

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'Electrotechnique

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Electrique

Spécialité : ELECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE

Présenté par
Terkia NABECHE

Fatima TEZKRATT

Thème

**Restructuration du réseau électrique MT de la
région de Fréha pour alimentation du pôle
d'excellence de Tamda**

Mémoire soutenu publiquement le 28 septembre 2014 devant le jury composé de :

M Meziane AOUES

Maitre Assistant Classe A ,UMMTO, Président

M Yazid AZZOUG

Maitre Assistant Classe A ,UMMTO, Rapporteur

M Boukhalfa AIT MANGUELLET

Maitre Assistant Classe A ,UMMTO, Examineur

M Djafar LAGAB

Chef de Service ,SONELGAZ co-promoteur

M Ahmed NAHI

Maitre Assistant Classe A ,UMMTO, Examineur



Remerciements

On remercie DIEU pour nous avoir donné la santé et le courage pour inspirer la connaissance et le savoir.

Au terme de la réalisation de ce mémoire, nous tenons à présenter nos remerciement les plus sincères à notre

Promoteur Mr AZZOUG, et à notre Co-promoteur Mr

LAGAB pour ces encouragements et ses conseils

Ainsi que les membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail, enfin nous témoignons notre gratitude à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin

à la réalisation de cet humble mémoire.

Dédicaces

Je dédie modeste travail à la mémoire de mes parents qui ont toujours crus en moi et qui mon toujours encouragé, je ne saurais exprimer mon regret de ne pas les avoir parmi nous aujourd'hui.

A mes très chers frères Mouhamed et Kamel.

A mes chères sœurs Farida et Ourdia.

A ma sœur Nadia et son fils Massi.

A ma sœur Djamila, son mari Said et leurs fils Koussaila et toute la famille.

A tous mes amis, essentiellement ma binôme Terkia et tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin.

A la promotion ETH professionnel 2013/2014.

TEZKRATT-F

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon père, je ne saurais exprimer mon regret de ne pas l'avoir parmi nous aujourd'hui, puisse-t-il reposer en paix.

À ma très chère mère à qui je dois tout ce que je suis devenue.

À ma sœur El djazira et son mari Mourad

À ma sœur Baya et son mari Omar.

À mon cher amour.

À tous mes amis, et à la promotion ETH 2013/2014.

À tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin.

NABECHE-T



Sommaire

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre I Généralités sur les réseaux électriques	
Introduction.....	2
I.1- Production de l'énergie électrique.....	3
I.2- Les différentes centrales électriques.....	3
I.2.1- Centrale thermique.....	3
I.2.4- Centrale solaire.....	6
I.2.5- Centrale éolienne.....	6
I.3- Organisation des réseaux électriques.....	7
I.3.1- Catégorie de réseau électrique.....	7
I.3.1.1- Réseau de transport et d'interconnexion.....	7
I.3.1.2- Réseau de répartition.....	8
I.3.1.2- Le réseau de distribution.....	9
I.3.2- Les structures d'un réseau.....	9
I.3.2.1- Réseau maillé :.....	9
I.3.2.1- Réseau bouclé.....	10
I.3.2.2- Réseau radial.....	11
I.3.3- Réseau moyenne tension.....	12
I.3.3.1- Différentes structures des réseaux moyenne tension.....	12
I.3.3.2- Différents types d'exploitation des réseaux moyenne tension.....	14
I.4- Les postes électriques.....	19
I.4.1- Définition d'un poste électrique.....	19
I.4.2- Appareillage d'un poste électrique.....	20
I.4.2.1- Jeu de barres.....	20
I.4.2.2- Sectionneurs.....	21
I.4.2.3- Disjoncteurs :.....	21
I.4.3- Les différents types des postes.....	22
I.4.3.1- Selon les fonctions assurées.....	22
I.4.3.2- Selon les puissances transmises.....	23
a) Postes HTB/HTA.....	23
b) Postes HTA/HTA.....	25
c) Poste HTA/BT.....	26

I.5- Les lignes électriques	27
I.5.1- Lignes de distribution BT	27
I.5.2- Lignes de distribution MT	28
I.5.3- Lignes de transport HT	28
I.5.3- Les lignes de transport THT	28
I.6- Schéma unifilaire d'un réseau moyen tension.....	29
Conclusion.....	29
 Chapitre II Calcul des chutes de tension	
Introduction	30
II.1- Méthode de calcul des chutes de tension	30
II.1.1- Méthode générale (théorie des quadripôles).....	30
II.1.1.1- Lignes à constantes réparties	30
II.1.1.2- Approximation de la ligne par des impédances localisées	31
II.1.1.3- Calcul des constantes linéiques.....	36
II.1.2- Méthode de séparation des puissances active et réactive	41
II.1.2.1- Méthode par approximation successive	41
II.1.2.2- Formules directes	42
II.1.2.3- Méthode simplifiée	44
II.1.3- Méthode des moments électrique	45
II.1.3.1- Chute de tension absolue	45
II.1.3.2- Chute de tension relative.....	45
II.1.3.3- Moment électrique d'une charge :	46
Conclusion	47
 ChapitreIII Présentaion du réseau actuel	
Introduction	48
III.1- Présentation du réseau actuel.....	48
III.1.1- Données globales	48
III.2- Historique et description des postes	49
III.2.1- Historique des postes	49
III.3- Présentation des postes	50
III.3.1- Poste source THT Oued-Aissi 220/60/30 KV	50
III.3.2- Poste source FREHA 60/30 KV.....	51
III.3.3- Poste source Boukhalfa 60/30 KV	51

III.3.4- Poste source de DBK 60/30 KV.....	51
III.3.5- Poste source de Souk El Djemaa (SED) 60/30 KV.....	52
III.3.6- Poste source de Tizi Medden (TIM) 60/30 KV	52
III.4- Description de ces deux départs.....	53
III.4.1- Description du départ 30KV Briqueterie issu du poste source Fréha	53
III.4.2- Description de départ 30KV Sempac issu du poste source OUED AISSI.....	54
III.5- Présentation du site (pôle d'excellence sis TAMDA)	55
Conclusion	56
 Chapitre IV Application	
Introduction	58
IV.1 Collecte des données.....	59
IV.1.1 Les données physiques du réseau.....	59
IV.1.2 Les données dynamiques.....	60
IV.2 Calcul des chutes de tension pour les deux départs (briqueterie et sempac) en utilisant la méthode des moments	62
IV.3 Présentation de logiciel de calcul CARA.....	65
IV.3.1 Organigramme de résolution [3]	66
IV.3.2 Organigramme du logiciel [3].....	67
IV.3.3 Hypothèses de calcul [3]	68
IV.3.4 Exploitation des résultats	68
IV.4 Résultat de l'application	69
IV.4.1 Etat de réseau en hiver 2013	69
IV.4.2 Evolution de la charge des deux départs (2013-2017).....	70
IV.1.2 Etude de la solution proposée.....	71
Conclusion	73
Conclusion générale	74



Introduction générale

Introduction Générale

Introduction générale

La demande en énergie électrique ne cesse d'augmenter, c'est l'un des principaux éléments auquel on accord une importance majeure du fait que son rôle dans le développement économique est primordial.

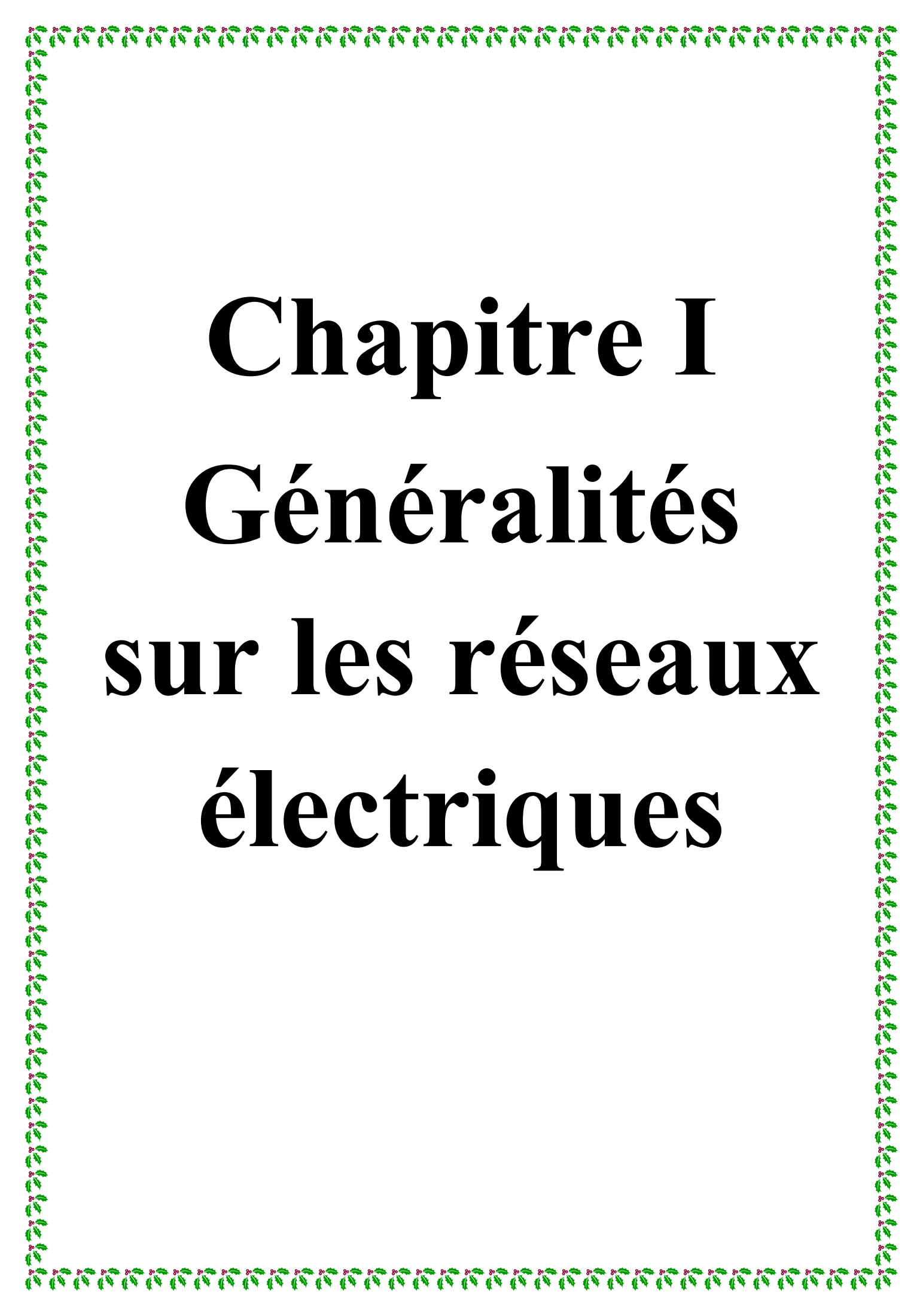
A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable mais la disponibilité de l'énergie électrique ne dépend pas uniquement de sa production mais aussi des moyens de son transport et de sa distribution qui constituent les réseaux électriques. Ces derniers sont souvent soumis à plusieurs contraintes telles que les agressions de la nature, l'exploitation anarchique de l'homme et l'accroissement de la consommation en énergie électrique. De ce fait, vient nécessiter de développer et d'améliorer ces réseaux afin de répondre à la consommation croissante d'électricité, pour cela des usines (centrales électriques) sont construites et d'autre améliorées pour être capables de produire de l'électricité en grande quantité, Qui sera acheminée jusqu'au consommateur.

L'objectif de notre mémoire est l'alimentation en énergie électrique du pôle d'excellence de TAMDA d'une puissance de 6MVA. Cette région est actuellement alimentée par le départ 30 KV briqueterie sortant du poste source 60/30 KV FREHA, et suite à l'évolution de la charge et celle de la longueur, ce départ 30 KV briqueterie sera saturé dans peu de temps.

A cet effet, la (SDC/DDTO) a prévu une restructuration dans cette région, ce qui permettra de soulager le réseau HTA 30KV et de rendre meilleure la qualité du service.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres. Après une introduction générale le premier chapitre est consacré aux généralités sur les réseaux électriques, le deuxième chapitre sera consacré aux notions de calculs des chutes de tensions dans un réseau électrique, le troisième chapitre est consacré à la présentation du réseau actuel et le dernier chapitre est réservé à notre application

Nous terminons le mémoire par une conclusion générale.



Chapitre I

Généralités

sur les réseaux

électriques

Introduction

L'énergie électrique est produite en même temps qu'elle est consommée, donc en permanence la production doit s'adapter à la consommation. De ce fait ensemble production, acheminement, utilisation constitue un système complexe appelé réseau électrique.

Le réseau est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques, qui permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production-transport-consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

I.1- Production de l'énergie électrique

L'électricité est la forme d'énergie la plus utilisée dans le monde. Elle existe à l'état naturel : la foudre. Hélas personne n'a jamais réussi à exploiter sa puissance phénoménale, alors nous produisons l'électricité. Les méthodes les plus utilisées sont : l'hydroélectricité, l'électricité nucléaire, l'électricité solaire et l'électricité éolienne

I.2- Les différentes centrales électriques

Une centrale de production d'énergie électrique est un site industriel qui produit de l'électricité selon la demande. Les centrales électriques transforment des sources d'énergie naturelles en énergie électrique, afin d'alimenter en électricité des consommateurs, particuliers ou industriels relativement lointains. On distingue Cinq types de centrales de production d'énergie électrique:

- Centrales thermiques classiques.
- Centrales nucléaires.
- Centrales hydroélectriques.
- Centrales solaires ou photovoltaïques.
- Centrales éoliennes.

I.2.1- Centrale thermique

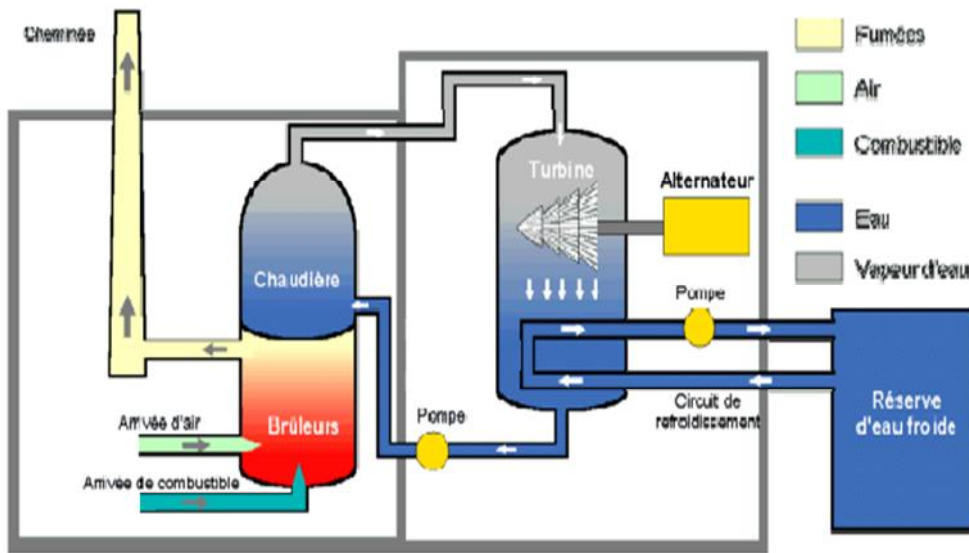


Figure I.1 : Centrale thermique

L'énergie électrique dans ce type de centrale est produite à partir de la combustion d'un carburant où la chaleur dégagée par cette réaction est utilisée dans des turbines à vapeur qui sont couplées à des générateurs d'électricité ; on les trouve souvent près de la mer, des rivières et des lacs, vu la grande quantité d'eau nécessaire pour leur refroidissement et la condensation de la vapeur sortante.

I.2.2- Centrale nucléaire

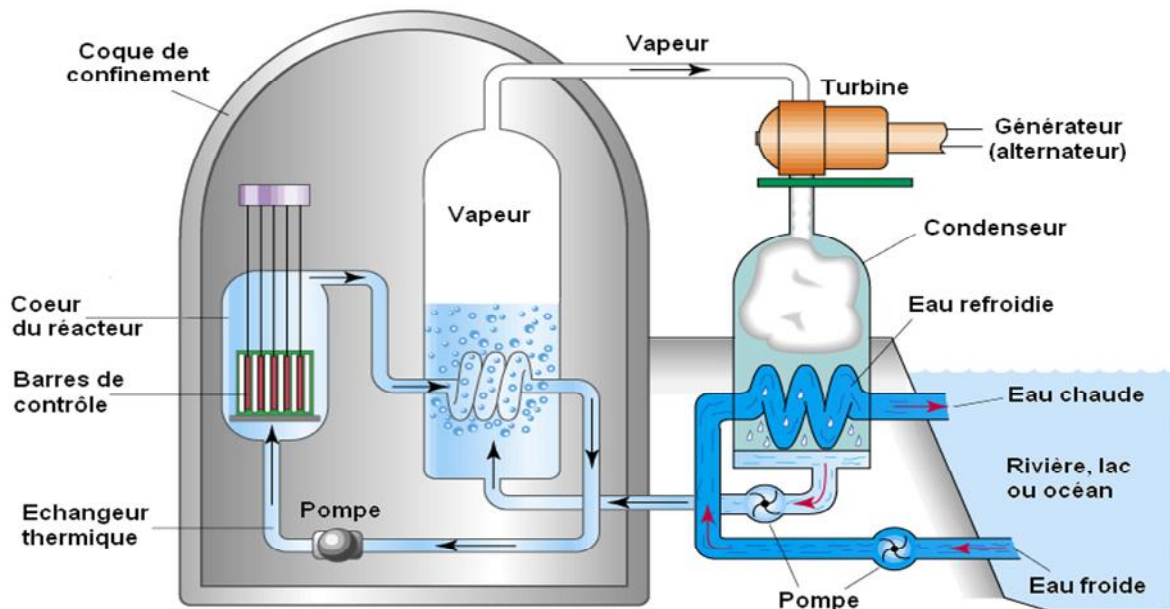


Figure I.2 : Centrale nucléaire.

Ces centrales utilisent aussi 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 mondiale.

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

I.2.3- Centrale hydraulique

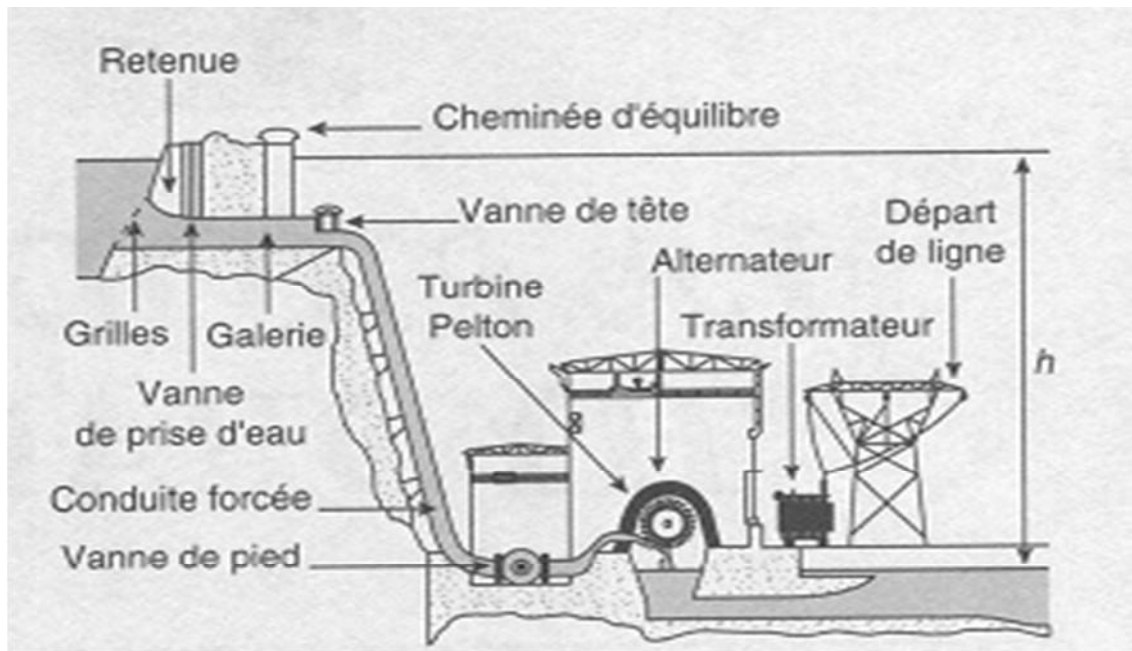


Figure I.3 : Centrale hydraulique.

