

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou

Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Electrotechnique



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur
D'Etat en Electrotechnique

Option : Réseau Electrique

Thème

Restructuration du Réseau Electrique
moyenne tension 30kV souterrain du
Centre Ville de TIZI-OUZOU

Proposé par

M^r S.H . CHERNAI

Dirigé par :

M^r T. OTMANE CHERIF

Réalisé par :

M^{elle} YAHY LYNDA

M^{elle} ALLICHE KAHINA

Promotion 2012

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné le courage et la force de mener à terme notre projet.

Toute notre gratitude la plus profonde et la plus sincère à notre promoteur Mr OTHMANE CHERIF qui par sa collaboration efficace et par ces précieux conseils a rendu possible l'élaboration de ce modeste mémoire .

Nous tenons à remercier Mr CHERNAI et Mr LAGAB Mme HALITE qui nous ont aidé et orienté pour l'élaboration de notre travail sans oublier le personnel du service d'exploitation du centre de tizi-ouzou en particulier

M^{ER} HADADI .

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail

Enfin nous témoignons notre gratitude à toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de cet humble mémoire en particulier

Mr MOULA et Mr REZGUI.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A deux personnes très chère a mon cœur ma mère et mon père qui étaient de prés pour me soutenir, je vous souhaite prospérité et parfaite santé.

A mes frères YAZID et MOURAD merci pour votre aide.

A ma sœur KAHINA et son marie CHAFIK et leurs enfants AKCEL et ASMA.

A mes sœurs KAMILIA et CILIA.

A tous mes collègues de la promo 2012 et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Lynda

Dédicaces

Avec l'aide de dieu le tout puissant est enfin achevé ce travail ;
le quel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères ;

A mes très chères parents à qui je dois tout ce que j'ai été et tout ce que je suis devenue, merci du fond du cœur.

- A mes très chères enfants HACHIMI et ANAIS
- A mon mari ZOUBIR qui est présent durant mon parcours
- A mes très chères frères Arezki, MOUHAMED, AMER et ALAOUA est leurs enfants
- A ma sœur FAYROUZ
- A mes grandes mères
- A ma belle famille en générale
- A tout mes amis que j'aime et qui m'aiment

Kahina

Sommaire :

Chapitre I : Généralité sur les Réseaux électriques

Introduction :	
I.1) Production de l'énergie électrique	01
I.1.1) Centrales thermiques.....	01
I.1.2) Centrales nucléaires.....	02
I.1.3) Centrales hydroélectrique.....	02
I.1.4) Centrales solaires ou photovoltaïque.....	02
I.1.5) Centrales éoliennes.....	03
I.2) Structuration d'un réseau de transport d'énergie.....	03
I.2.1) Réseau de transport	04
I.2.1.1) La stabilité	04
I.2.1.2) La continuité de service.....	04
I.2.1.3) Economie	04
I.2.2) Réseau de réparation	04
I.2.3) Réseau de distribution	05
I.3) Structure des réseaux MT	05
I.3.1.1) Réseau radial	05
I.3.1.2) Réseau radial bouclable	06
I.3.1.3) Réseau maillé.....	07
I.3.2) Réseaux souterrains	07
I.3.2.1) Réseaux à artère double.....	08
I.3.2.2) Réseaux imbriqués	08
I.3.2.3) Structure source à source	08
I.3.2.4) Structure maillée	08
I.3.2.5) Structure en épi.....	09
I.3.2.6) Structure en fuseau	10
I.4) Postes électriques	10
I.4.1) Les postes à fonction d'interconnexions	10
I.4.2) Les postes de transformation	10
I.4.3) Les postes mixtes	10
I.5) Dimensionnement des lignes aériennes et des câbles souterrains	12
I.5.1) Elément constituant une ligne aérienne	12
I.5.1.1) Support	12
I.5.1.2) Les conducteurs	12
I.5.1.3) Câble de garde.....	12
I.5.1.4) Isolateur	13
I.5.1.5) L'armement	13
I.5.1.6) Mise à la terre	13
I.5.2) Câble souterrain	14
I.5.2.1) Conducteur.....	14
I.5.2.2) L'isolation	14
I.6) CONCLUSION.....	14

Chapitre II : Défaits et protections

Introduction	15
II.1) Défaits électriques	15
II.1.2) Définition d'un défaut	15
II.1.3) Caractère de défaut	15
II.1.3.1) Défaut momentanés	15
II.1.3.1) Défaut permanent.....	15
II.1.4) Différents types de défauts	16
II.1.4.1) Courts-circuits	16
II.1.4.2) Surintensités.....	16
II.1.4.3) Surtensions	16
II.1.4.4) Les déséquilibre.....	16
II.1.5) Classification des défauts	17
II.1.5.2.Leurs durée.....	17
II.1.5.2.Leur origine.....	17
II.1.5.3) Par leurs natures	17
II.1.5.4) Leur localisation	17
II.1.6) Conséquences des défauts	17
II.1.6.1) Le fonctionnement des réseaux	18
II.1.6.2) La tenue de matériel	18
II.1.6.3) Les chute de tension	18
II.1.6.4) Les explosions des disjoncteurs	18
II.1.6.5) Les circuits de télécommunications	18
II.1.6.6) La sécurité des personnes	18
II.1.7) Etude des courants de court circuit.....	19
II.1.7.2) Les composantes symétriques.....	19
II.1.7.3) Définition des composantes symétriques.....	19
II.1.7.4) Décomposition d'un système triphasé quelconque formé de trois vecteurs I_1 , I_2 , I_3	20
II.1.7.5) Expression des composantes symétriques.....	20
II.1.7.6) Principe de l'impédance des composantes.....	20
II.1.8) Analyse du défaut	20
.1. Court circuit monophasé.....	20
.2. Court circuit biphasé sans contact avec la terre.....	22
.3. Court circuit biphasé ayant contacte avec la terre.....	23
4. Coupure sur une phase	24
II.2) Protection des réseaux MT	26
II.2.1) Objectifs du système de protection	26
II.2.2) Qualités principales d'un système de protection.....	26
II.2.2.2) - Sensibilité	26
II.2.2.3)- Fiabilité	26
II.2.2.4) La sélectivité	27
II.2.3) Protection des transformateur HT/MT	27
II.2.4) Protection des départs MT des postes HT /MT.....	28

II.2.5) Protection de jeu de barre	28
II.2.6) Réenclenchement automatique	58
II.2.7) Protection des lignes.....	29
II.2.8) Appareils de protection	29
II.2.8.1) Disjoncteur	29
II.2.8.2) Les sectionneurs.....	30
II.2.8.3) Relais	30
II.2.8.4) Parafoudres	31
II.2.8.5) Les interrupteurs.....	31
II.2.8.6) Coupes circuits à fusible	31
II.2.9) Les régimes du neutre des réseaux MT	31
II.2.10) Conclusion	31

Chapitre III : Méthodes de calcul des chutes de tension

Introduction	32
III.1 Méthodes de calcul des chutes de tensions	32
III.1.1 Méthode générale (théorie des quadripôles)	32
III.1.1.1 Ligne à constantes réparties	32
III.1.1.2) Approximation de la ligne par des impédances localisées.....	37
III.1.1.2 Cas des câbles souterrains.....	38
III.1.2. Méthode de séparation de puissance active et réactive	41
III.1.2.1. Méthode par approximation successive.....	41
III.1.2.2. Formules directes	43
III.1.2.3. Méthode simplifiée	44
III.1.3. Méthode des moments électriques.....	45
III.1.3.1.Expression de la chute de tension relative	46
III.1.3.2.Moment électrique d'une charge.....	46
III.1.3.3. Moment M1 d'une ligne	46
III.1.4 Application de la méthode des moments	47
III.2.CONCLUSION.....	50

Chapitre IV : Application

Introduction.....	51
IV-1-Données globales	51
IV -1-1-Présentation du réseau actuel	51
IV -1-2-Consignes d'exploitation	53
IV -2-COLLECTE DES DONNEES	56
IV -2-1- Donnée physique	57
IV -2-2-Données dynamique du réseau	59
IV -3-Taux d'accroissement (d'évolution)	62
IV -4-Modèle de calcul	63
IV -5-Hypothèse de calcul	65
IV -6-Exploitation des résultats	65
Conclusion.....	68
Conclusion Générale.....	69
Bibliographie.....	70
Annexes	

Les investissements humains et matériels affectés aux réseaux électriques sont énormes. Pour cela, le réseau électrique doit répondre à trois exigences Essentiels : stabilité, économie et surtout continuité du service.

Cependant, parler de l'énergie électrique s'avère désormais insuffisant si L'on n'évoque pas les différents réseaux assurant sa desserte. En effet, les Réseaux de transport et de distribution assurant l'acheminement de cette dernière des centres de production aux points de consommation. Retenant que leurs construction est subordonnée à des règles établies et bien précises afin d'assurer le bon fonctionnement.

Le sujet traité dans ce mémoire s'intéresse à une restructuration du réseau MT souterrain de la ville de Tizi-Ouzou dans le but d'assurer les conditions d'un fonctionnement satisfaisant du réseau tant en régime normale qu'en régime incident en tenant compte des contraintes suivantes :

- La chute de tension admissible sur le réseau.
- La tenue technique des différents éléments.
- les possibilités techniques et pratiques de sectionnement dans le réseau.

L'existence de possibilité de liaisons avec les réseaux voisins en cas d'incident

Pour réaliser notre étude nous avons divisé notre travail en quatre chapitres :

- 1^{er} chapitre concerne les généralités sur les réseaux électriques, leur différente structure et les composantes qui les constituent.
- 2^{eme} chapitre est consacré aux défauts et appareillages de protection.
- 3^{eme} chapitre traite les différentes méthodes classique de calcul des chutes de tension
- 4^{eme} chapitre est consacré pour le calcul des chutes de tension par logiciel CARA et les solutions proposé.

Ce travail se termine par une conclusion générale dans laquelle on résume les principaux résultats obtenus et les solutions proposées.

Introduction :

Les réseaux électriques sont constitués par l'ensemble des appareils destinés à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité depuis la centrale de génération jusqu'aux consommateurs les plus éloignés.

I.1) Production de l'énergie électrique :

Une centrale de production d'énergie électrique est un site industriel destiné à la production de l'électricité. Ces centrales transforment différentes sources d'énergie naturelle en énergie électrique.

Nous pouvons classer les sources primaires en deux grandes familles :

- ✓ Les énergies fossiles : le pétrole, le gaz, le charbon et l'uranium.
- ✓ Les énergies renouvelables : solaire, éolienne et hydraulique.

Il existe cinq (05) types de centrales électriques :

- Centrales à combustible fossile utilisant le gaz, le pétrole et le charbon. Elles sont aussi dites centrales thermiques classiques.
- Centrales nucléaires que l'on peut qualifier de centrales thermiques.
- Centrales hydroélectriques.
- Centrales solaires ou photovoltaïques.
- Centrales éoliennes.

I.1.1) Centrales thermiques :

Une centrale thermique à flamme utilise l'énergie fournie par la combustion d'un combustible (charbon, pétrole, gaz naturel, gaz issus des hauts fourneaux). Cette combustion a lieu dans une chaudière.

La combustion dégage une grande quantité de chaleur utilisée pour chauffer de l'eau dans la chaudière (ou générateur de vapeur). On dispose alors de vapeur d'eau sous pression.

Cette vapeur sous pression fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne elle-même un alternateur qui produit une tension alternative sinusoïdale. A la sortie de la turbine, la vapeur est refroidie pour se transformer en eau puis renvoyée dans la chaudière.

On trouve souvent ces centrales près de la mer, des rivières et des lacs car leur refroidissement et la condensation de la vapeur sortante nécessitent de grandes quantités d'eau.

I.1.2) Centrales nucléaires:

Ces centrales aussi utilisent le principe de la conversion thermodynamique, néanmoins leur chaudière est un réacteur nucléaire.

L'énergie nucléaire obtenue par fission de l'uranium est la source de chaleur utilisée. Ces centrales produisent environ 15% de l'électricité.

Une centrale nucléaire est identique à une centrale thermique sauf que la chaudière brûlant le combustible est remplacée par un réacteur nucléaire.

I.1.3) Centrales hydroélectrique:

Les centrales hydroélectriques convertissent l'énergie potentielle de l'eau en énergie électrique. L'énergie provenant de la chute d'une masse d'eau est tout d'abord transformée dans une turbine hydraulique en énergie mécanique. Cette turbine entraîne un alternateur dans lequel l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique.

I.1.4) Centrales solaires ou photovoltaïque:

Ce mode de production d'électricité avec l'énergie solaire, utilise les rayonnements lumineux du soleil qui sont directement transformés en un courant électrique par des cellules assemblées en panneaux à base de silicium ou autre matériau ayant des propriétés de conversion lumière-électricité. Chaque cellule délivrant une faible tension.

I.1.5) Centrales éoliennes:[3]



Dans une centrale éolienne, l'énergie électrique est produite directement par des génératrices éoliennes. Ces machines formées d'un **mat**, surmonté d'un générateur électrique entraîné par une hélice. Elles sont positionnées idéalement sur les plans d'eau ou des collines ventées. L'alternateur permet de transformer cette énergie mécanique en énergie électrique.

I.2) Structuration d'un réseau de transport d'énergie :[3]

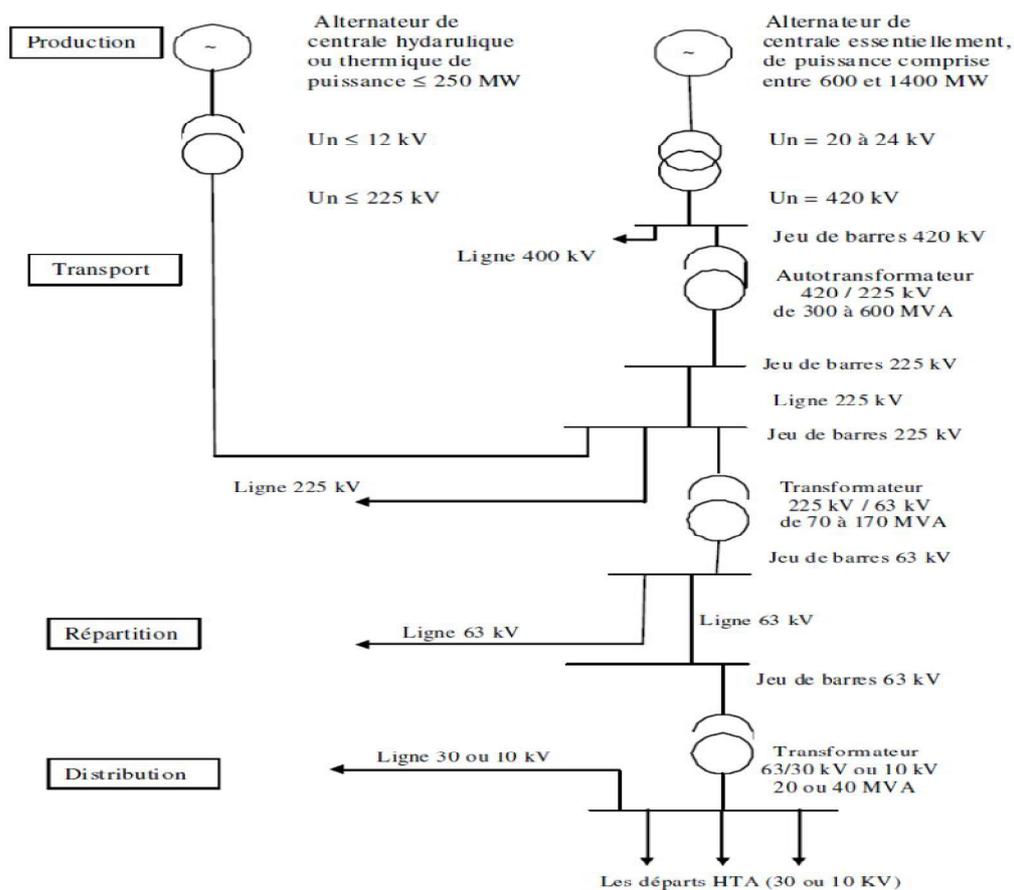


Fig. I.1 - Architecture générale de réseaux d'énergie électrique en Algérie [8]

Pour que l'énergie électrique soit utilisable, le réseau de transport et de distribution doit satisfaire les exigences suivantes.

1. Assurer au client la puissance dont il a besoin.
2. Fournir une tension stable dont les variations n'excèdent pas $\pm 10\%$ de la tension nominale.
3. Fournir une fréquence stable dont les variations n'excèdent pas $\pm 0,1$ Hz.
4. Fournir l'énergie à un prix acceptable.
5. Maintenir des normes de sécurité rigoureuses.
6. Veiller à la protection de l'environnement

Les entreprises d'électricité divisent leurs réseaux en trois grandes parties :

1. Le réseau de transport.
2. Le réseau de répartition.
3. Le réseau de distribution

I.2.1) Réseau de transport :[3]

Ce réseau est constitué de lignes à très haute tension 400 KV et a une double mission :
-Collecter l'énergie fournie par les centrales afin de l'acheminer vers les zones de consommation (fonction transport).

-Assurer les échanges d'énergie entre différentes régions et même avec les pays voisins (fonction interconnexion).La préparation des programmes ,la surveillance du transport d'énergie, les ordres de réglage aux centrales et généralement la conduite du réseau sont confiés à un service des mouvements d'énergie plus souvent désigné sous le nom de (dispatching national).

L'interconnexion des réseaux présente principalement trois avantages :

I.2.1.1) La stabilité :[1]

Les réseaux interconnectés forment un ensemble qui est puissant que les réseaux individuels, il s'ensuit que ces réseaux peuvent mieux supporter les perturbations qu'une centrale seule, d'où une plus grande stabilité. Par exemple, si la charge augmente subitement sur l'un des réseaux interconnectés, un transfert d'énergie s'effectue immédiatement de sorte que la charge accrue puisse être supportée par plusieurs centrales au lieu d'une seule.

I.2.1.2) La continuité de service :

Si une des centrales interconnectées tombe en panne ou si on devait la débrancher pour des opérations d'entretien, les autres centrales prendraient immédiatement le relais pour assurer la continuité de service.

I.2.1.3) Economie :

Lorsque les réseaux sont reliés, on peut répartir la charge entre différentes centrales afin de minimiser le coût de fonctionnement global: on peut arrêter une centrale et faire fonctionner les autres à leur rendement maximum.

L'inconvénient principal de l'interconnexion provient de la nécessité d'une même fréquence pour toutes les centrales interconnectées et des relations très rigides qui relient les tensions de tous points du dispositif, et tout incident susceptible de perturber l'ensemble.

I.2.2) Réseau de réparation :[2]

Ce réseau qui comporte des lignes à haute tension (ligne HT entre 30 KV/ 60 KV/ 90 KV) joue un rôle d'intermédiaire entre le réseau de transport et le réseau de distribution. Il

doit être en mesure de transiter plusieurs dizaines de (MW) sur quelques dizaines de kilomètres. Ce réseau doit être particulièrement faible ; aussi ses mailles sont beaucoup plus serrées que celles du réseau du transit.

I.2.3) Réseau de distribution :[2]

Il comprend les lignes et les postes de transformation servant à alimenter les clients. Ce réseau est composé de deux parties :

-Les lignes moyenne tension alimentées par des postes HT/MT fournissent de l'énergie électrique, soit directement aux consommateurs importants, soit aux différents postes MT/BT.

-Des lignes basses tensions qui alimente les usages, soit en monophasée 220/380V. La liaison entre les sources d'énergie (centrales)et les centre de consommation est illustrée par le schéma fig 1.1 :

I.3) Structure des réseaux MT :

On distingue deux types de réseaux moyenne tension :

- Réseau moyenne tension aériens
- Réseau moyenne tension souterrain

I.3.1) Réseaux aériens :

La structure des réseaux est arborescente à deux ordres de lignes : dorsales et dérivation. Des sous dérivations peuvent être utilisés pour alimenter des charges isolées ou pour grouper sous un même interrupteur à commande manuelle un ensemble de postes MT/BT. La structure actuelle des réseaux aériens MT est de conception variable suivant l'exploitation et on distingue notamment :

I.3.1.1)Réseau radial :

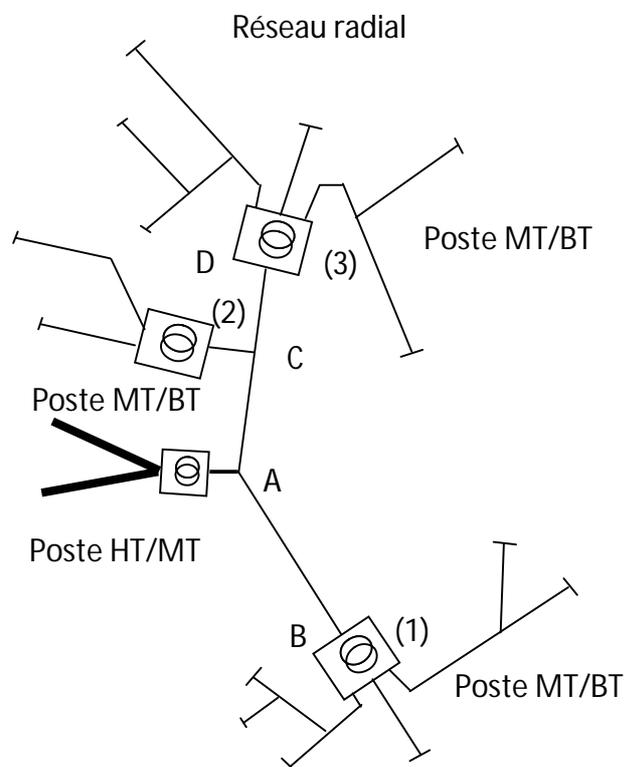


Fig. I.3 Réseau radial

- **Structure** (fig. I.3) : elle est extrêmement simple ; un poste HT/MT est relié au réseau de répartition par une ligne HT ; de ce poste partent des lignes à MT : AB, ACD, etc. chacune d'elles dessert un ou plusieurs postes MT/BT ; chacun deux est à son tour l'origine de plusieurs lignes BT qui se ramifient en fonction des besoins.
- **Avantages** : Ce type de réseau est le plus facile à étudier et à construire ; l'exploitation est extrêmement facile puisque le schéma est immuable en temps normal ; enfin pour effectuer des travaux, il suffit d'ouvrir l'appareil placé en tête de ligne.
- **Inconvénients** : Pour une puissance donnée, cette solution provoque plus de chute de tension que dans les autres dispositions, car l'intensité, ici passe par un seul câble ; de plus un incident ou une coupure pour réparation entraîne la mise hors tension d'une partie des abonnés sans aucune possibilité de réalimentation en secours.

I.3.1.2) Réseau radial bouclable :

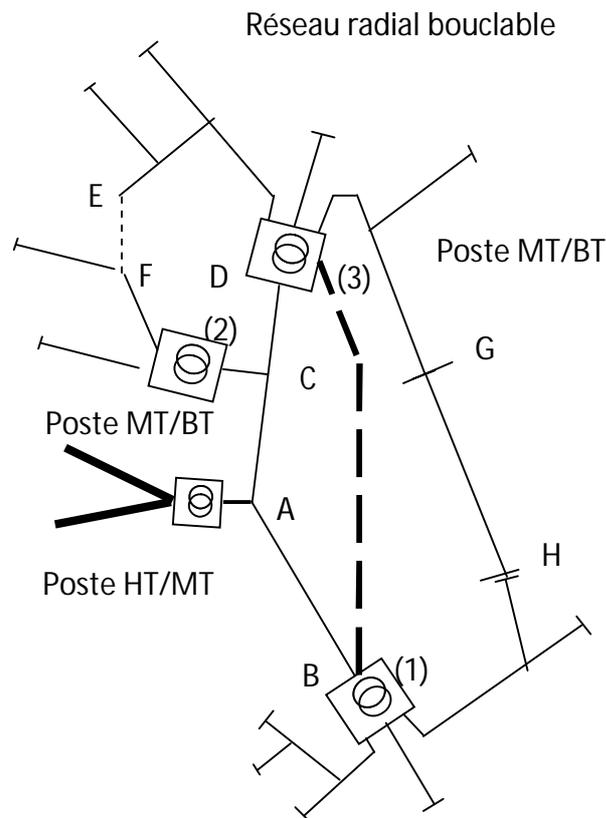
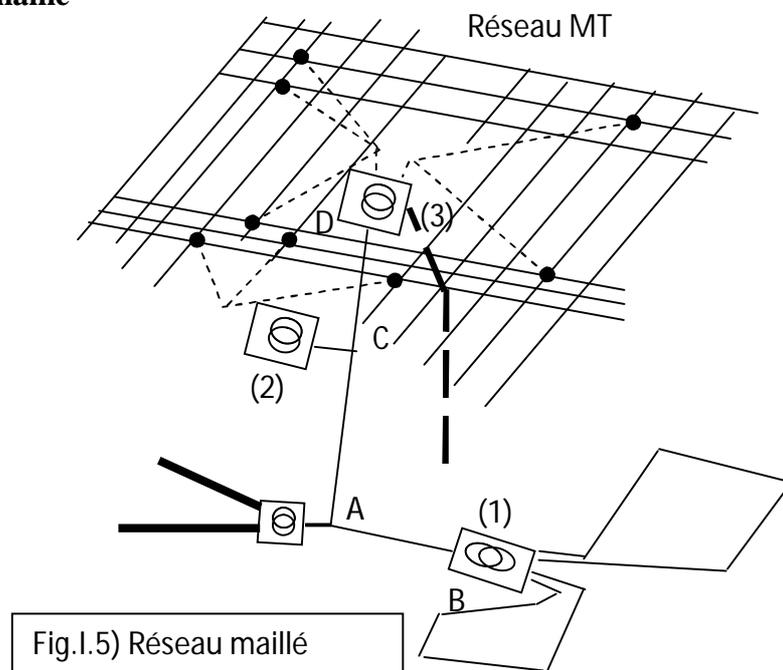


Fig. I.4 Réseau radial bouclable

Structure (fig.I.4) : Elle dérive du type précédent par adjonction de quelques compléments. En MT on a ajouté la ligne BD ; en cas de coupure sur AB, on peut réalimenter le poste (1) par ACDB ; de même en cas de coupure sur AC, on peut alimenter en secours le poste (2) par ABDC. D'autre part, on a ajouté en BT les lignes EF et GH ; en cas d'incidents au poste (2) par exemple, on peut réalimenter son secteur par le poste (3). En temps normal les boucles sont ouvertes ; on perd le bénéfice d'une moindre chute de tension ; en contrepartie, la protection et l'exploitation sont plus faciles.

Avantages et Inconvénients. Un peu plus compliqué que le précédent, ce réseau est assez facile à étudier et à construire ; il offre, par rapport au précédent, une meilleure continuité du service. Mais il est un peu plus cher et un peu plus difficile à exploiter puisque des modifications de schémas peuvent se produire.

I.3.1.3) Réseau maillé



Structure (fig. I.5) : Dans l'exemple choisi, la partie MT est en radiale bouclable, mais la partie BT est en maillage ; cette disposition représente un véritable quadrillage de la zone BT à desservir. Les câbles sont électriquement connectés entre eux à chaque nœud ; des jonctions entre les postes MT/BT et le quadrillage ont lieu en un certain nombre de nœuds.

Avantages et Inconvénients. Ce type de réseau offre une très grande sécurité d'exploitation, puisqu'un incident sur un câble se limite à la non alimentation du tronçon compris entre deux nœuds consécutifs ; la chute de tension est également réduite. Par contre son étude est plus complexe et sa réalisation beaucoup plus coûteuse que les types précédents.

I.3.2) Réseaux souterrains :[4]

La structure des réseaux souterrains est à un seul type de lignes : les dorsales. Ces réseaux, par leur constitution (faible longueur et forte section des conducteurs) sont le siège de chutes de tension réduites. Ils peuvent être à structure radiale, mais la plupart du temps ils

sont à structure bouclée, les grosses agglomérations rencontrent souvent des réseaux à artère double, ou des réseaux imbriqués.

I.3.2.1) Réseaux à artère double:

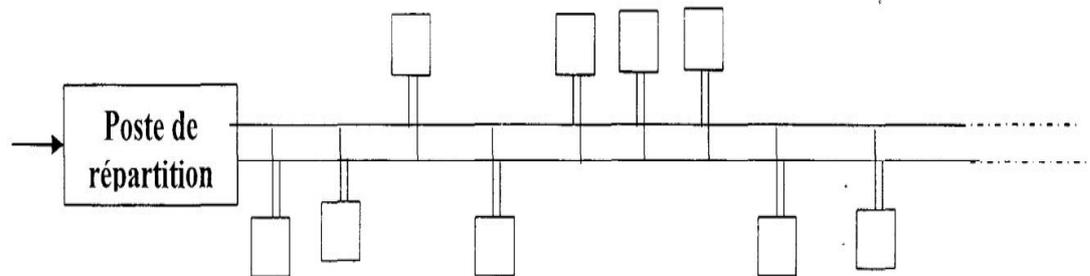


Fig.I.6 Réseau à artère double

L'alimentation peut être réalisée par une seule source ou par deux sources distinctes. En principe une seule artère est en service.

