ | 29,266 |
| ΔU_{12} | 0,262 | 120 | U ₂ | 29,666 | ΔU_{12} | 0,803 | 120 | U ₂ | 28,421 |
| ΔU_{23} | 0,455 | 50 | U ₃ | 29,212 | ΔU_{23} | 0,445 | 50 | U ₃ | 27,973 |
| ΔU_{24} | 0,578 | 50 | U ₄ | 28,634 | | | | | |

Tableau II.9: pertes de tension dans les branches de la ville 06 et ville 03

III.3.3.3. Résumé des résultats a estimées par le programme (CARAT)

| Ville 06 | | | | | Ville 03 | | | | |
|-----------------|-------|----------------------------|----------------|--------|-----------------|-------|----------------------------|----------------|--------|
| ΔU (kV) | | Section (mm ²) | Tension (kV) | | ΔU (kV) | | Section (mm ²) | Tension (kV) | |
| ΔU_{A1} | 0,036 | 120 | U ₁ | 29,964 | ΔU_{A1} | 0,171 | 120 | U ₁ | 29,830 |
| ΔU_{12} | 0,108 | 120 | U ₂ | 29,856 | ΔU_{12} | 0,090 | 120 | U ₂ | 29,740 |
| ΔU_{23} | 0,105 | 120 | U ₃ | 29,750 | ΔU_{23} | 0,027 | 120 | U ₃ | 29,711 |
| ΔU_{24} | 0,111 | 120 | U ₄ | 29,639 | | | | | |

Tableau II.10: pertes de tension dans les branches de la ville 06 et ville 03

III.3.4. Résumé des résultats des pertes de puissance

III.3.4.1. Résumé des résultats avec les sections existantes

| Ville 06 | | | Ville 03 | | |
|-----------------|----------------------------|-----|-----------------|----------------------------|-----|
| ΔP (kW) | Section (mm ²) | | ΔP (kW) | Section (mm ²) | |
| ΔP_{A1} | 42,411 | 120 | ΔP_{A1} | 578,789 | 120 |
| ΔP_{12} | 119,788 | 120 | ΔP_{12} | 430,140 | 120 |
| ΔP_{23} | 32,095 | 120 | ΔP_{23} | 48,004 | 120 |
| ΔP_{24} | 34,931 | 120 | | | |

Tableau II.11: pertes de puissance dans les branches de la ville 06 et ville 03

III.3.4.2. Résumé des résultats avec les nouvelles sections calculées

| Ville 06 | | | Ville 03 | | |
|-----------------|----------------------------|-----|-----------------|----------------------------|-----|
| ΔP (kW) | Section (mm ²) | | ΔP (kW) | Section (mm ²) | |
| ΔP_{A1} | 42,411 | 120 | ΔP_{A1} | 477,498 | 120 |
| ΔP_{12} | 119,788 | 120 | ΔP_{12} | 430,140 | 120 |
| ΔP_{23} | 105,227 | 120 | ΔP_{23} | 157,385 | 120 |
| ΔP_{24} | 114,526 | 120 | | | |

Tableau II.12: pertes de tension dans les branches de la ville 06 et ville 03

III.3.4.3. Résumé des résultats a estimées par le programme (CARAT)

| Ville 06 | | | Ville 03 | | |
|-----------------|----------------------------|-----|-----------------|----------------------------|-----|
| ΔP (kW) | Section (mm ²) | | ΔP (kW) | Section (mm ²) | |
| ΔP_{A1} | 7,86 | 120 | ΔP_{A1} | 16,63 | 120 |
| ΔP_{12} | 23,66 | 120 | ΔP_{12} | 5,88 | 120 |
| ΔP_{23} | 6,58 | 120 | ΔP_{23} | 0,83 | 120 |
| ΔP_{24} | 18,1 | 120 | | | |

Tableau II.13: pertes de tension dans les branches de la ville 06 et ville 03



**Conclusion
Générale**

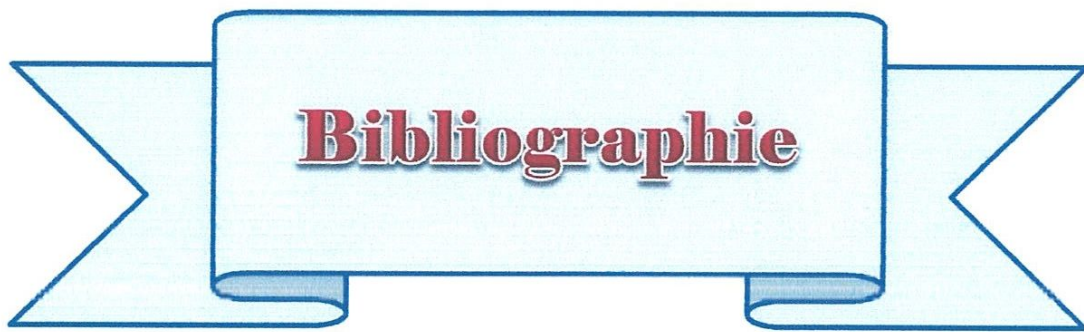
Conclusion Générale

Dans ce mémoire on a adopté une méthodologie pour l'étude d'un réseau électrique réel de distribution de 30 kV (ville de Guelma), en vérifiant l'impact du changement de la section sur les pertes de tension et de puissance ; puisque ses dernières sont considérées comme contraintes pendant le choix de la section. En d'autres termes, il est nécessaire de déterminer dans quelle mesure la variation de la section peut-elle affecter la valeur des pertes de tension et puissance.

Les résultats obtenus montrent que l'augmentation de la section est bénéfique de point de vue pertes de tension et puissance, mais en contrepartie elle exige de grands investissements (dépenses). Contrairement la diminution de la section entraîne une augmentation des pertes de tension et de puissance, mais elle exige de moindres investissements (dépenses).

D'autre part, pour les réseaux urbains il est une exigence déterminante de choisir la section dans le réseau, pour que la liaison entre les différents branches soit plus fiable pendant le fonctionnement général et ensuite pendant la maintenance et le bouclage.

Pour avoir une étude plus optimale, il faut tenir compte de plusieurs paramètres qui influent sur le choix de la section (minimum de perte tension et puissance, investissement, continuité de service...etc), et de faire une comparaison pour choisir le modèle le plus rationnelle. Pour ce faire on utilise la fonction coût à optimiser les dépenses rapportées annuelles.



Bibliographie

Bibliographie

- [1] thèse doctorat d'état, réseaux électriques, Mr. Labeled Djamel, année 2008.
- [2] Réseaux de transport et de répartition, Jean Luc Chanelière, 10/05/2010.
- [3] guide de conception des réseaux électrique industriels, Christophe Prévé et Robert
- [4] Technique de l'ingénieur
- [5] Protection électriques, sonelgaz, IFEG, becheikh elhoucine, oct. 2008.
- [6] Réseau de distribution, Philippe Carrive.
- [7] Les réseaux électriques, première partie, Pr. Bounaya Kamel, université 8 mai 1945 ; Guelma, 2010.
- [8] Carte schématique unifilaire réseau moyenne tension, sonelgaz, exploitation électricité Guelma, 31/12/2016, fichier AutoCAD.
- [9] Base de données des paramètres de la ligne suivant la carte schématique, sonelgaz, 01/2017.
- [10] les systèmes électriques, Mr. Petrenco Leonid Ivanovitch, Kiev, URSS
- [11] Guide technique, sonelgaz, conception et fonctionnement des réseaux électriques application, 06/1984.
- [12] programme Carat, groupe sonelgaz, étude des réseaux MT, Guelma, 2017