Les centrales hydro-électriques utilisent le principe de la conversion de l'énergie de l'eau en mouvement 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 ; la puissance que l'on peut tirer d'une chute dépend de la hauteur de la chute et du débit du cours d'eau, on distingue d'après la hauteur des chutes d'eau :

- Les usines de basses chutes $10 \leq h \leq 30 \text{ m}$
- Les usines de moyennes chutes $30 \leq h \leq 120 \text{ m}$
- Les usines de hautes chutes $h \geq 120 \text{ m}$

I.2.4- Centrale solaire



Figure I.4 : Centrale solaire.

Cette centrale produit de l'électricité avec l'énergie solaire, elle utilise les rayonnements lumineux de soleil, qui sont directement transformer en un courant électrique par des cellules à base de silicium ou autre matériaux ayant des propriétés de conversion lumières/électricité. Chaque cellule délivrant une faible tension, les cellules sont assemblées en panneaux.

Ce système bien que le rendement soit faible, est très simple à mettre en œuvre et particulièrement léger. Ce type est très utilisé pour alimenter des sites isolés en association avec un système de stockage.

I.2.5- Centrale éolienne



Figure I.5 : Centrale éolienne.

Dans une centrale éolienne l'énergie électrique est produite directement par des génératrices éoliennes. Ces machines sont formées d'un mât, surmonté d'un générateur électrique entraîné par des hélices. 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.3- Organisation des réseaux électriques

Pour réaliser la liaison entre la production et la consommation, il est nécessaire d'établir des lignes aériennes et des canalisations souterraines. Les lignes sont raccordées à des nœuds appelés postes. Ces postes particulièrement importants, comportant les transformateurs et les dispositifs de contrôle, de réglage et de protection.

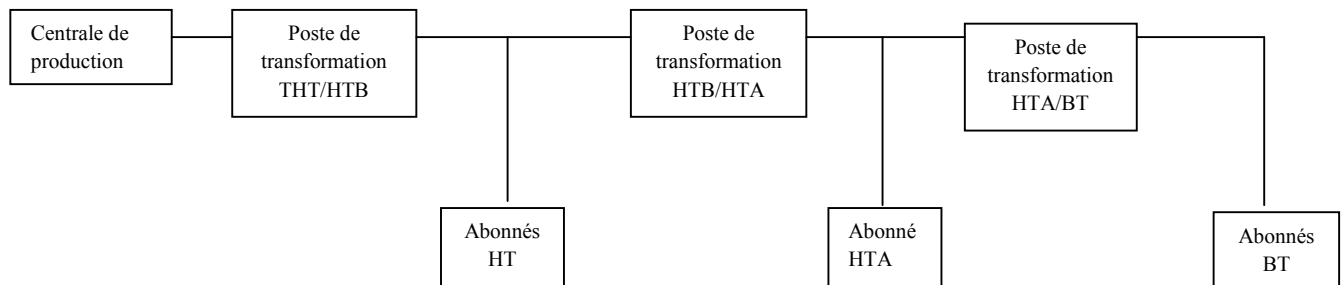


Figure I.6 : Schéma simplifié d'un réseau électrique

I.3.1- Catégories des réseaux électriques

Les compagnies d'électricité divisent leur réseau en trois grandes catégories :

I.3.1.1- Réseau de transport et d'interconnexion

C'est le réseau utilisé dans les centrales ainsi que les lignes et les postes de transformation issus de celle-ci. Il est capable de transporter l'énergie électrique sur de grandes distances.

Il assure :

- L'acheminement de l'électricité des centrales de production aux grandes zones de consommation ;
- L'interconnexion nationale qui gère les centres de production en orientant la production en fonction de l'évolution de la demande selon sa répartition géographique et temporelle ;

- L'interconnexion internationale permettant de gérer des flux d'énergie entre les pays en fonction de la demande de puissance et des pics de consommation de chaque pays ;

L'interconnexion du réseau présente principalement trois avantages :

a) La stabilité

Les réseaux interconnectés forment un ensemble qui est plus 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.

b) 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.

c) 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 leurs rendements maximums. L'inconvénient principal de l'interconnexion devient la nécessité d'une même fréquence pour toutes les centrales interconnectées et des relations très rigides qui relient les tensions de dispositifs. Ainsi, tout incident susceptible peut perturber l'ensemble.

1.3.1.2- Réseau de répartition

Les réseaux de répartition sont à haute tension, leur but est d'assurer à l'échelle régionale la fourniture d'électricité. L'énergie y est injectée essentiellement par le réseau de transport via des transformateurs, mais aussi par des centrales électriques de moyennes puissances.

Les réseaux de répartition sont distribués de manière assez homogène sur le territoire d'une région et leur structure est essentiellement aérienne. Par contre, lorsqu'ils sont proches des villes, les lignes deviennent des câbles enterrés.

1.3.1.2- Le réseau de distribution

Les réseaux de distribution ont pour but d'alimenter l'ensemble des consommateurs tout en réalisant le moins de pertes possibles. Il existe deux sous niveaux de tension:

a) Le réseau de distribution à moyenne tension (01KV à 50KV)

Ces réseaux sont alimentés par les postes HTA ou HTB et à leurs tour alimentent HTA, BT. Ils peuvent être souterrains avec une structure à un seul ordre de ligne et exploités en boucle ouverte permettant ainsi la continuité de l'alimentation en cas d'incident ; ou bien aériens à structure arborescente et dont les départs des lignes sont protégés par des disjoncteurs.

Telle que :

- HTA : Moyenne Tension.
- HTB : Haute Tension.
- BT : Basse Tension.

b) Le réseau de distribution à basse tension (120V à 600V)

C'est le réseau qui alimente la clientèle en basse tension (220V à 380V), il peut être aérien ou souterrain.

Contrairement aux réseaux de transport et de répartition, les réseaux de distribution présentent une grande diversité de solutions techniques à la fois selon les pays concernés, ainsi que selon la densité de population.

I.3.2- Les structures d'un réseau

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

Le choix de l'architecture sera donc fait pour chaque application sur le critère de l'optimum technico-économique

I.3.2.1- Réseau maillé

Utilisé généralement pour le transport, un réseau maillé est un réseau où des liaisons qui forment des boucles, réalisant une structure en mailles d'un filet. La figure (I.8) montre l'exemple d'un réseau maillé.

a) Avantages

Le réseau maillé est caractérisé par :

- Une grande sécurité d'exploitation ;
- Une chute de tension réduite.

b) Inconvénients

- Le coût de réalisation est énorme ;
- Nécessité des protections sophistiquées.

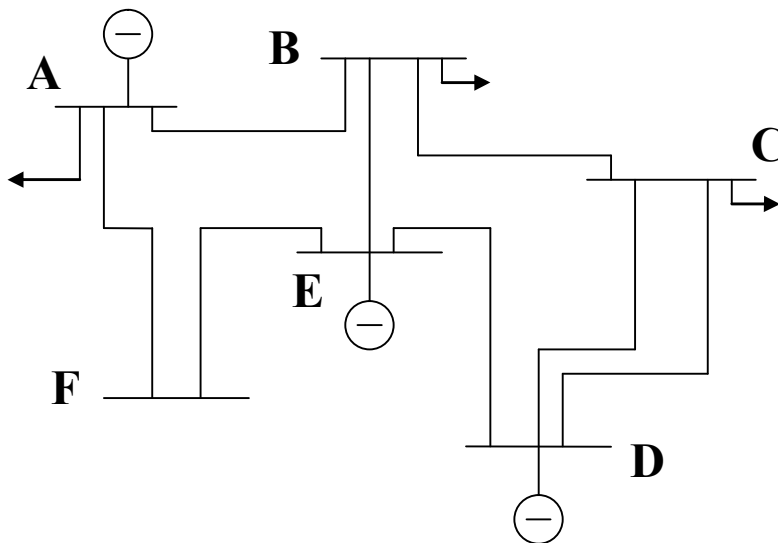


Figure I.7 : Réseau maillé.

I.3.2.1- Réseau bouclé

Ce sont des réseaux maillés simplifiés, présentant un certain nombre de boucles fermées, chacune de ces boucles contenant un nombre limité de sources. L'énergie peut transiter alors par des chemins différents, et la mise hors tension accidentelle d'un tronçon n'entraîne pas de surcharges inadmissibles pour les autres tronçons. Les réseaux bouclés sont généralement utilisés pour les réseaux de répartition. La figure (I. 9) montre un exemple d'un réseau bouclé.

a) Avantages

- Grande continuité de service ;
- Un bon rendement ;

- Faible chute de tension.

b) Inconvénients

- Forts courants de court-circuit ;
- Plus onéreux et plus difficile à exploiter que le précédent.

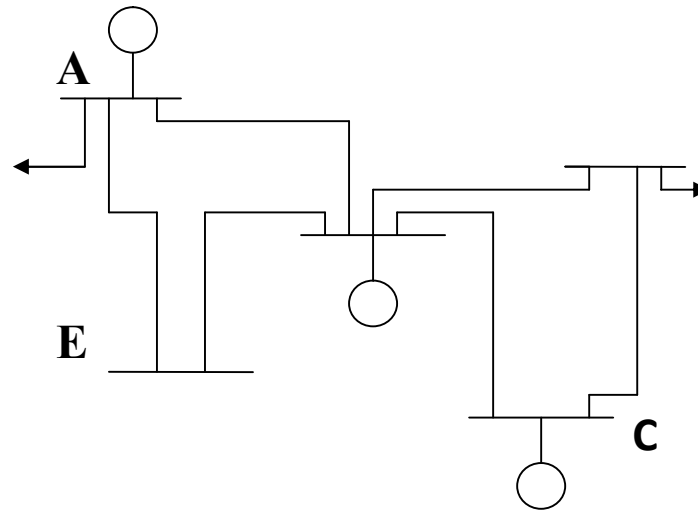


Figure I.8 : Réseau bouclé.

○ Poste de répartition

I.3.2.2- Réseau radial

Les réseaux radiaux sont exploités débouclés. La sécurité d'alimentation, bien qu'inférieure à celle de la structure maillés, reste élevée.

On rencontre deux structures principales :

- En coupure d'artère : typique des réseaux souterrains. Ces réseaux sont conçus pour un éventuel fonctionnement en boucle ;
- Structure arborescente ; typique des réseaux ruraux aériens. Ces réseaux comportent des points de bouclage pour assurer un secours par la moyenne tension.

La figure « I. 6 » et la figure « I.7 » montrent un exemple d'un réseau radial.

a) Avantages

- Facile à étudier et à construire ;
- Pour effectuer des travaux, il suffit d'ouvrir l'appareil (sectionneur, interrupteur ...) placé au début du réseau.

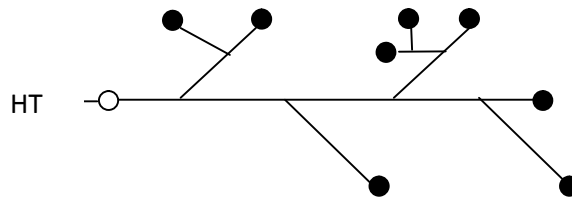
b) Inconvénients

- Des grandes chutes de tension pour les longueurs dépassant 500m ;
- La mise hors tension des consommateurs en cas d'une panne en tête de ligne.

**Figure I.9 : Structure en coupure d'artère.**

● Poste de distribution

○ Poste de répartition

**Figure I.10 : Réseau radial.****I.3.3- Réseau moyenne tension**

Les réseaux à moyenne tension, ont généralement, une structure arborescente. Les protections sont simples et peu coûteuses. Le courant parcourt une artère sur laquelle sont reliées directement des branches de dérivation au bout desquelles se trouvent les postes MT/BT de distribution publique.

- MT : Moyenne Tension
- BT : Basse Tension

I.3.3.1- Différentes structures des réseaux moyenne tension

Ces réseaux sont exploités selon différentes configurations : en simple dérivation, en coupure d'artère ou bien en double dérivation.

a) Configuration en simple dérivation

Son principe de fonctionnement est à une seule voie d'alimentation, tous les points de consommation sont alimentés par un seul chemin électrique possible. Il est de type arborescent. Cette arborescence se déroule à partir du point d'alimentation constitué de poste de distribution HT/MT et s'étale jusqu'aux consommateurs MT ou BT.

Cette disposition est particulièrement utilisée pour la distribution de la moyenne tension en milieu rural. La figure « I.11 » illustre la configuration simple dérivation.

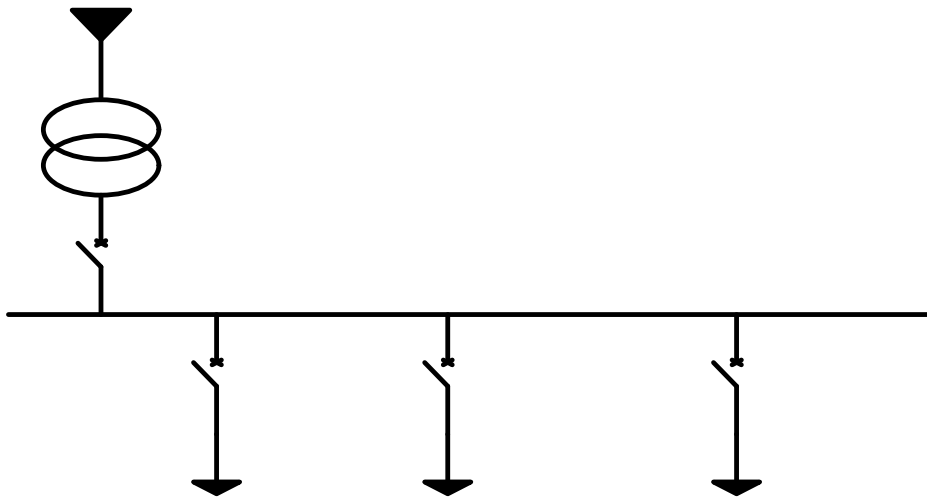


Figure I.11 : Réseau moyenne tension en simple dérivation.

b) Réseau en coupure d'artère

Son principe de fonctionnement est à deux voies d'alimentation. Tous les points de consommation sont alimentés par deux chemins électriques dont seulement un est effectif. Cette disposition est souvent utilisée en zone urbaine à forte densité.

La figure « I.12 » illustre la configuration en coupure d'artère.

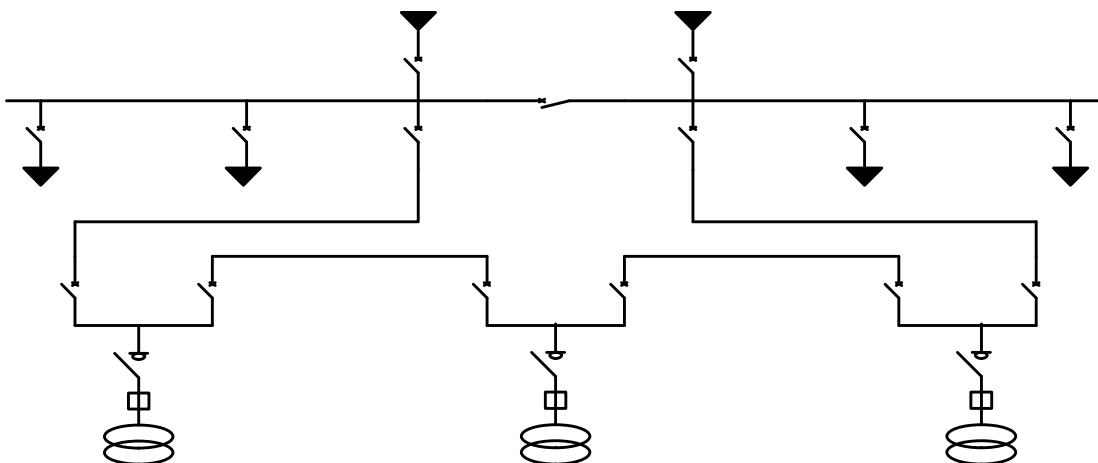


Figure I.12 : Réseau moyenne tension en coupure d'artère.

c) Réseau en double dérivation

Le principe de cette disposition est basé sur le fait que le réseau moyen tension est doublé.

Il est constitué de deux circuits (a) et (b). Chaque poste MT/BT est alimenté par ces deux circuits, mais seul un est effectif. Ces réseaux à double dérivation sont équipés d'un automatisme qui permet la permutation automatique en cas de manque de tension dans l'une des arrivées.

Cette disposition est souvent utilisée en zone urbaine à forte densité. Voir la figure « I.13 ».

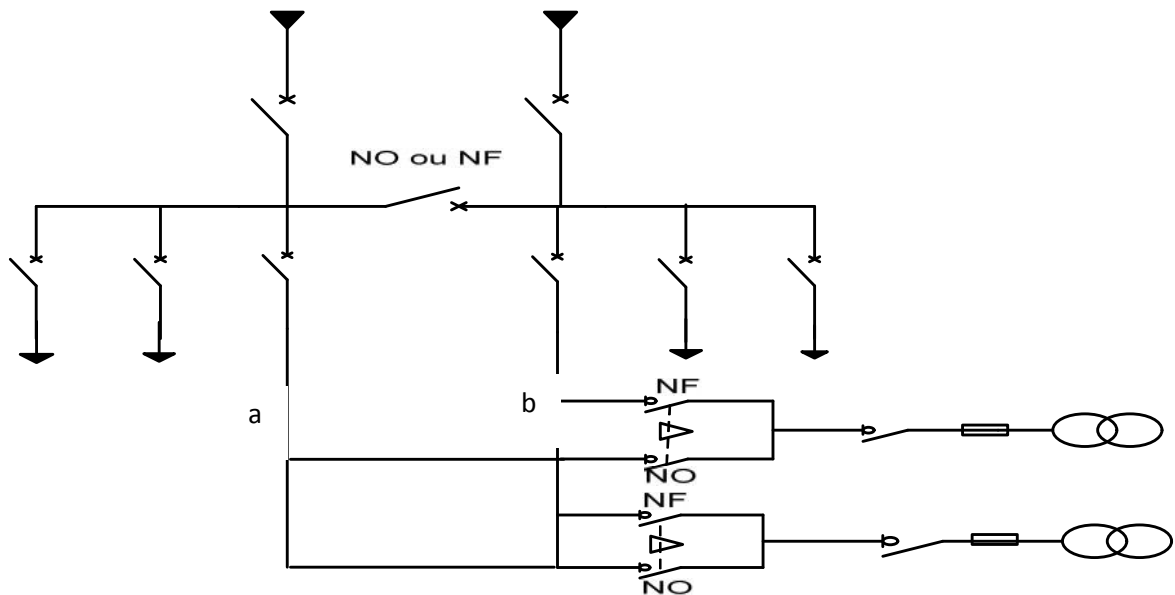


Figure I.13 : Réseau moyenne tension en double dérivation.

I.3.3.2- Différents types d'exploitation des réseaux moyenne tension

Les réseaux moyenne tension sont exploités suivant deux configurations, celle des réseaux aériens et celle des réseaux souterrains :

a) Réseaux aériens moyenne tension (MTA)

Les réseaux MT aériens sont majoritaires en zones rurales, leurs structure est arborescente à deux ordres de lignes : dorsale et dérivation.

Les lignes MTA sont protégées par des disjoncteurs placés en tête des départs, au niveau des postes sources. Le rôle de ces équipements est le pouvoir de coupure en cas de défaut sur la ligne.

Les réseaux MTA (les lignes aériennes), malgré leurs vulnérabilités aux intempéries sont économiques et accessibles, ce qui limite, en cas de défaillance, le temps de réparation.

Le réseau MTA est à neutre non distribué, celui-ci est mis à la terre au niveau des postes sources à travers une résistance limitant le courant de défaut à 300A.

MTA : Moyenne Tension (réseau Aérien)

➤ Nature et sections des conducteurs

Généralement ces conducteurs sont en aluminium ou en alliage d'aluminium. Ils sont supportés, par des isolateurs en verre ou en porcelaine rigides et suspendus, accrochés aux pylônes d'une hauteur de 10 à 12 mètres.

Ces sections se justifient par leur aptitude à alimenter les charges de ce type de réseau en regard des différentes contraintes (tenue au court-circuit, capacité, chute de tension et tenue mécanique).

La nature et les sections des conducteurs à utiliser sont données dans le tableau 1.

Tableau N° 1: Nature et sections des conducteurs.

Lignes	Nature	Sections (mm ²)	Limite thermique ⁽¹⁾ (A)
Dorsale	Alliage AL	93.3	270
Dérivation	Alliage AL	34.4	140

(1) Valeurs rapportées à la température ambiante de 40°C et température du conducteur de phase de 70°C.

b) Réseaux souterrains moyenne tension (MTS)

La structure des réseaux MTS est à un seul type de ligne, la dorsale est exploitée en radiale. La constitution de ces réseaux MTS (faible longueur et forte section des conducteurs).