Avantages:

- Possibilité d'une alimentation de source.
- Bonne souplesse d'exploitation.

Inconvénients :

- Installation assez coûteuse, car elle nécessite « installer des câbles pouvant supporter l'ensemble de la charge ».

I.3.2.2) Réseaux imbriqués :

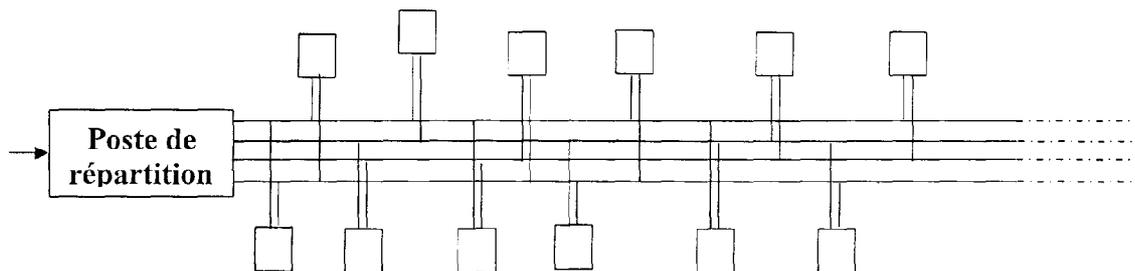


Fig.I.7 Réseau imbriqué

Avantages:

- Bon équilibrage des charges (donc câbles de section plus faible)
- Très grande souplesse d'exploitation.

Inconvénients :

- Installation très coûteuse car elle conduit souvent à allonger le parcours des câbles suivant la répartition des postes.

Remarque : Dans ces deux structures les postes sont généralement alimentés en dérivation mais ils peuvent dans le cas échéant être en coupure d'artère.

I.3.2.3) Structure source à source :

Où les câbles sont issus de deux sources distinctes. Cette structure est cependant utilisée dans le cas de postes HT/MT où la puissance ne peut être garantie. Cette solution limite la charge à la moitié de la capacité des câbles de distribution.

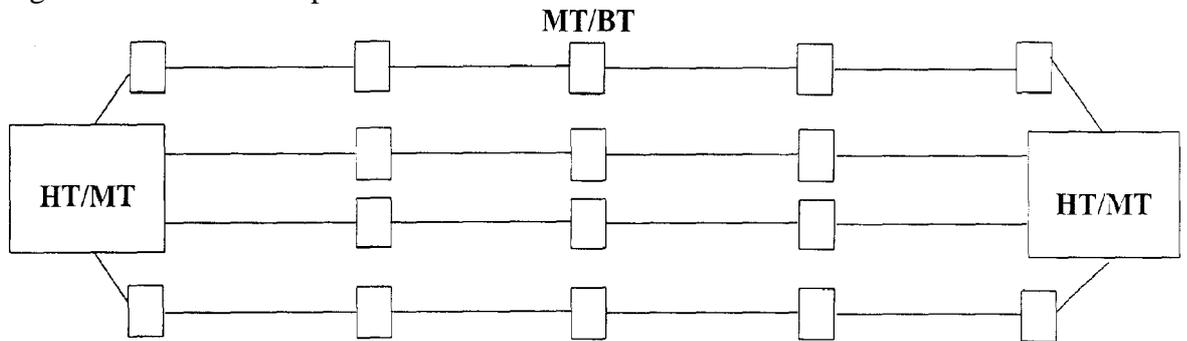


Fig.I.8 Structure source à source

I.3.2.4) Structure maillée :

La structure en maille est composée de boucles alimentées directement par les sources MT, ou alimentées par des postes en tête de boucle, eux-mêmes reliés aux postes sources par des câbles de structure de forte section. Des liaisons inter-boucles permettent le report de charge d'une boucle sur l'autre, en cas de perte d'un câble de structure.

I.3.2.5) Structure en épi

Chaque câble de distribution est rabattu à son extrémité au câble de secours. Ce point de connexion est en général un poste de distribution publique alimenté soit par le câble de distribution, soit par le câble de secours.

Cette structure permet une meilleure utilisation des câbles par rapport aux deux structures précédentes.

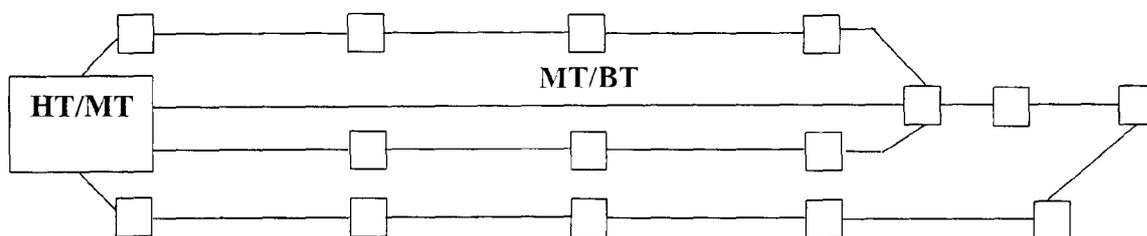


Fig.I.9 structure en épi

I.3.2.6) Structure en fuseau :

Elle est considérée comme l'aboutissement de l'évolution de la structure en épi pour laquelle tous les câbles de distribution aboutissent en un point unique qui permet le secours, chacun de ces derniers est contribué à une reprise rapide de service par la diminution des durées d'interruption (Localisation précise du point de reprise).

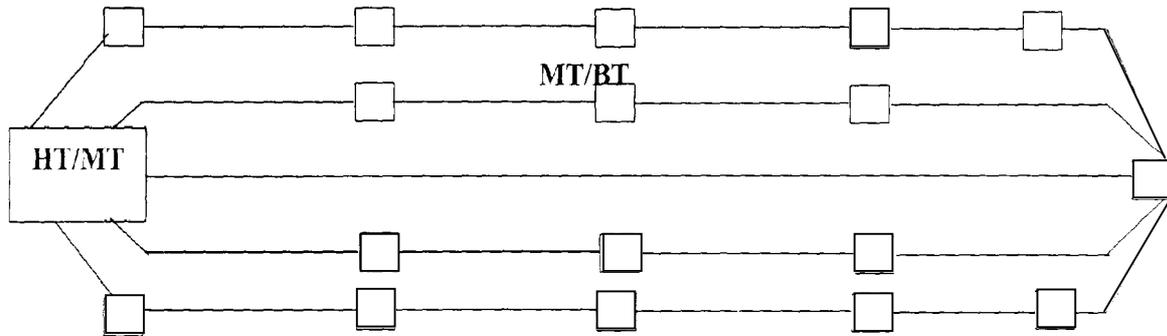


Fig.I.10 structure en fuseau

I.4) Postes électriques :

On distingue suivant les fonctions qu'ils assurent plusieurs types de postes :

I.4.1) Les postes à fonction d'interconnexions :

Qui comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs 3~ appelés jeu de barres, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs) de même tension peuvent être aiguillés.

I.4.2) Les postes de transformation :

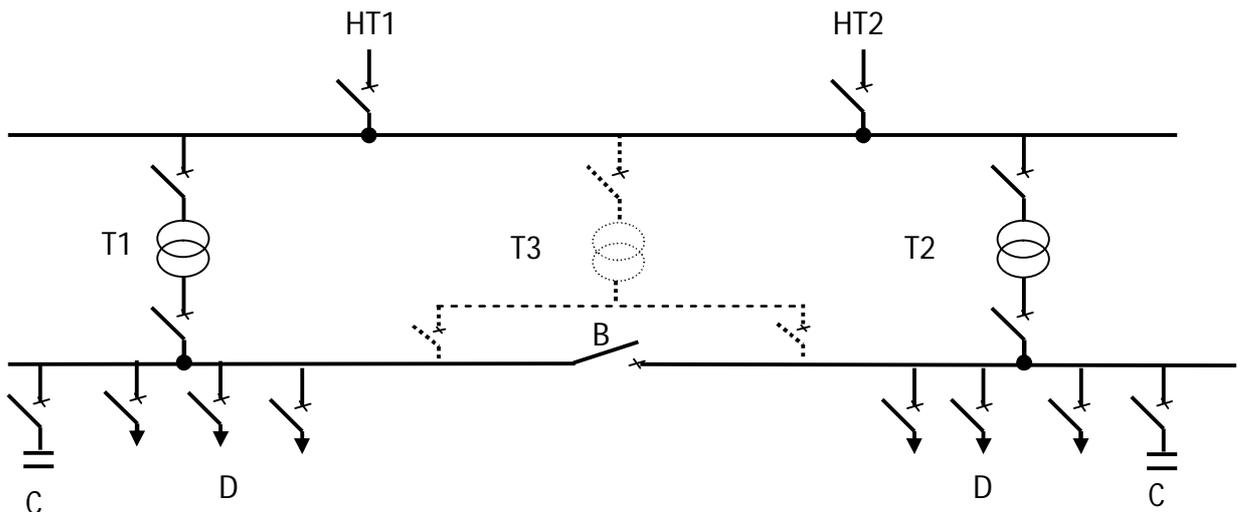
Dans lesquels il existe au moins deux jeux de barres à des tensions différentes liés par un ou plusieurs transformateurs.

I.4.3) 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 transformateur.

✓ poste HT /HTA :

En phase initiale ce type de poste est constitué d'un transformateur (T1) alimenté par une ligne HT (HT1). Avec l'augmentation des charges à desservir, un troisième (parfois plus) transformateur (T3) généralement en double attache.



B	jeu de barres MT comportant deux demi-rames
C	cellules de condensateurs
D	départs MT
HT1, HT2	arrivées HT
T1, T2	transformateurs HT/MT
T3	troisième transformateur raccordé en double attache

Figure I.11 : schéma de poste HT/MT

En même temps que le deuxième transformateur, on raccorde généralement une deuxième arrivée (HT2), dite garantie ligne, opérant en cas de défaut sur la première. Le ou les transformateurs débitent sur un tableau MT qui forme un jeu de barres composé de rames. Chaque rame est un ensemble d'une dizaine de cellules environ, organisée en deux demi-rame élémentaire comprend ;

- ✓ Une arrivée de transformateur ;
- ✓ Plusieurs départs MT ;
- ✓ Une cellule de condensateurs (compensation de l'énergie réactive) ;
- ✓ Eventuellement, un disjoncteur shunt.

Au fur et à mesure de l'évolution de la charge à desservir et de l'augmentation du nombre de départs MT que l'on veut créer à partir du poste. On est amené à multiplier le nombre de rames.

Différentes configurations peuvent être retenues pour l'alimentation des rames en régime normal ; par exemple :

- Un seul transformateur alimente l'ensemble des rames, le deuxième n'opérant qu'en cas de secours ;
- Les alimentations des différentes rames sont réparties sur Plusieurs transformateurs de manière prédéterminée (en général, les transformateurs ne sont jamais en parallèle sauf quelques instants pendant une manœuvre de changement de schéma d'exploitation).
- Le choix de ces configurations dépend de la puissance à desservir au regard de la puissance installée à un moment donné, en recherchant les pertes minimales.

Les départs MT sont regroupés sur les différentes rames en fonction :

- De leur nature (réseau aérien ou souterrain), afin d'éviter de répercuter sur les réseaux souterrains les perturbations affectant les lignes aériennes plus exposées ;
 - De leur similitude quand à leur courbe de charge, pour un bon fonctionnement des régleurs en charge.
- ✓ **Poste HTA/BT :**

Ils sont l'interface entre les réseaux MT et BT. Ils ont essentiellement un rôle de transformation MT/BT auquel peuvent éventuellement être associées une fonction d'exploitation MT (point de coupure) et une fonction de répartition BT, suivant la charge desservir.

On peut citer trois types :

- ✓ Poste rural.
- ✓ Poste sur poteau.
- ✓ Poste urbain.

I.5) Dimensionnement des lignes aériennes et des câbles souterrains :

Le genre de ligne utilisée est imposé par les facteurs suivant :

1. Puissance active à transporter.
2. Distance de transport.
3. Coût.
4. Esthétique, encombrement et facilité d'installation.

On distingue également 04 types de lignes :

- Lignes de distribution à basse tension (BT).
- Lignes de distribution moyenne tension (MT).
- Ligne de transport à haute tension (HT).
- Ligne de transport à très haute tension.

Le dimensionnement de ces lignes est soumis à des contraintes liées à ces conditions de fonctionnement et à des contraintes extrêmes dues à son environnement climatique.

I.5.1) Élément constituant une ligne aérienne :

- Ligne de transport permettant l'évaluation de l'énergie produite par les centrales de production vers les centres de consommation.
- Ligne d'interconnexions assurant la mise en commun.

I.5.1.1) Support :

Ce sont les éléments de réseau permettant de soutenir un conducteur aérien, sont de deux types :

Les poteaux et les pylônes.

Ils sont implantés dans le sol, le premier type désigne des supports relativement simples de hauteur modérée, utilisée en BT et dans la gamme inférieure de la MT, le second type est utilisé pour désigner les structures plus complexes auxquelles on a recours pour les lignes THT.

I.5.1.2) Les conducteurs : Ils sont constitués par :

- Un câble porteur en acier de (50mm^2) de section, isolé au polychlorure de vinyle.
- Trois conducteurs de phase unipolaires torsadés autour du porteur, comportant une âme en aluminium, une isolation en polyéthylène réticulée chimiquement, un écran équipotentielle ruban de cuivre et une gaine extérieure.

- Des parcours souterrain de courtes longueurs peuvent être réalisés avec le même câble moyennant une protection mécanique complémentaire (fourreau ou caniveau).

I.5.1.3) Câble de garde :

Les câbles de garde ne conduisent pas le courant, ils sont situés au dessus des conducteurs, Ils jouent un rôle de paratonnerre au dessus de la ligne, en attirant les coups de foudre, et en évitant le foudroiement des conducteurs, Ils sont en générale réalisés en acier au centre du câble d'acier. On place parfois un câble fibre optique qui sert à la communication de l'exploitant.

I.5.1.4) Isolateur :

L'isolation entre les conducteurs et les pylônes est assurée par des isolateurs. Ceux ci sont réalisée en verre en céramique, ou en matériau synthétique, les isolateurs en verre on céramique ont en générale la forme une assiette .On les associent entre eux pour former des chaines d'isolateurs, plus la tension de la ligne est élevée .Plus le nombre d'isolateurs dans la chaines est important .On peut alors deviner la tension des lignes avec leurs nombre d'isolateurs. En plus la chaine d'isolateur joue également un rôle mécanique, elle doit être capable de résister aux efforts du vent, de la neige ou du givre.

I.5.1.5) L'armement :

C'est un dispositif permettant de protéger le support en cas de rupture de conducteur. Les armements utilisés actuellement sont les nappes voûtes et les nappes horizontales.

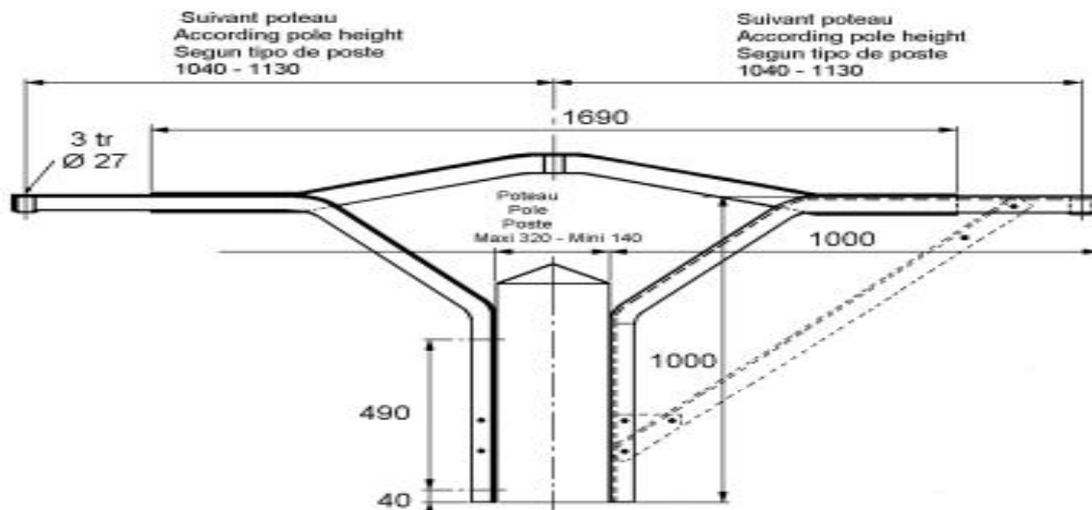


Fig.I.12 Armement :

I.5.1.6) Mise à la terre :

Les supports métalliques doivent être mis à la terre la résistance de terre doit être aussi faible que possible, pour cela trois paramètres interviennent.

- ✓ La résistance propre de la prise de terre.
- ✓ La résistance de contact entre la prise et le terrain.
- ✓ La résistance de propagation dans le terrain.

I.5.2) Câble souterrain :

Actuellement, on utilise sur les réseaux MT deux types de câbles :

- Les câbles sous plomb isolés au papier imprégné unipolaires ou tripolaire pour réalisation des réseaux proprement dits.
- Les câbles unipolaires à isolation synthétique pour différents cas particuliers.

Les câbles sont des conducteurs isolés, permettant le transport de l'énergie électrique.
Câble HT mono conducteurs isolé au papier avec une gaine de plomb et manteau extérieure en matière synthétique.

Câble HT a trois conducteurs isolés au papier, avec gaine de plomb et matière en acier et manteau extérieur en matière synthétique.

Câble HT à trois conducteurs isolés au papier, avec gaine de plomb et matière synthétique, armures fils d'acier.

Câble à trois conducteurs à isolation synthétique manteau en matière synthétique et double armure en fils d'acier.

I.5.2.1) Conducteur :

Les conducteurs d'un câble sont formés d'un ou plusieurs fils torsadés ; le matériau utilisé en général est le cuivre ou occasionnellement l'aluminium.

I.5.2.2) L'isolation :

L'isolation en papier imprégné d'huile à fait ses preuves depuis des dizaines d'années. Ce système d'isolation fonctionne jusqu'à 400KV.

La gain assure la maintien et la stabilité des conducteurs isolée. Extérieurement elle protège contre les dommages mécaniques l'infiltration de l'humidité actuellement. Outre les isolations plastiques courantes, on utilise des revêtements en aluminium et en cuivre. Pour augmenter la protection mécanique, les câbles sont noyés dans le béton.

I.6) CONCLUSION :

Le premier chapitre est consacré pour l'étude générale des réseaux électrique, ainsi que ces différents composants nécessaires à la production, transport et distribution de l'énergie électrique.

Le but premier d'un réseau d'énergie est de pouvoir assurer la demande des consommateurs. Comme on ne peut pas encore stocker économiquement et en grande quantité l'énergie électrique il faut pouvoir maintenir en permanence l'égalité ; production, consommation et pertes.

Introduction :

Les dispositifs de protection surveillent en permanence l'état électrique des éléments d'un réseau et provoquent leur mise hors tension (par exemple l'ouverture d'un disjoncteur), lorsque ces éléments sont le siège d'une perturbation indésirable: court-circuit, défaut d'isolement, surtension...etc. Le choix d'un dispositif de protection n'est pas le fruit d'une réflexion isolée, mais une des étapes les plus importantes de la conception d'un réseau électrique.

A partir de l'analyse du comportement des matériels électriques (moteurs, transformateurs, câbles, ...etc.) Sur défauts et des phénomènes qui en découlent, on choisit les dispositifs de protection les mieux adaptés. C'est ce que l'on va présenter dans ce chapitre.

II.1) Défauts électriques :**II.1.2) Définition d'un défaut :**

C'est la modification accidentelle affectant le fonctionnement normal d'un processus, ou d'un circuit électrique, et pouvant dans certain cas conduire à un effondrement électrique de celui-ci et la mise en danger de son environnement.

II.1.3) Caractère de défaut :

Les défauts qui se produisent sur les réseaux électriques peuvent être momentanés ou permanents.

II.1.3.1) Défaut momentanés :

Ce sont ceux qui disparaissent d'eux-mêmes au bout d'un temps variable mais relativement restreint .si leur disparition se produit sans mise hors tension du réseau, ils sont dits <<fugitifs>>, c'est le cas des amorçages. Si leur disparition nécessite la mise hors tension du réseau, ils sont dits <<semi-permanents>>, c'est dans le cas des contacts de branches et d'oiseaux avec les conducteurs.

II.1.3.2) Défauts permanents :

Ce sont ceux qui nécessitent pour disparaître l'intervention du personnel d'exploitation, car ils exigent une réparation du réseau, c'est le cas de la rupture d'un support, d'un conducteur ou d'un isolateur sur une ligne aérienne ou bien la détérioration d'un câble souterrain.

II.1.4) Différents types de défauts :[1]

II.1.4.1) Courts-circuits :

Un court circuit est la liaison ou la mise en connexion accidentelle de deux point ou plus d'un circuit électrique entre lesquelles existe une différence de potentielle.

Un court-circuit dans les réseaux électriques peut être :

- **Monophasé:** entre une phase et la terre ou une masse.
- **Biphasé :** entre deux phases raccordées ensemble, peut être un court-circuit biphasé mis à la terre ou biphasé isolé.
- **Triphasé :** entre trois phases de la ligne ou les trois phases et la terre.

II.1.4.2) Surintensités :

Les surcharges sur une ligne ou un équipement apparaissent lorsqu'ils sont traversés par un courant supérieur au courant pour lequel ils sont conçus.

Leurs origines sont les courts-circuits et les surcharges :

On a deux types de surcharges :

- Surcharges normales : Elles se produisent lors de la mise sous tension des moteurs, des transformateurs et des appareils électrique divers.
- Surcharges anormales : Les appareils de grande puissance causent des échauffements lents nuisibles aux installations.

II.1.4.3) Surtensions :

La surtension est le passage de la tension nominale à une valeur supérieur à la nominale. Elle survient suite aux différents manœuvres sur les organes de coupure. Les surtensions sont dangereuses dans les réseaux, car elles soumettent les isolants à des contraintes qui risquent de les détériorer.

II.1.4.4) Les déséquilibre :

Il y'a déséquilibre sur un réseau triphasé lorsque les valeurs de la tension ou du courant sur les trois phases sont différentes

En fonctionnement normale, les réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique fonctionnent dans des conditions très proches d'une symétrie parfaite. Cependant, la répartition de très nombreuses consommations monophasées engendre au niveau des distributions basses et moyennes tension des déséquilibres entre les trois phases qui se traduisent par l'échauffement des conducteurs et des coupures répétées.

II.1.5) Classification des défauts :**II.1.5.1) Leur durée :**

Court- circuits fugitifs : Les courts-circuits fugitifs nécessitent une coupure très brève du réseau d'alimentation (de l'ordre de quelques dixièmes de seconde).

Courts-circuits permanents : Ces courts-circuits provoquent un déclenchement définitif qui nécessite l'intervention du personnel d'exploitation pour la localisation du défaut et remise en service de la partie saine.

Court -circuit semi permanents : Ces courts-circuits exigent pour disparaître une ou plusieurs coupures relativement longues du réseau d'alimentation (de l'ordre de quelques dizaines de secondes) sans nécessité d'intervention du personnel d'exploitation.

II.1.5.2) Leur origine :

- Mécanique, rupture de conducteur, liaison électrique établie entre deux conducteurs par un mauvais câble, une branche, un oiseau...
- Surtension électrique d'origine interne (sur tension de manœuvre) ou à une atmosphère (coup de foudre).
- Dégradation de l'isolement due à la chaleur, à l'humidité, au vieillissement, ou à une atmosphère corrosive.

II.1.5.3) Par leurs natures :

D'après l'ordre de la fréquence, on distingue quatre types de courts-circuits :

- **Monophasés :** Ou une phase et le neutre ou la terre reliés ensemble, (75% des cas)
- **Biphasés :** Ou deux phase sont raccordés ensemble,(15% des cas).
- **Biphasées-terre :** où deux phases et la terre sont reliées ensembles, (5% des cas).
- **Triphasées :** Où les trois phases sont reliées ensembles. (5% des cas).

II.1.5.4) Leur localisation :

Interne ou externe à une machine, sur une ligne aérienne ou souterraine

II.1.6) Conséquences des défauts :

Les courts- circuits ont des effets néfaste sur :

II.1.6.1) Le fonctionnement des réseaux :

Les courts-circuits, surtout lorsqu'ils sont polyphasés et proches des centrales, entraînent une diminution de couple résistant des machines et donc une rupture de l'équilibre entre celui-ci et le couple moteur, s'ils ne sont pas éliminés rapidement, ils peuvent conduire à la perte de stabilité de groupes générateurs et à des fonctionnements hors synchronisme préjudiciable aux matériels.

II.1.6.2) La tenue de matériel :

Les courts-circuits provoquent des surintensités violentes qui, amènent deux types de contraintes, des contraintes thermique dues au dégagement de chaleur par effet joule dans les conducteurs, et des contraintes mécaniques, dues aux contraintes électrodynamiques. De plus l'arc électrique consécutif à un court-circuit met en jeu un important dégagement local d'énergie pouvant provoquer des dégâts importants au matériel et même être dangereux pour le personnel travaillant à proximité.

II.1.6.3) Les chute de tension :

Les courants de court-circuit provoquent de brusques variations de tension, non seulement sur la ligne mauvaise, mais aussi sur les lignes adjacentes.

II.1.6.4) Les explosions des disjoncteurs :

La valeur importante atteinte par les courants de court-circuit peut provoquer l'explosion des disjoncteurs, particulièrement s'ils sont d'un type ancien et sont placés sur des postes MT alimentés par des transformateurs HT/MT de grande puissance.

II.1.6.5) Les circuits de télécommunications :

La présence d'un court-circuit dissymétrique entre une ou deux phases d'une ligne d'énergie et la terre entraîne la circulation d'un courant homopolaire qui s'écoule à la terre par les points neutres du réseau. Une tension induite longitudinale, proportionnelle à ce courant, apparaît sur les lignes de télécommunication qui ont trajet parallèle à la ligne d'énergie.

Cette tension peut atteindre des valeurs dangereuses pour le personnel et les installations de télécommunication.

II.1.6.6) La sécurité des personnes :

La mise sous tension accidentelle des masses, les élévations de potentiel liées à l'écoulement des courants de défauts à la terre, les conducteurs tombés au sol, ...etc.

Sont autant de situations pouvant présentées des risques pour la sécurité des personnes le mode de la mise à la terre des points neutres joue un rôle essentiel.

II.1.7) Etude des courants de court circuit :

II.1.7.1) Intensité des courants des courts circuits :

L'intensité d'un courant de court circuit dans un réseau monophasé se définit simplement par application de la loi d'Ohm $|I| = \frac{|V|}{|Z|}$

V : Etant la tension de la source.

Z : Représente l'impédance totale du circuit y compris celle du défaut.

L'intensité I d'un courant de court circuit dans un réseau triphasé se définit toujours par phase à partir de la tension simple du réseau et de l'impédance correspondante par phase.

II.1.7.2) Les composantes symétriques :

Le calcul des courants de court-circuit nécessite le recours aux composantes symétrique, sauf pour le cas d'un défaut triphasé symétrique, qui n'introduit aucun déséquilibre entre les phases du réseau.

II.1.7.3) Définition des composantes symétriques :

On considère le système triphasé sinusoïdal équilibré suivant

a- Système directe

$$I_1 = I\sqrt{2} \cos \omega t$$

$$I_2 = I\sqrt{2} \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$I_3 = I\sqrt{2} \cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

b- Système inverse

$$I_1 = I\sqrt{2} \cos \omega t$$

$$I_2 = I\sqrt{2} \cos \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$$

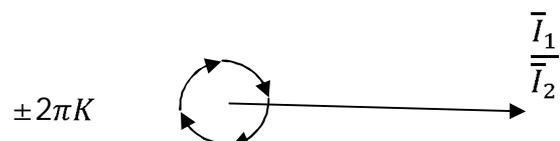
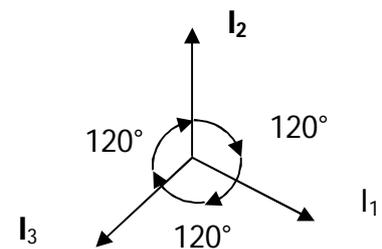
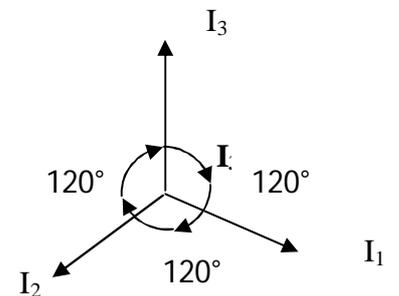
$$I_3 = I\sqrt{2} \cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

c- Système homopolaire

$$I_1 = I\sqrt{2} \cos \omega t$$

$$I_2 = I\sqrt{2} \cos \omega t$$

$$I_3 = I\sqrt{2} \cos \omega t$$



II.1.7.4) Décomposition d'un système triphasé quelconque formé de trois vecteurs I_1, I_2, I_3

Par définition, le vecteur de chaque phase est la somme de trois vecteurs appartenant chacun à l'un des systèmes directe, inverse et homopolaire.

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_o \\ \bar{I}_2 = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i + \bar{I}_o \\ \bar{I}_3 = a \bar{I}_d + a^2 \bar{I}_i + \bar{I}_o \end{cases}$$

II.1.7.5) Expression des composantes symétriques

$$\begin{cases} \bar{I}_o = \frac{1}{3}(\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3) \\ \bar{I}_d = \frac{1}{3}(\bar{I}_1 + a \bar{I}_2 + a^2 \bar{I}_3) \\ \bar{I}_i = \frac{1}{3}(\bar{I}_1 + a^2 \bar{I}_2 + a \bar{I}_3) \end{cases} \quad \text{Avec } a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$$

Operateur de rotation, appliqué à un vecteur le fait tourner d'un angle de $\frac{2\pi}{3}$ dans le sens trigonométrique.

II.1.7.6) Principe de l'impédance des composantes :

Un réseau triphasé en régime déséquilibré peut être décrit par trois systèmes d'équations indépendants, correspondants au système direct, inverse et homopolaire.

$$\begin{aligned} \bar{U}_d &= \bar{E}_d - \bar{Z}_d \bar{I}_d \\ \bar{U}_i &= \bar{E}_i - \bar{Z}_i \bar{I}_i \\ \bar{U}_o &= \bar{E}_o - \bar{Z}_o \bar{I}_o \end{aligned}$$

Les trois grandeurs $\bar{Z}_d, \bar{Z}_i, \bar{Z}_o$, sont les impédances cycliques du circuit, respectivement direct, inverse et homopolaire.

En fonctionnement normal, le système se réduit à la composante directe.

En régime déséquilibré, on simplifie les écritures :

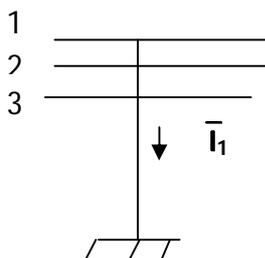
Par simplification du principe de superposition des états, c'est-à-dire :

$$\bar{E}_d = E, \quad \bar{E}_i = \bar{E}_o = 0$$

$$\begin{cases} \bar{E}_d = \bar{Z}_d \bar{I}_d + \bar{U}_d \\ 0 = \bar{Z}_d \bar{I}_d + \bar{U}_i \\ 0 = \bar{Z}_o \bar{I}_o + \bar{U}_o \end{cases}$$

II.1.8) Analyse du défaut :

.1. Court circuit monophasé



$$\begin{cases} \bar{E}_d = \bar{Z}_d \bar{I}_d + \bar{U}_d & (1) \\ 0 = \bar{Z}_i \bar{I}_i + \bar{U}_i & (2) \\ 0 = \bar{Z}_o \bar{I}_o + \bar{U}_o & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_1 = 0 & (4) \\ \bar{I}_2 = 0 & (5) \\ \bar{I}_3 = 0 & (6) \end{cases}$$

(5) et (6) d'après (3)

$$\bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_o = \frac{1}{3} \bar{I}_1$$

$$(4) \rightarrow \bar{U}_1 = \bar{U}_d + \bar{U}_i + \bar{U}_o = 0$$

$$\bar{E}_d - \bar{Z}_d \bar{I}_d - \bar{Z}_i \bar{I}_i - \bar{Z}_o \bar{I}_o = 0$$

$$\bar{E}_d = (\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o) \bar{I}_d$$

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o}$$

$$\bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_o = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} \dots \dots \dots (8)$$

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_o = 3\bar{I}_d = \frac{3\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} \\ \bar{I}_2 = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i + \bar{I}_o = \bar{I}_d (a^2 + a + 1) = 0 \\ \bar{I}_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_d = \bar{E}_d - \bar{Z}_d \bar{I}_d = \bar{E}_d - \bar{E}_d \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} = \bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i + \bar{Z}_o}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} \dots \dots \dots (9) \end{cases}$$

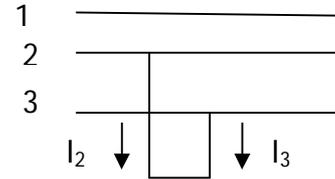
$$\begin{cases} \bar{U}_i = -\bar{Z}_i \bar{I}_i = -\bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} \dots \dots \dots (10) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_o = -\bar{Z}_o \bar{I}_o = -\bar{E}_d \frac{\bar{Z}_o}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} \dots \dots \dots (11) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_1 = \bar{U}_d + \bar{U}_i + \bar{U}_o = 0 \\ \bar{U}_2 = a^2 \bar{U}_d + a \bar{U}_i + \bar{U}_o \\ \bar{U}_3 = a \bar{U}_d + a^2 \bar{U}_i + \bar{U}_o \end{cases}$$

.2. Court circuit biphasé sans contact avec la terre

$$\begin{cases} \bar{E}_d = \bar{Z}_d \bar{I}_d + \bar{U}_d & (1) \\ 0 = \bar{Z}_i \bar{I}_i + \bar{U}_i & (2) \\ 0 = \bar{Z}_o \bar{I}_o + \bar{U}_o & (3) \end{cases}$$



$$\begin{cases} \bar{I}_1 = 0 & (4) \\ \bar{U}_2 = \bar{U}_3 & (5) \\ \bar{I}_2 = \bar{I}_3 & (6) \end{cases}$$

$$\bar{I}_o = 0, \bar{U}_o = \bar{Z}_o \bar{I}_o = \infty \cdot 0$$

$$\bar{U}_o = 0$$

$$(4) \rightarrow \bar{I}_1 = 0 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_o$$

$$\bar{I}_d = -\bar{I}_i \quad (7)$$

$$(5) \Rightarrow \bar{U}_2 = \bar{U}_3$$

$$a^2 \bar{U}_d + a \bar{U}_i + \bar{U}_o = a \bar{U}_d + a^2 \bar{U}_i + \bar{U}_o$$

$$(a^2 - a) \bar{U}_d = (a^2 - a) \bar{U}_i \Leftrightarrow \bar{U}_d = \bar{U}_i \quad (8)$$

$$\bar{E}_d - \bar{Z}_d \bar{I}_d = -\bar{Z}_i \bar{I}_i = \bar{Z}_i \bar{I}_d$$

$$\bar{E}_d = \bar{Z}_d \bar{I}_d + \bar{Z}_i \bar{I}_d$$

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i}$$

$$\bar{I}_d = -\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} = -\bar{I}_d$$

Sachant les composantes des courants on calcule les courants des phases.

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_o = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} - \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} = 0 \quad \dots \dots (9)$$

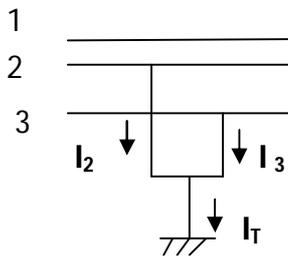
$$\bar{I}_2 = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_2 = (a^2 - a) \bar{I}_d = -j \sqrt{3} \bar{I}_d = -j \frac{\sqrt{3} \bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \dots \dots (10)$$

$$\bar{I}_3 = (a^2 - a) \bar{I}_d = j \frac{\sqrt{3} \bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \dots \dots (11)$$

$$(8) \rightarrow \bar{U}_d = \bar{U}_i = -\bar{Z}_i \bar{I}_i = \bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{U}_1 = \bar{U}_d + \bar{U}_I = 2\bar{U}_d = \bar{E}_d \frac{2\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \\ \bar{U}_2 = a^2 \bar{U}_d + a \bar{U}_i = (a^2 + a) \bar{U}_d = -\bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \\ \bar{U}_3 = \bar{U}_2 = -\bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \end{array} \right.$$

.3. Court circuit biphasé ayant contacte avec la terre.



$$\left\{ \begin{array}{ll} \bar{I}_1 = 0 & (1) \\ \bar{U}_2 = 0 & (2) \\ \bar{U}_3 = 0 & (3) \end{array} \right.$$

Si deux tensions et deux courants sont égales à zéro, en utilisant l'équation (1), on trouve que les composantes des courants ou des tensions sont égales.

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{U}_o = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_3) = \frac{1}{3}\bar{U}_1 \\ \bar{U}_d = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + a\bar{U}_2 + a^2\bar{U}_3) = \frac{1}{3}\bar{U}_1 \\ \bar{U}_I = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + a^2\bar{U}_2 + a\bar{U}_3) = \frac{1}{3}\bar{U}_1 \end{array} \right.$$

$$\bar{U}_d = \bar{U}_i = \bar{U}_o = \frac{1}{3}\bar{U}_1$$

$$(1) \rightarrow \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_o$$

$$\frac{\bar{E}_d - \bar{U}_d}{\bar{Z}_d} - \frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_i} - \frac{\bar{U}_o}{\bar{Z}_o} = 0$$

$$\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d} = \bar{U}_d \left(\frac{1}{\bar{Z}_d} + \frac{1}{\bar{Z}_i} + \frac{1}{\bar{Z}_o} \right)$$

$$\bar{U}_d = \frac{\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d}}{\frac{1}{\bar{Z}_d} + \frac{1}{\bar{Z}_i} + \frac{1}{\bar{Z}_o}} = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}}$$

$$\bar{U}_d = \bar{U}_i = \bar{U}_o = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \dots \dots (4)$$

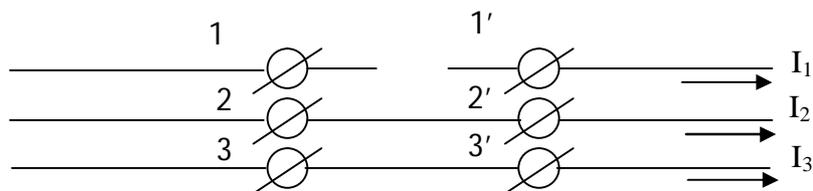
$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{U}_1 = \bar{U}_d + \bar{U}_i + \bar{U}_o = 3\bar{U}_d = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \dots \dots (5) \\ \bar{U}_2 = a^2\bar{U}_d + a\bar{U}_i + \bar{U}_o = \bar{U}_2(a^2 + a + 1) = 0 \dots (6) \\ \bar{U}_3 = 0 \dots (7) \end{array} \right.$$

On calcule les composantes symétriques des courants :

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_d = \frac{\bar{E}_d - \bar{U}_d}{\bar{Z}_d} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \right) \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d} \\ \bar{I}_i = -\frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_i} = -\frac{\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_i}}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \\ \bar{I}_o = -\frac{\bar{U}_o}{\bar{Z}_o} = -\frac{\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_i}}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_o \dots (8) \\ \bar{I}_2 = a^2\bar{I}_d + a\bar{I}_i + \bar{I}_o \dots (9) \\ \bar{I}_3 = a\bar{I}_d + a^2\bar{I}_i + \bar{I}_o \dots (10) \end{array} \right.$$

4. Coupure sur une phase :



$$\begin{cases} \bar{E}_d = \bar{Z}_d \bar{I}_d + \bar{U}_d & (1) \\ 0 = \bar{Z}_i \bar{I}_i + \bar{U}_i & (2) \\ 0 = \bar{Z}_o \bar{I}_o + \bar{U}_o & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = 0 & (4) \\ \bar{U}_{22} = 0 & (5) \\ \bar{U}_{33} = 0 & (6) \end{cases}$$

$$\bar{U}_d = \bar{U}_i = \bar{U}_o = \frac{1}{3} \bar{U}_{11}$$

$$(4) \Rightarrow \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_o = 0$$

$$\frac{\bar{E}_d - \bar{U}_d}{\bar{Z}_d} - \frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_i} - \frac{\bar{U}_o}{\bar{Z}_o} = 0$$

$$\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d} = \bar{U}_d \left(\frac{1}{\bar{Z}_d} + \frac{1}{\bar{Z}_i} + \frac{1}{\bar{Z}_o} \right)$$

$$\bar{U}_d = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \dots \dots (7)$$

$$\bar{U}_d = \bar{U}_i = \bar{U}_o = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_{11} = \bar{U}_d + \bar{U}_o + \bar{U}_i = 3\bar{U}_d = \frac{3\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \\ \bar{U}_{22} = a^2 \bar{U}_d + a \bar{U}_i + \bar{U}_o = \bar{U}_d (a^2 + a + 1) = 0 \\ \bar{U}_{33} = 0 \end{cases}$$

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{E}_d - \bar{U}_d}{\bar{Z}_d} = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d} \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \right) \dots \dots (8)$$

$$\bar{I}_i = -\frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_i} = -\frac{\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d}}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_o}} \dots \dots (9)$$

$$\bar{I}_0 = -\frac{\bar{U}_0}{\bar{Z}_0} = -\frac{\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_0}}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}} \dots \dots \dots (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0 \dots \dots (11) \\ \bar{I}_2 = \alpha^2 \bar{I}_d + \alpha \bar{I}_i + \bar{I}_0 \dots \dots (12) \\ \bar{I}_3 = \alpha \bar{I}_d + \alpha^2 \bar{I}_i + \bar{I}_0 \dots \dots (13) \end{array} \right.$$

II.2) Protection des réseaux MT :

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des équipements de surveillance et de protection assurant la stabilité de ces réseaux. Cette protection est nécessaire pour éviter la destruction d'équipements coûteux et assurer une alimentation électrique continue.

II.2.1) Objectifs du système de protection :

Ce système doit répondre aux objectifs suivants :

- préserver la sécurité des personnes d'un danger d'électrocution.
- assurer la continuité de fourniture d'énergie électrique.

II.2.2) Qualités principales d'un système de protection :

II.2.2.1) - Rapidité :

Les courts-circuits sont donc des incidents qu'il faut éliminer le plus vite possible, c'est le rôle des protections dont la rapidité de fonctionnement et des performances prioritaires.

Le temps d'élimination des courts-circuits comprend deux composantes principales :

- Le temps de fonctionnement des protections (quelques dizaines de millisecondes).
- Le temps d'ouverture des disjoncteurs, avec les disjoncteurs modernes (SF6 ou à vide), ces derniers sont compris entre 1 et 3 périodes.

II.2.2.2) - Sensibilité :

La protection doit fonctionner dans un domaine très étendu de courants de courts-circuits entre :

Le courant maximal qui est fixé par le dimensionnement des installations est donc parfaitement connu,

Un courant minimal dont la valeur est très difficile à apprécier et qui correspond à un court-circuit se produisant dans des conditions souvent exceptionnelles.

II.2.2.3)- Fiabilité :

Les définitions et les termes proposés ici, sont dans la pratique, largement utilisés au plan international.

Une protection a un fonctionnement correct lorsqu'elle émet une réponse à un court-circuit sur le réseau en tout point conforme à ce qui est attendu.

A l'inverse, pour un fonctionnement incorrect, elle comporte deux aspects :

La fiabilité d'une protection, qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect (éviter les déclenchements intempestifs), est la combinaison de :

- La sûreté : qui est la probabilité de ne pas avoir de défaut de fonctionnement.
- La sécurité : qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement intempestif.

II.2.2.4) La sélectivité :

Elle permet à l'appareil d'éliminer que la partie en défaut.

Le système de protection doit être capable d'identifier sans ambiguïté l'ouvrage atteint et commander l'ouverture des dispositifs de protection nécessaire à la mise hors tension de cet ouvrage et de lui seul.

Et pour satisfaire cette condition, on a les types de protection suivants :

- Protection différentielle totalement sélective.
- Protection de distance.
- Protection à maximum de courant et à minimum de tension

II.2.3) Protection des transformateur HT/MT :

Le transformateur HT/MT sera en générale protégé par 2 protection à maximum de courant.

-La 1^{ère}, coté moyenne tension, est une protection contre les surcharge des transformateur est constitue vis-à-vis des défauts polyphasés sur les lignes MT.

-La 2^{ème} coté HT, sera une protection à maximum de courant à deux seuils d'intervention :

- Le1^{ère} seuil temporisé vis-à-vis des départ HT/MT, réagit aux défauts dans le transformateur et sur les lignes MT.
- Le2^{ème}, de type instantané à pour but la protection contre court circuit sur le primaire du transformateur et sons courant d'intervention est tel qu'il n'est pas sensible aux courts circuits de la tranche MT.

- **Protection différentielle :**

La protection différentielle est obtenue par la comparaison de la somme des courants primaire à la somme des courants secondaires.

Le principe de fonctionnement de la protection est basé sur la comparaison des courant rentrant et des courant sortant du transformateur HT/MT on tenant compte du rapport de transformation cette protection à une sélectivité absolue il lui est demandé en plus, d'être très stable vis-à-vis des défauts extérieures.

- **Protection thermique de la cuve :**

Une protection thermique de cuve sera prévue. Cette protection devra contrôler la température de l'huile et aura 2 seuils :

La 1ere donnera un signale d'alarme, le second un signale de déclenchement.

- **Protection interne du transformateur :**

Les arcs qui prennent naissance à l'intérieur de la cuve d'un transformateur décomposent Certaine quantité d'huile et provoquent un dégagement gazeux. Les gaz produits montent vers la partie supérieure de la cuve de transformateur et de là vers le conservateur à travers un relais mécanique appelé relais BUCHOLZ. Ce relais est sensible à tout mouvement de gaz ou d'huile. Cette protection sera à deux niveaux pour le transformateur: le premier donnera un signal d'alarme, le second un signal de déclenchement.

- **Protection de la cuve du transformateur :**

Cette protection est sensible au court-circuit susceptible de circuler dans la connexion qui relie la cuve du transformateur au circuit de terre du poste. Elle consiste en un relais ampérométrique instantané alimenté par un transformateur de courant dans une connexion. Tout contournement de la barre du transformateur, tout défaut à la masse d'un enroulement produisent un courant et détecté par les relais. Toute fois d'autres courants peuvent circuler dans la connexion et dans les relais à savoir :

-Les courants engendrés par les tensions induites dans les enveloppes métalliques des câbles de contrôle.

-Les courants de retour par le sol si la cuve est mal isolée.

II.2.4) Protection des départs MT des postes HT /MT :

Dans un poste HT/MT, les départ MT sont exploités suivant un type radial. Le système de protection a pour but d'assurer :

-L'intervention rapide en cas de défaut polyphasé afin de séparer le réseau incident du réseau sain sans détérioration des équipements.

-L'intervention sélective pour éliminer l'élément défectueux sans mettre hors tension les éléments sains.

Le système de base utilisé est à maximum de courant et temps constant. Ceci est réalisé par deux relais de phase et un relais homopolaire qui assurent le fonctionnement du disjoncteur de départ pour le différent type de courant de court-circuit.

II.2.5) Protection de jeu de barre :

Un jeu de barre est souvent le nœud essentiel dans un réseau de distribution, il est donc important de limiter les dégâts provoqués par un défaut à ce niveau pour permettre une répartition et une remise en service rapide.

Les principales causes de défauts sur un jeu de barres sont :

- Chute accidentelle de pièces métalliques entre barres et entre barres et masse.
- Contournement des isolateurs par un arc.

Les protections les plus simples et les plus économiques d'un jeu de barre consistent à placer :

- Des relais à maximum de courants.
- Des relais à minimum de tension.
- Des relais à maximum de tension.

II.2.6) Réenclenchement automatique :

Les défauts dans les réseaux de distribution MT aérien sont du type défaut fugitif, afin de limiter la durée de la coupure électrique des clients au minimum, les différents automates de reprise de service (réenclencher) sont installés sur les départs. Sur les départs aériens du réseau de distribution MT issue d'un poste source, on peut trouver un disjoncteur commandé par un dispositif de réenclenchement triphasé avec les cycles rapide et lent. L'instruction d'action de réenclencher est automatiquement effectuée selon les étapes consécutives ci-dessous :

Cycle rapide : c'est le cycle de déclenchement réenclenchement triphasé rapide. Après 150 ms du moment de l'apparition du défaut, le disjoncteur est ouvert pour coupure de l'alimentation du réseau en défaut. La durée de mise hors tension est d'environ 300 ms pour permettre la désionisation de l'arc électrique. Si le défaut est éliminé après un cycle rapide, il est de type défauts fugitifs.

Cycles lents : si le défaut réapparaît après la fermeture du disjoncteur à la fin du cycle rapide, on effectue automatiquement un cycle de déclenchement-réenclenchement triphasé lent. Un deuxième déclenchement a lieu 500 ms après la réapparition du défaut. La durée de coupure est de 15 à 30 seconde. Ce cycle peut être suivi d'un deuxième cycle analogue; c'est le cas général lorsqu'il est fait usage d'interrupteurs aériens à ouverture dans le creux de tension (IACT). Si le défaut est éliminé après les cycles lents, il est de type défauts semi permanents.

II.2.7 Protection des lignes :

La protection des lignes BT est faite par des fusibles sensibles aux surintensités et au courant de court-circuit. Pour les lignes MT les fusibles sont destinés à protéger uniquement contre les courts-circuits.

Pour protéger les lignes MT, on distingue deux groupes d'automates de protection :

- La protection sélective, permettant le déclenchement en premier le relais le plus proche du défaut.
- Intervention de la protection différentielle, qui se base sur le principe de la comparaison des signaux au début et la fin de la ligne en régime de défaut.

II.2.8) Appareils de protection :

II.2.8.1) Disjoncteur :

Selon la définition de la Commission électrotechnique internationale (C.E.I), un disjoncteur à HTA est destiné à établir, supporter et interrompre des courants sous sa tension assignée (la tension maximale du réseau électrique qu'il protège) à la fois :

- Dans des conditions normales de service, par exemple pour connecter ou déconnecter une ligne dans un réseau électrique,
- Dans des conditions anormales spécifiées, en particulier pour éliminer un court-circuit, et les conséquences de la foudre.

De par ses caractéristiques, un disjoncteur est l'appareil de protection essentiel des réseaux électriques HTA, car il est seul capable d'interrompre un courant de court-circuit et donc éviter que le matériel soit endommagé par ce court-circuit.

Les différents types de disjoncteur :

- Le disjoncteur à faible volume d'huile.
- Le disjoncteur magnétique.
- Le disjoncteur à hexafluorure de soufre SF₆.
- Le disjoncteur à vide.
- Le disjoncteur pneumatique ou à air comprimé.



Disjoncteur à air comprime

II.2.8.2) Les sectionneurs :

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer de façon mécanique un circuit électrique de son alimentation, son objectif est d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique et d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties.

Le sectionneur, à la différence du disjoncteur ou de l'interrupteur n'a pas de pouvoir de coupure, ni de fermeture, il est impératif d'arrêter l'équipement aval pour éviter une ouverture en charge. Dans le cas contraire de graves brûlures pourraient être provoquées, liées à un arc électrique provoqué par l'ouverture.

Les différents types de sectionneurs :

- Sectionneur unipolaire HTA, pour l'extérieur.
- Sectionneur bipolaire HTA, pour l'extérieur.
- Sectionneur tripolaire HTA, pour l'extérieur.
- Sectionneur rotatif HT, pour l'extérieur.
- Sectionneur de mise à la terre.

II.2.8.3) Relais :

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations (signaux) à caractère analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température ...) et le transmettent à un ordre binaire (fermeture ou ouverture d'un circuit de commande).

Donc le rôle des relais de protection est de détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique, tel que le court circuit, variation, de tension ...etc.

II.2.8.4 Parafoudres :

Ce sont des appareils destinés à limiter les surtension imposées aux transformateurs ou autres dispositifs, instruments et machines électriques par la foudre et par les manœuvres de commutations des lignes et des transformateurs, la partie supérieure du parafoudre est reliée à un des fils de la ligne à protéger et la partie inférieure est connectée au sol par une mise à la terre de faible résistance, généralement de moins 1 Ohm.

Les différents types de parafoudre :

- Parafoudre à expulsion.
- Parafoudre à résistances variables.
- Eclateur simple.

II.2.8.5 Les interrupteurs :

En électricité, un interrupteur est un organe ou appareillage de commande qui permet d'ouvrir et de fermer un circuit alimentant un appareil électrique aux valeurs des intensités. Il possède un certain pouvoir de couper, en générale il peut couper sous la tension nominale un courant d'une intensité nominale.

II.2.8.6 Coupes circuits à fusible :

Les coupes circuits à fusible sont des appareils de protection contre les surintensités, à cet effet, ils comportent un élément conducteur qui dans certaines conditions s'échauffe et fond sous l'action de passage de courant. Il en résulte une coupure du circuit dans lequel l'élément fusible est inséré, d'où la protection des appareils situés en aval.

Différents types de coupes circuit à fusible :

- **Coupe circuit à expulsion :** la coupure est établie par soufflage de l'arc.
- **Coupe circuit à fusion en fermée:** on distingue deux types:
 - Coupe-circuit fusion à liquide extincteur.
 - Coupe-circuit fusion en fermée à matière pulvérulente.

II.2.9) Les régimes du neutre des réseaux MT :

Dans un réseau, le régime du neutre joue un rôle très important lors d'un défaut d'isolement ou de mise à la terre accidentelle. Un neutre mis directement à la terre limite fortement les surtensions, par contre, il engendre des courants de défaut très importants. Par ailleurs, un neutre isolé de la terre limite les courants de défaut à des valeurs réduites, mais favorise l'apparition de surtensions entre ces deux extrêmes ; pour ce problème des solutions sont envisageables à savoir :

- Mise à la terre par résistance ou par (bobine de PETERSON), pour éviter la surtension et réduire les surintensités résultant des défauts monophasés.
- Distribution du neutre mis à la terre au poste source et le long du réseau.

II.2.10) Conclusion :

Dans ce chapitre on a étudié le system de protections qui existe au niveau du réseau de distribution électriques HTA .les éléments de protection doivent être bien choisies et bien régler afin d'assurer une protection efficace contre les différents types d'anomalie qui peuvent survenir sur le réseau électriques.

Introduction :

Dans les réseaux de distribution, il est impératif de maintenir la tension aussi constante que possible, cette variation, en occurrence les chutes de tension sont très gênants pour les utilisateurs et l'exploitation, c'est pour cela que l'on cherche à les réduire, il nous faut donc des méthodes de calcul de chute de tension pour essayer de résoudre ce problème

III.1 Méthodes de calcul des chutes de tensions :[2]

III.1.1 Méthode générale (théorie des quadripôles) :

III.1.1.1 Ligne à constantes réparties :

On considère le quadripôle suivant de la fig I.1 où V_1, I_1 et V_2, I_2 sont les tensions simples et les courants aux extrémités d'une ligne.