Réduite les chutes de tension. De ce fait, et en tenant compte de l'importance des incidents (charge coupée et durée d'interruption plus élevée qu'en réseau aérien), une réalimentation est donc prévue soit par les réseaux voisins ou par des câbles de secours.

MTS : Moyenne Tension (les lignes Souterraines)

➤ **Nature et sections des conducteurs**

Tableau N° 2 : Nature et sections des conducteurs.

Réseau (KV)	Conducteur	Section (mm ²)	Limite thermique ⁽¹⁾ (A)
10	Cuivre	120	300
	Aluminium	180	
30	Cuivre	70	230

a.1- Structures utilisables en réseaux souterrains

❖ **Structure maillée**

Elle permet la réalimentation en cas d'indisponibilité d'un tronçon ou d'un poste MT/BT, l'élimination de l'élément défectueux. Mais son inconvénient est de non utiliser les câbles que partiellement par rapport à leur capacité. Elle exige, de plus, un point commun par paire de câble et demande une surveillance continue du réseau en fonction de l'accroissement de la charge. Cette structure est abandonnée compte tenu de ces inconvénients. Voir figure « I.14 ».

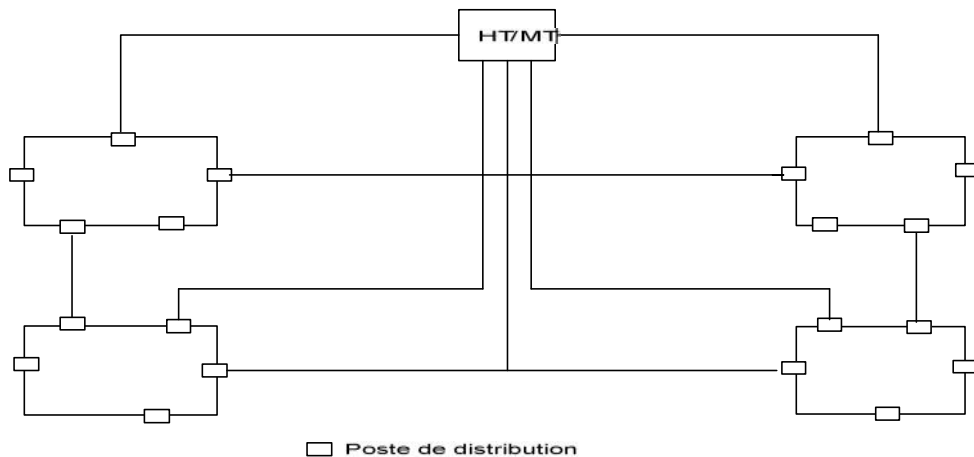


Figure I.14 : Schéma de structure maillée.

❖ **Structure à artère source à source**

Les câbles sont issus de deux sources distinctes. Cette structure est cependant utilisée dans le cas des postes HT/MT ou la puissance ne peut être garantie. Cette solution

limite la charge à la moitié de la capacité des câbles de distribution .Le secours dans cette structure est assuré par les câbles contigus durant leur première exploitation.

Cette structure peut se développer dès que la charge croît vers un cas particulier de la structure fuseau avec un câble de secours et une liaison par un câble entre les différents points d'ouverture. Ce câble est installé pour éviter la limitation des courants à des seuils très inférieurs aux capacités thermiques des conducteurs.

L'utilisation d'un deuxième câble de secours n'est pas justifiée même en cas d'incident affectant simultanément les deux câbles. Le gain en énergie non distribuée qu'il procure est minime par rapport au coût d'un deuxième câble de secours. Voir figure « I.15 ».

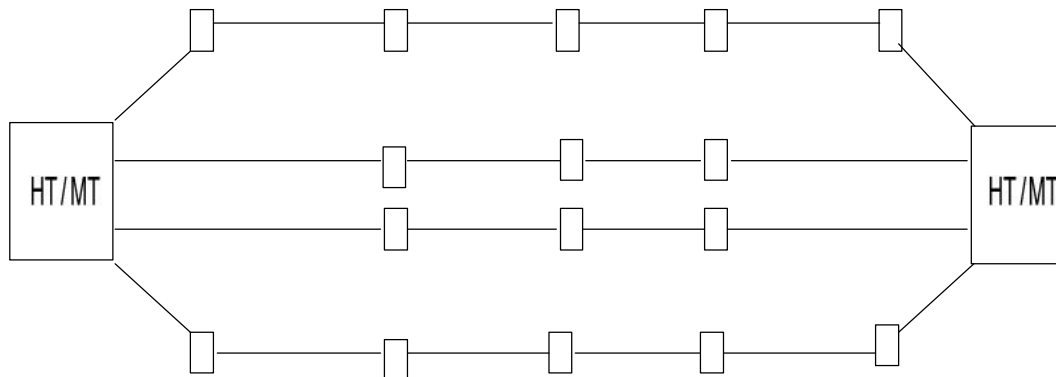



Figure I.15 : Schéma de structure source à source.

 Poste de distribution

❖ Structure en épi

Chaque câble de distribution est rabattu à son extrémité au câble de secours. Le point de connexion, en générale, est un poste de distribution publique alimenté soit par le câble de distribution, soit par un câble de secours. Cette structure permet une meilleure utilisation des câbles par rapport aux deux structures précédentes. Voir figure « I.16 ».

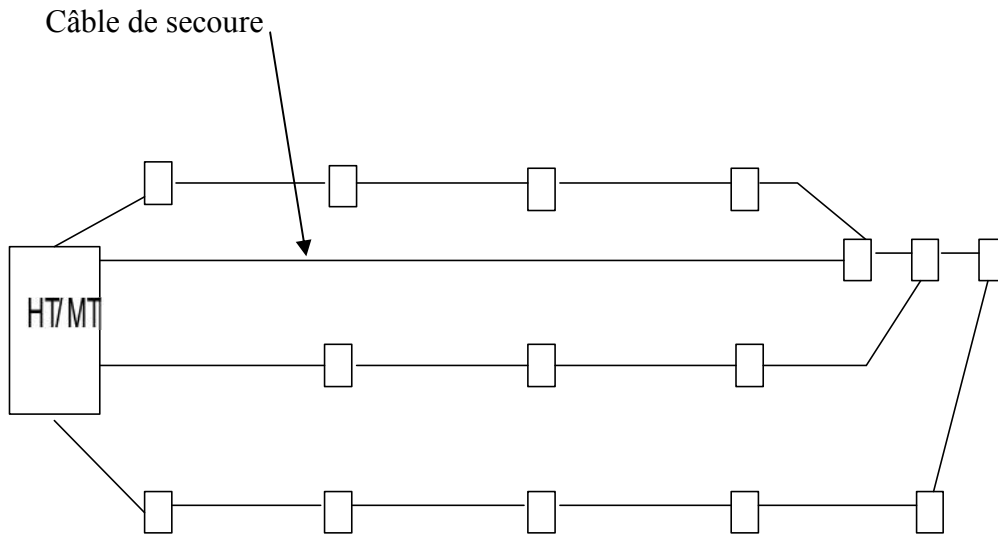


Figure I.16 : Schéma de structure en épi.

□ Poste de distribution

❖ **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 à un point unique permettant de secourir chacun de ces derniers et contribuer à une reprise rapide du service par la diminution des durées d'interruption. Elle s'intègre bien dans les réseaux existant et permet une pose progressive des câbles, en particulier celle de câble de secours. Voir figure « I.17 ».

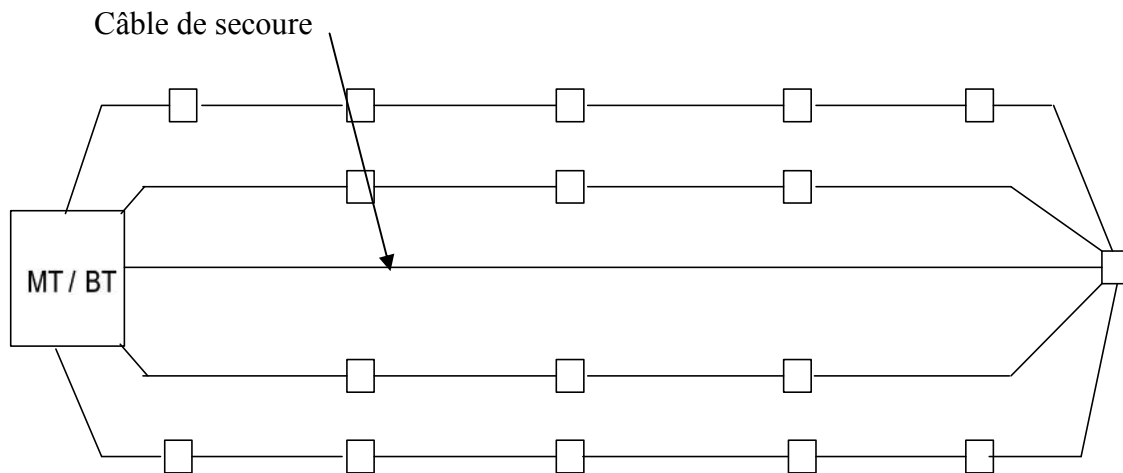


Figure I.17 : Schéma de structure en fuseau.

Sachant que le poste électrique est l'un des éléments constitutifs de réseau électrique, et que l'alimentation d'une installation électrique est effectuée à l'aide d'un poste de transformation, nous allons dans cette partie définir le poste électrique et ces types.

I.4- Les postes électriques

I.4.1- Définition d'un poste électrique

Selon la commission électrotechnique internationale, un poste électrique est la (partie d'un réseau électrique, qui sert à transporter ou à distribuer ou même à interconnecter les réseaux entre eux).

Donc un poste électrique est un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de l'abaisser en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels). Donc les postes électriques se trouvent aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution.

Pour la transmission de l'énergie électrique, il est économiquement intéressant d'augmenter la tension, afin de limiter les pertes d'énergie par effet joule. En effet à puissance délivrée constante, plus la tension est élevée et plus l'intensité passant dans les câbles est faible, donc moins d'échauffement, ce qui permet de réduire la section des câbles, d'où une économie considérable. Les niveaux utilisés pour les transmissions à grande distance sont généralement entre 400 kV et 800 kV, qualifiés de très haute tension (dénomination actuelle : haute tension B). La tension est ensuite réduite pour une consommation à un niveau de tension usuel, en Algérie 220 V.

La structure générale d'un poste électrique

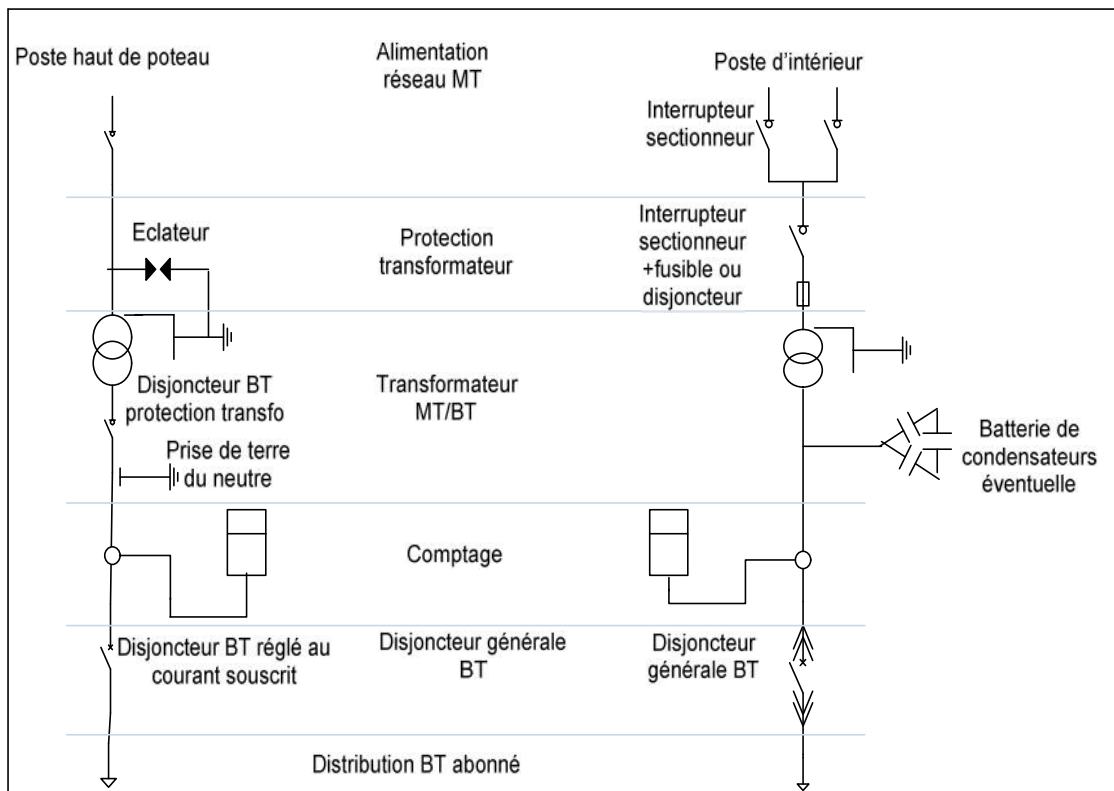


Figure I.18 : Structure d'un poste électrique.

I.4.2- Appareillage d'un poste électrique

La plupart des postes de transformations, y compris ceux affectés aux réseaux de transport, comprennent les parties suivantes :

I.4.2.1- Jeu de barres

Le terme officiel est barre omnibus, mais il n'est guère employé selon la définition donnée par la commission électrotechnique internationale.

Tous les transformateurs de puissances d'un poste et toutes les lignes de même tension sont raccordés à un circuit triphasé appelé « jeu de barres ». Un jeu de barres est constitué de trois tubes creux en alliage d'Aluminium (Almélec) supportés par des colonnes isolantes (en céramique vernie). Chaque jeu de barres omnibus règne sur toute la longueur du poste. Ils peuvent être découpés en tronçons équipés chacun de réducteur de tension (contrôle de la tension de référence lors des manœuvres de synchronisation).

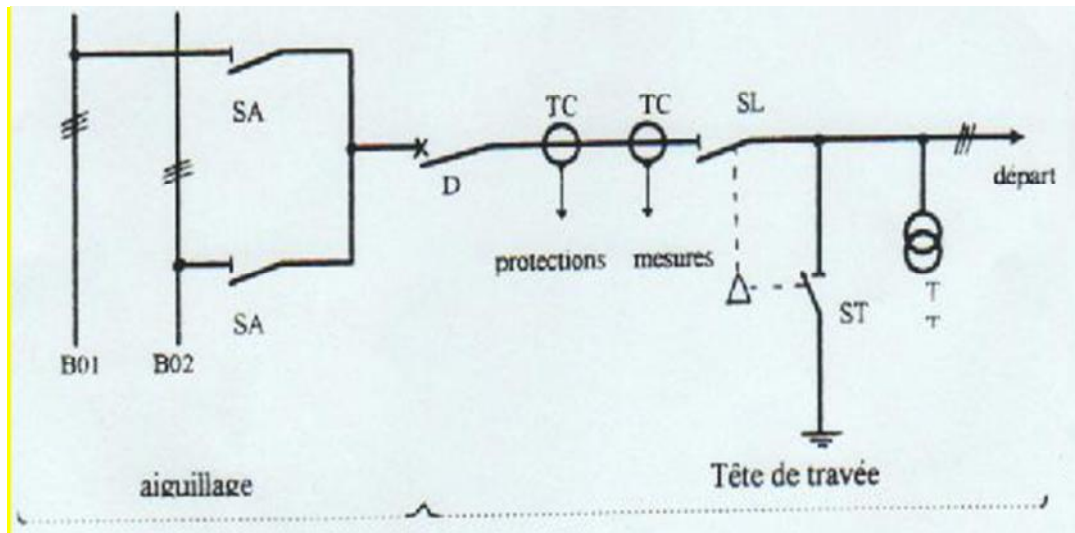


Figure : I.19 : Schéma présentant un jeu de barre.

I.4.2.2- Sectionneurs

Les sectionneurs ne sont dotés d'aucun pouvoir de coupure. Ils ne permettent d'ouvrir un circuit qu'en absence de courant. Ils servent à séparer et à isoler par exemple, un ensemble de circuits, un appareil, une machine, une section de ligne ou de câble, afin de permettre au personnel d'exploitation d'y accéder sans danger.

La commande de ces derniers peut être manuelle directe, ou bien manuelle à distance par exemple une perche ; il est muni d'un dispositif de verrouillage qui l'empêche de s'ouvrir sous l'action des forces électromagnétiques intenses produites par les courants de court-circuit.

I.4.2.3- Disjoncteurs

Appareils mécaniques de connexion capables d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions anormales spécifiées du circuit telles qu'un court-circuit.

Les disjoncteurs les plus répandus sont :

- Les disjoncteurs à l'huile ;
- Les disjoncteurs à air comprimé ;
- Les disjoncteurs au SF6 ;
- Les disjoncteurs à vide.

I.4.3- Les différents types des postes

On peut classer les postes selon deux paramètres :

I.4.3.1- Selon les fonctions assurées

Selon les fonctions qu'ils assurent, les postes électriques sont classés en trois types :

a) Postes de distribution publique (DP)

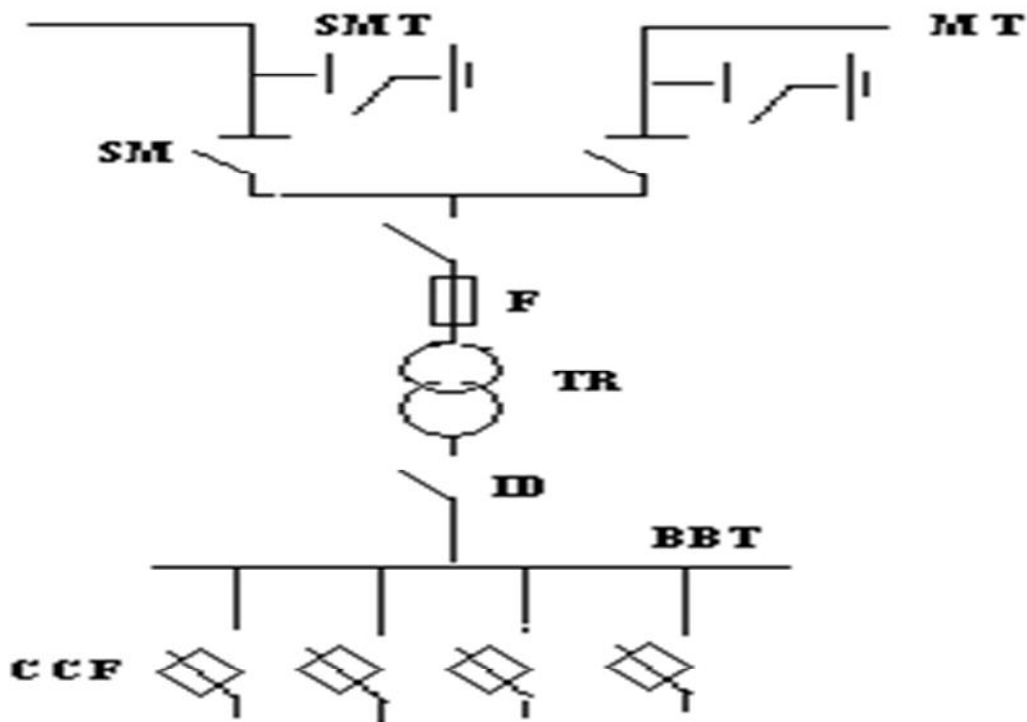


Figure I.20 : Poste de distribution publique.

Avec SMT : sectionneur de ligne avec couteaux de mise à la terre.

SM : Sectionneur.

F : fusible

TR : transformateur

BBT : barre BT

CCF : coupe circuit à fusible

Ce sont des postes de transformation appelés à desservir les utilisateurs du réseau de distribution sous la tension de raccordement, la basse tension.

On distingue deux catégories :

➤ **Les postes sur poteau**

Ce sont des postes économiques, de faible puissance ($\leq 160\text{kVA}$), alimentés via un réseau HTA, il comprend un transformateur, un disjoncteur, éclateur ou parafoudre, sectionneur à l'exclusion de tout autre appareil.

➤ **Les postes en élévation préfabriqués maçonnés ou en immeuble** : Ces postes sont raccordés via une liaison souterraine ou aéro-souterraine (HTA).

b) Postes de livraisons (LIV)

Ce sont des postes de transformation alimentant des clients dont les puissances installées dépassent 40 KVA.