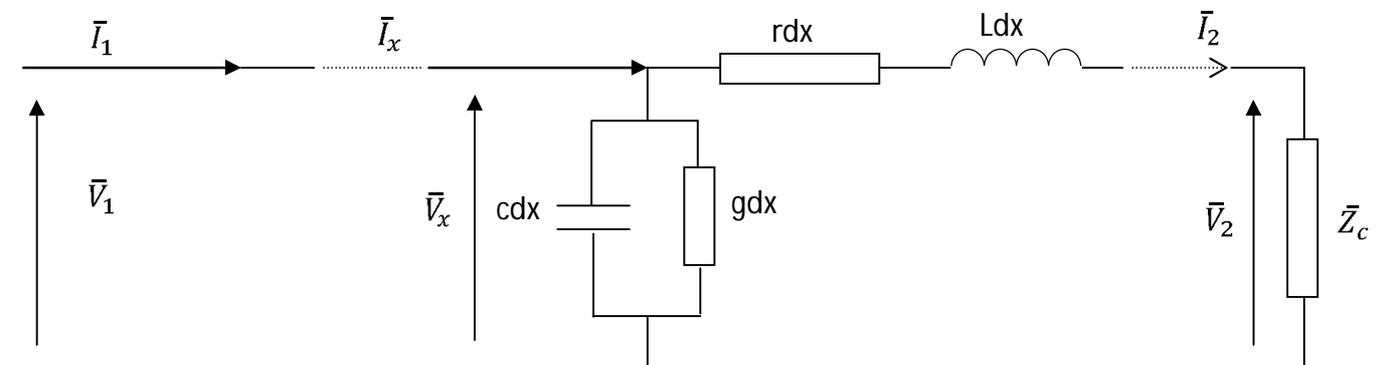


Fig III.1 Schéma équivalent d'un quadripôle

Avec :

- r : résistance linéique [Ω / Km]
- L : inductance linéique [H / Km]
- c : capacité linéique [F / Km]
- g : conductance linéique [$1/\Omega Km$]

\bar{V}_1, \bar{I}_1 sont liés à \bar{V}_2, \bar{I}_2 par les équations linéaires du quadripôle (Fig I .1) :

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = \bar{V}_2 \text{Ch. } \bar{n} \cdot \bar{T} + \bar{Z}_c \cdot \bar{I}_2 \cdot \text{Sh. } \bar{n} \cdot \bar{T} \\ \bar{I}_1 = \frac{\bar{V}_2}{\bar{Z}_c} \text{Sh. } \bar{n} \cdot \bar{T} + \bar{I}_2 \cdot \text{Ch. } \bar{n} \cdot \bar{T} \end{cases}$$

Inversement, nous avons :

$$\begin{cases} \bar{V}_2 = \bar{V}_1 \text{Ch. } \bar{n} \cdot \bar{T} - \bar{Z}_c \cdot \bar{I}_1 \cdot \text{Sh. } \bar{n} \cdot \bar{T} \\ \bar{I}_2 = \frac{\bar{V}_1}{\bar{Z}_c} \text{Sh. } \bar{n} \cdot \bar{T} + \bar{I}_1 \cdot \text{Ch. } \bar{n} \cdot \bar{T} \end{cases}$$

Avec:

\bar{Z}_c : Impédance caractéristique de la ligne.

n : constante de propagation.

l : longueur de la ligne.

$$\begin{cases} \bar{Z}_c = \sqrt{\frac{Z_t}{Y_t}} \\ \bar{Z}_t = (R + jL\omega) l & \text{Impédance totale.} \\ \bar{Y}_t = (G + jC\omega) l & \text{Admittance totale.} \\ n \bar{l} = \sqrt{\bar{Z}_t \bar{Y}_t} \end{cases}$$

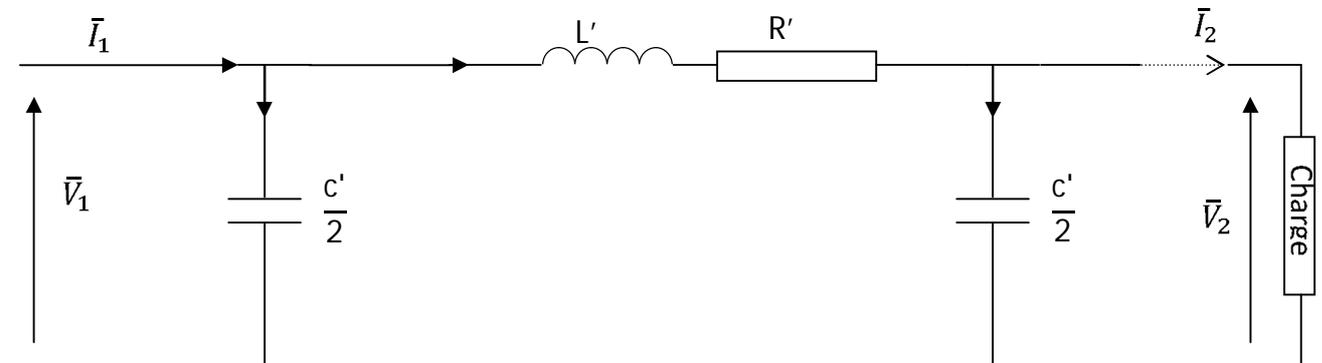
En faisant le développement limité des fonctions hyperboliques, nous aurons

$$\begin{cases} \text{Ch}(\bar{n}l) = 1 + \frac{Z_t Y_t}{2} + \frac{Z_t^2 Y_t^2}{24} + \dots \\ Z_c \text{Sh}(\bar{n}l) = Z_t \left(1 + \frac{Z_t Y_t}{6} + \frac{Z_t^2 Y_t^2}{120} + \dots \right) \\ \frac{1}{Z_c} \text{Sh}(\bar{n}l) = Y_t \left(1 + \frac{Z_t Y_t}{6} + \frac{Z_t^2 Y_t^2}{120} + \dots \right) \end{cases}$$

- Pour ($l > 600$ km) lignes longues : on prend trois termes du développement limité.
- Pour ($200 \text{ km} < l < 600$ km) lignes moyennes : on prend deux termes du développement limité.
- Pour ($l < 200$ km) Lignes courtes : on prend un seul terme du développement limité.

III.1.1.2) Approximation de la ligne par des impédances localisées :

Pour une ligne courte ($l < 200$ km), elle peut être représentée par un schéma monophasé en π en T avec $L' = L l$, $R' = r.l$ et $C' = C.l$.

III .1.1.2.1 Schéma en π :Fig.III.2 Schéma en π d'une ligne courte

Considérons le schéma en π de la figure III.2, on aura les équations des trois mailles suivantes

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = \frac{2}{jC'\omega} \bar{I}_1 \omega \frac{2}{j'\omega} \\ 0 = \left(R' + jL'\omega + \frac{4}{jC'\omega} \right) \bar{I} - \frac{2}{jC'\omega} \bar{I}_1 - \frac{2}{jC'\omega} \bar{I}_2 \\ \bar{V}_2 = -\frac{2}{jC'\omega} \bar{I}_2 - \frac{2}{jC'\omega} \bar{I} \end{cases}$$

D'où :

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = \bar{V}_2 \left(1 - \frac{L'C'\omega^2}{2} + j\frac{R'C'\omega}{2} \right) + \bar{I}_2 (R' + jL'\omega) \\ \bar{I}_1 = \bar{I}_2 \left(1 - \frac{L'C'\omega^2}{2} + j\frac{R'C'\omega}{2} \right) + \bar{V}_2 \left(-\frac{R'C'\omega^2}{4} + jC'\omega - j\frac{L'C'^2\omega^2}{4} \right) \end{cases}$$

Si les termes en $L'C'\omega^2$ sont négligés devant l'unité, il reste :

$$\begin{cases} \bar{V}_1 \approx \bar{V}_2 + \bar{I}_2 (R' + jL'\omega) \\ \bar{I}_1 \approx \bar{I}_2 + jC'\omega \bar{V}_2 \end{cases}$$

On obtient de la même manière \bar{V}_2 et \bar{I}_2 en fonction de \bar{V}_1 et \bar{I}_1 :

$$\begin{cases} \bar{V}_2 = \bar{V}_1 \left(1 - \frac{L'C'\omega^2}{2} + j\frac{R'C'\omega}{2} \right) + \bar{I}_1 (R' + jL'\omega) \\ \bar{I}_2 = \bar{I}_1 \left(1 - \frac{L'C'\omega^2}{2} + j\frac{R'C'\omega}{2} \right) + \bar{V}_1 \left(-\frac{R'C'\omega^2}{4} + jC'\omega - j\frac{L'C'^2\omega^2}{4} \right) \end{cases}$$

Si les termes en $L'C'\omega^2$ et $R'C'\omega$ sont négligés devant l'unité, il reste:

$$\begin{cases} \bar{V}_2 = \bar{V}_1 + \bar{I}_1(R' + jL'\omega) \\ \bar{I}_2 = \bar{I}_1 + jC'\omega\bar{V}_1 \end{cases}$$

Diagramme d'une ligne courte schéma en π

Nous prendrons comme origine des phases \bar{V}_2 .

φ_1 : déphasage entre \bar{V}_1 et \bar{I}_1 ; φ_2 déphasage entre \bar{I}_1 et \bar{I}_2 .

α : déphasage entre \bar{I}_2 et \bar{V}_2 .

δ : déphasage entre \bar{I}_1 et \bar{V}_2 .

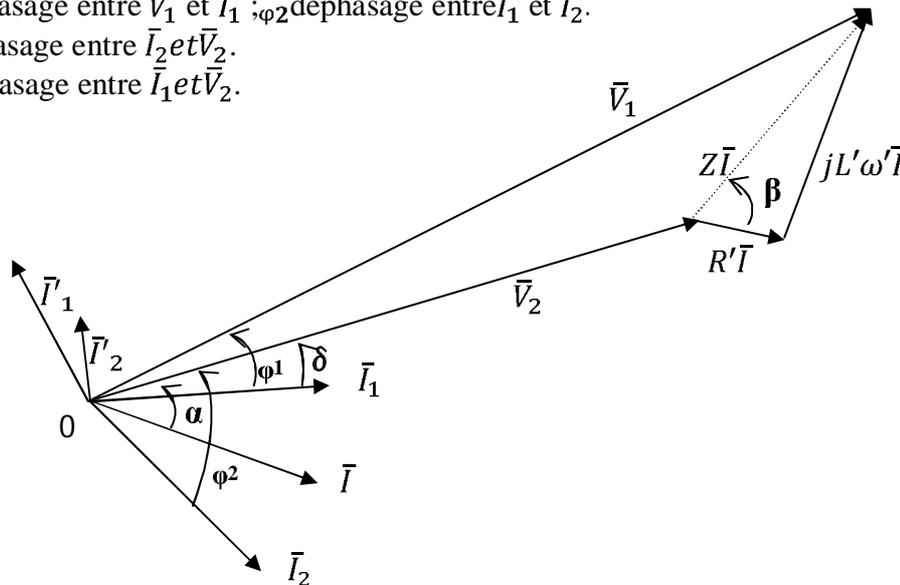


Fig .III.3 Diagramme d'une ligne courte (Schéma en π).

Le diagramme de la figure .III.3 peut être remplacé par les équations suivantes :

$$\begin{cases} |^{-L\alpha} = |_2^{-L\varphi_2} + \frac{C'}{2}\omega.V_2^{-L\frac{\pi}{2}} \\ V_1^{-L\delta-\varphi_2} = V_2^{-L0} + Z_t. |^{-L\beta+\alpha} \\ |_1^{-L\delta} = |^{-L\alpha} + \frac{C'}{2}\omega.V_1^{-L\frac{\pi}{2}+\delta-\varphi_1} \end{cases}$$

III.1.1.2.2. Schéma en T

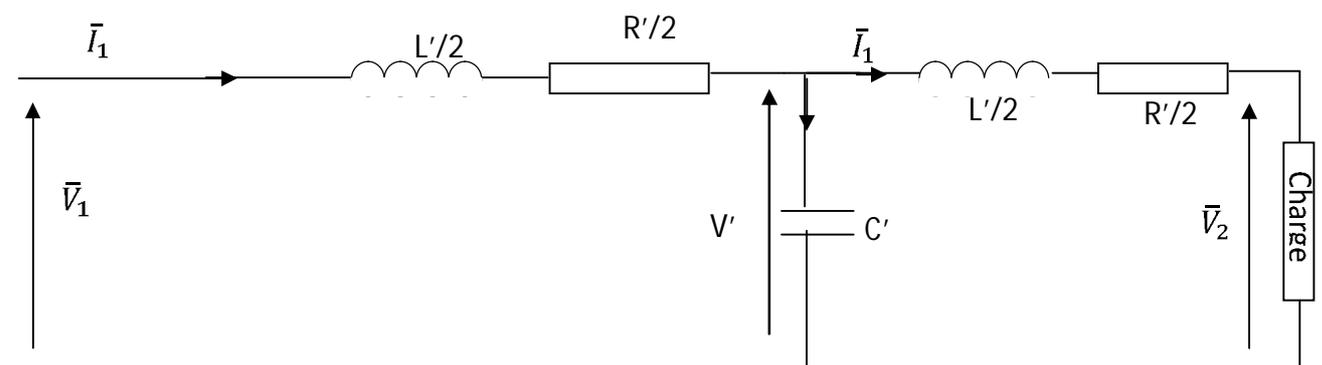


Fig.III.4.Schéma en T d'une ligne courte

R : résistance linéique de la ligne.

L : inductance linéique de la ligne.

C : capacité linéique de la ligne.

D'après la figure I.4, on aura l'équation suivante :

$$\begin{cases} \bar{V} = \bar{V}_2 + \frac{Z_t}{2} \bar{I}_2 \\ \bar{V} = \bar{V}_2 + \frac{R'}{2} \bar{I}_2 + \frac{L'\omega}{2} \bar{I}_2 \end{cases}$$

• diagramme d'une ligne courte en T :

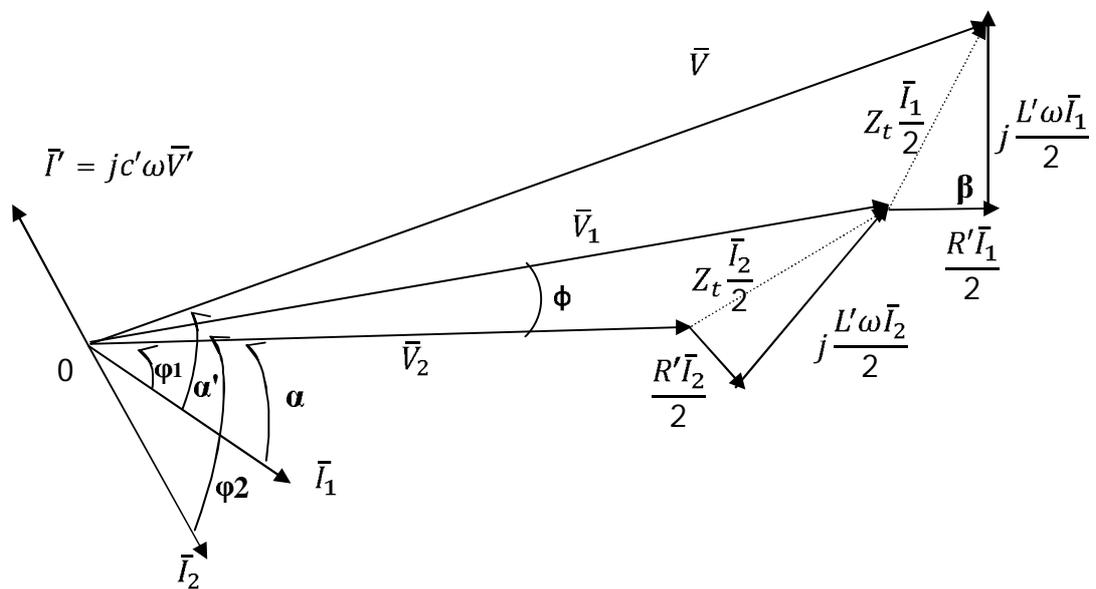


Fig .III.5. Diagramme d'une ligne courte en T.

Le diagramme de la figure III.5, peut être remplacé par les équations suivantes

$$\begin{cases} \bar{V}_1^{L\alpha} = \bar{V}_1^{L0} + \frac{Z_t}{2} \bar{I}_2^{L\beta+\varphi_2} \\ \bar{I}_1^{L\alpha} = \bar{I}_2^{L\varphi_2} + C'\omega \cdot \bar{V}_1^{L\varphi+\frac{\pi}{2}} \\ \bar{V}_1^{L\alpha+\varphi} = \bar{V}_1^{L\varphi} + \frac{Z_t}{2} \bar{I}_1^{-L\beta+\alpha} \end{cases}$$

Avec :

$$\beta = \text{arctg} \frac{L'\omega}{R'}$$

$$Z_t = R' + jL'\omega$$

III.1.1.2.3. Cas des lignes de longueurs inférieures à 20 Km (très courtes)

Pour cette catégorie de lignes à basse ou moyenne tension. On ne considère que les fuites latérales sont nulles c'est à dire $X_t = 0$. Dans ce cas, on ne prend que les termes du développement limité des fonctions hyperboliques.

$Ch(nl) = 1.$

$ZC Sh(nl) = Zt.$

$\frac{1}{ZC} Sh(nl) = 0$

Nous aurons:

$\bar{V}_2 = \bar{V}_1 + \bar{Z}_c \bar{I}_1 = \bar{V}_1 + (R' + jL'\omega) \bar{I}_1$

$\bar{I}_1 = \bar{I}_1 = \bar{I}_1$

III.1.1.2.4. Tracé du diagramme

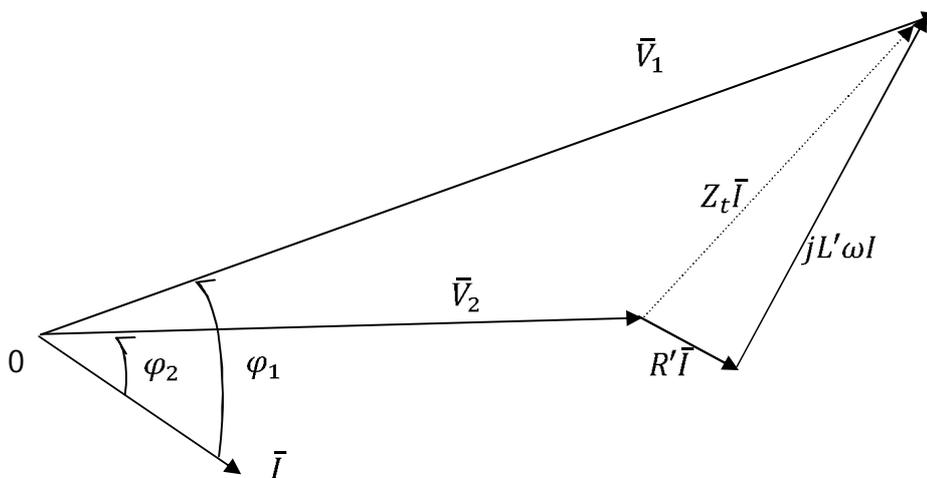


Fig .III.6 Diagramme d'une ligne sans capacité.

III.1.1.2.5. Expression de la chute de tension

La chute de tension est exprimée comme suit

$\Delta \bar{V} = \bar{V}_1 - \bar{V}_2$ Avec

\bar{V}_1 : Tension à l'entrée.

\bar{V}_2 : Tension à l'arrivée.

Dans le cas le plus fréquent, lorsque le déphasage de \bar{V}_2 par rapport à \bar{V}_1 est modéré, on peut remplacer \bar{V}_1 par sa projection sur l'axe portant \bar{V}_2 (fig I.6). On aura la chute de tension comme suit :

$$\Delta \bar{V} = |\bar{V}_1 - \bar{V}_2| = R'I \cos \varphi_2 + L'\omega I \sin \varphi_2$$

III.1.1.2.6. Chute de tension en phase et en quadrature

Soit une ligne à capacité et à conductance latérales négligeables de résistance R et d'inductance L. La tension à l'arrivée est \bar{V}_2 et au départ \bar{V}_1 (fig III.7).

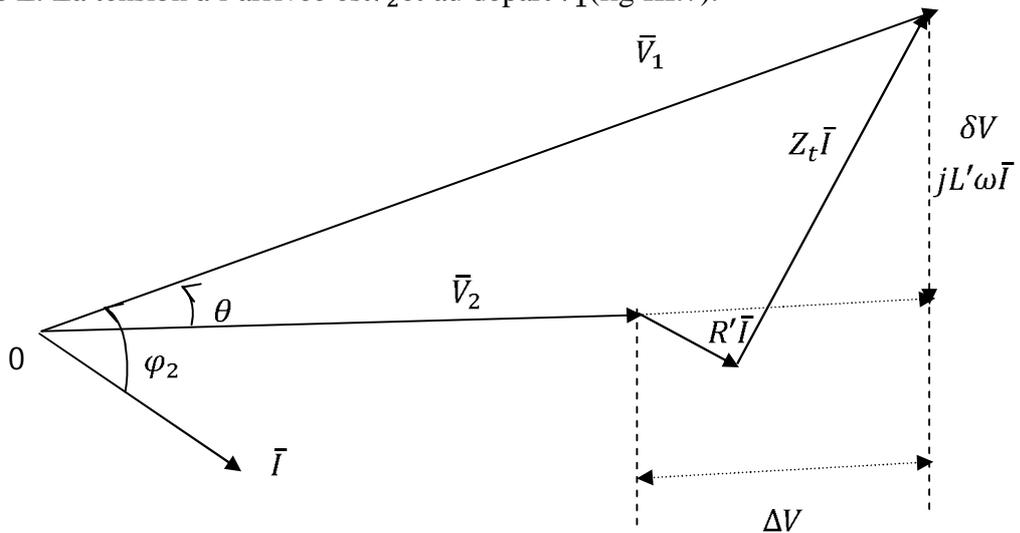


Fig .III.7 Chute de tension en phase et en quadrature.

Nous avons :

$$\Delta \bar{V} = \bar{V}_1 - \bar{V}_2 : \text{composante de la chute de tension en phase avec } V_2.$$

$$\Delta \bar{V} = R'I \cos \varphi_2 + X'I \sin \varphi_2$$

$$\delta \bar{V} = R'I \cos \varphi_2 - L'\omega I \sin \varphi_2 : \text{Composante de la chute de tension en quadrature avec } \bar{V}_2 :$$

$\Delta \bar{V}$: Est due au transit de la puissance réactive sur la ligne.

$\delta \bar{V}$: est due au transit de la puissance active sur la ligne.

$$\tan \theta = \frac{\varphi V}{V_2 + \Delta V} = \frac{X'I \cos \varphi_2 - R'I \sin \varphi_2}{V_2 + R'I \cos \varphi_2 + X'I \cos \varphi_2}$$

III.1.1.2 Cas des câbles souterrains :

En souterrain, nous avons une capacité importante, ce qui crée un courant capacitif qui modifie la valeur de la chute de tension.

- r : Résistance linéique [Ω/ km].
- x : Réactance linéique [Ω/ km].
- C : Capacité linéique [F/ km].
- \bar{V}_d : Tension simple à l'entrée de la ligne.
- \bar{V}_a : Tension simple aux bornes de la charge.
- \bar{V}_c : Tension simple aux bornes de la capacité.

On déduit les équations suivantes :

$$\begin{cases} \bar{V}_c = \bar{V}_a + l. \left(\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right) \bar{I}_a \\ \bar{V}_d = \bar{V}_c + l. \left(\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right) \bar{I}_d \\ \bar{I}_d = \bar{I}_c + \bar{I}_a \end{cases}$$

Nous aurons le diagramme suivant

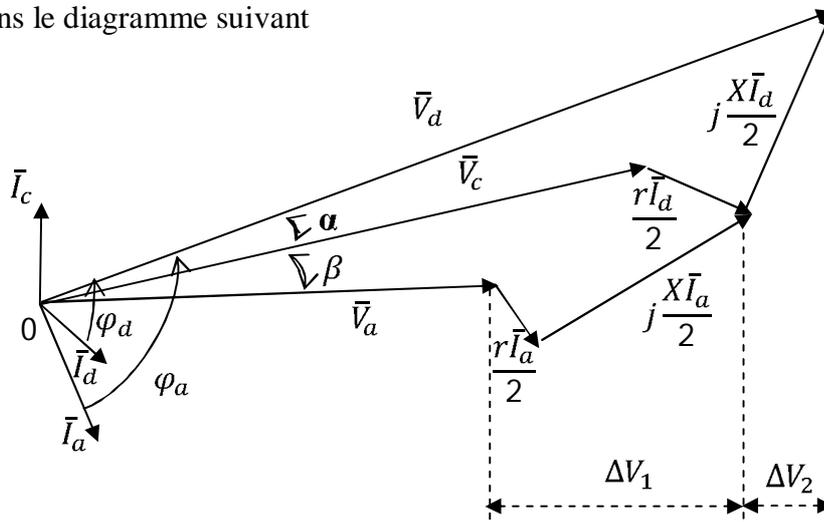


Fig. III.8 Diagramme d'une ligne courte en T.

On déduit de la figure III-8, les équations suivantes :

$$\begin{cases} \bar{V}_c^{L\beta} = \bar{V}_a^{L0} + l. \left(\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right) \bar{I}_a^{La} \\ \bar{V}_d^{La+\beta} = \bar{V}_a^{L\beta} + l. \left(\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right) \bar{I}_d^{L\delta a - (a+b)} \\ \bar{I}_d^{L\delta d - (a+\beta)} = \bar{I}_c^{L\frac{\pi}{2} + \beta} + \bar{I}_a^{L\delta a} \end{cases}$$

Avec : $\bar{V}_c = j.l.c.\omega \bar{V}_c$

Remarque : δa et δd sont des angles négatifs.

On tire les équations suivantes :

$$\begin{cases} \bar{V}_c = \bar{V}_a + l \cdot \left(\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right) [I_a \cos \varphi_a + j I_a \sin \varphi_a] \\ \bar{V}_c = \left[\bar{V}_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \cdot \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a \right] + j \left[l \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a \right] \end{cases}$$

Le module de V_c sera

$$|\bar{V}|_c = \sqrt{\left(\bar{V}_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \cdot \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a \right)^2 + \left(l \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a \right)^2}$$

Le déphasage de V_c est donné par :

$$\beta = \arctg \frac{l \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a}{\bar{V}_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \cdot \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a}$$

Le module de I_d :

$$\bar{I}_d^{L\delta d - (a+\beta)} = \bar{I}_c^{L\frac{\pi}{2} + \beta} + \bar{I}_a^{L\delta a}$$

En négligeant l'angle α , on obtient :

$$\bar{I}_d^{L\delta d - (a+\beta)} = \bar{I}_c^{L\frac{\pi}{2} + \beta} + \bar{I}_a^{L\delta a} = j c \omega \bar{V}_c^{L\beta} + \bar{I}_a^{L\delta a}$$

$$\begin{aligned} &= j l c \omega [V_c \cos \beta + j V_c \sin \beta] + [I_a \cos \varphi_a + j I_a \sin \varphi_a] \\ &= (I_a \cos \varphi_a - l \cdot c \cdot \omega \cdot V_c \sin \beta)^2 + j (I_a \sin \varphi_a + l \cdot c \cdot \omega \cdot V_c \cos \beta)^2 \end{aligned}$$

Son module est donné par :

$$|\bar{I}_a| = \sqrt{(I_a \cos \varphi_a - l \cdot c \cdot \omega \cdot V_c \sin \beta)^2 + (I_a \sin \varphi_a + l \cdot c \cdot \omega \cdot V_c \cos \beta)^2}$$

Le déphasage δd est donné par :

$$\delta d = \arctg \frac{I_a \sin \varphi_a + l \cdot c \cdot \omega \cdot V_c \cos \beta^2}{I_a \cos \varphi_a - l \cdot c \cdot \omega \cdot V_c \sin \beta}$$

La chute de tension en monophasée est donnée par :

$$\Delta \bar{V} = \Delta \bar{V}_1 + \Delta \bar{V}_2$$

Avec :

$$\begin{cases} \Delta \bar{V}_1 = l \cdot \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a + j \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a \\ \Delta \bar{V}_2 = l \cdot \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a + \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a \end{cases}$$

Donc :

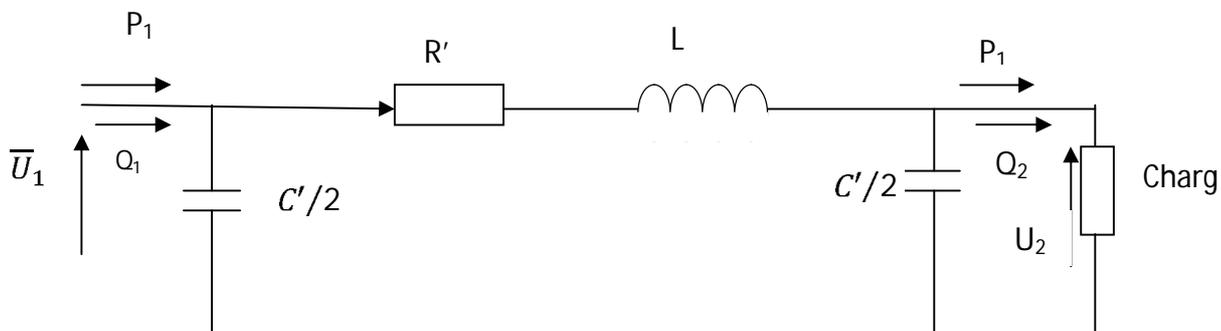
$$\Delta \bar{V} = l \cdot I_a \left(\frac{r}{2} \cos \varphi_a + \frac{x}{2} \sin \varphi_a \right) + l I_d \left(\frac{r}{2} \cos \varphi_d + \frac{x}{2} \sin \varphi_d \right)$$

En triphasé la chute de tension relative est :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot 100 \left[(I_a \cos \varphi_a + I_d \cos \varphi_d) \frac{x}{2} + (I_a \sin \varphi_a + I_d \sin \varphi_d) \frac{r}{2} \right]}{U} \%$$

III.1.2. Méthode de séparation de puissance active et réactive :

Le calcul des chutes de tension en utilisant les nombres complexes est parfois difficile, alors on adopte une méthode approchée, mais plus simple. Cette méthode est celle de séparation des puissances active et réactive. C'est une méthode utile dans le cas où la longueur de la ligne est de quelques dizaines de kilomètres.



III.1.2.1. Méthode par approximation successive :[5]

Soit P₂ et Q₂ les puissances triphasées active et réactive à l'extrémité réceptrice(2) .

(Fig. I-24). Soit \bar{U}_2 la tension composées de la ligne en (2) et ϕ_2 le déphasage entre \bar{U}_2 et \bar{I}_2 on a :

$$\begin{cases} P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2 \\ Q_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \sin \varphi_2 \end{cases}$$

La puissance apparente à l'extrémité(2) est :

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} U_2 I_2$$

Les puissances à l'extrémité » émettrice (1) sont alors :

$$P_1 = P_2 + p$$

$$Q_1 = Q_2 - q'_2 - q_1 + q$$

$$p = R' \left(P_2^2 + (Q_2 - q'_2)^2 \right) \frac{1}{U_2^2} \text{ Pertes actives}$$

$$\left. \begin{aligned} q'_2 &= \frac{c'\omega}{2} U_2^2 \\ q_1 &= \frac{C'\omega}{2} U_1^2 \end{aligned} \right\} \text{ Production réactives}$$

$$q = L'\omega \left(\frac{P_2^2 + (Q_2 - q'_2)^2}{U_2^2} \right) \text{ Pertes réactives dans l'inductance.}$$

Comme la tension U_1 est inconnue, on remplace U_1 par U_2 dans l'expression de q'_1 et on calcule P_1, Q_1 puis S_1 .

$$\text{Sachant que } \frac{S_1}{S_2} = \frac{U_1}{U_2}, \text{ on en tire } U_1 = \frac{S_1}{S_2} U_2$$

$$\text{En toute rigueur, on doit écrire } \frac{S_1}{S_2} = \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \quad (*)$$

L'expression (*) n'est vraie que si la conductance G' est nulle et la capacité négligeable.

En particulier pour les câbles souterrains ou pour les lignes dépassant 200 à 300 km où on considère la capacité et l'inductance, on peut écrire : $\frac{U_1}{U_2} = \frac{S_1 I_1}{S_2 I_2}$

Le courant I_1 est obtenu par la relation suivante :

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_2 + jC'\omega V_2$$

Si c'est l'état en (1) qu'on connaît on effectue les relations suivantes :

$$P_2 = P_1 - p$$

$$Q_2 = Q_1 + q'_1 + q'_2 - q$$

Avec

$$P_1 = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

$$Q_1 = \sqrt{3} U_1 I_1 \sin \varphi_1$$

$$P = R' \left(\frac{P_1^2 + (Q_1 + q'_1)^2}{U_1^2} \right) \quad \text{Pertes actives}$$

$$\left. \begin{aligned} q'_1 &= \frac{C'\omega}{2} U_1^2 \\ q'_2 &= \frac{C'\omega}{2} U_2^2 \end{aligned} \right\} \text{ Production réactive dans les capacités}$$

$$q = L'\omega \left(\frac{P_1^2 + (Q_1 + q'_1)^2}{U_2^2} \right) \quad \text{Pertes réactives dans l'inductance}$$

On calcule P_1 , Q_1 puis S_1 on remplaçant U_2 par U_1 dans l'expression de q'_2 , puis on tire U_2 par :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{S_2}{S_1} \quad (\text{En supposant comme précédemment } \bar{I}_1 = \bar{I}_2)$$

Remarque : Si on tient compte de la différence entre \bar{I}_1 et \bar{I}_2 on aura $\frac{U_1}{U_2} = \frac{S_1 I_2}{S_2 I_1}$

Le courant \bar{I}_2 est donné par la relation suivante : $\bar{I}_2 = \bar{I}_1 - jC'\omega\bar{V}_2$

III.1.2.2. Formules directes :

Dans le cas des lignes dépassant 100 km, la formule précédente nécessite un calcul supplémentaire, on peut alors utiliser la méthode suivante, celle-ci est valable également pour les lignes courtes.

Nous avons déjà établi que :

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_1 \left(1 - \frac{L'C'\omega^2}{2} + j \frac{R'C'\omega}{2} \right) - \bar{I}_1 (R' + jL'\omega)$$

$$\text{Avec :} \quad \bar{I}_1 = I_1 \cos \varphi_1 - jI_1 \sin \varphi_1$$

En module on aura :

$$V_2^2 = \left(V_1 - V_1 \frac{L'C'\omega^2}{2} + RI_1 \cos \varphi_1 - L'\omega I_1 \sin \varphi_1 \right)^2 + \left(\frac{R'C'\omega}{2} V_1 - L'\omega I_1 \cos \varphi_1 + RI_1 \sin \varphi_1 \right)^2$$

En posant :

$$P_1 = 3V_1 \cos \varphi_1 \quad \text{Puissance active triphasé à l'entrée.}$$

$$Q_1 = 3V_1 I_1 \sin \varphi_1 \quad \text{Puissance réactive triphasé à l'entrée.}$$

$$P_1 = 3R'I_1^2 \quad \text{Pertes actives triphasés.}$$

$$P_1 = 3L'\omega I_1^2 \quad \text{Pertes réactives triphasées}$$

$$q_1 = 3 \frac{C\omega}{2} I_1^2 \quad \text{Perte réactives triphasées}$$

On obtient :

$$U_2 = \sqrt{U_2^2 - R'(2P_1 - p) - L'\omega(2Q_1 + 2q_1 - q_1) + C'\omega(R'^2 + (L'\omega)^2)\left(Q_1 + \frac{q_1}{2}\right)}$$

De même à partir de l'équation de :

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_2 \left[1 - \frac{L'C'\omega}{2} + j \frac{R'C'\omega}{2} \right] + \bar{I}_2 [R' + jL'\omega]$$

On obtient :

$$U_1 = \sqrt{U_2^2 - R \left(1 - \frac{L'C'\omega}{2} + p \right) + L'\omega(2Q_2 - 2q_2 + q_2) + C'\omega(R'^2 + (L'\omega)^2) \left(Q_1 + \frac{q_1}{2} \right)}$$

Remarque :

On peut négliger $C'\omega$ pour des longueurs ne dépassant pas 100km.

III.1.2.3. Méthode simplifiée :

La méthode précédente est rigoureuse dans la modélisation adoptée pour la ligne mais elle est complexe ; pour avoir une valeur approchée de la chute de tension dans les lignes, on applique la méthode suivante :

Soit U une valeur moyenne approchée de la tension en ligne (par exemple une tension connue à une extrémité).

$$Q_1 = Q_2 + L'\omega \left(\frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} \right) - C'\omega U^2$$

$$P_1 = P_2 + R' \left(\frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} \right) \approx P_2$$

Pour les lignes à haute tension où les pertes actives sont faibles, cette dernière approximation est très valable.

Inversement on a:

$$Q_2 = Q_1 - L'\omega \left(\frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} \right) + C'\omega U^2$$

$$P_1 = P_1 - R' \left(\frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} \right) \approx P_1$$

On calcule ensuite :

$$Q_m = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$P_m = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

Avec P_m , Q_m valeurs moyennes respectivement des puissances actives et réactives le long de la ligne, d'où la relation de la chute de tension relative :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{R' P_m + L' \omega Q_m}{U^2}$$

III.1.3. Méthode des moments électriques :

Pour une distribution triphasée, équilibrée, la chute de tension sera

$$\Delta U = \sqrt{3} I (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Sachant que :

R : résistance linéique (Ω/km)

X : est la réactance linéique (Ω/km)

Φ : déphasage entre la tension et le courant

En particulier on peut exprimer la valeur de la chute de tension à l'extrémité d'une ligne en fonction de la valeur du courant I en tête de départ, dans les cas plus intéressants de distribution, par la relation suivante :

$$\Delta U = K_v \sqrt{3} I_0 (r \cos \varphi + x \sin \varphi) L$$

$$K_v = \begin{cases} 1 & \text{pour une charge concentrée à l'extrémité de la ligne.} \\ 1/2 & \text{pour une charge uniformément répartie.} \\ 2/3 & \text{pour une distribution triangulaire.} \end{cases}$$

L : la longueur de la ligne

I_0 : courant en tête de départ.

Comme : $P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$

On aura : $\Delta U = K_v \frac{P}{U} (r + x \tan \varphi) l$

D'où $\frac{\Delta U}{U} = K_v \frac{P}{U^2} (r + x \tan \varphi)$

III.1.3.1. Expression de la chute de tension relative :

En BT : $\frac{\Delta U}{U} = 10^5 \frac{P}{U^2} K_v (r + x \tan \varphi) l$ (en %)

Où P est en Kilowatts et l en Kilomètres

En MT : $\frac{\Delta U}{U} = 10^2 \frac{P}{U^2} K_v (r + x \tan \varphi) l$ (en %)

P est en Mw et en KV .

III.1.3.2. Moment électrique d'une charge :

Le produit $M=P*L$ est appelé le moment électrique de la charge P située à la

Distance L de la source.

Il s'exprime en KW. Km en BT et MW. Km en MT

III.1.3.3. Moment M_1 d'une ligne :

Le moment électrique M_1 d'une ligne déterminé, donnant une chute de tension relative de 1%

est donne par la relation suivante :

En MT $M_1 = \frac{1}{100K_v} \frac{U^2}{r+x \tan \varphi}$

En BT $M_1 = \frac{1}{10^5 K_v} \frac{U^2}{r+x \tan \varphi}$

Remarque :

La résistance r varie avec la température de fonctionnement de la ligne.

On n'a pas : $T=20^\circ$ pour les lignes aériennes en conducteur, $T= 50^\circ$ pour le câbles souterrains et les lignes aériennes en conducteurs isolés

2- la réactance x varie avec le diamètre et l'écartement des conducteurs.

On a pris : $x= 0.35\Omega/\text{km}$ pour les lignes aériennes en conducteur nus.

$X=0.1\Omega/\text{km}$ pour les câbles souterrains et les lignes aériennes en conducteurs isolé.

La chute de tension relative d'une charge de moment "M₁" alimentée par une ligne électrique de moment "M₁" est telle que : $\frac{\Delta U}{U} = \frac{M}{M_1}$

III.1.4 Application de la méthode des moments :

On applique la méthode des moments pour calculer les chutes des tensions ainsi que les pertes de puissance pour les deux tronçons.

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$$

$$U = 30 \text{ kV}$$

$$\cos \varphi = 0.9$$

Les moments spécifiques M₁ sont donnés dans le tableau (2) de l'annexe (4)

Tronçon 1 :

Segment (1) : 825-1136(450Lgts EPLF- Lot2 BOUZAR)

$$M = P * L = 225 * 0.41 * 10^{-3} = 92.25 * 10^{-3} \text{ MWKM}$$

$$\frac{\Delta U}{U} \Big|_{tr1} = \frac{M}{M_1} = \frac{92.25 * 10^{-3}}{27.9} = 3.3 * 10^{-3} \%$$

$$\Delta P \Big|_1 = 3 R I^2 = 3 * 0.3 * (4.3352 * 10^{-3})^2 * 0.41 = 6.93 * 10^{-6} \text{ KW}$$

Segment (2): 1136-1135 (Lot2 BOUZAR-Lot1 BOUZAR)

$$M = P * L = 450 * 0.346 * 10^{-3} = 0.1557 \text{ mw.km}$$

$$\frac{\Delta U}{U} \Big|_{tr1} = \frac{M}{M_1} = \frac{0.1557}{27.9} = 5.58 * 10^{-3} \%$$

$$\Delta P \Big|_{seg2} = 3 * R * I^2 = 3 * 0.3 * (8.67 * 10^{-3})^2 * 0.346 = 2.34 * 10^{-5} \text{ kw}$$

Segment (3): 1135-800(Lot1 BOUZAR-500Log Genisider)

$$\frac{\Delta U}{U} \Big|_{SEG3} = \frac{M}{M_1} = \frac{1027 * 0.1 * 10^{-3}}{27.9} = 3.68 * 10^{-3} \%$$

$$\Delta p \Big|_{seg3} = 3 * R * I^2 * L = 3 * 0.3 * (19.59 * 10^{-3})^2 * 0.1 = 3.45 * 10^{-5} \text{ kw}$$

De la même façon on calcule la chute de tension pour les autres segments. les résultats sont représentés dans les deux tableaux suivant :

NŒUD	P	NŒUD	L	S	M1	$\Delta U\%$	I(A)	$\Delta P\%$	R(Ω)
825	225	1136	0,41	70	27,9	0,00330645	4,33526012	6,93516E-06	0,3
1136	225	1135	0,346	70	27,9	0,00558065	4,33526012	2,34104E-05	0,3
1135	567	800	0,1	70	27,9	0,00364516	10,9248555	3,45581E-05	0,3
800	567	933	0,1	70	27,9	0,00567742	10,9248555	8,38336E-05	0,3
933	360	1231	0,19	70	27,9	0,01323871	6,93641618	0,000239913	0,3
1231	567	1032	0,293	70	27,9	0,02637	10,9248555	0,000617261	0,3
1032	368	1158	0,574	70	27,9	0,05923104	7,09055877	0,001589655	0,3
1158	360	1022	0,32	70	27,9	0,03714982	6,93641618	0,001121708	0,3
1022	1067	924	0,3	70	27,9	0,04630108	20,5587669	0,001858562	0,3
924	2134	945	0,335	70	27,9	0,07732616	41,1175337	0,004642205	0,3
945	2134	1031	0,465	70	27,9	0,1429	41,1175337	0,01142162	0,3
1031	1292	1030	0,1	70	27,9	0,03536201	24,894027	0,003252296	0,3
1030	1427	992	0,126	70	27,9	0,05100065	27,495183	0,005369044	0,3
992	1292	1035	0,3	70	27,9	0,13532258	24,894027	0,015875795	0,3
1035	1292	1087	0,144	70	27,9	0,07162323	24,894027	0,009265342	0,3
1087	1067	960	1,467	70	27,9	0,78576516	20,5587669	0,109464078	0,3
960	225	913	0,49	70	27,9	0,26640896	4,33526012	0,037671922	0,3
913	360	947	0,34	70	27,9	0,18924229	6,93641618	0,027395151	0,3
947	567	917	0,128	70	27,9	0,07384545	10,9248555	0,011080355	0,3
917	360	988	0,867	70	27,9	0,51137462	6,93641618	0,078446839	0,3
988	567	721	0,297	70	27,9	0,18121258	10,9248555	0,028756527	0,3
721	567	1127	0,128	70	27,9	0,08069964	10,9248555	0,01323273	0,3
1127	224	337	0,167	70	27,9	0,1066286	4,31599229	0,017707089	0,3
337	567	465	0,332	70	27,9	0,21872731	10,9248555	0,037478668	0,3

465	360	182	1,2	70	27,9	0,80606452	6,93641618	0,140823314	0,3
182	567	429	1,145	70	27,9	0,79238925	10,9248555	0,14262244	0,3
429	560	178	0,144	70	27,9	0,10254452	10,7899807	0,018992345	0,3
178	560	860	0,626	70	27,9	0,45834867	10,7899807	0,087283836	0,3
860	567	689	0,348	70	27,9	0,26187312	10,9248555	0,051252942	0,3
689	567	839	0,63	70	27,9	0,48688387	10,9248555	0,097864781	0,3
839	225	772	0,335	70	27,9	0,26160018	4,33526012	0,053130936	0,3
772	567	902	0,794	70	27,9	0,6361676	10,9248555	0,132568026	0,3
902	225	771	0,831	70	27,9	0,6725143	4,33526012	0,141552722	0,3
771	567	895	0,708	70	27,9	0,58736086	10,9248555	0,126733944	0,3
895	360	894	0,339	70	27,9	0,28561054	6,93641618	0,062584236	0,3
894	225	589	0,413	70	27,9	0,35128685	4,33526012	0,077712329	0,3
589	567	549	0,312	70	27,9	0,27171957	10,9248555	0,061546512	0,3
549	567	840	0,915	70	27,9	0,81546505	10,9248555	0,189019154	0,3
840	567	1304	0,555	70	27,9	0,50590538	10,9248555	0,119939382	0,3
1304	225	652	0,13	70	27,9	0,11954875	4,33526012	0,028593209	0,3
652	425	1238	0,604	120	26,9	0,58563301	8,18882466	0,129964158	0,284
1238	194	1237	0,051	120	26,9	0,04981695	3,73795761	0,01113765	0,284
1237	560	1243	0,482	120	26,9	0,48085323	10,7899807	0,109796244	0,284
1243	425	1129	0,521	120	26,9	0,52799186	8,18882466	0,122468999	0,284
1129	225	453	0,303	120	26,9	0,30960067	4,33526012	0,072405339	0,284
453	1634	729	0,164	120	26,9	0,17753457	31,4836224	0,043987722	0,284
729	264	893	0,104	120	26,9	0,11360357	5,0867052	0,028402728	0,284
893	480	812	0,117	120	26,9	0,12989175	9,24855491	0,033005529	0,284
812	1067	ENIEM	2,516	120	26,9	2,89302587	118	1,030708284	0,284

NOEUD1	P(KW)	NOEUD2	I(A)	L(KM)	S(mm)	M1(MW/KM)	$\Delta U\%$	$\Delta P\%$	R1
cotitex	1632	306	32	0.491	120	26,9	0,02978855	0,000428372	0,284
306	705	1025	45,029	0.476	120	26,9	0,04135361	7,48325E-05	0,3
1025	567	826	55,954	0.378	120	26,9	0,04080714	3,84382E-05	0,284
826	225	932	60,289	0.586	120	26,9	0,06816335	9,38356E-06	0,284
932	569	1326	71,252	0.347	120	26,9	0,04770283	3,55352E-05	0,284
1326	567	1327	82,177	0.260	120	26,9	0,04122305	2,6439E-05	0,284
1327	567	958	93,102	0.458	120	26,9	0,08226974	4,65732E-05	0,284
958	567	933	104.58	0.253	120	26.9	0.0507787	2,57271E-05	0.284

III.2.CONCLUSION :

La méthode des moments électrique est longue et donne un calcul rigoureux, nous l'avons appliqué pour les deux départs, donc on a fait appel à un programme d'informatique « CARAT » pour calcul des chutes de tension et les pertes de charge (logiciel propre à la Sonelgaz).

Introduction :

Le but de cette étude est d'examiner la situation actuelle du réseau MT 30KV du centre TIZI-OUZOU, afin de proposer selon un développement à court terme (2011-2022) des solutions adéquates qui obéissent aux exigences du guide technique de distribution, de la qualité de service et d'un investissement minimal. Ceci nous amène à prendre plusieurs décisions, à savoir :

- Renforcement des sections.
- Déplacement d'un point d'ouverture.
- Réfection ou création d'ouvrage.

IV-1-Données globales :**IV -1-1-Présentation du réseau actuel :**

Pour une exploitation meilleure, le centre de TIZI OUZOU est subdivisé en six services techniques d'électricité (STE) suivant :

- Tizi-Ouzou.
- Azazga.
- Labaa Nath Irathen.
- Draa El Mizane(DEM).
- Ain El Hammam(AEH).

Le réseau électrique MT 30KV de la direction de distribution de TIZI- OUZOU est desservi par six postes sources (PS) HT/MT :

- Poste THT Oued Aissi :220/60/30KV.
- Poste Fréha :60/30 KV.
- Poste Tizi Medden :60/30KV.
- Poste Boukhalfa :60/30KV.
- Poste Souk El Djemma(SED) :60/30KV.
- Poste DBK :60/30KV.

Postes sources mis en service :

Poste source	Type	Niveau de tension (KV)	Puissance(MVA)
Draa Ben khdda	HT/MT	60/30	2X30
Oued-Aissi	THT/HT/MT	220/60/30	2X40
Fréha	HT/MT	60/30	2X40
Souk El Djemaa	HT/MT	60/30	2X40
Tizi Medden	HT/MT	60/30	2X40

Tableau : Postes sources mis en service**-Poste THT de Oued Aissi 220 /60 /30 kV :**

C'est un poste d'interconnexion et de transformation 220 /60/30 kV aérien alimenté par deux lignes THT issues des postes SI MUSTAPHA et EL KSER. L'étage MT possède deux transformateurs de puissance nominale 40 MVA chacun, connectés sur deux demi- jeux de barres sectionnés par un sectionneur de couplage. Le premier alimente quatre départs qui sont :

- Tizi-Ouzou
- AEP
- Sonitex
- Souk El Djemaa(SED)

L'autre alimente quatre départs qui sont :

- Sempac
- SNLB
- Zone industrielle (Zone I)
- Naftal

Poste source de BOUKHALFA 60/30KV

Il est alimenté par le poste d'interconnexion et de transformation THT/ Oued Aissi 220/60/30 KV par deux lignes 60KV. Il possède deux transformateurs de puissances nominales 40 MVA chacun, connectés sur deux demi-jeux de barres avec un sectionneur de couplage. Le premier alimente trois départs qui sont :

- Pompage
- CFP
- Makouda

L'autre alimente quatre départs qui sont :

- Bouhinoun
- BDL
- ENIEM

IV -1-2-Consignes d'exploitation :

Elles consistent à déterminer le réseau à exploiter. Elles nous informent sur la charge moyenne et la limite thermique des départs constituant ce réseau. En plus, elles nous renseignent sur les manœuvres à effectuer pour isoler le tronçon en défaut, et la reprise selon la disposition du défaut et selon les bouclages intermédiaires.

Les départs issus du poste 220/60/30 KV Oued Aissi :**a. Départ 30KV AEP :****• Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé à Oued Aissi.
- Ouvert à l'IACM J1041 avec le départ 30KV SEMPAC.
- Ouvert à l'IACM J971 avec le départ 30KV OUED-KSARI.

• Schéma de secours :

- Fermé à Oued Aissi.
- Fermé à l'IACM J1041 avec le départ 30KV SEMPAC.
- Fermé à l'IACM J971 avec le départ 30KV OUED-KSARI.

b. Départ 30KV Tizi-Ouzou :**• Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé à Oued Aissi.
- Ouvert à l'IACM J1030 avec le poste de coupure 214.

• Schéma de secours :

- Fermé à Oued Aissi.
- Fermé à l'IACM J1030 avec le poste de coupure 214.

c. Départ 30KV Sonitex :**● Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé à Oued Aissi.
- Ouvert à l'IACM J929 avec le départ 30KV BOUHINOUN.

● Schéma de secours :

- Fermé à Oued Aissi.
- Fermé à l'IACM J929 avec le départ 30KV BOUHINOUN.

d. Départ 30KV SED :**● Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé à Oued Aissi.
- Ouvert à l'IACM J905 avec le départ 30KV AEP.
- Ouvert à l'IACM J925 avec le départ 30KV ZIND.

● Schéma de secours :

- Fermé à Oued Aissi.
- Fermé à l'IACM J905 avec le départ 30KV AEP.
- Fermé à l'IACM J925 avec le départ 30KV ZIND.

e. Départ 30KV Sempac :**● Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé à Oued Aissi.
- Ouvert à l'IACM J1041 avec le départ 30KV AEP.
- Ouvert au poste 83 avec le départ 30KV ZIND.
- Ouvert à l'IACM J1013 avec le départ 30KV AEP.

● Schéma de secours :

- Fermé à Oued Aissi.
- Fermé à l'IACM J1041 avec le départ 30KV AEP.
- Fermé au poste 83 avec le départ 30KV ZIND.
- Fermé à l'IACM J1013 avec le départ 30KV AEP.

f. Départ 30KV SNLB :**● Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé à Oued Aissi.
- Ouvert au poste 18 vers le départ AZAZGA.
- Ouvert au poste 17 avec le départ 30KV SED
- Ouvert à l'IACM J1035 avec le départ 30KV AEP.

● Schéma de secours :

- Fermé à Oued Aissi.
- Fermé au poste 18 vers le départ AZAZGA.
- Fermé au poste 17 avec le départ 30KV SED
- Fermé à l'IACM J1035 avec le départ 30KV AEP.

g. Départ 30KV ZIND :(ZONE INDUSTRIELE)**● Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé au poste de coupure 214.
- Ouvert à l'IACM J925 avec le départ 30KV SED.
- Ouvert au poste 83 avec le départ 30KV SEMPAC.
- Ouvert à l'IACM J1010 avec le départ 30KV NAFTAL.

● Schéma de secours :

- Fermé au poste de coupure 214.
- Fermé à l'IACM J925 avec le départ 30KV SED.
- Fermé au poste 83 avec le départ 30KV SEMPAC.
- Fermé à l'IACM J1010 avec le départ 30KV NAFTAL.

h. Départ 30KV Naftal :**● Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé à Oued –Aissi.
- Ouvert à l'IACM J1010 avec le départ 30KV ZIND.

● Schéma de secours :

- Fermé à Oued –Aissi.
- Fermé à l'IACM J1010 avec le départ 30KV ZIND.

Les départs issus du poste 60/30KV BOUKHALFA :**a. Départ 30KV POMPAGE :****● Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Ouvert au poste 123 avec le départ SOFITICA.

● Schéma de secours :

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Fermé au poste 123 avec le départ SOFITICA.

b. Départ 30KV CFPA :**● Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Ouvert au poste 255 avec le départ BDL.
- Ouvert au poste 1 avec le départ HOPITAL.

● Schéma de secours :

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Ouvert au poste 255 avec le départ BDL.
- Ouvert au poste 1 avec le départ HOPITAL.

c. Départ 30KV BDL :**• Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Ouvert au poste 255 avec le départ CFPA.
- Ouvert au poste 278 avec le départ C.UNIVERSITAIRE.

• Schéma de secours :

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Fermé au poste 255 avec le départ CFPA.
- Fermé au poste 278 avec le départ C.UNIVERSITAIRE.

d. Départ 30KV ENIEM :**• Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Ouvert au poste 933 avec le départ COTITEX.

• Schéma de secours :

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Fermé au poste 933 avec le départ COTITEX.

e. Départ 30KV BOUHINOUN :**• Schéma normal d'exploitation :**

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Ouvert à l'IACM J916 avec le départ MAATKAS.
- Ouvert à l'IACM J929 avec le départ SONITEX.
- Ouvert au poste 1166 avec le départ O-KSARI.

• Schéma de secours :

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Fermé à l'IACM J916 avec le départ MAATKAS.
- Fermé à l'IACM J929 avec le départ SONITEX.
- Fermé au poste 1166 avec le départ O-KSARI.

IV -2-COLLECTE DES DONNEES : [7]

Avant de procéder à la collecte des données, il est important de savoir les structures prises en compte dans l'étude que nous avons à faire, afin de proposer une bonne solution de restructuration du réseau actuel ville de Tizi Ouzou.

On distingue deux types de données :

- ✓ Les données physiques du réseau.
- ✓ Les données dynamiques (charges existantes et futures).

IV -2-1- Donnée physique :

La collecte de ces données consiste à relever la structure existante du réseau par les paramètres suivants :

- La résistance linéique [Ω/km] qui dépend de la nature du conducteur et sa section.
- La longueur [km] des différents éléments de la ligne, s'ils sont constitués de sections différentes ou de matériaux différents.
- La capacité de transit de chaque élément.
- La réactance linéique en [Ω/km] .
- Les transformateurs HT/MT et leurs capacités.
- La capacité des jeux de barres MT.

Les postes de coupures, la puissance installée par poste « DP » et celle mise à disposition « PMD » par poste « livraison ».

L'étude de ce réseau révèle qu'il est a structure bouclées. La majorité des conducteurs le constituant sont en almélec pour l'aérien et en aluminium pour le souterrain et les sections les plus réponsus sont 93.3mm^2 - 54.6mm^2 pour aérien et 70mm^2 - 120mm^2 pour le sous terrain.

Caractéristiques Electriques des conducteurs isolés pour les sections les plus utilisées :[8]**Hypothèse :**

Température de fonctionnement : 50°c

Réactance= $0.1\Omega/\text{km}$

Facteur de puissance $\cos \phi=0.9$

ILT : Intensité de courant conduisant à un échauffement des conducteurs de 30°c

NATURE	Section	R 20° Ω /KM	R 50° Ω /KM	R+xtg ϕ Ω /km	ILT
Cuivre	30	0.627	0.701	0.751	109
	50	0.379	0.424	0.474	180
	70	0.269	0.3	0.35	210
	120	0.157	0.176	0.226	300
Aluminium	120	0.253	0.284	0.334	198

Tableau V.1 Caractéristique électrique des conducteurs isolés

POSTE SOURCE	U kv	Nombre de transfo	Puissance installer MVA	Puissance maximale appelée MVA		Nombre de départs MT	Cellules De réserve	Date de mise en service
				HIVER 2010	HIVER 2011			
BOUKHALFA 60/30 KV	30	2	2*40	26.6	28.6	5	6	11/05/08
THT OUED AISSI 220/60/30KV	30	2	2*40	54.4	58.4	8	4	1978

Tableau V.2 : Caractéristique des postes source

Les départs HTA de poste BOUKHALFA 60/30kv :

Dans le tableau ci- dessous qui suit on représente le nombre de poste par type de chaque départ ainsi que leurs longueurs.

Départ	Tension kv	Longueur km	Nombre de Poste			TOTALE
			DP	LIV	MX	
Pompage	30	12.559	15	37	03	25
CFPA	30	22.433	15	37	03	55
ENIEM	30	23.907	27	14	8	50
BDL	30	12.777	13	8	4	25

Tableau V.3 Les départ de poste de BOUKHALFA 60/30kv

DP : poste distribution publique.

LIV : poste de livraison.

MX : poste mixte.

IV -2-2-Données dynamique du réseau :

Les données dynamiques présentent les différentes paramètres nécessaires à l'étude et au calcul des chutes de tension et à la charge existant sur chaque départ, à savoir :

-les données de charge.

-la répartition de la charge.

-l'évolution de la charge.