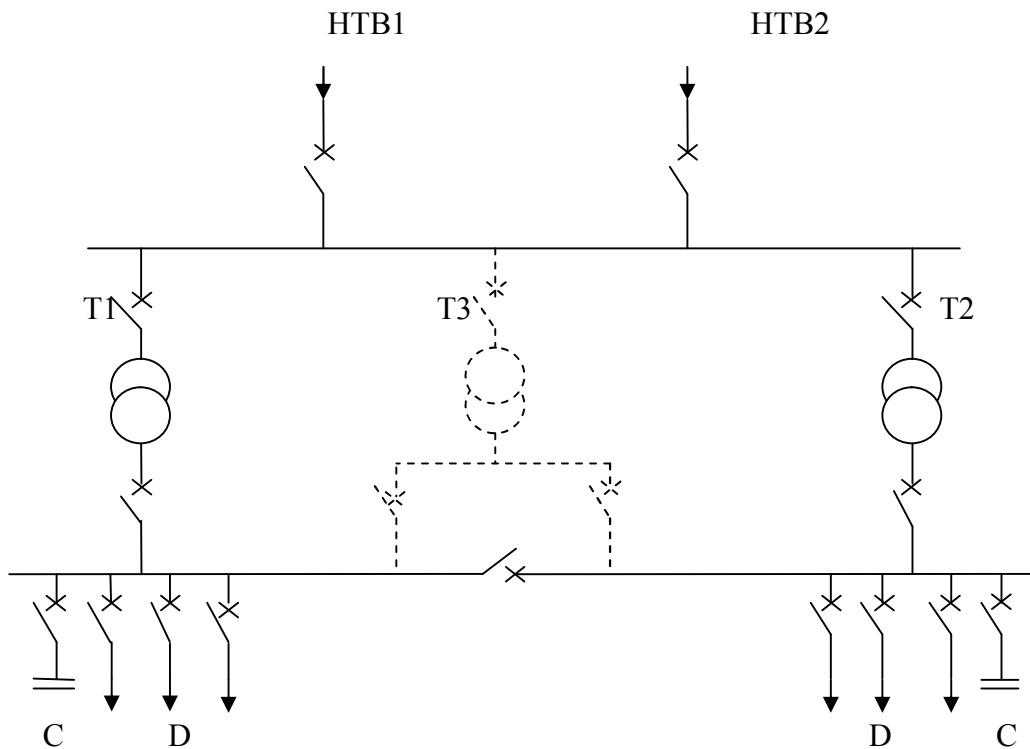
c) Postes mixtes

Dans les postes de transformations mixtes; on trouve deux cellules, l'une destinée à la distribution publique et l'autre à la livraison pour la clientèle MT.

I.4.3.2- Selon les puissances transmises

a) Postes HTB/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 deuxième (parfois plus) transformateur (T2) généralement en double attache sont installé.



B : Jeu de barres HTA comportant deux demi-rames.

C : Cellules de condensateurs.

D : Départs HTA.

HTB1/HTB2 : Arrivées HTB.

T1, T2 : Transformateurs HTB/HTA.

T3 : Troisième transformateur raccordé en double attache

Figure I.21 : Schéma présente un poste HTB/HTA.

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. La 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, organisées en deux demi-rames élémentaires et 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, recherchant les pertes nominales.

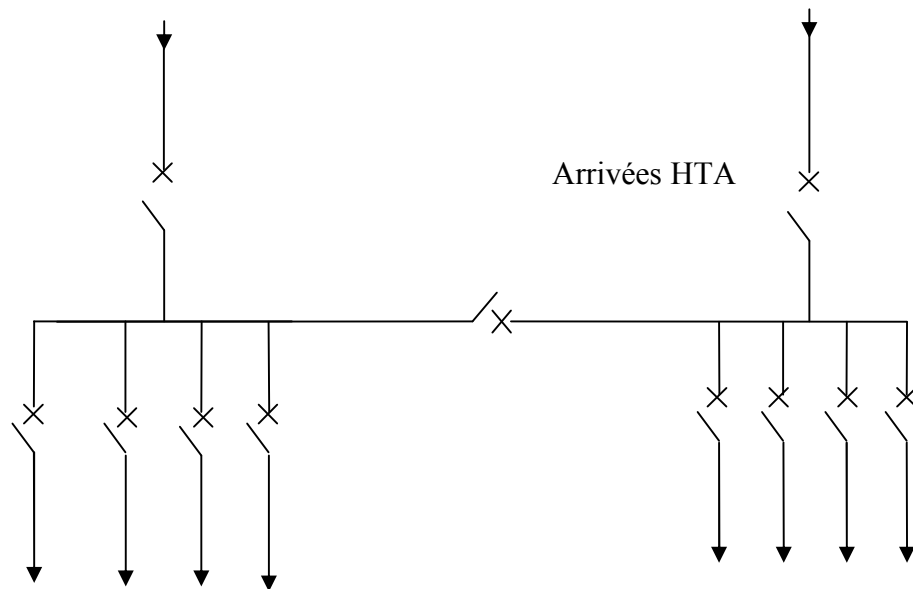
Les départs MT sont regroupés sur les différentes rames en fonctions :

- 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.

b) Postes HTA/HTA

Un poste HTA/HTA est un poste qui assure principalement deux fonctions :

- Assure la démultiplication des départs HTA en aval des postes HTB/HTA. Dans ce cas, le poste ne comporte aucun transformateur. Il est constitué de deux arrivées HTA de 8 à 12 départs HTA ;
- Assurer le passage entre deux niveaux HTA. Dans ce cas, le poste comporte des transformateurs. Ce type de poste est utilisé dans les pays qui appliquent deux niveaux successifs de tension sur leur réseau HTA.



Départes HTA aériens et/ou souterrains

Figure I.22 : Schéma représente un poste HTA/HTA.

c) Poste HTA/BT

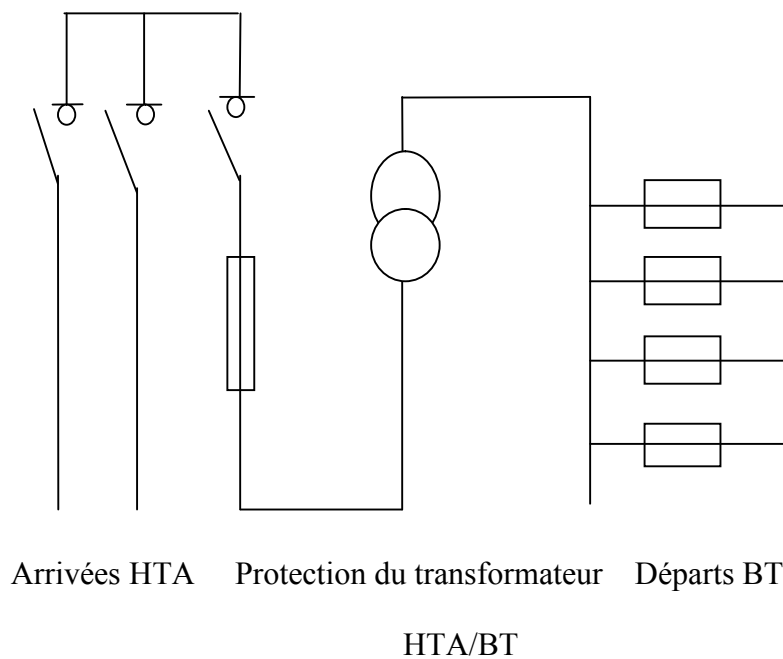


Figure I.23 : Schéma représente un poste HTA/BT.

Le poste HTA/BT est localisé entre le réseau de distribution HTA et le réseau de distribution BT, cet ouvrage a essentiellement un rôle de transformation la HTA (30KV) à la BT (220 / 380V) auquel peuvent éventuellement être associées une fonction d'exploitation MT (point de coupure) et une fonction de répartition BT, suivant la charge à desservir.

Selon la zone de l'implantation des postes HTA/BT, on distingue deux types de postes :

- **Poste rural** : qui est un poste de raccordement en simple dérivation du fait de la structure radiale arborescente du réseau HTA dans les zones rurales.
- **Postes urbains** : ils sont implantés dans les zones urbaines. Ils sont généralement alimentés par des réseaux souterrains pour lesquels le réseau est bouclé. En cas d'avarie d'un câble, la durée d'interruption sera courte.

I.5- Les lignes électriques

Une ligne de transport se compose de conducteurs, d'isolateurs et de supports. Le rôle fondamental d'une ligne est de transporter l'énergie électrique. Elle doit posséder les caractéristiques de base suivantes :

- La tension doit demeurer constante sur toute la longueur de la ligne et pour toutes les charges entre zéro et la charge nominale ;
- Les pertes doivent être faibles afin que la ligne possède un bon rendement ;
- Les pertes joules ne doivent pas surchauffer les conducteurs.

Le genre de ligne utilisé est imposé par les facteurs suivants :

- Puissance à transporter, distance de transport et le coût ;
- Esthétique, encombrement et facilité d'installation.

On distingue quatre types de lignes :

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

I.5.1- Lignes de distribution BT

Ce sont des lignes installées à l'intérieur des édifices, usines et maisons pour alimenter les moteurs, les cuisinières, etc.

Les lignes sont habituellement des câbles ou des barres fonctionnant à des tensions inférieures à 400V.

I.5.2- Lignes de distribution MT

Ce sont des lignes qui relient les clients aux postes de transformation principaux de la compagnie de l'électricité. Leur tension est comprise entre 1 kV et 50 kV.

I.5.3- Lignes de transport HT

Ce sont les lignes relient les postes de transformation principaux aux centrales de production d'énergie. Les lignes fonctionnent généralement à des tensions inférieures à 400 kV.

Dans cette catégorie, on trouve aussi des lignes servant à échanger de l'énergie entre deux grands réseaux et à augmenter la stabilité de l'ensemble.

I.5.3- Les lignes de transport THT

Ce sont des lignes qui relient les centrales éloignées aux centres de consommation ou d'utilisation. Ces lignes peuvent atteindre des longueurs allant jusqu'à 1000km et elles fonctionnent à des tensions allant jusqu'à 750 kV.

I.6- Schéma unifilaire d'un réseau moyen tension

La figure (I. 24) montre un schéma unifilaire d'un réseau moyen tension.

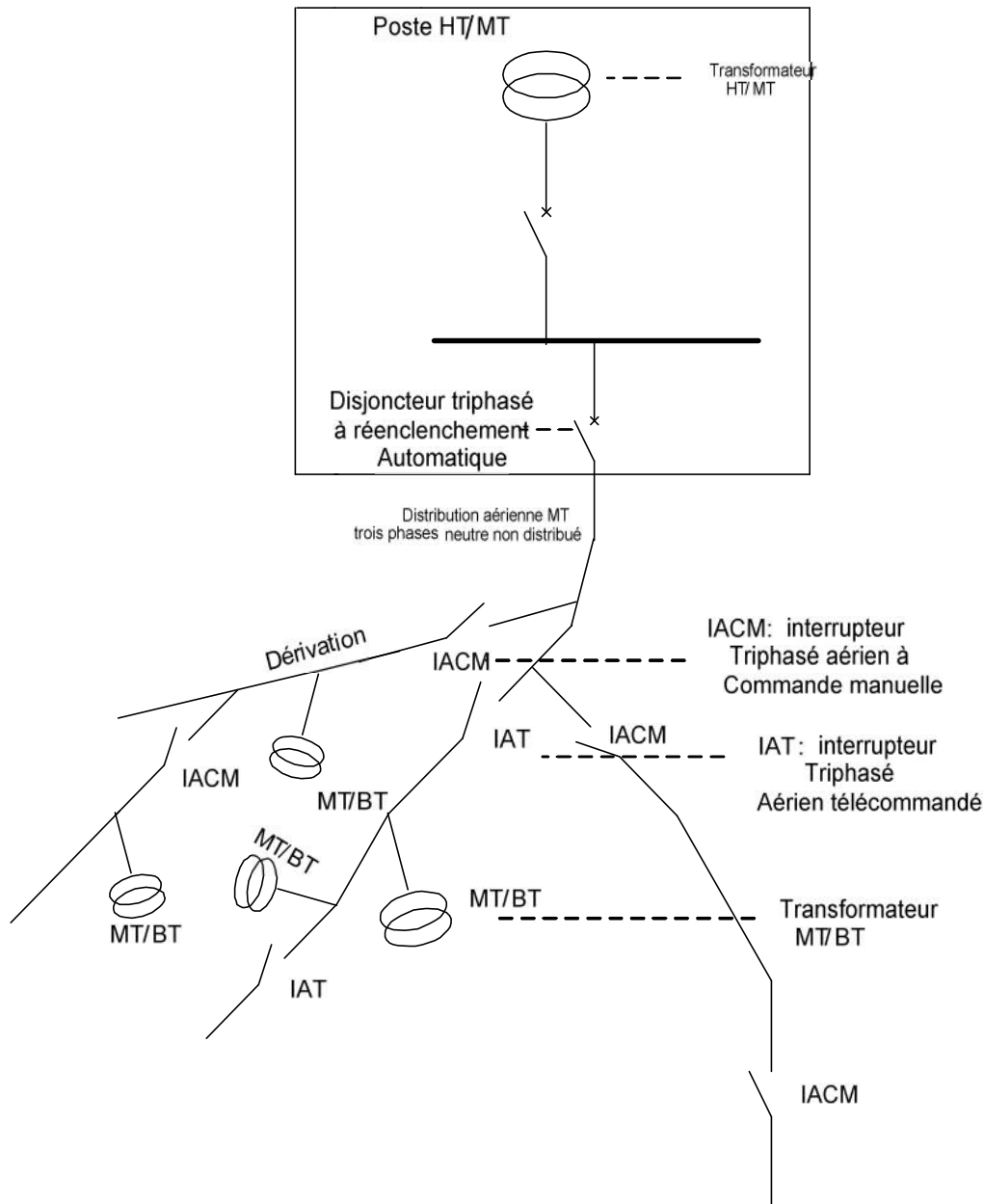
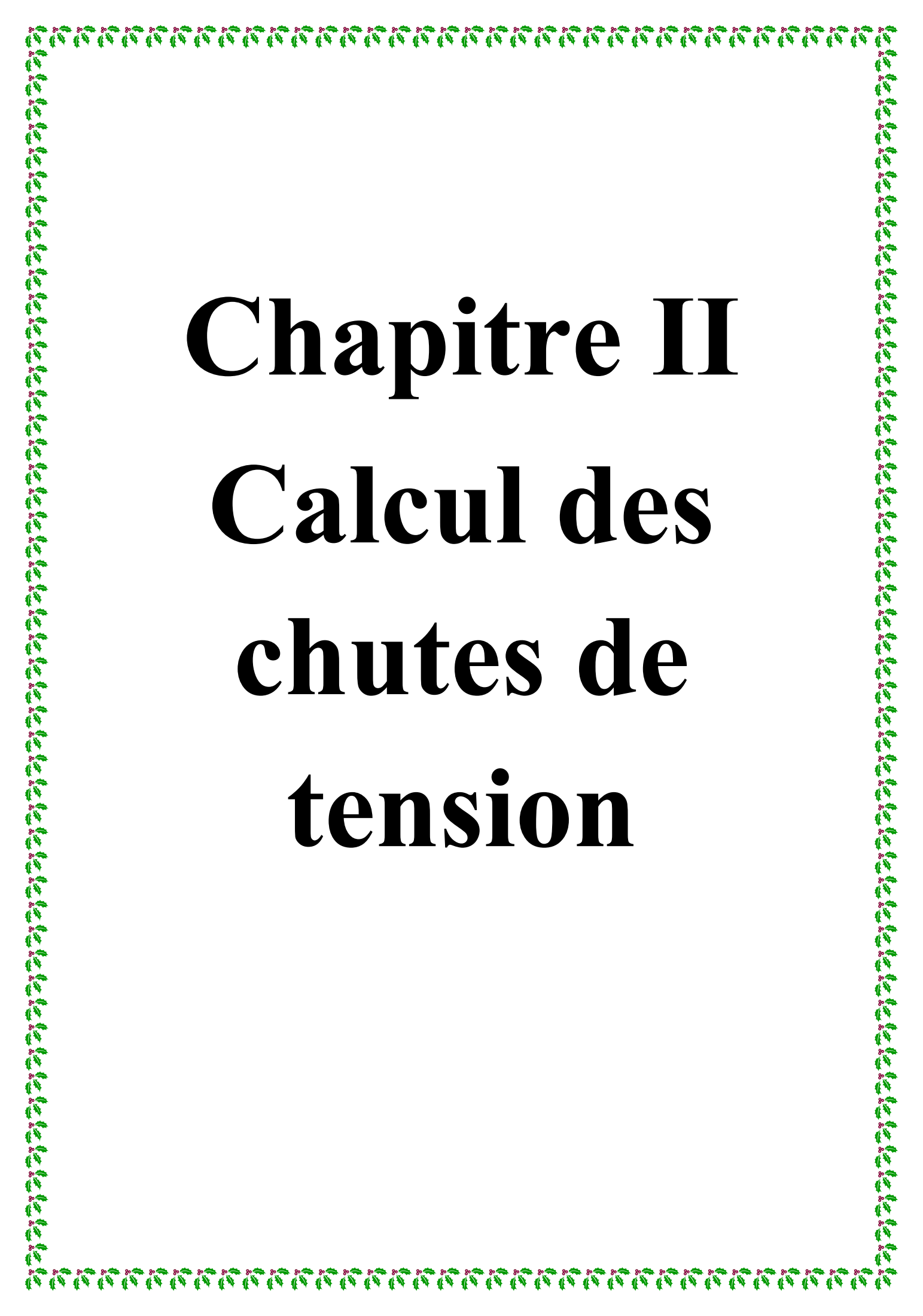


Figure I.24 : Structure unifilaire d'un réseau moyenne tension.

Conclusion

Ce premier chapitre consacré aux généralités comporte d'abord quelques notions sur la production, le transport et la distribution de l'énergie. On y retrouve ensuite des rappels sur les différentes structures topologiques des réseaux électriques et leurs différents éléments constitutifs.



Chapitre II

Calcul des chutes de tension

Introduction

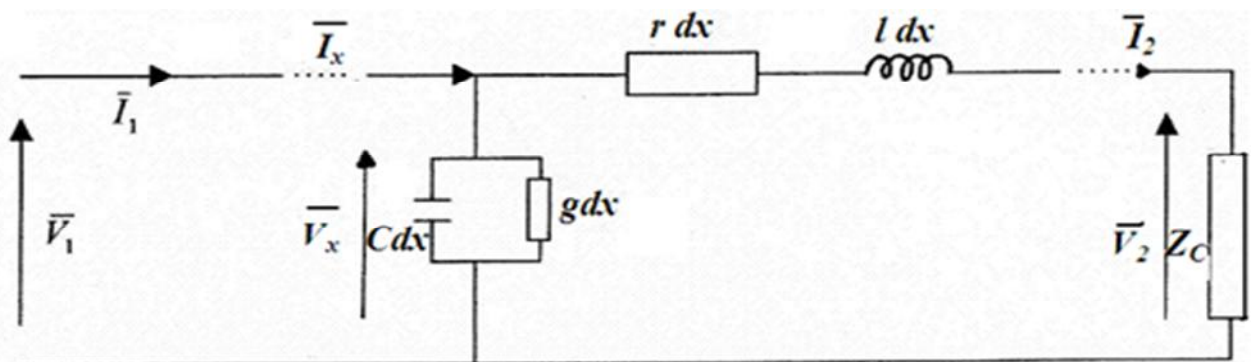
Dans les réseaux de distribution il est impératif de maintenir la tension aussi constante que possible, autrement dit l'augmentation de la consommation, apparition des nouveaux clients ..., cela se répercute de façon négative sur le niveau de la tension qui se met à baisser à cause des chutes générées par l'augmentation du transit réactif. C'est pour cela qu'on cherche à réduire ces chutes, il nous faut donc des méthodes de calcul des chutes de tension pour essayer de palier ce problème.

II.1- Méthode de calcul des chutes de tension

II.1.1- Méthode générale (théorie des quadripôles)

II.1.1.1- Lignes à constantes réparties

On considère le quadripôle suivant de la figure « II.1 » où \bar{V}_1 , \bar{I}_1 et \bar{V}_2 ; \bar{I}_2 sont les tensions simples et les courants aux extrémités d'une ligne.



Avec : r : résistance linéique $[\Omega / \text{km}]$;
 l : inductance linéique $[\text{H} / \text{Km}]$;
 C : capacité linéique $[\text{F Km}]$;
 g : conductance linéique $[\text{l} / \Omega \text{ Km}]$.

Figure II.1: Schéma équivalent d'un quadripôle.

\bar{V}_1 et \bar{I}_1 sont liés à \bar{V}_2 et \bar{I}_2 par les équations linéaires du quadripôle (figure II-1)

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

Inversement, nous avons :

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

Avec : Z_c : impédance caractéristique de la ligne.

n : constante de propagation.

l : longueur de la ligne.

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

Le développement limité des fonctions hyperboliques nous donnerons :

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

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

II.1.1.2- Approximation de la ligne par des impédances localisées

Une ligne courte ($l < 200$ Km), peut être représentée par un schéma monophasé en π ou en T, avec : $L' = lL$, $R' = r.l$ et $C' = c.l$.

a) Schéma en π

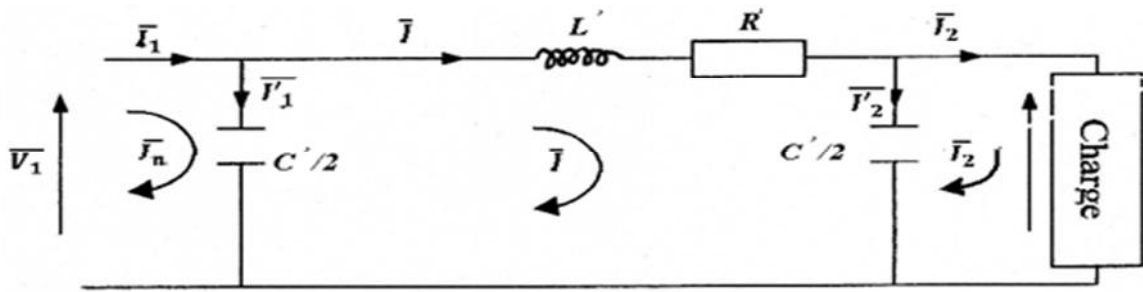


Figure II.2 : Schéma en π d'une ligne courte.

Considérons le schéma en π de la figure (II. 2) on aura les équations des mailles suivantes :

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = \bar{V}_2 \left(1 - \frac{C'L\omega^2}{2} + j \frac{R'C'\omega}{2} \right) - \bar{I}_2 (R' + jL'\omega) . \\ \bar{I}_1 = \bar{I}_2 \left(1 - \frac{C'L\omega^2}{2} + j \frac{R'C'\omega}{jC'\omega} \right) + \bar{V}_2 \left(-\frac{R'C'^2\omega^2}{4} + jC'\omega - \frac{L'C'\omega^3}{4} \right) . \end{cases}$$

Si on néglige les termes $C'L\omega^2$ et $R'C'\omega$ on retrouve :

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

De la même manière on peut retrouver V_2 et I_2 , en fonction de V_1 et I_1 :

$$\begin{cases} \bar{V}_2 = \bar{V}_1 \left(1 - \frac{C'L\omega^2}{2} + j \frac{R'C'\omega}{2} \right) - \bar{I}_1 (R' + jL'\omega) . \\ \bar{I}_2 = \bar{I}_1 \left(1 - \frac{C'L\omega^2}{2} + j \frac{R'C'\omega}{jC'\omega} \right) + \bar{V}_1 \left(-\frac{R'C'^2\omega^2}{4} + jC'\omega - \frac{L'C'\omega^3}{4} \right) . \end{cases}$$

Si on néglige les termes $C'L\omega^2$ et $R'C'\omega$ on retrouve :

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

Diagramme d'une ligne courte schématisé en π

On prendra comme origine des phases \bar{V}_2 .

φ_1 : Déphasage entre \bar{V}_1 et \bar{I}_1 , φ_2 déphasage ente \bar{V}_2 et \bar{I}_2 ;

α : Déphasage entre \bar{I} et \bar{V}_2 ;

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

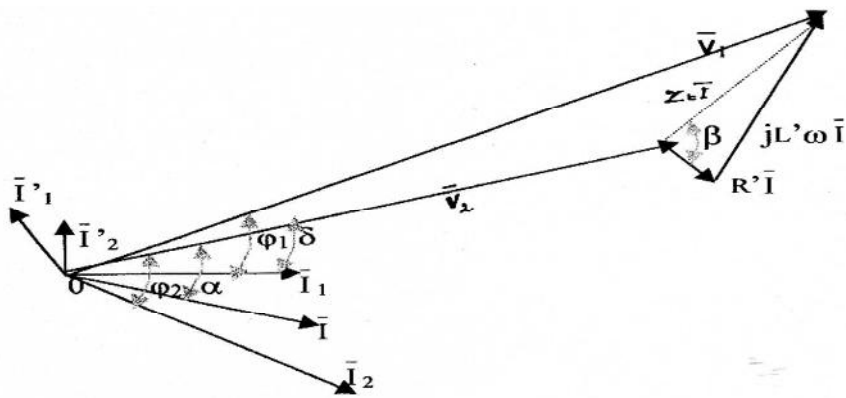


Figure II.3 : Diagramme d'une ligne courte (schéma en π).

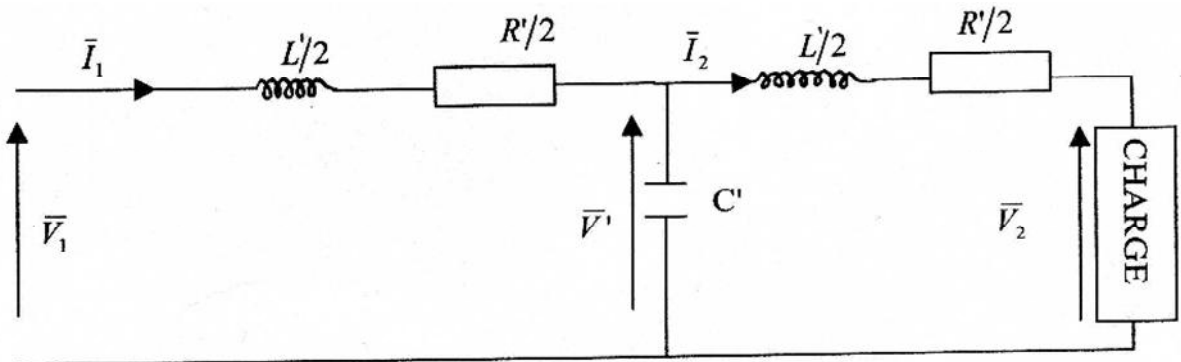
Le diagramme de la figure(II.3) peut être remplacé par les équations suivantes :

$$\bar{I}^{\angle} = \bar{I}_2^{\angle} + \frac{C'}{2} W \cdot \bar{V}_2^{\angle \pi/2}$$

$$\bar{V}_2^{\angle \delta - \phi_2} = \bar{V}_2^{\angle 0} + Z_T \cdot \bar{I}^{\angle \beta + \alpha}$$

$$\bar{I}_1^{\angle \delta} = \bar{I}^{\angle} + \frac{C'}{2} W \cdot \bar{V}_2^{\angle \delta - \phi_1 + \pi/2}$$

b) Schéma en T



Avec :

R' : Résistance linéique de la ligne.

L' : Inductance linéique de la ligne.

C' : Capacité linéique de la ligne.

Figure II.4 : Schéma en T d'une ligne courte.

D'après la figure (II-4), on aura l'équation suivante :

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

Diagramme d'une ligne courte en T

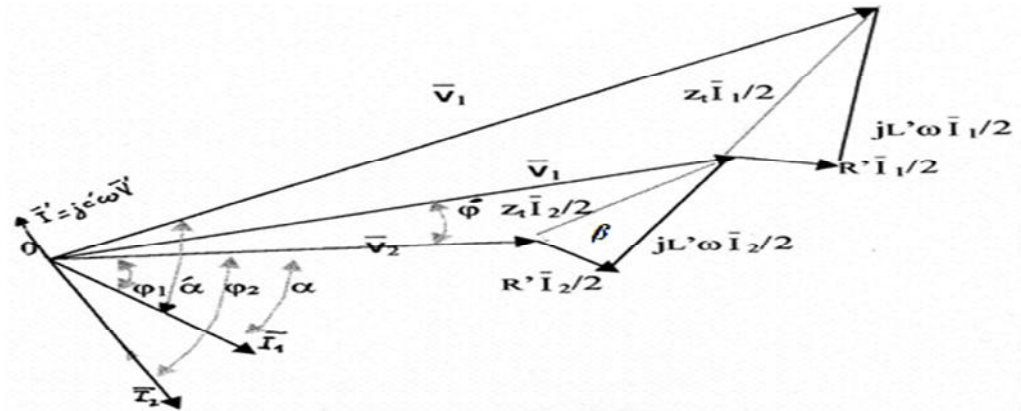


Figure II.5 : Diagramme d'une ligne courte en T.

c) Cas des lignes de longueurs inférieures à 20 km (très courtes)

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

$$\begin{cases} \text{Ch}(\bar{n}l) = 1. \\ Z_c \text{Sh}(\bar{n}l) = 0 \\ \frac{1}{Z_c} \text{Sh}(\bar{n}l) = 0 \end{cases}$$

Alors nous aurons :

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

d) Tracé le diagramme

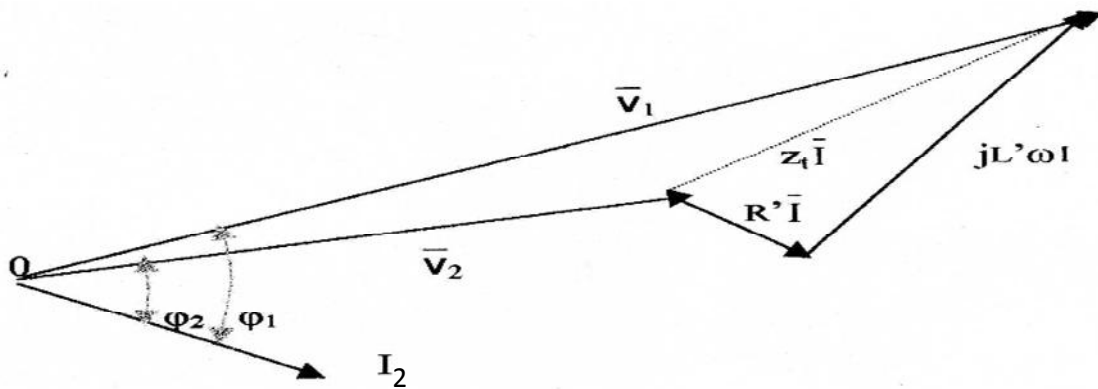


Figure II.6 : Diagramme d'une ligne sans capacité.

e) Expression de la chute de tension

La chute de tension est exprimée comme suite :

$$\bar{V} = \bar{V}_1 - \bar{V}_2 \quad \text{Avec :}$$

\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. II-6). On aura alors la chute de tension comme suit :

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

f) 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 V_2 et au départ V_1 (fig. II-7).

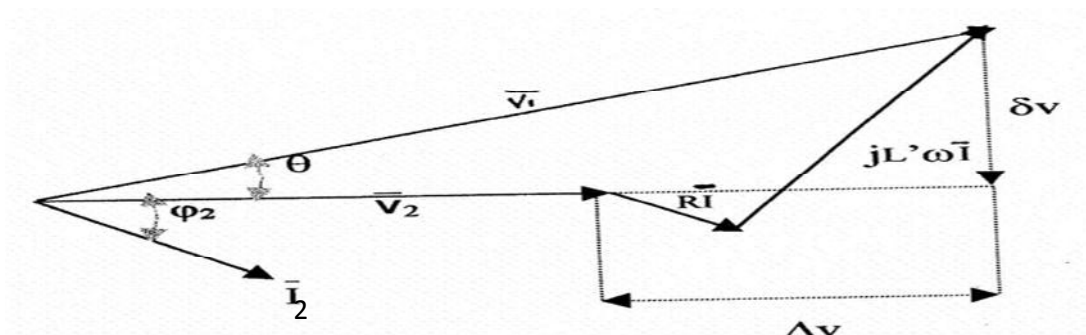


Figure II.7 : Chute de tension en phase quadrature.

Nous avons :

$\bar{V} = \bar{V}_1 - \bar{V}_2$: Composante de la chute de tension en phase avec \bar{V}_2 .

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

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

\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.

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

II.1.1.3- Calcul des constantes linéiques

a) Cas des câbles souterrains

En souterrain, le caractère capacitif est assez important, ce qui crée un courant capacitif qui influe sur 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 a 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.

Nous aurons le diagramme suivant :

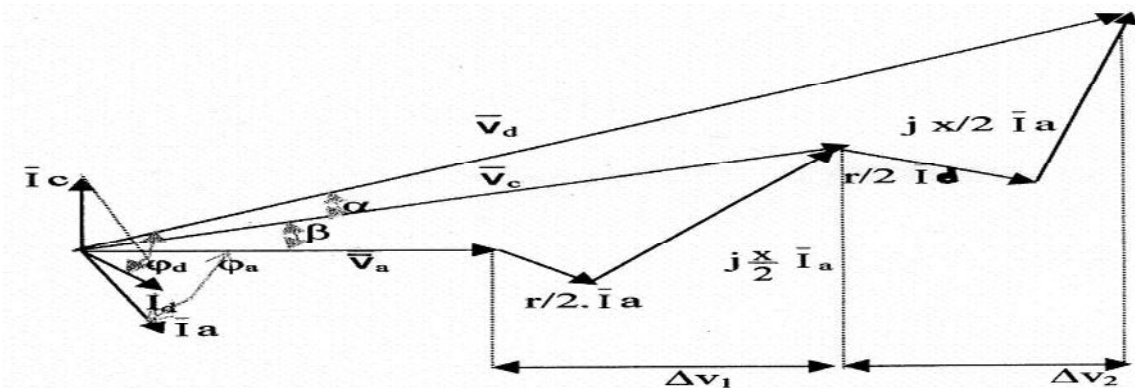


Figure II.8 : Diagramme de la ligne en T.

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

$$\begin{cases} \bar{V}_c^{L\beta} = \bar{V}_d^{L0} + l.(r/2 + j.x/2) . \bar{I}_a^{L\varphi_a} \\ \bar{V}_d^{L\alpha+\beta} = \bar{V}_c^{L\beta} + l.(r/2 + j.x/2) . \bar{I}_d^{L\varphi_d-(\alpha+\beta)} \\ \bar{I}_d^{L\varphi_d-(\alpha+\beta)} = \bar{I}_c^{L\pi/2+\beta} + \bar{I}_a^{L\varphi_a} \end{cases}$$

Avec :

$$\bar{I}_c = jI_c\omega\bar{V}_c$$

Remarque

φ_a et φ_d sont des angles négatifs

On tire les équations suivantes :

$$\bar{V}_c = \bar{V}_a + l \left| \frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right| \cdot [I_a \cdot \cos\varphi_a + jI_a \cdot \sin\varphi_a]$$

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

Le module de \bar{V}_c sera comme suite :

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

Le déphasage de V_c est donné par :

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

Le module de I_d est :

$$\bar{I}_d^{-L\varphi_d-(\beta+\alpha)} = \bar{I}_c^{-L\pi/2} + \bar{I}_d^{-L\varphi_d}$$

On négligeant l'angle α , on obtient :

$$\begin{aligned} \bar{I}_d^{-L\varphi_d-\beta} &= \bar{I}_c^{-L\pi/2} + \bar{I}_d^{-L\varphi_d} \\ &= jI_c\omega\bar{V}_d^{-L\beta} + \bar{I}_d^{-L\varphi_d} \\ &= jI_c\omega[V_c \cdot \cos\beta + jV_c \sin\beta] + I_a[\cos\varphi_a + j\sin\varphi_a] \\ &= (I_a \cos\varphi_a - I_c\omega V_c \sin\beta) + j(I_a \sin\varphi_a + I_c\omega V_c \cos\beta) \end{aligned}$$

Son module est définie par :

$$|\overline{I_d}| = \sqrt{(I_a \cos \varphi_a - IC\omega V_c \sin \beta)^2 + (I_a \sin \varphi_a + IC\omega V_c \cos \beta)^2}$$

Le déphasage φ_d est donné par la relation suivante :

$$\varphi_d = \arctg \frac{I_a \sin \varphi_a + IC\omega V_c \cos \beta}{I_a \cos \varphi_a - IC\omega V_c \sin \beta}$$

La chute de tension en monophasé est donnée par :

$$V = V_1 - V_2$$

Avec :

$$\begin{cases} V_1 = I \left(I_a \frac{r}{2} \cos \varphi_a + I_a \frac{x}{2} \sin \varphi_a \right) \\ V_2 = I \left(I_d \frac{r}{2} \cos \varphi_d + I_d \frac{x}{2} \sin \varphi_d \right) \end{cases}$$

Alors on retrouve :

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

En triphasé la chute de tension relative est :

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

Tel que :

➤ La résistance linéique est donnée par :

$$\begin{cases} r = \frac{\rho_{\theta f}}{S} & [\Omega \cdot \text{km}^{-1}] \\ \rho_{\theta f} [\Omega \cdot \text{m}] & , S [\text{mm}^2] \\ \rho_{\theta f} = \rho_{20^\circ\text{C}} \left| 1 + \frac{1}{273} (\theta_f - 20^\circ\text{C}) \right| \end{cases}$$

$\rho_{\theta f} = 19,13 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$ Résistivité du cuivre à température de fonctionnement.

$\theta_f = 50^\circ\text{C}$: Température de fonctionnement des lignes souterraines.

$\rho_{20^\circ\text{C}} = 17,24 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$: Résistivité du cuivre à température ambiante.

- Pour une section de 70mm² : $r = 0,27 [\Omega. km^{-1}]$.
- Pour une section de 17,8mm² : $r = 1,15 [\Omega. km^{-1}]$.
- La capacité linéique est donnée par :

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\ln\frac{y}{kr_1}} \quad [F. km^{-1}]$$

$$\epsilon_0 : \text{Perméabilité du vide.} \quad \epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} 10^{-9} \quad [F. km^{-1}]$$

ϵ_r : Perméabilité relative de l'isolant.

$\epsilon_r = 3,6$: Pour le papier imprégné.

Tel que :
$$k = \sqrt{\frac{27d^6 - 64y^6}{(3d^2 - 4y^2)^3}}$$

Avec : r_1 : rayon de l'âme conductrice.

y : distance entre conducteurs.

d : diamètre de la gaine.

Pour le cuivre de section 70mm² :

$$r_1 : 8,5 \text{ mm}$$

$$y : 24,4 \text{ mm}$$

$$d : 52,574 \text{ mm}$$

$$k = 1,64$$

$$C = 0,35.10^{-6} \text{ F. km}^{-1}$$

Pour les câbles souterrains, la valeur de la réactance : $x = 0,1 \Omega. km^{-1}$.

b) Cas des lignes aériennes

➤ Résistance linéique

La résistance linéique est donnée par :

$$r = \frac{\rho_{0f}}{S} \quad [\Omega. km^{-1}]$$

Avec :

ρ_{0f} : Résistivité du matériau à la température de fonctionnement [$\Omega. m$].

$\theta_f = 20^\circ\text{C}$: température de fonctionnement des lignes aériennes.

$\rho_{20^\circ\text{C}} = 33,2 \text{ } [\Omega \cdot \text{km}^{-1}]$: Résistivité de l'Almélec à 20°C .

Pour l'Almélec de section $93,3 \text{ mm}^2$, $r = \frac{33,2}{93,3} = 0,35 \text{ } [\Omega \cdot \text{km}^{-1}]$.

Pour l'Almélec de section $34,4 \text{ mm}^2$, $r = \frac{33,2}{34,4} = 0,96 \text{ } [\Omega \cdot \text{km}^{-1}]$.

Pour l'Almélec de section $54,4 \text{ mm}^2$, $r = \frac{33,2}{54,4} = 0,61 \text{ } [\Omega \cdot \text{km}^{-1}]$.

➤ Capacité linéique

$$C = \frac{10^{-6}}{18 \ln \frac{2d}{D}} \text{ } [\text{F} \cdot \text{km}^{-1}] .$$

Avec :

d : distance entre les conducteurs ($d=1 \text{ m}$).

D : diamètre du matériau utilisé.

Pour l'Almélec de section $93,3 \text{ mm}^2$: $D=10,9\text{mm}$ $C = 10,66 \cdot 10^{-9} \text{ } [\text{F} \cdot \text{km}^{-1}]$.

Pour l'Almélec de section $34,4\text{mm}^2$: $D=8,32\text{mm}$ $C = 10,13 \cdot 10^{-9} \text{ } [\text{F} \cdot \text{km}^{-1}]$.