Données de charge :

La charge existante qui est en principe connue et qui détermine les valeurs des mesures synchrones de tension et d'intensité prises en tête de chaque départ sur une période de 24 heures.

La puissance installée sur chaque départ est la somme des puissances de chaque poste existant sur le départ.

La comparaison entre la pointe d'hiver et celle d'été montre que cette dernière est inférieure à la première, ce qui nous pousse à considérer dans notre étude la pointe d'hiver prise en tête de chaque départ.

Le courant maximum transité sur chaque départ nommé aussi courant appelé est résumé dans le (tableau V.4) ci-dessous :

Poste source		départ	Courant appelé
B O U K H A L F A	Jb1	ENIEM	118
		BDL	162
		BOUHINOUN	183
	Jb2	POMPAGE	90
		CFPA	150
		MAKOUDA	4

Tableau V.4 : courant de pointe

Poste source		départ	Courant appelé
O U E D A I S S i	Jeu de barre1	Tizi-Ouzou	167
		AEP	126
		SONITEX	27
		SED	185
	Jeu de barre2	SEMPAC	19
		ZONE I	162
		SNLB	197

Tableau V.5 : courant de pointe THT OUED AISSI

Départ	Puissance (KVA)			Charge (A)
	DP	AB	MX	
ENIEM	12540	5690	4662	462.35
COTITEX	1510	00	854	46.64

Tableau V.6 : Charge des départs

Calcul du coefficient de foisonnement : (de simultanéité)

Pour un départ MT la somme des puissances des dérivations issues de ce départ est multipliée par un coefficient qui tient compte de la simultanéité :

C'est le coefficient de foisonnement. Ce coefficient représente donc la contribution de chaque client à la pointe du départ, on définit ce coefficient par α tel que : $0 < \alpha < 1$

Le calcul du coefficient est effectué pour chaque départ dans son schéma normal d'exploitation. Comme la charge a été répartie le long d'un départ proportionnellement à la puissance installée des postes MT/BT on aura :

$$S_i = \sum P_i = \sum \text{puissances installées.}$$

$$S_i = \sqrt{3} U I_I \Rightarrow I_I = \frac{S_I}{\sqrt{3}U} \dots\dots\dots(\text{IV.1})$$

A partir des relevés d'intensités qui sont transmis à la zone mensuellement, on relève la pointe du départ correspondant.

Soit I_p le courant de pointe tel que $I_p < I_I$ on définit le coefficient de foisonnement α , tel que :

$$\alpha = \frac{I_{app}}{I_I} \dots\dots\dots(\text{IV.2})$$

Avec I_p : Intensité de pointe en tête

$I_I = \sum I$: La somme des charge des postes MT/BT du départ, on applique ce coefficient à toutes les charges installées aux nœuds.

Départ ENIEM :

$$I_p=118A$$

$$\sum I = 693.41$$

$$\alpha = 0.17$$

Départ COTITEX :

$$I_p=32A$$

$$\sum I = 93.65$$

$$\alpha = 0.34$$

IV -3-Taux d'accroissement (d'évolution) :

Les charges initiales sont connues par les mesures en tête de départ et un calcul de répartition de la charge le long du réseau. En revanche, les charges futures sont estimées.

Le taux d'évolution est déterminé après analyse des projets d'urbanisation et consultation des services responsables.

Les transformateurs MT/BT installés à une année donnée doivent pouvoir débiter la puissance appelée après l'accroissement de la charge.

On a deux types d'accroissement :

-Accroissement en surface, qui est l'augmentation du nombre d'abonnés raccordés au départ.

-Accroissement en profondeur, qui est l'augmentation de la puissance appelée par chaque abonné suite à une augmentation de la charge (l'introduction du matériel électroménager).

En général, on adopte l'approche suivante :

-un taux constant appliqué chaque année à la charge existante.

-la charge liée à l'apparition de nouveaux clients et partagée en trois tranches à mettre en service chaque année, on vérifiera que taux moyen annuel sur l'ensemble de la période est acceptable.

En général l'évolution de la charge réalisée du poste source suit une loi exponentielle de la forme :

$$P_N = P_0(1 + x)^n \dots \text{(IV.3)}$$

$$X = \left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \dots \dots (IV.4)$$

P_o : Puissance à l'année initiale

P_n : Puissance après n année

X : taux d'évolution

La moyenne des taux d'accroissement des six postes sources est d'environ 4%, c'est la raison pour la quelle on considère cette valeur dans notre étude.

IV -4-Modèle de calcul :

Pour vérifier les résultats de calcul de chute de tension par la méthode des moment, nous avons fait une étude comparative entre les résultats obtenus analytiquement avec les résultats obtenus par le logiciel CARAT.

CARAT : Calcul Automatique d'un Réseau Arborescent

Le modèle CARAT a été conçu dans le but de faciliter tout calcul et de simuler les comportements d'un réseau électrique. Le programme vérifie si, pour un réseau maillable donné, il existe un schéma d'exploitation radial qui permettra d'alimenter toutes les charges indiquées en respectant toutes contraintes imposées. Ces contraintes portent sur les capacités de transit des lignes et la chute de tension maximum admissible aux nœuds.

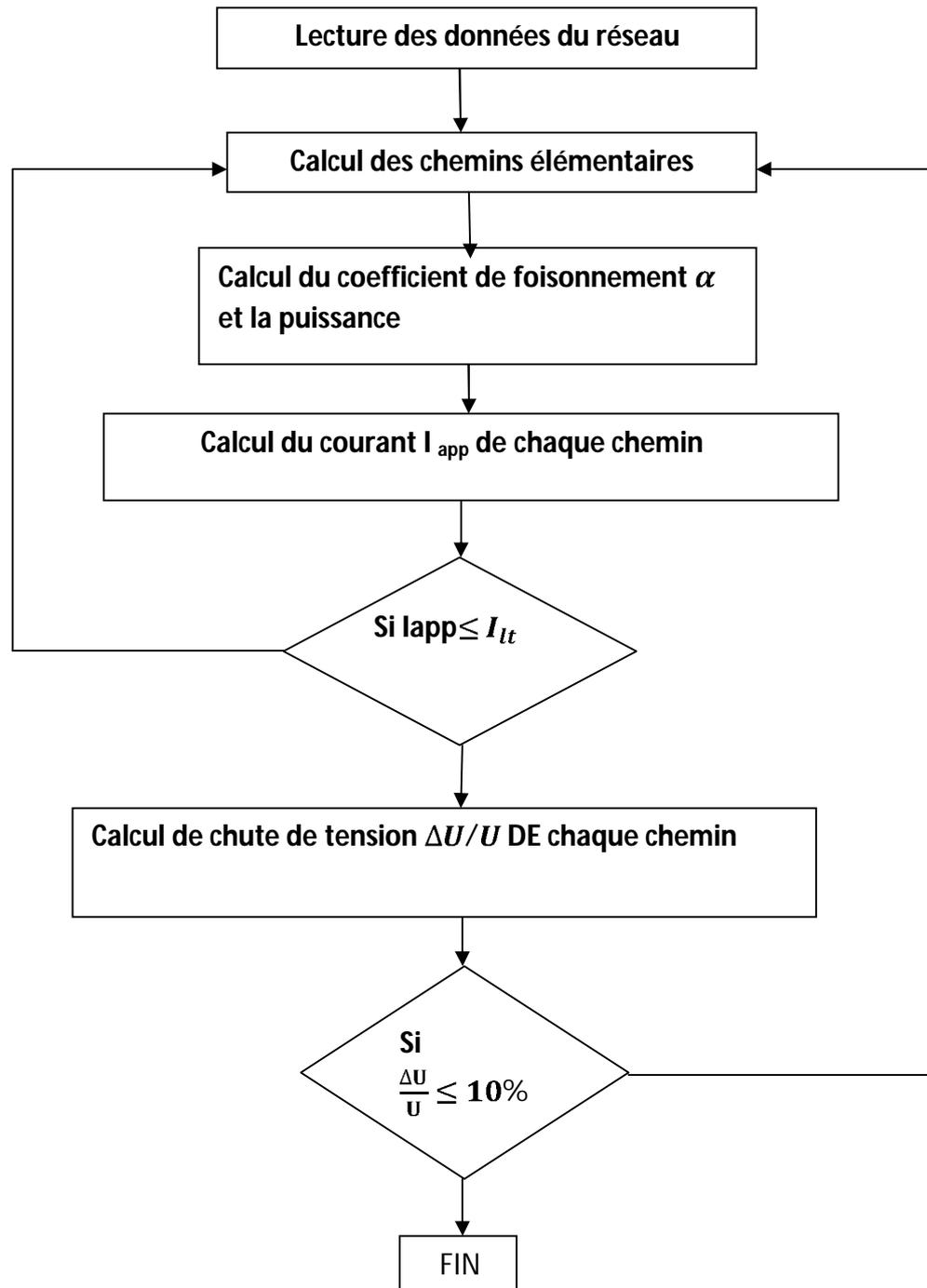
De plus si, un tel schéma existe, appelé aussi état sain, le modèle calcule une solution dite de « secours » pour les cas d'incidents demandés. Pour cette solution, le CARAT peut faire appel à des injections réservées aux cas d'incidents. Cette version permet en plus de calculer les espérances de l'énergie en défaillance à chaque nœud, suite aux probabilités de défaillance données pour certains ou pour tous les arcs. Lorsque le calcul est demandé pour tous les arcs, les schémas de secours correspondants aux déclenchements ne seront pas imprimés.

Après examen de tous les déclenchements demandés, le modèle vérifie l'année ultérieure avec un vecteur de consommation augmenté en tenant compte des renforcements éventuels dans le réseau.

Le programme se termine à l'année pour laquelle un schéma d'exploitation respectant les contraintes à l'état sain n'a pu être trouvé.

CARAT simule le comportement d'un réseau sur les évolutions qui puissent parvenir au cours de cette période à savoir un ajout de nouveaux clients (consommateurs), l'élimination d'une ligne tout en évitant de perturber les clients existant.

Organigramme de résolution



IV -5-Hypothèse de calcul :

Les hypothèses de calcul prises en considération dans une étude MT sont les suivantes :

a)-La tension aux barres secondaires des injecteurs :

Comme les calculs sont effectués à la pointe, il ya a lieu d'utiliser la tension aux barres en période de pointe.

b)- $\cos\phi$: facteur de puissance (pour la simplicité des calculs est supposé uniforme dans tout le réseau).

c)-la chute de tension admissible dans le réseau :

-A l'état sain.

6% pour le réseau MT souterrain.

10% pour le réseau MT aérien.

- A l'état incident.

10%pour le réseau MT souterrain.

12%pour le réseau MT aérien.

d)-charges admissibles sur les équipements :

Les valeurs des intensités admissibles conduisant à un échauffement des conducteurs sont données par le guide technique : (tableau en annexe).

IV -6-Exploitation des résultats :

Après exécution, le programme CARAT génère le fichier listing ou on peut visualiser et exploiter les résultats de calcul année par année sur toute la période d'étude.

D'après les résultats obtenus on peut tirer ce qui suit :

- **En état sain :**

-le courant transité par le tronçon de tête de départ.

-le taux de charge par rapport à la limite thermique.

-la chute de tension la plus importante.

-localisation du poste enregistrant cette chute de tension.

-longueur du départ.

- **En état incident:**

- départs par lesquels se fait la reprise
- le courant transité par le tronçon de tête de départ
- le taux de charge par rapport à la limite thermique.
- la chute de tension la plus importante.

Localisation du poste enregistrant cette chute de tension.

Les deux tableaux ci après résumant les résultats de calcul obtenus :

ETAT SAIN : 2012

DEPART	ILT(A)	IAP(A)	TAUX D'UTIL (%)	$\Delta U/U$		LONG. (KM)
				VALEUR	NOEUD	
ENIEM	270	118	0.59	3.14	441P825-933	23.86
COTITEX	270	32	2.55	0.11	441P1327-958	2.99

ILT : Limite thermique des conducteurs.

IAP : courant de pointe

Bilan de Puissance :

Départ	Puissance consommé (MW)	Perte (kW)	Perte (%)
ENIEM	5.739	144	2.52
COTITEX	1.556	1	0.08

Remarque : d'après les résultats obtenu du diagnostic on remarque :

- une charge important sur les départs ENIEM= 118A, tandis que COTITEX est de 32A
- chute de tension qui est dans les normes pour les deux départs.

Commentaire :

- Les sections des deux départs étant dans les normes (70mm-120mm) donc l'hypothèse de renforcement des sections est écartée.

Etant donné qu'on ne peut pas augmenter la puissance au transformateur (630KVA) ,il est souhaitable de trouver des solution :

- La solution la plus adéquate est la création d'un nouveau départ qui sera injecté directement dans un nouveau poste afin d'équilibrer les charges, ce dernier sera issu du poste 214 (départ de réserve)MT équipé d'un disjoncteur .
- Prévoir un appareil de coupure aux postes 992-1030 et la fermeture de l'ancien .

IV.7.Etude de la solution envisagée :

Après simulation de la 2^{ème} solution sur logiciel de calcul, on obtient les résultats suivants :

Année 2012

Départ	ILT(A)	IAP(A)	Taux %	ΔU/U		Long(km)
				VALEUR%	Noeud	
ENIEM	270	81	3.28	1.64	P1035-P992	18.82
COTITEX	270	75	3.63	0.58	P1031-P1030	7.9

Année 2013

Départ	ILT(A)	IAP(A)	Taux %	ΔU/U		Long (km)
				VALEUR%	Noeud	
ENIEM	270	85	3.41	1.71	P1035-P992	18.82
COTITEX	270	78	3.78	1.6	P1031-P1030	7.9

Départ	Charge 2012(A)	Charge 2013(A)	Charge 2014(A)	Charge 2015(A)	Charge 2016(A)	Charge 2017(A)	Charge 2018(A)	Charge 2019(A)	Charge 2020(A)	Charge 2021(A)	$\Delta U\%$ 2012
ENIEM	75	78	81	84	87	91	95	98	102	106	1.42
COTITEX	81	84	88	91	95	99	103	107	111	116	0.67

Commentaire :

Les résultats sont largement satisfaisants, on constate que les charges sont équilibrées entre les deux départs et les valeurs des chutes de tension sont largement au dessous de la valeur nominale.

Conclusion :

Suite a cette étude nous avons constaté que le départ COTITEX issu du poste 214 est chargé beaucoup plus que celui de l' ENIEM issu de BOUKHALFA,, ce qui engendre des déclenchements fréquentiels surtout en saison estival.

A cet effet, nous avons proposé les solutions suivantes :

- Création d'un nouveau départ injecté dans un nouveau poste.
- Prévoir un appareil de coupure aux postes 992-1030 et la fermeture de l'ancien.

Conclusion générale

Le but premier de cette étude est la restructuration du réseau moyenne tension souterrain de la ville de Tizi-Ouzou à moyen terme (2012-2017).

Nous avons d'abord fait le diagnostique du réseau actuel en collectant les données nécessaire au calcul de charge et ceux des chutes de tension dans le but de faciliter la détection des défauts et d'assurer les conditions nécessaires pour le bon fonctionnement.

Dans cette étude, nous avons utilisé un logiciel nommé « CARAT » prévu pour le calcul électrique des vastes réseaux, ce logiciel ne se limite pas aux calculs des chutes de tension et des puissances mises en jeu, mais aussi, il nous propose un meilleur schéma d'exploitation que ce soit à l'état sain ou à l'état incident.

Les propositions que nous faisons suite à cette étude sont :

-création d'un nouveau départ on le raccorde à un nouveau poste injecté entre les postes 992-1030 du départ et prévoir un appareillage de coupure entre ces postes et fermeture de l'ancien.

Ce travail nous a permis d'enrichir les connaissances acquises pendant notre formation et nous a permis de nous familiariser avec le tissu industriel.

Enfin, nous espérons que ce travail fera l'objet d'une réalisation au niveau de la SONELGAZ de TIZI-OUZOU .

Bibliographie

- [1] M.ADIL, NAIT DJOUDI « Restructuration du réseau MT de Tizirt »2009.
- [2]SAIM « Restructuration du réseau MT Azazga » Mémoire d'ingénieur UMMTO, année 2010.
- [3]THEODORE WILDI, Electrotechnique 4^{eme} édition.
- [4] Guide Technique de la SONELGAZ.
- [5]N.ALLILI et H.AOUDJIT « Calcul des chute de tension application »Mémoire d'ingénieur UMMTO, année 1997.
- [6] F. ZEGHBIB. , N.SALAH « Restructuration du réseau MT de la région de Bouzguene »Mémoire d'ingénieur UMMTO, année 2011.
- [7] Z, AIT ABDELMALEKE «Restructuration du réseau MT 30Kv souterrain de la ville de Tizi-Ouzou » Mémoire d'ingénieur UMMTO année 1999.
- [8]Z.ELLAGUI M^d « Etude des protections des réseaux électrique MT 30 et 10 Kv » Mémoire magistère 2010.
- [9] E.NABECHE, « Restructuration du réseau MT 30Kv de la ville de Tizi-Ouzou » Mémoire d'ingénieur UMMTO, année 2011.
- [10]Annexe SONELGAZ « Direction technique ».

```

0 0 0          ETUDE SCHEMA DIRECTEUR T-OUZOU cotitex IP =32 A
1 20112011 30000 90.00 90.00 30.00 30.00 500 8760 0.900 20 0.5 121
2 222222
2 INJECT 00 441H3C10 0 0 0 0 0 500.0 0.000 0.000 0.000
2 441H3C10 00 441P306 1 0 0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.423 0
0 0
2 441H3C10 00 441P306 1 0 0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.068 0
0 0
2 441P1025 00 441P306 1 0 0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.379 0
0 0
2 441P1025 00 441P306 1 0 0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.097 0
0 0
2 441P826 00 441P1025 1 0 0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.279 0
0 0
2 441P826 00 441P1025 1 0 0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.099 0
0 0
2 441P932 00 441P826 0 0 0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.586 0
0 0
2 441P932 00 441P1326 1 0 0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.118 0
0 0
2 441P932 00 441P1326 1 0 0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.229 0
0 0
2 441P1326 00 441P1327 0 0 0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.260 0
0 0
2 441P1327 00 441P958 0 0 0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.458 0
0 0
3 333333
3 441P306 2011A5.937349 4 0A0.000000 0 0A0.000000 0
0A0.000000 0
3 441P10252011A4.857831 4 0A0.000000 0 0A0.000000 0
0A0.000000 0
3 441P826 2011A1.927711 4 0A0.000000 0 0A0.000000 0
0A0.000000 0
3 441P932 2011A4.703614 4 0A0.000000 0 0A0.000000 0
0A0.000000 0
3 441P13262011A4.857831 4 0A0.000000 0 0A0.000000 0
0A0.000000 0
3 441P13272011A4.857831 4 0A0.000000 0 0A0.000000 0
0A0.000000 0
3 441P958 2011A4.857831 4 0A0.000000 0 0A0.000000 0
0A0.000000 0

```

Annexes 1

ANNEXE 1

ANNEXES 2

3 441P337 2011A2.847185 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P11272011A0.361547 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P721 2011A2.847185 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P988 2011A2.847185 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P917 2011A1.807736 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P947 2011A2.847185 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P913 2011A1.807736 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P960 2011A1.129835 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P10872011A2.259671 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P10352011A6.236691 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P992 2011A6.236691 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P10302011A6.914592 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P10312011A6.236691 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P945 2011A4.519341 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P924 2011A4.519341 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P10222011A2.259671 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P11582011A2.259671 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P10322011A1.807736 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P12312011A1.807736 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P939 2011A2.847185 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P800 2011A0.451934 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P11352011A2.847185 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P11362011A1.129835 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P825 2011A1.129835 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 441P933 2011A1.129835 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0

1PROGRAM CEDRA1

ETUDE SCHEMA DIRECTEUR T-OUZOU ENIEM IP =118 A

- PARAMETERS

PLANNING PERIOD FROM 2011 THRU 2021		MINIMAL POWER	
30.00 %		BREAKPOINT	500
NOMINAL VOLTAGE	30000.00	LOAD DURATION	8760
VOLTAGE DROP IN PERCENT	90.00 %	COS. FI	
VOLTAGE DROP % WHEN OUTAGE	90.00 %		
.900		MAX. RESEARCH TIME	
ALLOWED OVERLOAD WHEN OUTAGE	30.00 %	TIME MULTIPL. FACT.	
20.000		WRITE INPUT DATA	2
RESEARCH OPTION	1	TOTAL COMPUTING TIME	600.
.500		SEC	
TRACE	0	SWITCHING ACTIONS	1
FULL CEDRA	0		
CEDRA WHEN OUTAGES	0		

ONETWORK STATISTICS

0INJECTORS 2
LINES 61
ELEMENTS 61
NODES 61
FINAL LOAD/INIT.LOAD 1.48

1*****
*LOAD LEVEL AT YEAR : 2011 *

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
441H3C3	-441P812	198.	72.	36.31	29906.	.31	11.08
441P812	-441P893	230.	70.	30.28	29902.	.33	.51
441P893	-441P729	230.	69.	30.04	29898.	.34	.45
441P729	-441P453	230.	69.	29.81	29892.	.36	.69
441P453	-441P1229	198.	61.	30.61	29882.	.39	.95
441P1229	-441P1243	198.	60.	30.15	29866.	.45	1.58
441P1243	-441P1237	198.	59.	29.70	29851.	.50	1.42
441P1237	-441P1238	198.	56.	28.33	29850.	.50	.14
441P1238	-441P652	198.	56.	28.21	29833.	.56	1.61
441P652	-441P1304	198.	55.	27.76	29795.	.68	3.43
441P1304	-441P840	198.	54.	27.18	29774.	.75	1.87
441P840	-441P549	198.	52.	26.27	29747.	.84	2.25

441P549	-441P589	230.	49.	21.38	29739.	.87	.68
441P589	-441P894	198.	46.	23.40	29729.	.90	.78
441P894	-441P895	230.	45.	19.65	29720.	.93	.62
441P895	-441P771	230.	43.	18.86	29704.	.99	1.20
441P771	-441P902	230.	41.	17.63	29698.	1.01	.40
441P902	-441P772	230.	39.	17.13	29681.	1.06	1.11
441P772	-441P839	230.	38.	16.64	29674.	1.09	.44
441P839	-441P689	230.	37.	16.15	29661.	1.13	.77
441P689	-441P860	230.	34.	14.91	29655.	1.15	.37
441P860	-441P178	230.	31.	13.68	29644.	1.19	.56
441P178	-441P429	230.	31.	13.28	29642.	1.19	.12
441P429	-441P182	230.	30.	12.89	29623.	1.26	.91
441P182	-441P465	230.	27.	11.65	29620.	1.27	.14
441P465	-441P337	230.	25.	10.87	29616.	1.28	.19
441P337	-441P1127	198.	22.	11.18	29614.	1.29	.07
441P1127	-441P721	198.	22.	11.00	29612.	1.29	.05
441P721	-441P988	230.	19.	8.23	29609.	1.30	.10
441P988	-441P917	198.	16.	8.13	29602.	1.33	.20
441P917	-441P947	230.	14.	6.21	29601.	1.33	.02
441P947	-441P913	198.	11.	5.77	29599.	1.34	.04
441P913	-441P960	230.	10.	4.19	29596.	1.35	.04
441P960	-441P1087	198.	8.	4.29	29590.	1.37	.09
441P1087	-441P1035	198.	6.	3.15	29589.	1.37	.00

LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10	-441P306	198.	78.	39.44	29979.	.07	2.68
441P306	-441P1025	198.	72.	36.44	29961.	.13	2.21
441P1025	-441P826	198.	67.	33.99	29947.	.18	1.52
441P826	-441P932	198.	65.	33.02	29927.	.24	2.13
441P932	-441P1326	198.	61.	30.64	29916.	.28	1.11
441P1326	-441P1327	198.	56.	28.19	29909.	.30	.69
441P1327	-441P958	198.	51.	25.73	29897.	.34	1.01
441P958	-441P933	230.	46.	20.04	29890.	.37	.48
441P933	-441P825	198.	45.	22.71	29884.	.39	.43
441P825	-441P1136	198.	44.	22.14	29875.	.42	.68
441P1136	-441P1135	198.	43.	21.57	29867.	.44	.54
441P1135	-441P800	230.	40.	17.33	29865.	.45	.14
441P800	-441P939	230.	39.	17.13	29863.	.46	.14
441P939	-441P1231	198.	37.	18.47	29845.	.52	1.08
441P1231	-441P1032	198.	35.	17.55	29837.	.54	.47
441P1032	-441P1158	198.	33.	16.64	29827.	.58	.53
441P1158	-441P1022	198.	31.	15.50	29822.	.59	.26
441P1022	-441P924	198.	28.	14.36	29818.	.61	.21
441P924	-441P945	230.	24.	10.39	29813.	.62	.17
441P945	-441P1031	198.	19.	9.79	29809.	.64	.15
441P1031	-441P1030	198.	13.	6.64	29808.	.64	.01
441P1030	-441P992	198.	6.	3.15	29808.	.64	.00

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 7.015
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 61449.694
 TOTAL LOSSES IN KW : 52. OR .73 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2011

```

*****
*****
*   ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE           POUR L ANNEE
2011
*
*****
*****
1*****
*LOAD LEVEL AT YEAR : 2012 *
*****

```

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
-							
441H3C3	-441P812	198.	75.	37.77	29903.	.32	11.99
441P812	-441P893	230.	72.	31.49	29898.	.34	.55
441P893	-441P729	230.	72.	31.25	29894.	.35	.48
441P729	-441P453	230.	71.	31.00	29887.	.38	.75
441P453	-441P1229	198.	63.	31.83	29878.	.41	1.03
441P1229	-441P1243	198.	62.	31.36	29861.	.46	1.71
441P1243	-441P1237	198.	61.	30.88	29846.	.51	1.54
441P1237	-441P1238	198.	58.	29.46	29844.	.52	.15
441P1238	-441P652	198.	58.	29.34	29826.	.58	1.74
441P652	-441P1304	198.	57.	28.87	29786.	.71	3.71
441P1304	-441P840	198.	56.	28.27	29764.	.79	2.02
441P840	-441P549	198.	54.	27.32	29737.	.88	2.44
441P549	-441P589	230.	51.	22.23	29728.	.91	.73
441P589	-441P894	198.	48.	24.33	29718.	.94	.85
441P894	-441P895	230.	47.	20.44	29709.	.97	.67
441P895	-441P771	230.	45.	19.62	29692.	1.03	1.30
441P771	-441P902	230.	42.	18.33	29686.	1.05	.43
441P902	-441P772	230.	41.	17.82	29668.	1.11	1.20
441P772	-441P839	230.	40.	17.31	29661.	1.13	.48
441P839	-441P689	230.	39.	16.80	29648.	1.17	.83
441P689	-441P860	230.	36.	15.51	29641.	1.20	.40
441P860	-441P178	230.	33.	14.22	29630.	1.23	.60
441P178	-441P429	230.	32.	13.81	29627.	1.24	.13
441P429	-441P182	230.	31.	13.41	29608.	1.31	.98
441P182	-441P465	230.	28.	12.12	29605.	1.32	.15
441P465	-441P337	230.	26.	11.30	29600.	1.33	.20
441P337	-441P1127	198.	23.	11.63	29598.	1.34	.08
441P1127	-441P721	198.	23.	11.44	29597.	1.34	.06
441P721	-441P988	230.	20.	8.56	29594.	1.35	.10
441P988	-441P917	198.	17.	8.45	29586.	1.38	.22
441P917	-441P947	230.	15.	6.46	29585.	1.38	.03
441P947	-441P913	198.	12.	6.01	29583.	1.39	.04
441P913	-441P960	230.	10.	4.35	29580.	1.40	.04
441P960	-441P1087	198.	9.	4.46	29573.	1.42	.10
441P1087	-441P1035	198.	6.	3.28	29573.	1.42	.01

LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10	-441P306	198.	81.	41.02	29978.	.07	2.89
441P306	-441P1025	198.	75.	37.90	29959.	.14	2.39
441P1025	-441P826	198.	70.	35.35	29945.	.18	1.64
441P826	-441P932	198.	68.	34.34	29924.	.25	2.31
441P932	-441P1326	198.	63.	31.87	29913.	.29	1.20
441P1326	-441P1327	198.	58.	29.32	29905.	.32	.75
441P1327	-441P958	198.	53.	26.76	29892.	.36	1.10
441P958	-441P933	230.	48.	20.84	29886.	.38	.52
441P933	-441P825	198.	47.	23.62	29880.	.40	.47
441P825	-441P1136	198.	46.	23.03	29870.	.43	.73
441P1136	-441P1135	198.	44.	22.43	29862.	.46	.58
441P1135	-441P800	230.	41.	18.02	29860.	.47	.15
441P800	-441P939	230.	41.	17.82	29858.	.47	.15
441P939	-441P1231	198.	38.	19.20	29839.	.54	1.16
441P1231	-441P1032	198.	36.	18.25	29831.	.56	.51
441P1032	-441P1158	198.	34.	17.30	29820.	.60	.57
441P1158	-441P1022	198.	32.	16.12	29815.	.62	.28
441P1022	-441P924	198.	30.	14.93	29810.	.63	.22
441P924	-441P945	230.	25.	10.81	29806.	.65	.19
441P945	-441P1031	198.	20.	10.18	29801.	.66	.16
441P1031	-441P1030	198.	14.	6.91	29800.	.67	.02
441P1030	-441P992	198.	6.	3.28	29800.	.67	.00