Pour l'Almélec de section $54,4 \text{ mm}^2$: $D=6,62\text{mm}$ $C = 9,73 \cdot 10^{-9} \text{ } [\text{F} \cdot \text{km}^{-1}]$.

➤ Réactance linéique

Pour les lignes aériennes, la valeur de la réactance linéique est de $x = 0,35 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$.

II.1.2- Méthode de séparation des puissances active et réactive

Le calcul des chutes de tensions en utilisant les nombres complexes est parfois difficile, même si la formule de la méthode générale est simple. 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.

La ligne étudiée est représentée par son schéma en π .

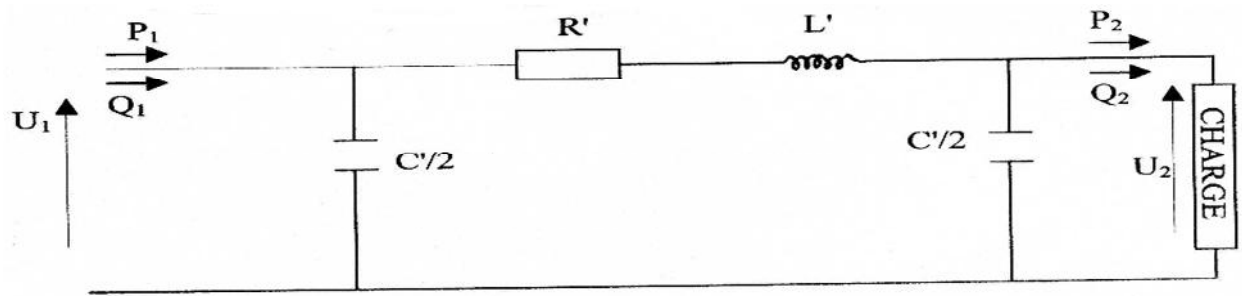


Figure II.9 : Schéma en π d'une ligne moyenne ou courte.

II.1.2.1- Méthode par approximation successive

Soit P_2 et Q_2 les puissances active et réactive à l'extrémité réceptrice (2). Si U_2 est une tension composée de la ligne en (2) et φ_2 le déphasage entre la tension et le courant.

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 :

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{3} U_2 I_2 .$$

La puissance au début (extrémité émettrice (1)) est alors :

$$\begin{cases} P_1 = P_2 + p \\ Q_1 = Q_2 - (q'_2 + q'_1) + q . \end{cases}$$

Avec :

$$\begin{cases} p = R' [P_2^2 + (Q_2 - q'_2)^2] \frac{1}{U_2^2} & \text{Pertes actives.} \\ \left. \begin{aligned} q'_2 &= \frac{C' \omega}{2} U_2^2 . \\ q'_1 &= \frac{C' \omega}{2} U_1^2 . \end{aligned} \right\} & \text{Production réactives dans les capacités.} \\ q = L' \omega [P_2^2 + (Q_2 - q'_2)^2] \frac{1}{U_2^2} & \text{Pertes réactives dans l'inductance.} \end{cases}$$

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

Sachant que $\frac{S_1}{S_2} = \frac{U_1}{U_2}$, on prend ($U_1 = \frac{U_2 S_1}{S_2}$ (*))

On peut remplacer la valeur de U_1 dans l'expression de q'_1 et Q_1 , puis de S_1 .

L'expression (*) n'est vraie que si le conducteur G' est nul et la capacité négligeable. En particulier pour les câbles souterrains ou pour les lignes dépassant 200 à 300Km où on considère la capacité et l'inductance, on peut écrire :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{S_1}{S_2} \cdot \frac{I_1}{I_2}$$

II.1.2.2- Formules directes

La méthode précédente peut nécessiter un calcul supplémentaire dans le cas où la longueur de la ligne dépassant 100 Km, on utilise alors la méthode suivante qui est valable aussi pour les lignes courtes.

$$U_1 = \sqrt{U_2^2 - R'(2P_2 + p_2) + L'\omega[2(Q_2 - q'_2) - q_2] + C'\omega(R'^2 + L'^2 + \omega^2) \left(Q_2 + \frac{q'_2}{2} \right)}$$

Et :

$$U_2 = \sqrt{U_1^2 - R'(2P_1 + p) + L'\omega[2(Q_1 - q'_1) - q_1] + C'\omega(R'^2 + L'^2 + \omega^2) \left(Q_1 + \frac{q'_1}{2} \right)}$$

Remarque

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

II.1.2.3- Méthode simplifiée

La méthode précédente 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).

La puissance réactive et active à l'extrémité (1) s'écrivent :

$$\begin{cases} Q_1 = Q_2 + L'\omega \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} - C'\omega U^2 \\ P_1 = P_2 + R' \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} \end{cases} P_2$$

Cette dernière approximation est valable pour les lignes à haute tension où les pertes actives sont relativement faibles.

Inversement, on peut écrire :

$$\begin{cases} Q_2 = Q_1 + L'\omega \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} - C'\omega U^2 \\ P_2 = P_1 + R' \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} \end{cases} P_1$$

Puis, on aura à calculer :

$$\begin{cases} Q_m = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \\ P_m = \frac{P_1 + P_2}{2} \end{cases}$$

Avec :

Q_m et P_m : Les valeurs moyennes respectivement des puissances réactive et active de la ligne.

D'où l'on tire la chute de tension relative :

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

II.1.3- Méthode des moments électrique

II.1.3.1- Chute de tension absolue

La chute de tension à l'extrémité d'une ligne triphasée équilibrée de longueur l est donné par :

$$U = \sqrt{3} \int_0^l Z \cdot i(t) dl$$

Avec :

$$Z = r \cdot \cos\varphi + j x \sin\varphi$$

$i(t)$: le courant qui varie le long de la ligne.

On peut exprimer la valeur de la chute de tension à l'extrémité d'une ligne en fonction du courant I_0 en tête de départ, dans les cas les plus intéressants de distribution de la charge, par la relation suivante :

$$U = K_u \cdot Z \cdot l I_0 \quad (1)$$

Avec :

$$K_u = \begin{cases} 1 & \text{Pour la charge concentrée à l'extrémité de la ligne.} \\ 1/2 & \text{Pour la charge uniformément distribuée} \\ 2/3 & \text{Pour la distribution triangulaire.} \end{cases}$$

L : Longueur de la ligne

I_0 : Courant en tête de départ

II.1.3.2- Chute de tension relative

La chute de tension relative s'exprime en (%) de la tension nominale.

On obtient donc, à partir de l'expression (1) :

$$\begin{cases} \frac{\Delta U}{U} = \frac{100 K_u \cdot Z \cdot L I_0}{U} = \frac{100 K_u \cdot L I_0}{U^2} U (r \cos \varphi + x \sin \varphi) . \\ \frac{\Delta U}{U} = 100 K_u \cdot \frac{rP + xQ}{U^2} l . \end{cases}$$

Finalement, on aura :

$$\frac{\Delta U}{U} = 100 K_u \cdot pl \cdot \frac{r + x \operatorname{tg} \varphi}{U^2} .$$

II.1.3.3- Moment électrique d'une charge

Le produit $M = K_u \cdot P \cdot l$ est appelé moment électrique de la charge P. Il s'exprime en MW. Km en moyenne tension et en KW. Km pour la basse tension.

Le moment électrique d'une ligne donnant une chute de tension de 1% en noté M_1 , a pour expression :

$$\begin{cases} M_1 = \frac{1}{100} \frac{U^2}{(r + x \operatorname{tg} \varphi)} & \text{[MW. Km] en moyenne tension.} \\ M = \frac{1}{10^5} \frac{U^2}{(r + x \operatorname{tg} \varphi)} & \text{[MW. Km] en basse tension.} \end{cases}$$

On donne dans les tableaux (II-1,2), les paramètres électriques r et $x \cdot \operatorname{tg} \varphi$. En adoptant un coefficient de puissance $\cos \varphi = 0,9$ ($\operatorname{tg} \varphi = 0,5$)

La chute de tension relative d'une charge de moment M alimentée par une ligne électrique de moment M_1 est tel que :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{M}{M_t}$$

Remarque

Pour une chute de tension maximale de ($\frac{\Delta u}{u} = x\%$), le moment électrique maximum M_x pour les valeurs de x données dans les tableaux 1 et 2. Ceux-ci sont faits pour une charge concentrée telle que :

$$M_x = x \cdot M_1$$

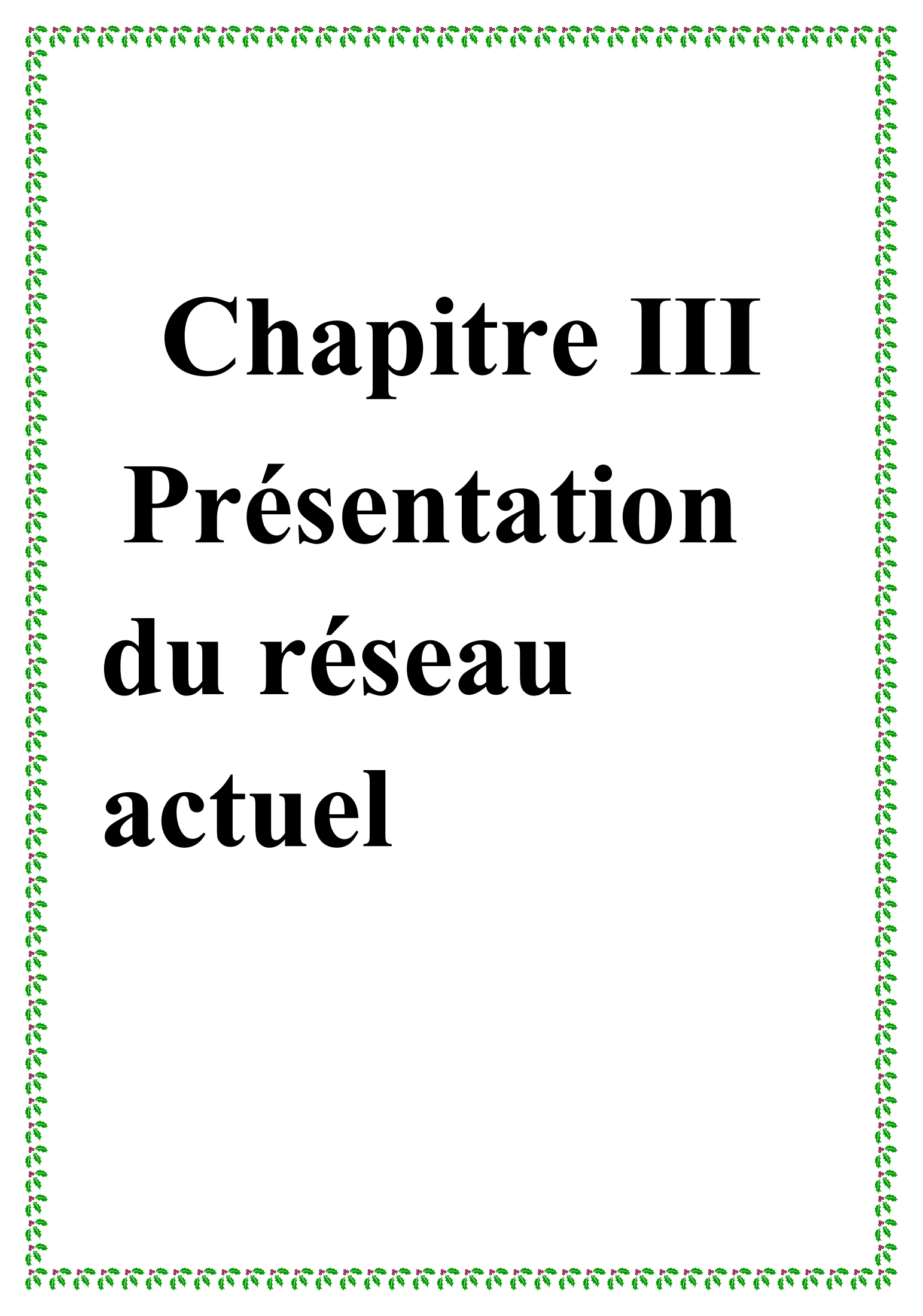
On peut chercher M_x pour les valeurs de x dans le tableau 1 et 2. Ceux-ci sont faits pour une charge concentrée à l'extrémité ($K_u=1$), la résistance r varie avec la température de fonctionnement T de la ligne.

$T = 20^\circ\text{C}$: pour les lignes aériennes en conducteurs nus.

$T = 50^\circ\text{C}$: pour les câbles souterrains et les lignes aériennes en conducteurs isolés.

Conclusion

Le calcul de la chute de tension par ces méthodes est long mais donne un résultat rigoureux. Donc on a fait appel à un programme d'informatique (CARA) pour calculer des chutes de tension et les pertes de charge.



Chapitre III

Présentation

du réseau

actuel

Introduction

Dans ce chapitre nous allons à présenter le réseau aérien HTA (≤ 50 kV) actuel, en passant par les étapes suivantes :

III.1- Présentation du réseau actuel

III.1.1- Données globales

La division d'exploitation d'électricité de Tizi-Ouzou est subdivisée en neuf services dont cinq services techniques d'électricité (STE) suivants :

- Tizi-Ouzou.
- Draa EL Mizane (D.E.M).
- Azazga.
- Larbaa Nath Irathen (L.N.I).
- Tizirt.

La direction de distribution de Tizi-Ouzou est desservie par six postes sources (PS) suivants :

- Poste Oued-Aissi : 220/60/30kV.
- Poste Fréha : 60/30kV.
- Poste Tizi Medden : 60/30kV.
- Poste Boukhalfa : 60/30kV.
- Poste Souk El Djemaa (SED) : 60/30 kV.
- Poste D.B.K : 60/30 kV.



Figure III.1 : Présentation des postes.

III.2- Historique et description des postes**III.2.1- Historique des postes****Tableau III.1 : Historique des postes électriques.**

Postes sources	U (kV)	Nombre de transfos	Puissance installée (MVA)	Age des transfos (années)	Nombre de départs HTA	Cellule de réserve	Date de mise en service
THT Oued-Aissi 220/60/30 kV	30	2	2*40	35	08	04	1978
Fréha 60/30 kV	30	2	2*40	18	06	01	1995
Tizi Medden 60/30 kV	30	2	2*40	07	06	03	2006
D.B.K 60/30 kV	30	2	2*40	19	08	00	1994
S.E.D 60/30 kV	30	2	2*40	07	06	01	2006
Boukhalfa 60/30 kV	30	2	2*40	05	04	08	2008

Tableau III.1 : historique des départs

III.3- Présentation des postes

III.3.1- Poste source THT Oued-Aissi 220/60/30 kV

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

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

L'autre alimente quatre autres départs qui sont :

- Sempac ;
- SNLB ;
- Zone industrielle (ZIND) ;
- Naftal ;

III.3.2- Poste source FREHA 60/30 kV

C'est un poste de transformation alimenté par le poste 220/60/30 kV Oued Aissi via deux lignes de 60 kV. Il possède deux transformateurs de puissance nominale 40 MVA chacun et six départs :

- Bouzguene ;
- Enel ;
- Azazga ;
- Mekla ;
- Briquetrie (Fréha) ;
- Azeffoune.

III.3.3- Poste source Boukhalfa 60/30 kV

C'est un poste de transformation, il possède deux transformateurs de puissance nominale de 40 MVA chacun et sept départs :

- Makouda ;
- CFPA ;
- Pompage ;
- Bouhinoune ;
- ENIEM ;
- Zone de dépôt ;
- BDL ;

III.3.4- Poste source de DBK 60/30 kV

C'est un poste de transformation, il possède deux transformateurs de puissance nominale de 40 MVA chacun, et qui possède huit départs :

- Tassadort ;
- Oued Ksari ;
- Boukhalifa ;
- Maatkas ;
- Draa Ben Khedda ;
- Tadmait ;
- Baghlia (départ Appartenant à Boumerdes) ;
- Afir (départ Appartenant à Boumerdes).

III.3.5- Poste source de Souk El Djemaa (SED) 60/30 kV

C'est un poste de transformation qui possède deux transformateurs d'une puissance nominale de 40 MVA chacun et six départs :

- Ain El Hammam ;
- Tassaft ;
- Ait Saada ;
- Iferhounene ;
- Tizi-Ouzou / LNI ;
- Pompage /AEH ;

III.3.6- Poste source de Tizi Medden (TIM) 60/30 kV

C'est un poste de transformation qui possède deux transformateurs d'une puissance nominale de 40MVA chacun et six départs :

- Ain Zaouia ;
- Issers ;

- Boghni ;
- Draa EL Mizan ;
- Ouadhia ;
- Tala Guilef ;

Conclusion

Dans ce chapitre, on a étudié les diagnostics sur le réseau moyenne tension actuel de la wilaya, en présentant les différents postes qui l'alimentent.

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
 $I = 60\text{ A}$
 $T = 1.5\text{ s}$

03 TP BARRE

03 TP BARRE

TRANSFORMATEUR 4

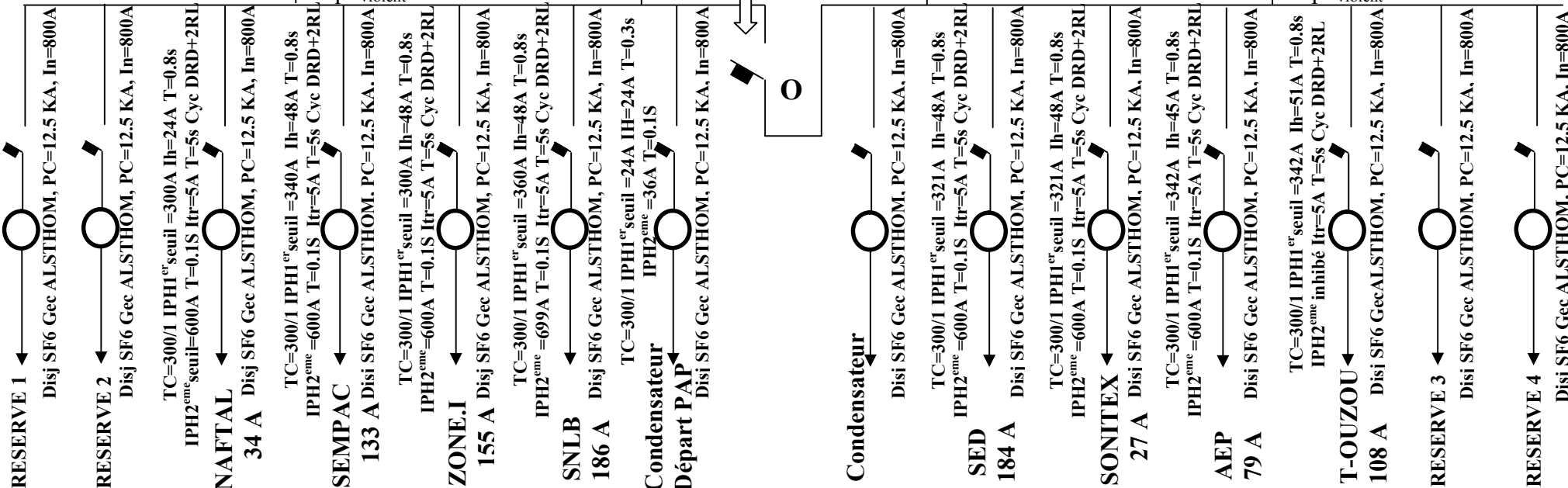
P = 40 MVA
 $U_{CC} = 9.8\%$
 Charge = 477 A
 PMA = 27.56 MVA

Neutre MT
 $I = 60\text{ A}$
 $T = 1.5\text{ s}$

Disj Gec ALSTHOM
 $TC = 1200/1$
 $I_N = 1250\text{ A}$
 $PC = 16\text{ KA}$
 $I_{ph} = 960\text{ A}$ $T = 1,2\text{S}$
 $I_{ph\text{violent}} = 1908\text{ A}$ $T = 0.2\text{S}$

Disj Gec ALSTHOM
 $I_N = 1250\text{ A}$
 $PC = 16\text{ KA}$

Disj Gec ALSTHOM
 $TC = 1200/1$
 $I_N = 1250\text{ A}$
 $PC = 16\text{ KA}$
 $I_{ph} = 960\text{ A}$ $T = 1,2\text{S}$
 $I_{ph\text{violent}} = \text{inhibé}$



POSTE 60/30 FREHA

(Tous les départs sont en aérien)

TRANSFORMATEUR 1

P = 40 MVA
 U_{CC} = 10 %
 Charge = 545 A
 PMA = 29.7 MVA

Neutre MT:
 I = 60 A
 T = 1.5 s

TRANSFORMATEUR 2

P = 40 MVA
 U_{CC} = 10 %
 Charge = 585 A
 PMA = 31.9 MVA

Neutre MT:
 I = 60 A
 T = 1.5 s

01 TP BARRE

03 TP BARRE

Disj SF6
 Gec Alsthom
 TC=1000/1
 I_N=1250 A
 PC = 12.5 KA
 I_{ph}=953 A T=02 s

Disj SF6
 Gec Alsthom
 TC=1000/1
 I_N=1250 A
 PC = 12.5 KA
 I_{ph}=953 A T= 02 s

Cellule vide
 (sans disjoncteur)

TC=300/1 IPH 1^{er} seuil=360A T=0.8s I_h=48A t=0,3s
 IPH2^{emc} seuil=540A, T=0.3S Cycle DRD+2RL

Bouzuene

270A Disj SF6 Gec ALSTHOM, PC=12.5 KA, In=1250A

TC=300/1 IPH 1^{er} seuil=180A T=0.8s I_h=36A T=0.3S
 IPH2^{emc} seuil=540A T=0.3S Cycle DRD+2RL

ENEL

60A Disj SF6 Gec ALSTHOM, PC=12.5 KA, In=1250A

TC=300/1 IPH 1^{er} seuil=300A T=0.8s I_h= 48AT=0.3S
 IPH2^{emc} seuil=540A T=0.3S Cycle DRD+2RL

Azazga

205 A Disj SF6 Gec ALSTHOM, PC=12.5 KA, In=1250A

TC=300/1 IPH 1^{er} seuil=300A T=0.8s I_h= 48A T=0.3S
 IPH2^{emc} seuil=540A T=0.3S Cycle DRD+2RL.

Yakourene

Disj SF6 Gec ALSTHOM, PC=12.5 KA, In=1250A

TC=300/1 Manque réenclenchement et protection

Réservé

Disj SF6 Gec ALSTHOM, PC=12.5 KA, In=1250A

TC=300/1 IPH 1^{er} seuil=300A T=0.8s I_h=60A T=0.3S
 IPH2^{emc} seuil=540A T=0.3S Cycle DRD+2RL

Azeffoune

205 A Disj SF6 Gec ALSTHOM, PC=12.5 KA, In=1250A

TC=300/1 IPH 1^{er} seuil=300A T=0.8s I_h=48A T=0.3S
 IPH2^{emc} seuil=540A T=0.3S Cycle DRD+2RL

Briqueterie

170 A Disj SF6 Gec ALSTHOM, PC=12.5 KA, In=1250A

TC=300/1 IPH 1^{er} seuil=300A T=0.8s I_h =36A
 IPH2^{emc} seuil=540A T=0.3S Cycle DRD+2RL

Mekla

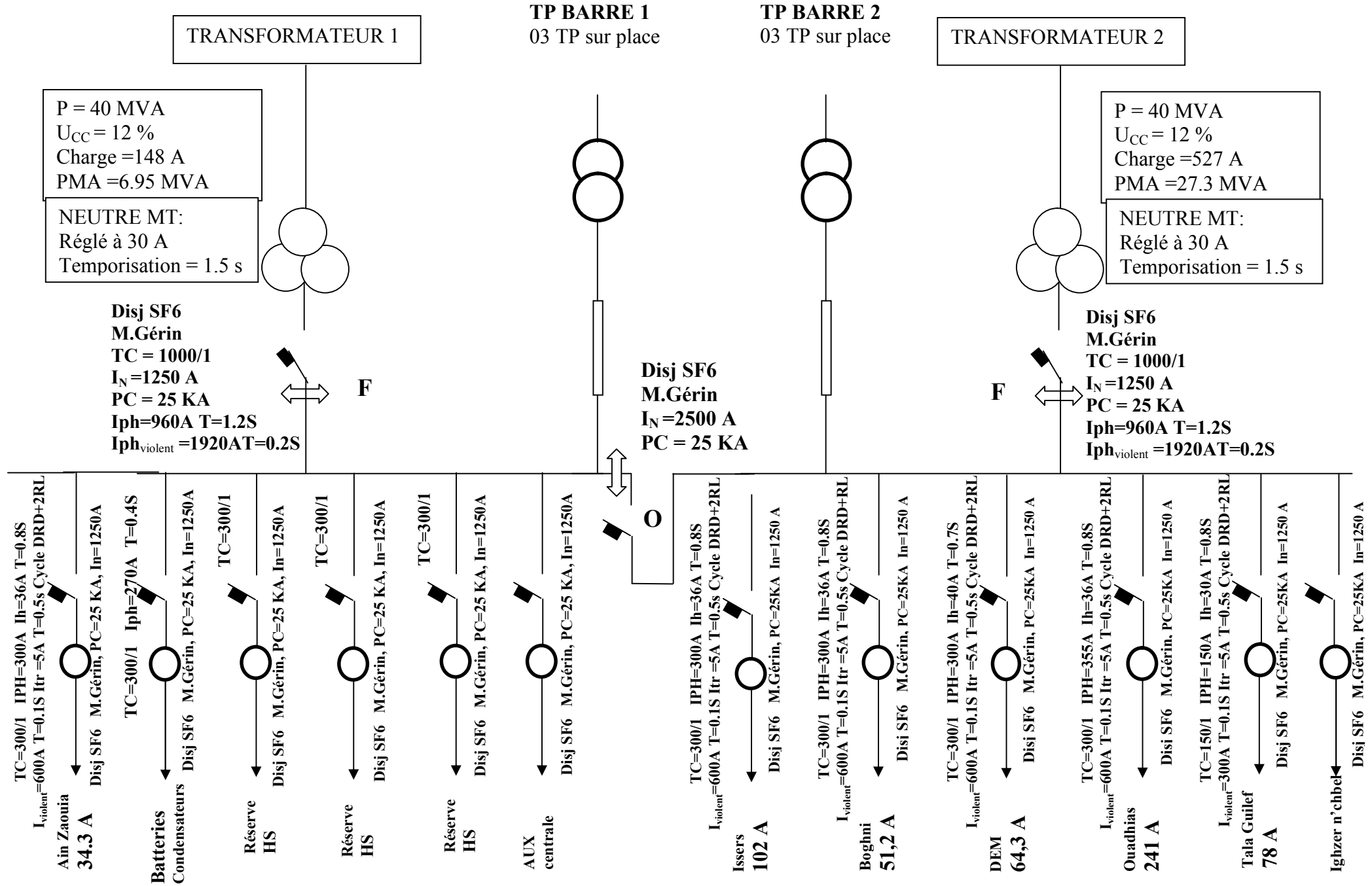
150 A Disj SF6 Gec Alsthom, PC=12.5 KA, In=1250A

TC=300/1 IPH 1^{er} seuil=300A T=2s I_h=48A T=0.1S
 IPH2^{emc} seuil=720A T=0.1S Cycle D

Batterie

Disj SF6 Gec Alsthom, PC=12.5 KA, In=1250A

SCHEMA DU PS 60/30 KV T/MEDEN 443 H1 (Tous les départs sont aériens)



TRANSFORMATEUR 1

P = 40 MVA
 $U_{CC} = 12 \%$
 Charge = 148 A
 PMA = 6.95 MVA

NEUTRE MT:
 Réglé à 30 A
 Temporisation = 1.5 s

Disj SF6
 M.Gérin
 TC = 1000/1
 $I_N = 1250 \text{ A}$
 PC = 25 KA
 $I_{ph} = 960 \text{ A } T = 1.2 \text{ S}$
 $I_{ph \text{ violent}} = 1920 \text{ A } T = 0.2 \text{ S}$

TP BARRE 1
 03 TP sur place

TP BARRE 2
 03 TP sur place

TRANSFORMATEUR 2

P = 40 MVA
 $U_{CC} = 12 \%$
 Charge = 527 A
 PMA = 27.3 MVA

NEUTRE MT:
 Réglé à 30 A
 Temporisation = 1.5 s

Disj SF6
 M.Gérin
 TC = 1000/1
 $I_N = 1250 \text{ A}$
 PC = 25 KA
 $I_{ph} = 960 \text{ A } T = 1.2 \text{ S}$
 $I_{ph \text{ violent}} = 1920 \text{ A } T = 0.2 \text{ S}$

- TC=300/1 IPH=300A Ih=36A T=0.8S
 $I_{\text{violent}} = 600 \text{ A } T = 0.1 \text{ S } I_{tr} = 5 \text{ A } T = 0.5 \text{ s Cycle DRD+2RL}$
 Ain Zaouia
 34.3 A
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25 KA, In=1250A
- TC=300/1 Iph=270A T=0.4S
 Batteries
 Condensateurs
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25 KA, In=1250A
- TC=300/1
 Réserve
 HS
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25 KA, In=1250A
- TC=300/1
 Réserve
 HS
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25 KA, In=1250A
- TC=300/1
 Réserve
 HS
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25 KA, In=1250A
- AUX
 centrale
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25 KA, In=1250A

- TC=300/1 IPH=300A Ih=36A T=0.8S
 $I_{\text{violent}} = 600 \text{ A } T = 0.1 \text{ S } I_{tr} = 5 \text{ A } T = 0.5 \text{ s Cycle DRD+2RL}$
 Issers
 102 A
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25KA In=1250 A
- TC=300/1 IPH=300A Ih=36A T=0.8S
 $I_{\text{violent}} = 600 \text{ A } T = 0.1 \text{ S } I_{tr} = 5 \text{ A } T = 0.5 \text{ s Cycle DRD+RL}$
 Boghni
 51,2 A
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25KA In=1250 A
- TC=300/1 IPH=300A Ih=40A T=0.7S
 $I_{\text{violent}} = 600 \text{ A } T = 0.1 \text{ S } I_{tr} = 5 \text{ A } T = 0.5 \text{ s Cycle DRD+2RL}$
 DEM
 64,3 A
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25KA In=1250 A
- TC=300/1 IPH=355A Ih=36A T=0.8S
 $I_{\text{violent}} = 600 \text{ A } T = 0.1 \text{ S } I_{tr} = 5 \text{ A } T = 0.5 \text{ s Cycle DRD+2RL}$
 Ouadhias
 241 A
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25KA In=1250 A
- TC=150/1 IPH=150A Ih=30A T=0.8S
 $I_{\text{violent}} = 300 \text{ A } T = 0.1 \text{ S } I_{tr} = 5 \text{ A } T = 0.5 \text{ s Cycle DRD+2RL}$
 Tala Guilef
 78 A
 Disj SF6 M.Gérin, PC=25KA In=1250 A
- Disj SF6 M.Gérin, PC=25KA In=1250 A
 Ighzer n'chbel



Chapitre IV

Application

Introduction

Le but de cette étude est l'alimentation en énergie électrique du pôle d'excellence sis à TAMDA. Notre application concerne deux départs (le départ Briqueterie issu de PS 60/30 kV FREHA et la départ Sempac issu de PS THT 220/60/30 kV OUED AISSI:

IV.1 Collecte des données

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.

Les données nécessaires pour notre étude sont :

- ✓ Les données physiques
- ✓ Les données dynamiques (charge existante et future)

IV.1.1 Les données physiques du réseau

Les données physiques du réseau consistent à relever la structure existante du réseau à partir de :

➤ Carte schématique du réseau

Sur la carte schématique unifilaire on reportera les points d'ouverture de réseau en exploitation nominale à la dernière pointe de charge.

On s'informer également sur l'extension du réseau en cours de réalisation ou les développements décidés.

IV.1.1.1- Description de ces deux départs

-Description du départ 30kV Briqueterie issu du poste source Fréha

Ce départ est caractérisé par :

- Limite thermique du départ : $I_L=270$ A
- Courant de pointe de départ : $I_{APP}=220$ A
- Tension nominal de départ : $U= 30$ kV

Schéma normal d'exploitation

En fonctionnement normal ce départ est :

- Fermé au PS FREHA.
- Ouvert au poste 18 coté tronçon 161 avec départ 30 kV AZAZGA.

- Ouvert à l'IAT 1161 avec départ AZEFOUNE
- Ouvert à l'IAT 1160 avec départ MEKLA
- Fermé au poste 17 côté tr 384 (DISTRICT Tizi-Ouzou)
- Ouvert au poste 50 coté tronçon 400 (DISTRICT Tizi-Ouzou)
- Ouvert à l'IACM J1013 (DISTRICT Tizi-Ouzou).

Schéma de secours

En cas d'un défaut ou d'une anomalie ce départ peut être secouru par :

- La fermeture IAT 1161 (Départ AZEFFOUN) ;
- La fermeture IAT 1160 (départ MEKLA) côté tr 020 ;
- La fermeture au poste 18 (départ AZAZGA) côté tr 022.

- Description de départ 30kV Sempac issu du poste source OUED AISSI

Les caractéristiques de ce départ sont :

- Limite thermique du départ : $I_L=270$ A ;
- Courant de pointe de départ : $I_{APP}=91$ A ;
- Tension nominal de départ : $U= 30$ kV.

Schéma normal d'exploitation :

- Fermé au poste THT Oued Aissi ;
- Ouvert au J1041 avec départ Bouhinoun ;
- Ouvert au J1030 avec départ Timizart Loghbar ;

Schéma secoure :

Ce départ peut être secouru par :

- La fermeture de l'IACM J1041 avec départ Bouhinoun ;
- La fermeture de l'IACM J1030 avec départ Timizart Loghbar

Mais avant de procéder à l'étude, il est important de présenter le pôle à alimenter.

➤ Google earth

Sur Google earth on reportera les schémas géographiques du réseau sur lesquels on doit retrouver l'emplacement des postes et le tracé des liaisons.

IV.1.1.2- Présentation du site (pôle d'excellence sis TAMDA)



La région de Tamda.

Figure IV.1 : Situation géographique de projet

La commune de TAMDA est limitée :

- Au Nord : par la commune de Ouaguenoun ;
- A l'est : par la commune de Freha ;
- Au Sud : par les communes de Tizi-Rached, Mekla ;
- A l'ouest : par la commune de Tizi-Ouzou.

De nos jours le pôle à alimenter en énergie électrique se caractérise par :

- 1000 logements ;
- 17000 places pédagogiques ;
- Une cité universitaire de 10000 Lits ;



Figure IV.2 : Présentation de projet.

Ce pôle à une puissance de 6 MVA qui correspond à un courant de 115.5 A

IV.1.1.3-Présentation des deux départs

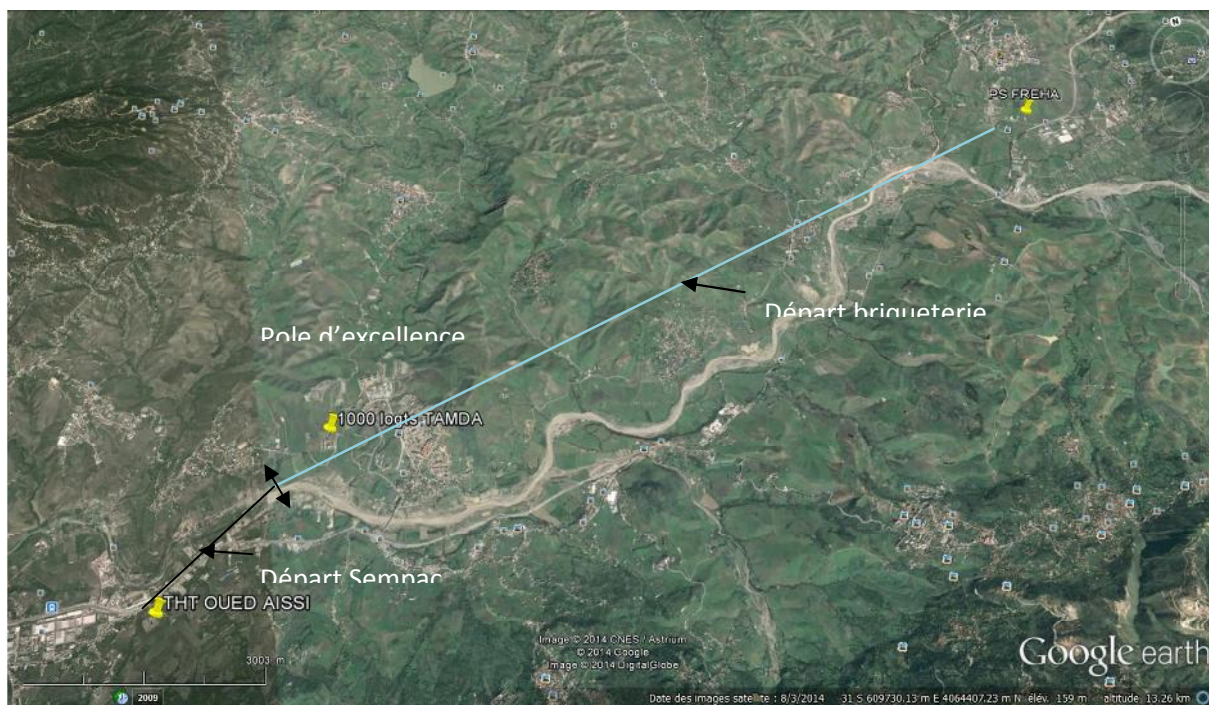


Figure IV.3: Présentation des départs.

➤ **Base de données**

C'est une base de données où on trouve toutes les informations concernant le réseau moyenne tension (section et nature des conducteurs, longueur, type de réseau, puissance des postes MT/BT) nécessaire pour la modélisation du réseau.

La collecte des données consiste à relever 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 section différente ou des matériaux différents
- La capacité de transit de chaque élément
- La réactance linéique en [Ω /Km]
- Les transformateurs HT/MT et leurs puissances
- Les courants supportés par les jeux de barres MT

IV.1.2 Les données dynamiques

Les données dynamiques présentent les différents paramètres à l'étude et au calcul des chutes de tension et aux charges existantes sur chaque départ

- Les données de la charge
- La répartition de la charge
- L'évolution de la charge

➤ **Les données de la charge**

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

La puissance installée sur chaque départ qui est la somme des puissances de tous les postes existants sur le départ.

Les mesures (des charges) sont prises deux fois par an sur 24h en plein été (mois de juillet) et en plein hiver (Décembre). La journée où sont effectuées les mesures est choisie arbitrairement et ce n'est pas forcément la journée la plus chaude ou la plus froide de l'année.

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

Le courant maximum transite sur chaque départ nommé aussi courant appelé qui est résumé dans le tableau (IV.1) ci-dessous :

Tableau (IV.1) courant de pointe PS FREHA

poste source		Départs	Courant appelé
F R E H A	jeu de barre 1	BRIQUETRIE	220 A
		AZZEFOUNE	240 A
		MEKLA	155 A
	Jeu de barres 2	BOUZGUENE	235 A
		AZZAZGA	145 A
		ENEL	60 A
		YAKOURENE	190 A

Remarque

Pour un départ moyenne tension MT la somme des puissances des dérivation 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

$$0 < \alpha < 1.$$

Alors pour le déterminer on doit tenir compte des puissances mises à la disposition des postes abonnés (PMD) et les puissances installées (P_i).

$$P_{\text{mesurée}} = \alpha \sum p_{\text{inst}}$$

Ainsi à partir de ces derniers, on peut sommer les courants installés.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad I = \frac{p}{\sqrt{3} \cdot U \cos\varphi}$$

$$S_i = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad \text{d'où} \quad I_i = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Les données du pôle sont

-La charge de pôle est : $S = 6 \text{ MVA}$

-La tension d'alimentation : $U = 30 \text{ KV}$

-le coefficient de foisonnement : $\alpha = 0,7$ (cette valeur considérée par DDTO)

DDTO : Direction de Distribution Tizi Ouzou

Le courant du pôle est donné par la formule :

$$I_i = \frac{6000}{3 \cdot 30} \cdot 0,7 = 81 \text{ A}$$

➤ Evolution de la charge (le taux d'accroissement) [3]

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 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.

La charge liée à l'apparition des nouveaux clients est partagée en trois tranches à mettre en service chaque année en générale dans notre étude en quatre tranches.

On vérifiera que le 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 :

$$X = (P_n / P_o)^{1/n} - 1 \quad [3]$$

P_o : puissance à l'année de référence

P_n : puissance après n années

X : taux d'évolution

IV.2 Calcul des chutes de tension pour les deux départs (briqueterie et sempac) en utilisant la méthode des moments

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

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

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

$$\cos \varphi = 0.9 \text{ (donnée SONELGAZ)}$$

Les moments spécifiques M_1 sont donnés par le tableau 2 (annexe).