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 7.295
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 63907.679
 TOTAL LOSSES IN KW : 56. OR .76 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2012

 * ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE POUR L ANNEE
 2012
 *

 1 *****
 *LOAD LEVEL AT YEAR : 2013 *

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
-							

441H3C3	-441P812	198.	78.	39.28	29899.	.34	12.97
441P812	-441P893	230.	75.	32.75	29894.	.35	.60
441P893	-441P729	230.	75.	32.50	29890.	.37	.52
441P729	-441P453	230.	74.	32.24	29883.	.39	.81
441P453	-441P1229	198.	66.	33.11	29873.	.42	1.11
441P1229	-441P1243	198.	65.	32.61	29855.	.48	1.85
441P1243	-441P1237	198.	64.	32.12	29839.	.54	1.66
441P1237	-441P1238	198.	61.	30.64	29838.	.54	.16
441P1238	-441P652	198.	60.	30.51	29819.	.60	1.88
441P652	-441P1304	198.	59.	30.02	29778.	.74	4.01
441P1304	-441P840	198.	58.	29.40	29755.	.82	2.19
441P840	-441P549	198.	56.	28.42	29727.	.91	2.63
441P549	-441P589	230.	53.	23.12	29718.	.94	.79
441P589	-441P894	198.	50.	25.30	29707.	.98	.91
441P894	-441P895	230.	49.	21.25	29698.	1.01	.73
441P895	-441P771	230.	47.	20.40	29679.	1.07	1.40
441P771	-441P902	230.	44.	19.06	29673.	1.09	.47
441P902	-441P772	230.	43.	18.53	29655.	1.15	1.30
441P772	-441P839	230.	41.	18.00	29647.	1.18	.52
441P839	-441P689	230.	40.	17.47	29634.	1.22	.90
441P689	-441P860	230.	37.	16.13	29627.	1.24	.43
441P860	-441P178	230.	34.	14.79	29615.	1.28	.65
441P178	-441P429	230.	33.	14.37	29612.	1.29	.14
441P429	-441P182	230.	32.	13.94	29592.	1.36	1.06
441P182	-441P465	230.	29.	12.60	29589.	1.37	.16
441P465	-441P337	230.	27.	11.75	29584.	1.39	.22
441P337	-441P1127	198.	24.	12.10	29582.	1.39	.08
441P1127	-441P721	198.	24.	11.90	29581.	1.40	.06
441P721	-441P988	230.	20.	8.90	29577.	1.41	.11
441P988	-441P917	198.	17.	8.79	29569.	1.44	.23
441P917	-441P947	230.	15.	6.72	29568.	1.44	.03
441P947	-441P913	198.	12.	6.25	29566.	1.45	.04
441P913	-441P960	230.	10.	4.53	29563.	1.46	.05
441P960	-441P1087	198.	9.	4.64	29556.	1.48	.11
441P1087	-441P1035	198.	7.	3.41	29556.	1.48	.01

LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10	-441P306	198.	84.	42.66	29978.	.07	3.13
441P306	-441P1025	198.	78.	39.42	29958.	.14	2.58
441P1025	-441P826	198.	73.	36.76	29943.	.19	1.78
441P826	-441P932	198.	71.	35.71	29921.	.26	2.50
441P932	-441P1326	198.	66.	33.14	29909.	.30	1.30
441P1326	-441P1327	198.	60.	30.49	29901.	.33	.81
441P1327	-441P958	198.	55.	27.83	29888.	.37	1.19
441P958	-441P933	230.	50.	21.68	29881.	.40	.57
441P933	-441P825	198.	49.	24.56	29875.	.42	.51
441P825	-441P1136	198.	47.	23.95	29865.	.45	.79
441P1136	-441P1135	198.	46.	23.33	29857.	.48	.63
441P1135	-441P800	230.	43.	18.74	29854.	.49	.17
441P800	-441P939	230.	43.	18.53	29852.	.49	.16
441P939	-441P1231	198.	40.	19.97	29833.	.56	1.26
441P1231	-441P1032	198.	38.	18.98	29824.	.59	.55
441P1032	-441P1158	198.	36.	18.00	29813.	.62	.62
441P1158	-441P1022	198.	33.	16.76	29808.	.64	.30
441P1022	-441P924	198.	31.	15.53	29803.	.66	.24
441P924	-441P945	230.	26.	11.24	29798.	.67	.20

```

441P945 -441P1031 198. 21. 10.59 29793. .69 .18
441P1031 -441P1030 198. 14. 7.18 29792. .69 .02
441P1030 -441P992 198. 7. 3.41 29792. .69 .00
LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

```

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

```

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 7.587
OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 66463.984
TOTAL LOSSES IN KW : 60. OR .79 %

```

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2013

```

*****
*****
* ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE POUR L ANNEE
2013
*
*****
*****
1*****
*LOAD LEVEL AT YEAR : 2014 *
*****

```

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
441H3C3	-441P812	198.	81.	40.85	29895.	.35	14.02
441P812	-441P893	230.	78.	34.06	29890.	.37	.65
441P893	-441P729	230.	78.	33.80	29885.	.38	.57
441P729	-441P453	230.	77.	33.53	29878.	.41	.88
441P453	-441P1229	198.	68.	34.43	29868.	.44	1.20
441P1229	-441P1243	198.	67.	33.92	29849.	.50	2.00
441P1243	-441P1237	198.	66.	33.40	29833.	.56	1.80
441P1237	-441P1238	198.	63.	31.86	29831.	.56	.17
441P1238	-441P652	198.	63.	31.73	29812.	.63	2.03
441P652	-441P1304	198.	62.	31.22	29769.	.77	4.34
441P1304	-441P840	198.	61.	30.58	29745.	.85	2.37
441P840	-441P549	198.	59.	29.55	29716.	.95	2.85
441P549	-441P589	230.	55.	24.05	29706.	.98	.86
441P589	-441P894	198.	52.	26.32	29695.	1.02	.99
441P894	-441P895	230.	51.	22.10	29685.	1.05	.79
441P895	-441P771	230.	49.	21.22	29667.	1.11	1.52
441P771	-441P902	230.	46.	19.83	29660.	1.13	.51
441P902	-441P772	230.	44.	19.27	29641.	1.20	1.40
441P772	-441P839	230.	43.	18.72	29633.	1.22	.56
441P839	-441P689	230.	42.	18.17	29619.	1.27	.98
441P689	-441P860	230.	39.	16.78	29612.	1.29	.47
441P860	-441P178	230.	35.	15.38	29600.	1.33	.71
441P178	-441P429	230.	34.	14.94	29597.	1.34	.15

441P429	-441P182	230.	33.	14.50	29576.	1.41	1.15
441P182	-441P465	230.	30.	13.11	29573.	1.42	.17
441P465	-441P337	230.	28.	12.22	29568.	1.44	.24
441P337	-441P1127	198.	25.	12.58	29565.	1.45	.09
441P1127	-441P721	198.	25.	12.38	29564.	1.45	.07
441P721	-441P988	230.	21.	9.26	29560.	1.47	.12
441P988	-441P917	198.	18.	9.14	29552.	1.49	.25
441P917	-441P947	230.	16.	6.98	29551.	1.50	.03
441P947	-441P913	198.	13.	6.50	29549.	1.50	.05
441P913	-441P960	230.	11.	4.71	29546.	1.51	.05
441P960	-441P1087	198.	10.	4.83	29538.	1.54	.12
441P1087	-441P1035	198.	7.	3.54	29538.	1.54	.01

LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10	-441P306	198.	88.	44.37	29977.	.08	3.39
441P306	-441P1025	198.	81.	40.99	29956.	.15	2.79
441P1025	-441P826	198.	76.	38.24	29941.	.20	1.92
441P826	-441P932	198.	74.	37.14	29918.	.27	2.70
441P932	-441P1326	198.	68.	34.47	29906.	.31	1.40
441P1326	-441P1327	198.	63.	31.71	29897.	.34	.87
441P1327	-441P958	198.	57.	28.95	29884.	.39	1.28
441P958	-441P933	230.	52.	22.54	29877.	.41	.61
441P933	-441P825	198.	51.	25.55	29870.	.43	.55
441P825	-441P1136	198.	49.	24.90	29859.	.47	.86
441P1136	-441P1135	198.	48.	24.26	29851.	.50	.68
441P1135	-441P800	230.	45.	19.49	29848.	.51	.18
441P800	-441P939	230.	44.	19.27	29846.	.51	.18
441P939	-441P1231	198.	41.	20.77	29826.	.58	1.36
441P1231	-441P1032	198.	39.	19.74	29817.	.61	.60
441P1032	-441P1158	198.	37.	18.72	29806.	.65	.67
441P1158	-441P1022	198.	35.	17.43	29800.	.67	.32
441P1022	-441P924	198.	32.	16.15	29795.	.68	.26
441P924	-441P945	230.	27.	11.69	29790.	.70	.22
441P945	-441P1031	198.	22.	11.01	29785.	.72	.19
441P1031	-441P1030	198.	15.	7.47	29784.	.72	.02
441P1030	-441P992	198.	7.	3.54	29784.	.72	.01

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 7.891
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 69122.541
 TOTAL LOSSES IN KW : 65. OR .83 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2014

 * ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE POUR L ANNEE
 2014
 *

1*****
 *LOAD LEVEL AT YEAR : 2015 *

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
-							
441H3C3	-441P812	198.	84.	42.48	29890.	.37	15.17
441P812	-441P893	230.	81.	35.42	29885.	.38	.70
441P893	-441P729	230.	81.	35.15	29881.	.40	.61
441P729	-441P453	230.	80.	34.87	29873.	.42	.95
441P453	-441P1229	198.	71.	35.81	29862.	.46	1.30
441P1229	-441P1243	198.	70.	35.27	29843.	.52	2.17
441P1243	-441P1237	198.	69.	34.74	29826.	.58	1.94
441P1237	-441P1238	198.	66.	33.14	29825.	.58	.19
441P1238	-441P652	198.	65.	33.00	29804.	.65	2.20
441P652	-441P1304	198.	64.	32.47	29760.	.80	4.70
441P1304	-441P840	198.	63.	31.80	29735.	.88	2.56
441P840	-441P549	198.	61.	30.73	29704.	.99	3.08
441P549	-441P589	230.	58.	25.01	29695.	1.02	.93
441P589	-441P894	198.	54.	27.37	29683.	1.06	1.07
441P894	-441P895	230.	53.	22.99	29673.	1.09	.85
441P895	-441P771	230.	51.	22.07	29653.	1.16	1.64
441P771	-441P902	230.	47.	20.62	29646.	1.18	.55
441P902	-441P772	230.	46.	20.04	29626.	1.25	1.52
441P772	-441P839	230.	45.	19.47	29618.	1.27	.60
441P839	-441P689	230.	43.	18.90	29604.	1.32	1.06
441P689	-441P860	230.	40.	17.45	29596.	1.35	.50
441P860	-441P178	230.	37.	16.00	29584.	1.39	.76
441P178	-441P429	230.	36.	15.54	29581.	1.40	.17
441P429	-441P182	230.	35.	15.08	29559.	1.47	1.24
441P182	-441P465	230.	31.	13.63	29556.	1.48	.19
441P465	-441P337	230.	29.	12.71	29550.	1.50	.26
441P337	-441P1127	198.	26.	13.08	29548.	1.51	.10
441P1127	-441P721	198.	25.	12.87	29546.	1.51	.07
441P721	-441P988	230.	22.	9.63	29543.	1.52	.13
441P988	-441P917	198.	19.	9.51	29534.	1.55	.27
441P917	-441P947	230.	17.	7.26	29533.	1.56	.03
441P947	-441P913	198.	13.	6.76	29531.	1.56	.05
441P913	-441P960	230.	11.	4.90	29528.	1.57	.06
441P960	-441P1087	198.	10.	5.02	29520.	1.60	.13
441P1087	-441P1035	198.	7.	3.68	29519.	1.60	.01
LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km							
-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km							
441H3C10	-441P306	198.	91.	46.14	29976.	.08	3.66
441P306	-441P1025	198.	84.	42.63	29954.	.15	3.02
441P1025	-441P826	198.	79.	39.76	29938.	.21	2.08
441P826	-441P932	198.	76.	38.63	29915.	.28	2.92
441P932	-441P1326	198.	71.	35.85	29902.	.33	1.52
441P1326	-441P1327	198.	65.	32.98	29893.	.36	.94
441P1327	-441P958	198.	60.	30.11	29879.	.40	1.39

441P958	-441P933	230.	54.	23.45	29872.	.43	.66
441P933	-441P825	198.	53.	26.57	29865.	.45	.59
441P825	-441P1136	198.	51.	25.90	29854.	.49	.93
441P1136	-441P1135	198.	50.	25.23	29845.	.52	.74
441P1135	-441P800	230.	47.	20.27	29842.	.53	.20
441P800	-441P939	230.	46.	20.04	29840.	.53	.19
441P939	-441P1231	198.	43.	21.60	29819.	.60	1.47
441P1231	-441P1032	198.	41.	20.53	29809.	.64	.64
441P1032	-441P1158	198.	39.	19.47	29798.	.67	.73
441P1158	-441P1022	198.	36.	18.13	29792.	.69	.35
441P1022	-441P924	198.	33.	16.80	29787.	.71	.28
441P924	-441P945	230.	28.	12.16	29782.	.73	.24
441P945	-441P1031	198.	23.	11.46	29776.	.75	.20
441P1031	-441P1030	198.	15.	7.77	29775.	.75	.02
441P1030	-441P992	198.	7.	3.68	29775.	.75	.01

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 8.206
OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 71887.441
TOTAL LOSSES IN KW : 71. OR .86 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2015

* ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE POUR L ANNEE
2015
*

1*****
*LOAD LEVEL AT YEAR : 2016 *

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
441H3C3	-441P812	198.	87.	44.18	29886.	.38	16.40
441P812	-441P893	230.	85.	36.84	29881.	.40	.76
441P893	-441P729	230.	84.	36.55	29876.	.41	.66
441P729	-441P453	230.	83.	36.27	29868.	.44	1.03
441P453	-441P1229	198.	74.	37.24	29857.	.48	1.40
441P1229	-441P1243	198.	73.	36.68	29837.	.54	2.34
441P1243	-441P1237	198.	72.	36.13	29819.	.60	2.10
441P1237	-441P1238	198.	68.	34.46	29818.	.61	.20
441P1238	-441P652	198.	68.	34.32	29796.	.68	2.38
441P652	-441P1304	198.	67.	33.77	29750.	.83	5.08
441P1304	-441P840	198.	65.	33.07	29724.	.92	2.77

441P840	-441P549	198.	63.	31.96	29692.	1.03	3.33
441P549	-441P589	230.	60.	26.01	29682.	1.06	1.00
441P589	-441P894	198.	56.	28.46	29670.	1.10	1.16
441P894	-441P895	230.	55.	23.91	29660.	1.13	.92
441P895	-441P771	230.	53.	22.95	29639.	1.20	1.78
441P771	-441P902	230.	49.	21.44	29632.	1.23	.59
441P902	-441P772	230.	48.	20.85	29612.	1.29	1.64
441P772	-441P839	230.	47.	20.25	29603.	1.32	.65
441P839	-441P689	230.	45.	19.65	29588.	1.37	1.14
441P689	-441P860	230.	42.	18.14	29580.	1.40	.55
441P860	-441P178	230.	38.	16.64	29567.	1.44	.83
441P178	-441P429	230.	37.	16.16	29564.	1.45	.18
441P429	-441P182	230.	36.	15.68	29542.	1.53	1.34
441P182	-441P465	230.	33.	14.18	29538.	1.54	.20
441P465	-441P337	230.	30.	13.22	29532.	1.56	.28
441P337	-441P1127	198.	27.	13.61	29530.	1.57	.10
441P1127	-441P721	198.	27.	13.39	29528.	1.57	.08
441P721	-441P988	230.	23.	10.02	29525.	1.58	.14
441P988	-441P917	198.	20.	9.89	29515.	1.62	.29
441P917	-441P947	230.	17.	7.55	29514.	1.62	.03
441P947	-441P913	198.	14.	7.03	29512.	1.63	.06
441P913	-441P960	230.	12.	5.09	29509.	1.64	.06
441P960	-441P1087	198.	10.	5.22	29501.	1.66	.14
441P1087	-441P1035	198.	8.	3.83	29500.	1.67	.01

LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10	-441P306	198.	95.	47.99	29975.	.08	3.96
441P306	-441P1025	198.	88.	44.34	29952.	.16	3.27
441P1025	-441P826	198.	82.	41.36	29936.	.21	2.25
441P826	-441P932	198.	80.	40.17	29912.	.29	3.16
441P932	-441P1326	198.	74.	37.28	29898.	.34	1.64
441P1326	-441P1327	198.	68.	34.30	29889.	.37	1.02
441P1327	-441P958	198.	62.	31.31	29874.	.42	1.50
441P958	-441P933	230.	56.	24.38	29867.	.44	.72
441P933	-441P825	198.	55.	27.63	29859.	.47	.64
441P825	-441P1136	198.	53.	26.94	29848.	.51	1.00
441P1136	-441P1135	198.	52.	26.24	29839.	.54	.80
441P1135	-441P800	230.	48.	21.09	29836.	.55	.21
441P800	-441P939	230.	48.	20.85	29833.	.56	.21
441P939	-441P1231	198.	44.	22.47	29812.	.63	1.59
441P1231	-441P1032	198.	42.	21.36	29802.	.66	.70
441P1032	-441P1158	198.	40.	20.24	29790.	.70	.79
441P1158	-441P1022	198.	37.	18.86	29784.	.72	.38
441P1022	-441P924	198.	35.	17.47	29778.	.74	.31
441P924	-441P945	230.	29.	12.65	29773.	.76	.26
441P945	-441P1031	198.	24.	11.91	29767.	.78	.22
441P1031	-441P1030	198.	16.	8.08	29766.	.78	.02
441P1030	-441P992	198.	8.	3.83	29766.	.78	.01

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 8.535

OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 74762.935

TOTAL LOSSES IN KW : 76. OR .89 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2016

```

*****
*****
*   ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE           POUR L ANNEE
2016
*
*****
*****
1*****
*LOAD LEVEL AT YEAR : 2017 *
*****

```

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
-							
441H3C3	-441P812	198.	91.	45.95	29881.	.40	17.74
441P812	-441P893	230.	88.	38.31	29876.	.41	.82
441P893	-441P729	230.	87.	38.01	29871.	.43	.72
441P729	-441P453	230.	87.	37.72	29863.	.46	1.11
441P453	-441P1229	198.	77.	38.73	29851.	.50	1.52
441P1229	-441P1243	198.	76.	38.15	29831.	.56	2.53
441P1243	-441P1237	198.	74.	37.57	29812.	.63	2.27
441P1237	-441P1238	198.	71.	35.84	29810.	.63	.22
441P1238	-441P652	198.	71.	35.70	29788.	.71	2.57
441P652	-441P1304	198.	70.	35.12	29740.	.87	5.49
441P1304	-441P840	198.	68.	34.40	29713.	.96	3.00
441P840	-441P549	198.	66.	33.24	29680.	1.07	3.61
441P549	-441P589	230.	62.	27.05	29670.	1.10	1.09
441P589	-441P894	198.	59.	29.60	29657.	1.14	1.25
441P894	-441P895	230.	57.	24.86	29646.	1.18	1.00
441P895	-441P771	230.	55.	23.87	29625.	1.25	1.92
441P771	-441P902	230.	51.	22.30	29617.	1.28	.64
441P902	-441P772	230.	50.	21.68	29596.	1.35	1.78
441P772	-441P839	230.	48.	21.06	29587.	1.38	.71
441P839	-441P689	230.	47.	20.44	29571.	1.43	1.23
441P689	-441P860	230.	43.	18.87	29563.	1.46	.59
441P860	-441P178	230.	40.	17.30	29550.	1.50	.89
441P178	-441P429	230.	39.	16.81	29547.	1.51	.19
441P429	-441P182	230.	38.	16.31	29523.	1.59	1.45
441P182	-441P465	230.	34.	14.74	29519.	1.60	.22
441P465	-441P337	230.	32.	13.75	29514.	1.62	.30
441P337	-441P1127	198.	28.	14.15	29511.	1.63	.11
441P1127	-441P721	198.	28.	13.92	29509.	1.64	.08
441P721	-441P988	230.	24.	10.42	29506.	1.65	.15
441P988	-441P917	198.	20.	10.28	29496.	1.68	.32
441P917	-441P947	230.	18.	7.86	29495.	1.68	.04
441P947	-441P913	198.	14.	7.31	29492.	1.69	.06
441P913	-441P960	230.	12.	5.30	29489.	1.70	.07
441P960	-441P1087	198.	11.	5.43	29481.	1.73	.15

441P1087 -441P1035 198. 8. 3.99 29480. 1.73 .01
 LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10 -441P306	198.	99.	49.91	29974.	.09	4.28
441P306 -441P1025	198.	91.	46.11	29950.	.17	3.53
441P1025 -441P826	198.	85.	43.01	29933.	.22	2.43
441P826 -441P932	198.	83.	41.78	29908.	.31	3.42
441P932 -441P1326	198.	77.	38.77	29894.	.35	1.78
441P1326 -441P1327	198.	71.	35.67	29884.	.39	1.10
441P1327 -441P958	198.	64.	32.56	29869.	.44	1.62
441P958 -441P933	230.	58.	25.36	29861.	.46	.77
441P933 -441P825	198.	57.	28.74	29854.	.49	.69
441P825 -441P1136	198.	55.	28.01	29842.	.53	1.09
441P1136 -441P1135	198.	54.	27.29	29832.	.56	.86
441P1135 -441P800	230.	50.	21.93	29829.	.57	.23
441P800 -441P939	230.	50.	21.68	29827.	.58	.22
441P939 -441P1231	198.	46.	23.36	29804.	.65	1.72
441P1231 -441P1032	198.	44.	22.21	29794.	.69	.75
441P1032 -441P1158	198.	42.	21.05	29781.	.73	.85
441P1158 -441P1022	198.	39.	19.61	29775.	.75	.41
441P1022 -441P924	198.	36.	18.17	29769.	.77	.33
441P924 -441P945	230.	30.	13.15	29764.	.79	.28
441P945 -441P1031	198.	25.	12.39	29758.	.81	.24
441P1031 -441P1030	198.	17.	8.40	29757.	.81	.02
441P1030 -441P992	198.	8.	3.99	29757.	.81	.01

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 8.876
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 77753.450
 TOTAL LOSSES IN KW : 82. OR .93 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2017

```

*****
*****
*   ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE           POUR L ANNEE
2017
*
*****
*****
1*****
*LOAD LEVEL AT YEAR : 2018 *
*****
    
```

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
(KW)							
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----

-

441H3C3	-441P812	198.	95.	47.79	29877.	.41	19.19
441P812	-441P893	230.	92.	39.85	29871.	.43	.88
441P893	-441P729	230.	91.	39.54	29866.	.45	.77
441P729	-441P453	230.	90.	39.23	29858.	.47	1.20
441P453	-441P1229	198.	80.	40.28	29845.	.52	1.64
441P1229	-441P1243	198.	79.	39.68	29824.	.59	2.74
441P1243	-441P1237	198.	77.	39.08	29805.	.65	2.46
441P1237	-441P1238	198.	74.	37.27	29803.	.66	.24
441P1238	-441P652	198.	74.	37.12	29780.	.73	2.78
441P652	-441P1304	198.	72.	36.52	29730.	.90	5.94
441P1304	-441P840	198.	71.	35.77	29702.	.99	3.24
441P840	-441P549	198.	68.	34.57	29667.	1.11	3.90
441P549	-441P589	230.	65.	28.13	29656.	1.15	1.18
441P589	-441P894	198.	61.	30.79	29643.	1.19	1.35
441P894	-441P895	230.	59.	25.86	29632.	1.23	1.08
441P895	-441P771	230.	57.	24.82	29610.	1.30	2.08
441P771	-441P902	230.	53.	23.19	29602.	1.33	.69
441P902	-441P772	230.	52.	22.55	29580.	1.40	1.92
441P772	-441P839	230.	50.	21.90	29571.	1.43	.77
441P839	-441P689	230.	49.	21.25	29554.	1.49	1.34
441P689	-441P860	230.	45.	19.63	29546.	1.51	.64
441P860	-441P178	230.	41.	18.00	29532.	1.56	.97
441P178	-441P429	230.	40.	17.48	29528.	1.57	.21
441P429	-441P182	230.	39.	16.96	29504.	1.65	1.57
441P182	-441P465	230.	35.	15.33	29500.	1.67	.24
441P465	-441P337	230.	33.	14.30	29494.	1.69	.32
441P337	-441P1127	198.	29.	14.72	29492.	1.69	.12
441P1127	-441P721	198.	29.	14.48	29490.	1.70	.09
441P721	-441P988	230.	25.	10.83	29486.	1.71	.17
441P988	-441P917	198.	21.	10.69	29476.	1.75	.34
441P917	-441P947	230.	19.	8.17	29475.	1.75	.04
441P947	-441P913	198.	15.	7.60	29472.	1.76	.07
441P913	-441P960	230.	13.	5.51	29469.	1.77	.07
441P960	-441P1087	198.	11.	5.65	29460.	1.80	.16
441P1087	-441P1035	198.	8.	4.14	29459.	1.80	.01

LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10	-441P306	198.	103.	51.90	29973.	.09	4.63
441P306	-441P1025	198.	95.	47.96	29948.	.17	3.82
441P1025	-441P826	198.	89.	44.73	29930.	.23	2.63
441P826	-441P932	198.	86.	43.45	29904.	.32	3.70
441P932	-441P1326	198.	80.	40.32	29890.	.37	1.92
441P1326	-441P1327	198.	73.	37.09	29880.	.40	1.19
441P1327	-441P958	198.	67.	33.87	29864.	.45	1.75
441P958	-441P933	230.	61.	26.37	29856.	.48	.84
441P933	-441P825	198.	59.	29.89	29848.	.51	.75
441P825	-441P1136	198.	58.	29.13	29836.	.55	1.17
441P1136	-441P1135	198.	56.	28.38	29825.	.58	.93
441P1135	-441P800	230.	52.	22.81	29823.	.59	.25
441P800	-441P939	230.	52.	22.55	29820.	.60	.24
441P939	-441P1231	198.	48.	24.30	29796.	.68	1.86
441P1231	-441P1032	198.	46.	23.10	29786.	.71	.81
441P1032	-441P1158	198.	43.	21.90	29773.	.76	.92
441P1158	-441P1022	198.	40.	20.39	29766.	.78	.44
441P1022	-441P924	198.	37.	18.89	29760.	.80	.36

441P924	-441P945	230.	31.	13.68	29754.	.82	.30
441P945	-441P1031	198.	26.	12.89	29748.	.84	.26
441P1031	-441P1030	198.	17.	8.74	29747.	.84	.03
441P1030	-441P992	198.	8.	4.14	29747.	.84	.01

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 9.231
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 80863.585
 TOTAL LOSSES IN KW : 89. OR .97 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2018

 * ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE POUR L ANNEE
 2018
 *

 1 *****
 *LOAD LEVEL AT YEAR : 2019 *

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
441H3C3	-441P812	198.	98.	49.70	29872.	.43	20.76
441P812	-441P893	230.	95.	41.44	29866.	.45	.96
441P893	-441P729	230.	95.	41.12	29860.	.47	.84
441P729	-441P453	230.	94.	40.79	29852.	.49	1.30
441P453	-441P1229	198.	83.	41.89	29839.	.54	1.78
441P1229	-441P1243	198.	82.	41.26	29817.	.61	2.96
441P1243	-441P1237	198.	80.	40.64	29797.	.68	2.66
441P1237	-441P1238	198.	77.	38.77	29795.	.68	.26
441P1238	-441P652	198.	76.	38.61	29771.	.76	3.01
441P652	-441P1304	198.	75.	37.98	29719.	.94	6.43
441P1304	-441P840	198.	74.	37.20	29690.	1.03	3.50
441P840	-441P549	198.	71.	35.95	29654.	1.15	4.22
441P549	-441P589	230.	67.	29.26	29643.	1.19	1.27
441P589	-441P894	198.	63.	32.02	29629.	1.24	1.46
441P894	-441P895	230.	62.	26.89	29617.	1.28	1.17
441P895	-441P771	230.	59.	25.82	29594.	1.35	2.25
441P771	-441P902	230.	55.	24.12	29586.	1.38	.75
441P902	-441P772	230.	54.	23.45	29563.	1.46	2.08
441P772	-441P839	230.	52.	22.78	29553.	1.49	.83
441P839	-441P689	230.	51.	22.10	29536.	1.55	1.44
441P689	-441P860	230.	47.	20.41	29527.	1.58	.69
441P860	-441P178	230.	43.	18.72	29513.	1.62	1.04

441P178	-441P429	230.	42.	18.18	29510.	1.63	.23
441P429	-441P182	230.	41.	17.64	29484.	1.72	1.70
441P182	-441P465	230.	37.	15.95	29480.	1.73	.26
441P465	-441P337	230.	34.	14.87	29474.	1.75	.35
441P337	-441P1127	198.	30.	15.31	29471.	1.76	.13
441P1127	-441P721	198.	30.	15.06	29469.	1.77	.10
441P721	-441P988	230.	26.	11.27	29465.	1.78	.18
441P988	-441P917	198.	22.	11.12	29455.	1.82	.37
441P917	-441P947	230.	20.	8.50	29454.	1.82	.04
441P947	-441P913	198.	16.	7.90	29451.	1.83	.07
441P913	-441P960	230.	13.	5.73	29447.	1.84	.08
441P960	-441P1087	198.	12.	5.87	29438.	1.87	.17
441P1087	-441P1035	198.	9.	4.31	29438.	1.87	.01

LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10	-441P306	198.	107.	53.98	29972.	.09	5.01
441P306	-441P1025	198.	99.	49.88	29946.	.18	4.13
441P1025	-441P826	198.	92.	46.52	29928.	.24	2.85
441P826	-441P932	198.	89.	45.19	29901.	.33	4.00
441P932	-441P1326	198.	83.	41.94	29885.	.38	2.08
441P1326	-441P1327	198.	76.	38.58	29875.	.42	1.29
441P1327	-441P958	198.	70.	35.22	29859.	.47	1.90
441P958	-441P933	230.	63.	27.43	29850.	.50	.91
441P933	-441P825	198.	62.	31.08	29842.	.53	.81
441P825	-441P1136	198.	60.	30.30	29829.	.57	1.27
441P1136	-441P1135	198.	58.	29.52	29819.	.60	1.01
441P1135	-441P800	230.	55.	23.72	29816.	.61	.27
441P800	-441P939	230.	54.	23.45	29813.	.62	.26
441P939	-441P1231	198.	50.	25.27	29788.	.71	2.02
441P1231	-441P1032	198.	48.	24.02	29777.	.74	.88
441P1032	-441P1158	198.	45.	22.77	29764.	.79	.99
441P1158	-441P1022	198.	42.	21.21	29757.	.81	.48
441P1022	-441P924	198.	39.	19.65	29751.	.83	.39
441P924	-441P945	230.	33.	14.23	29745.	.85	.32
441P945	-441P1031	198.	27.	13.40	29738.	.87	.28
441P1031	-441P1030	198.	18.	9.09	29737.	.88	.03
441P1030	-441P992	198.	9.	4.31	29737.	.88	.01

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 9.600

OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 84098.125

TOTAL LOSSES IN KW : 97. OR 1.01 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2019

* ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE

POUR L ANNEE

2019

*

 1*****
 *LOAD LEVEL AT YEAR : 2020 *

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
-							
441H3C3	-441P812	198.	102.	51.69	29867.	.44	22.45
441P812	-441P893	230.	99.	43.10	29860.	.47	1.03
441P893	-441P729	230.	98.	42.76	29855.	.48	.91
441P729	-441P453	230.	98.	42.43	29846.	.51	1.41
441P453	-441P1229	198.	86.	43.57	29832.	.56	1.92
441P1229	-441P1243	198.	85.	42.92	29810.	.63	3.21
441P1243	-441P1237	198.	84.	42.27	29789.	.70	2.88
441P1237	-441P1238	198.	80.	40.32	29787.	.71	.28
441P1238	-441P652	198.	80.	40.15	29762.	.79	3.25
441P652	-441P1304	198.	78.	39.50	29708.	.97	6.95
441P1304	-441P840	198.	77.	38.69	29678.	1.07	3.79
441P840	-441P549	198.	74.	37.39	29640.	1.20	4.56
441P549	-441P589	230.	70.	30.43	29628.	1.24	1.38
441P589	-441P894	198.	66.	33.30	29614.	1.29	1.58
441P894	-441P895	230.	64.	27.97	29602.	1.33	1.26
441P895	-441P771	230.	62.	26.85	29578.	1.41	2.43
441P771	-441P902	230.	58.	25.09	29570.	1.43	.81
441P902	-441P772	230.	56.	24.39	29546.	1.51	2.25
441P772	-441P839	230.	54.	23.69	29536.	1.55	.89
441P839	-441P689	230.	53.	22.99	29518.	1.61	1.56
441P689	-441P860	230.	49.	21.23	29509.	1.64	.75
441P860	-441P178	230.	45.	19.47	29493.	1.69	1.13
441P178	-441P429	230.	43.	18.91	29490.	1.70	.25
441P429	-441P182	230.	42.	18.35	29464.	1.79	1.83
441P182	-441P465	230.	38.	16.58	29459.	1.80	.28
441P465	-441P337	230.	36.	15.47	29453.	1.82	.38
441P337	-441P1127	198.	32.	15.92	29450.	1.83	.14
441P1127	-441P721	198.	31.	15.66	29448.	1.84	.10
441P721	-441P988	230.	27.	11.72	29444.	1.85	.19
441P988	-441P917	198.	23.	11.57	29433.	1.89	.40
441P917	-441P947	230.	20.	8.84	29432.	1.89	.05
441P947	-441P913	198.	16.	8.22	29429.	1.90	.08
441P913	-441P960	230.	14.	5.96	29425.	1.92	.08
441P960	-441P1087	198.	12.	6.11	29416.	1.95	.19
441P1087	-441P1035	198.	9.	4.48	29415.	1.95	.01
LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km							
-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km							
441H3C10	-441P306	198.	111.	56.14	29971.	.10	5.42
441P306	-441P1025	198.	103.	51.87	29944.	.19	4.47
441P1025	-441P826	198.	96.	48.38	29925.	.25	3.08
441P826	-441P932	198.	93.	46.99	29897.	.34	4.32
441P932	-441P1326	198.	86.	43.61	29881.	.40	2.25

441P1326	-441P1327	198.	79.	40.12	29870.	.43	1.40
441P1327	-441P958	198.	73.	36.63	29853.	.49	2.05
441P958	-441P933	230.	66.	28.53	29844.	.52	.98
441P933	-441P825	198.	64.	32.32	29836.	.55	.88
441P825	-441P1136	198.	62.	31.51	29822.	.59	1.37
441P1136	-441P1135	198.	61.	30.70	29811.	.63	1.09
441P1135	-441P800	230.	57.	24.67	29808.	.64	.29
441P800	-441P939	230.	56.	24.39	29805.	.65	.28
441P939	-441P1231	198.	52.	26.28	29780.	.73	2.18
441P1231	-441P1032	198.	49.	24.98	29768.	.77	.95
441P1032	-441P1158	198.	47.	23.68	29754.	.82	1.08
441P1158	-441P1022	198.	44.	22.06	29747.	.84	.52
441P1022	-441P924	198.	40.	20.43	29741.	.86	.42
441P924	-441P945	230.	34.	14.79	29734.	.89	.35
441P945	-441P1031	198.	28.	13.94	29728.	.91	.30
441P1031	-441P1030	198.	19.	9.45	29727.	.91	.03
441P1030	-441P992	198.	9.	4.48	29726.	.91	.01

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 9.984
OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 87462.048
TOTAL LOSSES IN KW : 104. OR 1.05 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2020

* ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE POUR L ANNEE
2020
*

1*****
*LOAD LEVEL AT YEAR : 2021 *

N O R M A L C O N D I T I O N

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
-							
441H3C3	-441P812	198.	106.	53.75	29861.	.46	24.28
441P812	-441P893	230.	103.	44.82	29855.	.48	1.12
441P893	-441P729	230.	102.	44.47	29849.	.50	.98
441P729	-441P453	230.	101.	44.12	29840.	.53	1.52
441P453	-441P1229	198.	90.	45.31	29826.	.58	2.08
441P1229	-441P1243	198.	88.	44.63	29802.	.66	3.47
441P1243	-441P1237	198.	87.	43.96	29780.	.73	3.11
441P1237	-441P1238	198.	83.	41.93	29778.	.74	.30
441P1238	-441P652	198.	83.	41.76	29752.	.83	3.52

441P652	-441P1304	198.	81.	41.08	29696.	1.01	7.52
441P1304	-441P840	198.	80.	40.24	29665.	1.12	4.10
441P840	-441P549	198.	77.	38.89	29626.	1.25	4.94
441P549	-441P589	230.	73.	31.65	29613.	1.29	1.49
441P589	-441P894	198.	69.	34.63	29598.	1.34	1.71
441P894	-441P895	230.	67.	29.09	29586.	1.38	1.37
441P895	-441P771	230.	64.	27.92	29561.	1.46	2.63
441P771	-441P902	230.	60.	26.09	29553.	1.49	.87
441P902	-441P772	230.	58.	25.36	29527.	1.58	2.43
441P772	-441P839	230.	57.	24.64	29517.	1.61	.97
441P839	-441P689	230.	55.	23.91	29499.	1.67	1.69
441P689	-441P860	230.	51.	22.08	29489.	1.70	.81
441P860	-441P178	230.	47.	20.24	29473.	1.76	1.22
441P178	-441P429	230.	45.	19.66	29470.	1.77	.27
441P429	-441P182	230.	44.	19.08	29442.	1.86	1.98
441P182	-441P465	230.	40.	17.25	29438.	1.87	.30
441P465	-441P337	230.	37.	16.08	29431.	1.90	.41
441P337	-441P1127	198.	33.	16.56	29428.	1.91	.15
441P1127	-441P721	198.	32.	16.29	29426.	1.91	.11
441P721	-441P988	230.	28.	12.19	29422.	1.93	.21
441P988	-441P917	198.	24.	12.03	29410.	1.97	.44
441P917	-441P947	230.	21.	9.19	29409.	1.97	.05
441P947	-441P913	198.	17.	8.55	29406.	1.98	.08
441P913	-441P960	230.	14.	6.20	29402.	1.99	.09
441P960	-441P1087	198.	13.	6.35	29392.	2.03	.20
441P1087	-441P1035	198.	9.	4.66	29392.	2.03	.01

LONGUEUR DU DEPART : 18.5260 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 18.5260 Km

441H3C10	-441P306	198.	116.	58.39	29969.	.10	5.86
441P306	-441P1025	198.	107.	53.95	29942.	.19	4.83
441P1025	-441P826	198.	100.	50.31	29922.	.26	3.33
441P826	-441P932	198.	97.	48.87	29892.	.36	4.68
441P932	-441P1326	198.	90.	45.36	29876.	.41	2.43
441P1326	-441P1327	198.	83.	41.73	29865.	.45	1.51
441P1327	-441P958	198.	75.	38.09	29847.	.51	2.22
441P958	-441P933	230.	68.	29.67	29838.	.54	1.06
441P933	-441P825	198.	67.	33.62	29829.	.57	.95
441P825	-441P1136	198.	65.	32.77	29815.	.62	1.49
441P1136	-441P1135	198.	63.	31.93	29804.	.65	1.18
441P1135	-441P800	230.	59.	25.65	29801.	.66	.31
441P800	-441P939	230.	58.	25.36	29797.	.68	.31
441P939	-441P1231	198.	54.	27.33	29771.	.76	2.36
441P1231	-441P1032	198.	51.	25.98	29759.	.80	1.03
441P1032	-441P1158	198.	49.	24.63	29744.	.85	1.16
441P1158	-441P1022	198.	45.	22.94	29737.	.88	.56
441P1022	-441P924	198.	42.	21.25	29730.	.90	.45
441P924	-441P945	230.	35.	15.39	29724.	.92	.38
441P945	-441P1031	198.	29.	14.49	29717.	.94	.33
441P1031	-441P1030	198.	19.	9.83	29716.	.95	.03
441P1030	-441P992	198.	9.	4.66	29715.	.95	.01

LONGUEUR DU DEPART : 8.0300 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 8.0300 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 10.384
OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 90960.527

TOTAL LOSSES IN KW : 113. OR 1.09 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw

1 EMERGENCY CONDITION AT YEAR : 2021

* ETUDE DES DECLENCHEMENTS ET DE LA DEFAILLANCE POUR L ANNEE
2021
*

ANNEXES 3

Annexes 3

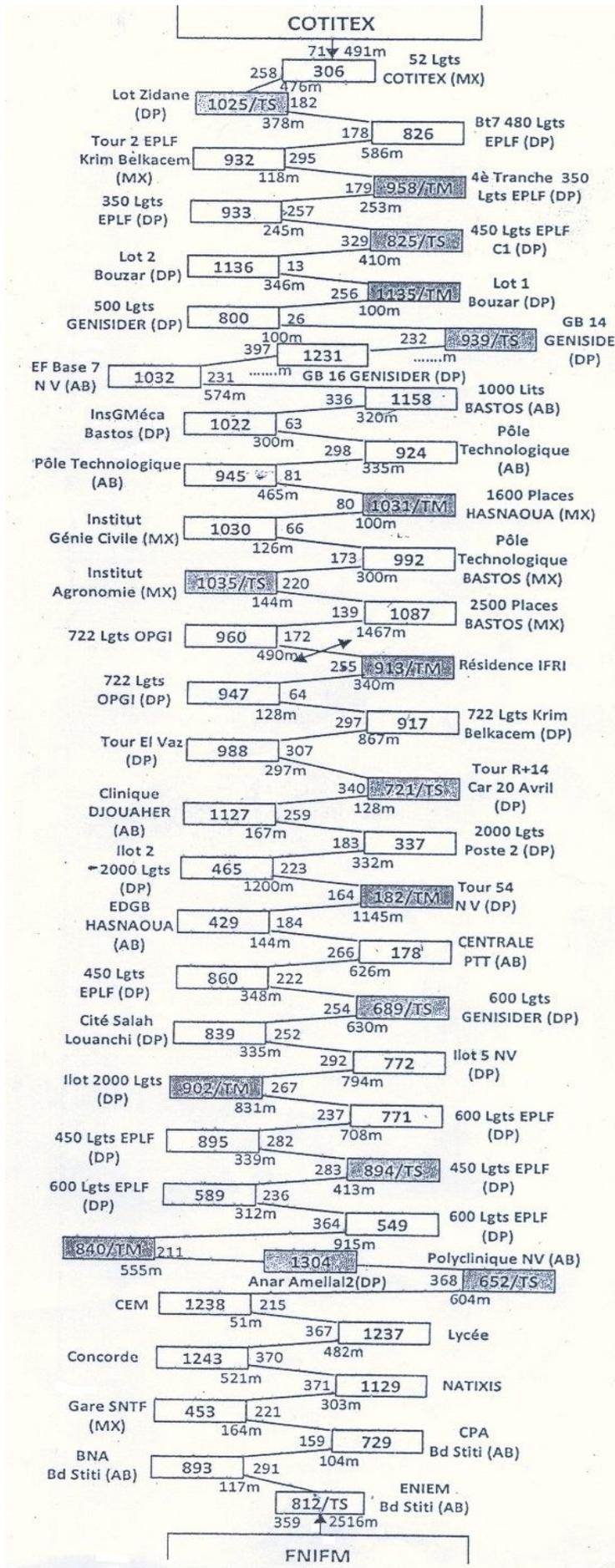
Caractéristiques électriques des conducteurs isolés :

NATURE	SECTION mm ²	r à 20 ⁰ (Ω / km)	r à 50 ⁰ (Ω / km)	r + x tgφ (Ω / km)	I _{LT} (A)
CUIVRE	30	0.627	0.701	0.751	109
	50	0.379	0.424	0.474	180
	70	0.269	0.300	0.350	210
	95	0.194	0.217	0.267	250
	120	0.157	0.176	0.226	300
	146	0.126	0.141	0.191	340
	185	0.099	0.111	0.161	400
ALUMINIUM	25	1.200	1.345	1.395	78
	35	0.868	0.973	1.023	95
	50	0.641	0.918	0.768	114
	70	0.443	0.497	0.547	142
	95	0.320	0.359	0.409	172
	120	0.253	0.284	0.334	198
	150	0.206	0.231	0.281	225
	185	0.164	0.184	0.234	245
	240	0.125	0.140	0.190	305

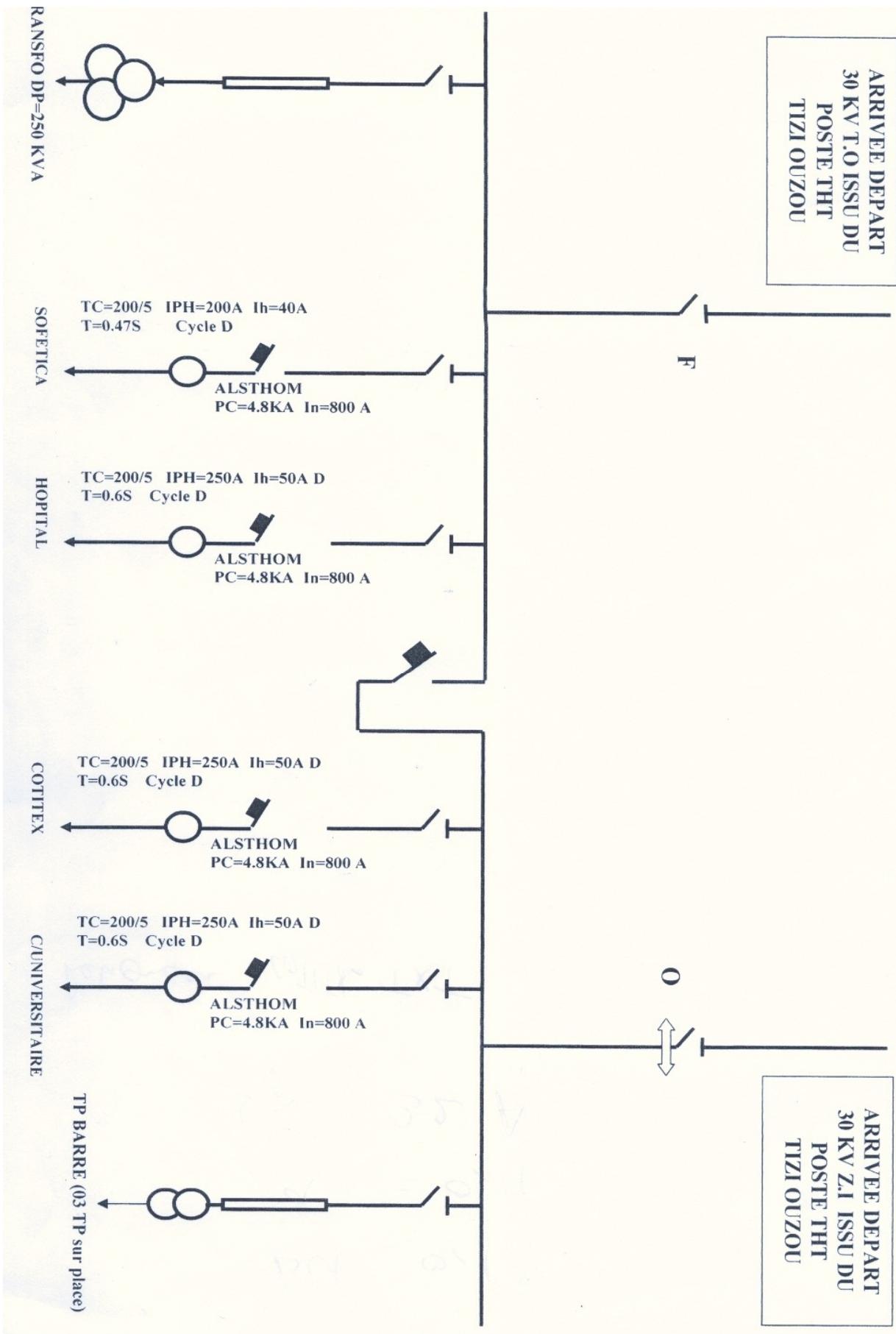
- Température de fonctionnement : 50⁰ C
- Réactance = 0.10 Ω / km
- Facteur de puissance tel que tgφ = 0.5 (cosφ 0.9)

TABLEAU DES MOMENTS ELECTRIQUES ;

		S (mm ²)	r20°C Ω/K M	r50°C Ω/km	R+xtg Ω/km	MT									
						KW. Km									
						M1					M7.5				
						5.5	10	15	20	30	5.5	10	15	15	30
Câble et ligne en conducteur	Cuivre (Ancienne Section)	22	0.832	0.930	0.980	0.31	1.02	2.3	4.1	9.2	2.3	7.7	17	31	69
		30	0.627	0.701	0.751	0.4	1.33	3.0	5.3	12.0	3.0	10.0	22	40	90
		40	0.479	0.535	0.585	0.52	1.71	3.8	6.8	15.4	3.9	12.8	29	51	115
		50	0.379	0.424	0.474	0.64	2.11	4.7	8.4	19.0	4.8	15.8	36	63	140
		75	0.244	0.273	0.323	0.94	3.10	7.0	12.4	27.9	7.0	23.2	52	93	210
		95	0.194	0.217	0.267	1.13	3.75	8.4	15.0	33.7	8.5	28.1	63	110	250
		146	0.157	0.176	0.226	1.34	4.42	10	17.7	39.8	10.0	33.2	75	135	300
		116	0.126	0.141	0.191	1.58	5.24	11.8	20.9	47.1	11.9	39.3	88	155	350
	Aluminium (Nouvel Section)	25	1.2	1.345	1.395	0.22	0.72	1.6	2.9	6.5	1.6	5.4	13	22	48
		35	0.868	0.973	1.023	0.3	0.98	2.2	3.9	8.8	2.2	7.3	16	29	66
		50	0.641	0.718	0.768	0.39	1.3	2.9	5.2	11.7	3	9.8	22	39	88
		70	0.443	0.497	0.547	0.55	1.83	4.1	7.3	16.5	4.1	13.7	31	55	125
		95	0.320	0.359	0.409	0.75	2.44	5.5	9.8	22	5.5	18.3	41	73	165
		120	0.253	0.284	0.334	0.91	2.99	6.7	12.0	26.9	6.8	22.5	51	90	200
		150	0.206	0.231	0.281	1.08	3.56	8	14.2	32.0	8.1	26.7	60	105	240
185		0.164	0.184	0.234	1.29	4.27	9.6	17.1	38.5	9.7	32.1	72	130	290	
240	0.125	0.140	0.190	1.59	5.26	11.8	21.1	47.4	11.9	39.5	89	160	360		
Ligne aérienne	Cuivre	7.1	2.490		2.665	0.11	0.38	0.8	1.5	3.4	0.9	2.8	6	11	25
		12.6	1.40		1.575	0.19	0.63	1.4	2.5	5.7	1.4	4.8	11	19	43
		14.1	1.27		1.445	0.21	0.69	1.6	2.8	6.2	1.6	5.2	12	21	47
		19.6	0.896		1.071	0.28	0.93	2.1	3.7	8.4	2.1	7.0	16	28	63
		22.0	0.816		0.991	0.3	1.01	2.3	4.0	9.1	2.3	7.6	17	30	68
		29.3	0.616		0.791	0.38	1.26	2.8	5.1	11.4	2.9	9.5	21	38	85
		38.2	0.472		0.647	0.47	1.55	3.5	6.2	13.9	3.5	11.6	26	46	105
		48.3	0.373		0.548	0.55	1.82	4.1	7.3	16.4	4.1	13.7	31	55	125
		59.7	0.302		0.477	0.63	2.1	4.7	8.4	18.9	4.8	15.7	35	63	140
		74.9	0.240		0.415	0.73	2.41	5.4	9.6	21.7	5.5	18.1	41	72	165
		93.3	0.193		0.368	0.82	2.72	6.1	10.9	24.5	6.2	20.4	46	86	185
		116.2	0.156		0.331	0.91	3.02	6.8	12.1	27.2	6.9	22.7	51	91	200
	Almelec	22.0	1.50		1.675	0.18	0.60	1.3	2.4	5.4	1.3	4.5	10	18	40
		34.4	0.958		1.133	0.27	0.88	2.0	3.5	7.9	2.0	6.6	15	26	60
		54.6	0.603		0.778	0.39	1.29	2.9	5.1	11.6	2.9	9.6	22	39	87
		75.5	0.438		0.613	0.49	1.63	3.7	6.5	14.7	3.7	12.2	28	49	110
		117	0.283		0.458	0.66	2.18	4.9	8.7	19.7	5.0	16.4	37	66	145
		148.1	0.224		0.399	0.76	2.51	5.6	10.0	22.6	5.7	18.8	42	75	170
		228	0.146		0.321	0.94	3.12	7.0	12.5	28.0	7.1	23.4	53	93	210
	Aluminium m acier	37.7	1.02		1.195	0.25	0.84	1.9	3.3	7.5	1.9	6.3	14	25	56
		59.7	0.765		0.940	0.32	1.06	2.4	4.3	9.6	2.4	8.0	18	32	72
		75.5	0.605		0.780	0.39	1.28	2.9	5.1	11.5	2.9	9.6	22	38	87
		116.2	0.306		0.481	0.63	2.08	4.7	8.3	18.7	4.7	15.6	35	62	140
		147.1	0.243		0.418	0.72	2.39	5.4	9.6	21.5	5.4	17.9	40	72	165
	228	0.157		0.332	0.91	3.01	6.8	12.0	27.1	6.8	22.6	51	90	200	



POSTE MT/MT N°214 TIZI OUZOU (Départs souterrains)



POSTE 220/60/30 TIZI OUZOU

(Tous les départs sont en aérien)

TRANSFORMATEUR 5

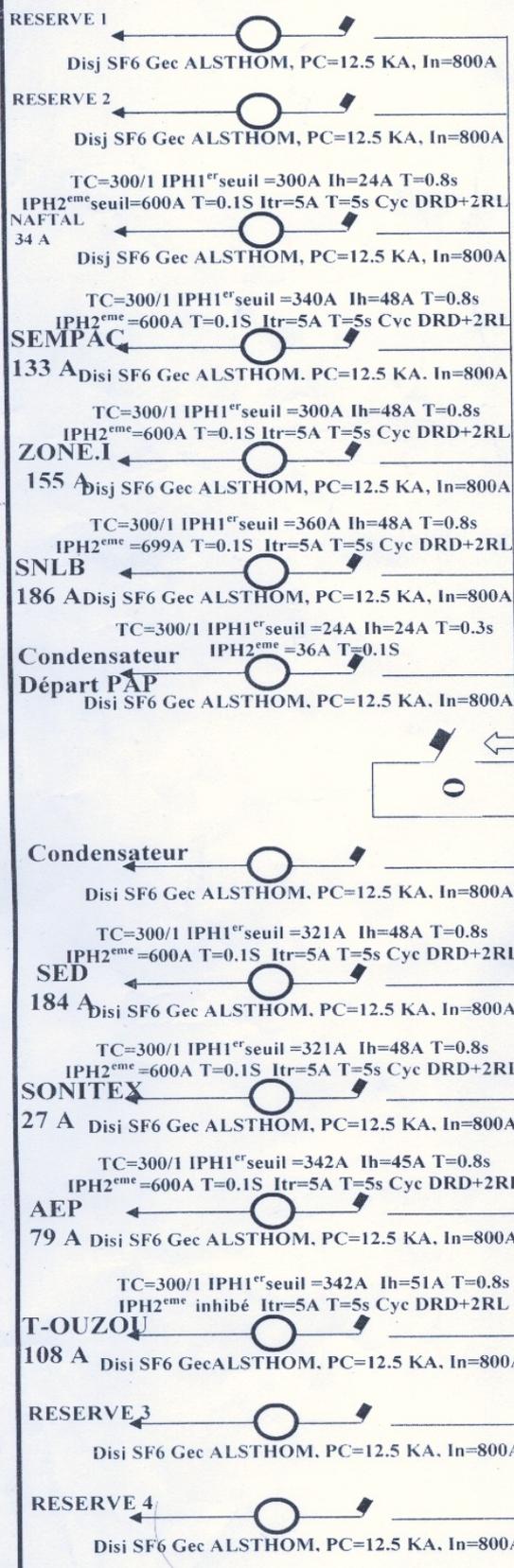
P = 40 MVA
U _{cc} = 9,8 %
Charge = 565 A
PMA = 33,72 MVA
Neutre MT
I = 60 A
T = 1,5 s

03 TP BARRE

03 TP BARRE

TRANSFORMATEUR 4

P = 40 MVA
U _{cc} = 9,8 %
Charge = 477 A
PMA = 27,56 MVA
Neutre MT
I = 60 A
T = 1,5 s



POSTE 60/30 BOUKHILIFA

(04 départs souterrains : Pompage, CFPA, ENIEM et BDL)