-Départ SEMPAC :

$$-L = 54.78 \text{ Km}$$

$$-U = 30 \text{ KV}$$

$$-\cos \varphi = 0.9$$

✓ Chute de tension

$$\text{On à : } \frac{U}{U} = \frac{M}{M_1}$$

$$M = \sqrt{3} U I \cos \varphi l$$

AN :

$$M = \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 0.9 \cdot 10^{-3} \cdot 54,78$$

$$M = 0,233 \text{ MW.Km}$$

$$M_1 = \frac{1}{100} \cdot \frac{U^2}{r + X \cdot \tan \varphi}$$

$$\text{AN : } M_1 = \frac{1}{100} \cdot \frac{30^2}{0,357+0,35 \cdot 0,484}$$

$$M_1 = 17,1 \text{ MW. Km}$$

$$\left(\frac{U}{U}\right)_1 = \frac{M = 0,233}{M_1 \cdot 17,1} = 1,3 \%$$

Donc:

✓ **Pertes de puissance**

$$P_1 = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot 0,35 \cdot (91 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 54,78 = 0,0086 \text{ kw}$$

-Départ Briqueterie:

- L=123,9 Km

- U = 30 KV

-cos φ = 0.9

✓ **Chute de tension**

On à : $\frac{U}{U} = \frac{M}{M_2}$

$$M = \sqrt{3} U I \cos \varphi l$$

AN:

$$M = \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 220 \cdot 10^{-3} \cdot 123,9$$

$$M = 1,274 \text{ MW.km}$$

$$M_2 = \frac{1}{100} \cdot \frac{U^2}{r + X \cdot \tan \varphi}$$

AN :

$$M_2 = \frac{1}{100} \cdot \frac{30^2}{0,357 + 0,35 \cdot 0,484}$$

$$M_2 = 17,1 \text{ MW} \cdot \text{Km}$$

$$\left(\frac{U}{U}\right)_2 = \frac{M_1 - 1,274}{M_2 - 17,1} = 7,4 \%$$

Donc:

✓ Pertes de puissance

$$P_2 = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot 0,35 \cdot (220 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 123,9 = 6,29 \text{ kw}$$

Le départ briqueterie enregistre une chute de tension de 7.4 % une valeur proche de la limite thermique.

Et pour vérifier les résultats de calcul de chute de tension par la méthode des moments, on va faire une étude comparative entre les résultats obtenus analytiquement avec les résultats obtenus par le programme de calcul CARA.

IV.3 Présentation de logiciel de calcul CARA

CARA veut dire : Calcul Automatique d'un Réseau Arborescent

Le modèle CARA sous MS-DOS a été conçu dans le but de faciliter tout calcul et de simuler les comportements d'un réseau électrique ; il vérifie si, pour un réseau maillé 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 CARA 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.

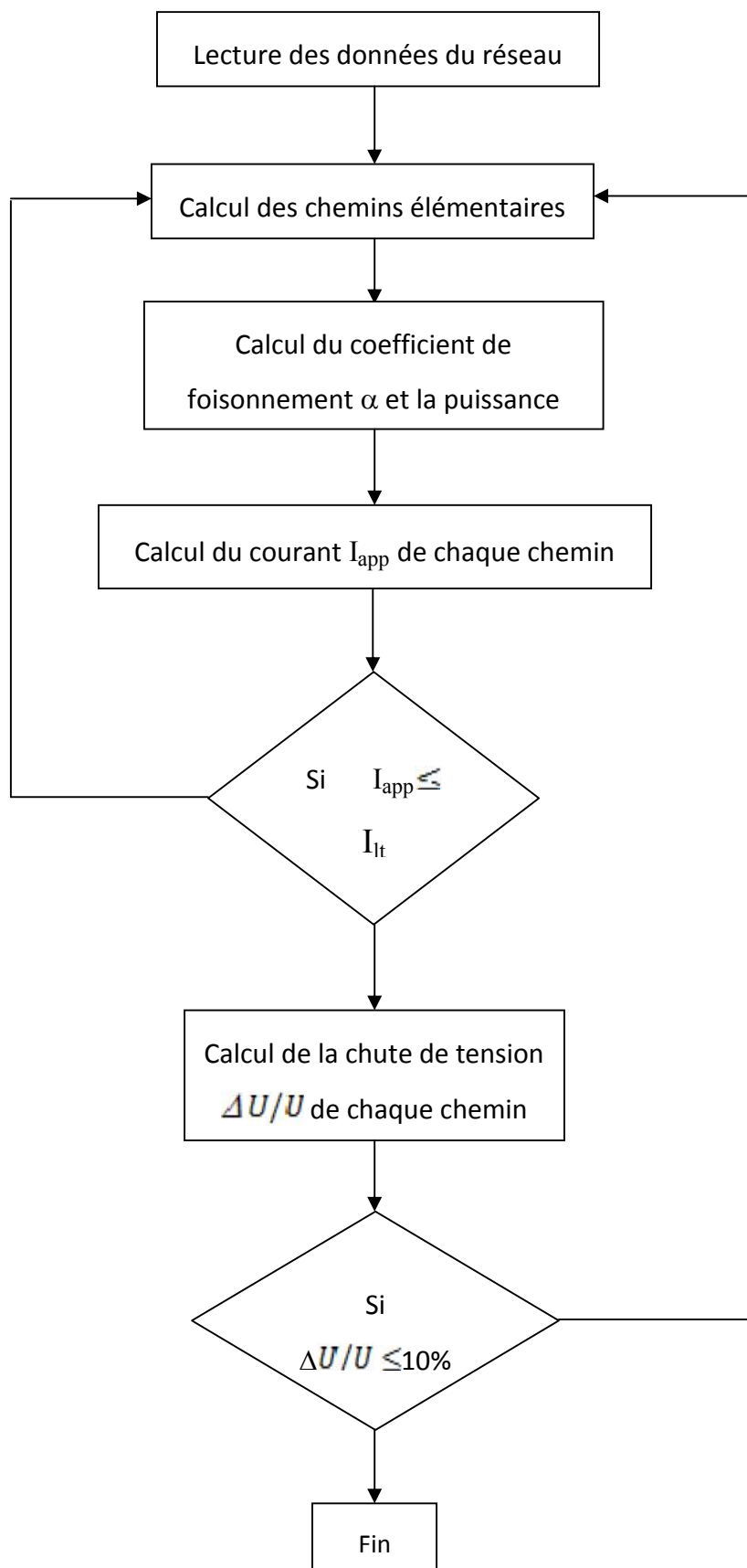
Après examen de tous les déclenchements demandés, le modèle vérifie l'année ultérieure avec un facteur de consommation augmenté en tenant compte des renforcements éventuels dans le réseau.

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.

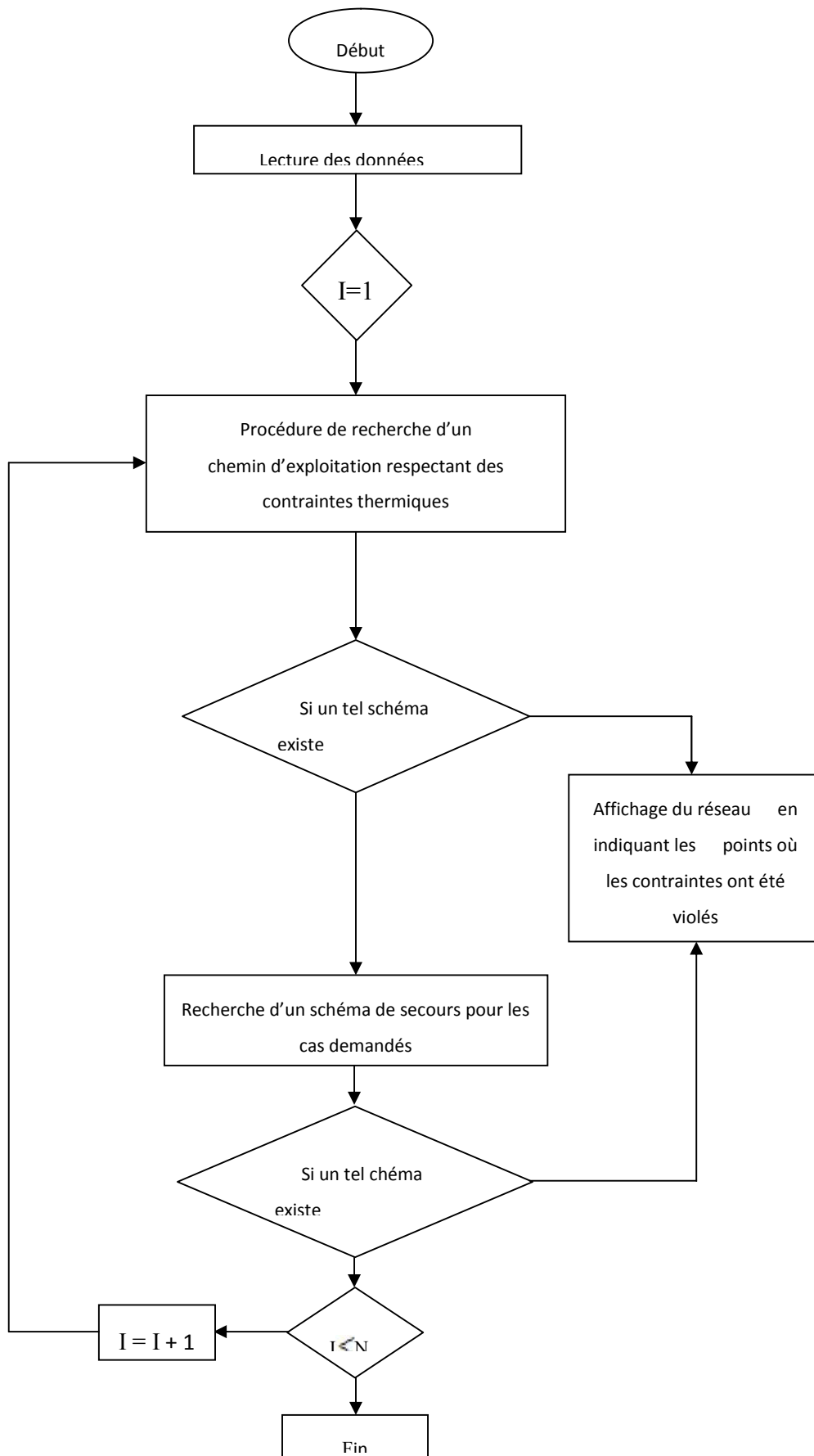
CARA simule le comportement d'un réseau sur une durée ne dépassant pas vingt années, en prévoyant toutes les évolutions qui puissent parvenir au cours de cette période à savoir :

Ajouter de nouveaux clients (consommateurs), élimination d'une ligne, tout en évitant de perturber les clients existants.

IV.3.1 Organigramme de résolution [3]



IV.3.2 Organigramme du logiciel [3]



IV.3.3 Hypothèses de calcul [3]

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

- a- La tension aux barres secondaires des injecteurs :
Comme les calculs sont effectués à la pointe, il y a lieu d'utiliser la tension aux barres en période de pointe.
- b- $\cos \varphi$: facteur de puissance (pour la simplicité des calculs, il est supposé uniforme dans tout le réseau 0.9).
- c- La chute de tension admissible dans le réseau :
 - A l'état sain :
 - 10 % pour le réseau MT souterrain.
 - 12% 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 dans le guide technique [3] : (tableau en annexe)

IV.4 Application (utilisation du programme CARA)

IV.4.1 Etat de réseau en hiver 2013

Les valeurs des chutes de tension, des longueurs, et des charges mesurées du départ briqueterie et du départ sempac sont données dans les deux tableaux suivants :

Tableau IV.1 : Départs concernés

Postes	départs	I_{lt} (A)	I_{app} (A)	Taux d'évolution (%)	— (%)	Long (km)
FREHA	Briqueterie	270	220	4%	7.40	123.9
THT O-A	Sempac	270	91	4%	1.30	54.78

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

Commentaire

Le départ 30 KV BRIQUETRIE issu de poste source 60/30 KV FREHA a une pointe (courant de charge) de 220A en hiver.

Le départ 30 KV Sempac issu de poste THT 220/60/30 KV oued aissi enregistre une pointe (courant de charge) de 91A en hiver toujours comme le montre le tableau.

IV.4.2 Evolution de la charge des deux départs (2013-2017)

Les résultats d'étude de l'évolution de la charge des deux départs sans la charge de pôle selon un développement moyen terme 2013-2017 sont résumés dans le tableau suivant avec une évolution annuelle de 4%.

Tableau IV 2 étude de l'évolution de la charge des deux départ sans la charge de pôle

Postes	Départs	2013	2014	2015	2016	2017
FREHA	Briqueterie	220 A	228.8A	237.6A	246.4A	255.2A
THT O-A	Sempac	91 A	94.64A	98.28A	101.92A	105.56A

Commentaire

-Le départ BRIQUETERIE sans la charge de pôle atteindre en 2017 un courant de charge de 255.2A.

-Le départ SEMPAC sans la charge de pôle atteindre en 2017 un courant de charge de 105.56 A.

Alors, et d'après ces résultats le départ briqueterie ne peut pas supporter la charge supplémentaire du pôle qui est de 81 A, sans présenter des contraintes électriques.

Et pour cette raison la SDC/DDTO a prévu une restructuration du réseau moyenne tension de cette région.

- La solution envisagée est de basculer une partie de la charge 220A (la partie à basculée est de 116A) du départ briqueterie sur un autre départ à savoir le départ 30 KV sempac

issu de poste source de 220/60/30 KV oued aissi par la création d'un bouclage, le bouclage briqueterie sempac consiste à créer une liaison entre l'étoilement E418 et l'étoilement E413 qui sera alimenté par le poste source 220/60/30 KV Oued Aissi et cela par :

- L'ouverture de départ briqueterie qui a un courant de charge de (220A) au poste 17 coté j1035, la charge descend à un courant de (114A).
- L'ouverture de départ sempac qui a un courant de charge (91A) au j1030, ce départ aura une charge de (5A)
- Ensuite créer une liaison entre l'étoilement E413 et l'étoilement E418.

SDC : Société de Distribution Centre.

IV.1.2 Etude de la solution proposée

Avant de procéder à la restructuration de réseau, il est important de faire une étude pour la solution qui a été proposé par la SDC/DDTO.

-Le départ briqueterie ouvert au poste 17 côté de j 1035

La première étape est l'ouverture de départ briqueterie eu poste 17 côté de j 1035

Départ briqueterie	Le courant de charge (A)
La charge avant l'ouverture	220
la charge restante	104
La charge basculée	116

Commentaire

Le courant de charge de ce départ après l'ouverture est de 104A, la charge a basculée est de 116A.

-ouverture de départ sempac au j1030

La deuxième étape est l'ouverture de départ sempac au j 1030

Départ sempac	Le courant de charge (A)
La charge avant l'ouverture	91
la charge restante	5
La charge basculée	86

Commentaire

La charge de ce départ après l'ouverture au j 1030 est de 5A.

- La liaison à créer est entre E418 et E413 (bouclage briqueterie-sempac)

Après avoir ouvrir les deux départs briqueterie et sempac, la troisième étape consiste a crée une liaison entre l'étoilement E418 et L'étoilement E413.

	Le courant de charge (A)
La charge basculée à partir de briqueterie	116
La charge restée de sempac	5
Charge de nouveau départ (briqueterie-sempac)	121

Commentaire

Après avoir réalisé le bouclage briqueterie-sempac entre l'étoilement E418 et l'étoilement E413 la charge de départ (bouclage briqueterie-sempac) est de 121 A.

Etude de l'évolution de la charge (briqueterie-sempac) sans la charge de pôle

L'étude est faite selon un développement moyen terme 2013-2017 avec un taux d'évolution de 4%

Années	2013	2014	2015	2016	2017
Evolution de la charge (A)	121	125.84	130.87	136.10	141.54

Commentaire

Le courant de charge de ce départ atteindre en 2017 une valeur de 141.54 A qui est loin de la limite thermique.

-on va faire l'étude de l'évolution de la charge de nouveau départ (briqueterie-sempac) avec la charge de pôle qui est de 81A.

La charge de pôle est partagée en quatre tranches à mettre en service chaque année avec un taux d'évolution de 4%.

$81/4 = 20.25$ A (à ajouter chaque année)

AN : $121 + 20.25 + 4\% = 146.09$ A en 2014

-Etude de l'évolution de la charge de ce départ (E413-E418) avec la charge de pôle d'excellence dans le moyen terme (2013-2017)

Années	2013	2014	2015	2016	2017
Evolution de la charge (A)	121	146.09	172.18	199.31	227.53

Commentaires

D'après les résultats obtenus lors de la simulation de la solution proposée, nous constatons
Même après 4 ans d'évolution de la charge, ce départ continue à fonctionner sans présenter aucune contrainte électrique.

En effet, les résultats obtenus nous mènent à dire que les objectifs recherchés par la solution proposée sont atteints à savoir

- Palier le problème de saturation du départ briqueterie.
- Assurer l'alimentation du pôle d'excellence TAMDA.

Conclusion

Dans cette partie nous avons étudié la solution proposée selon un développement moyen terme 2013-2017.

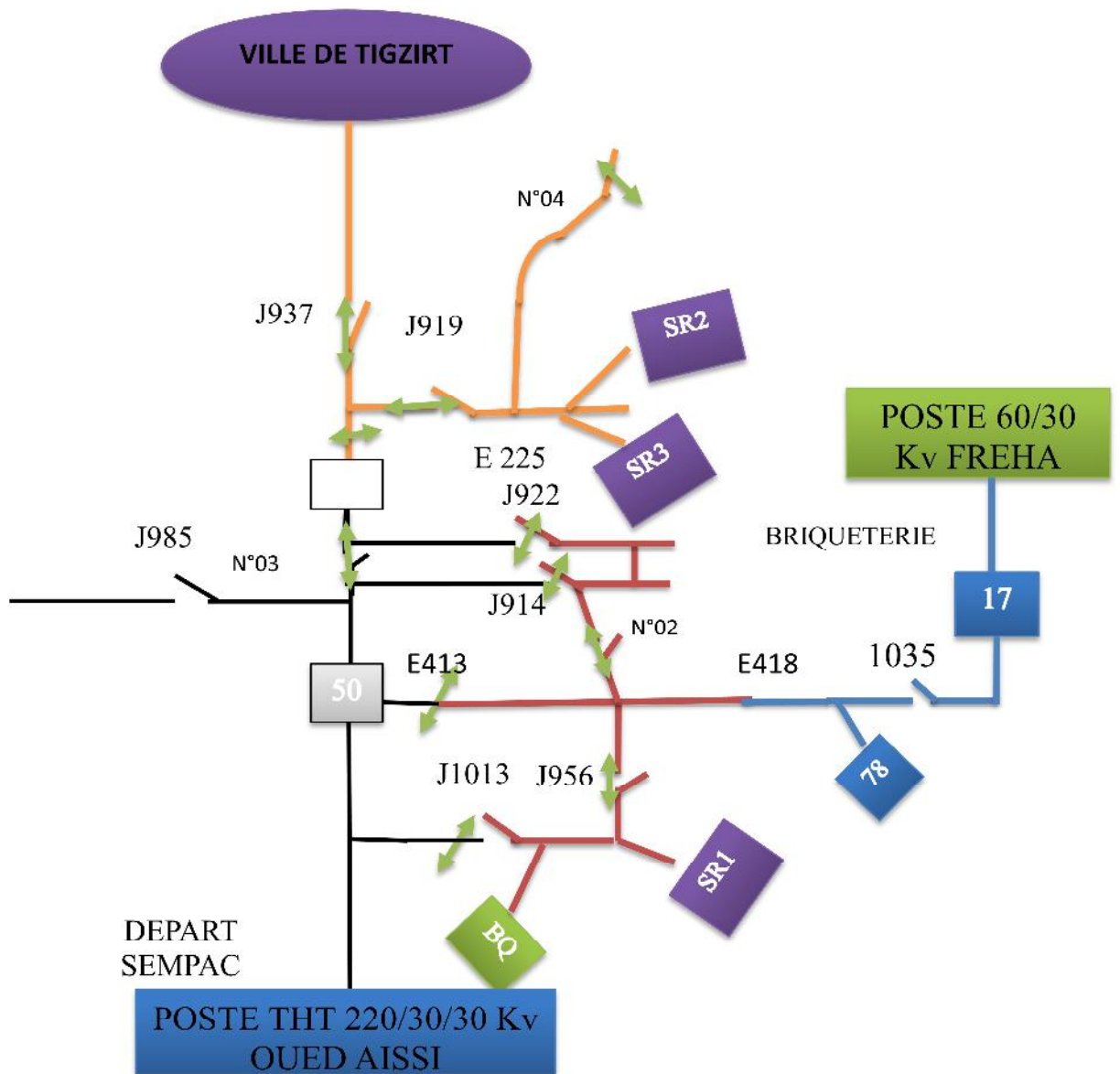
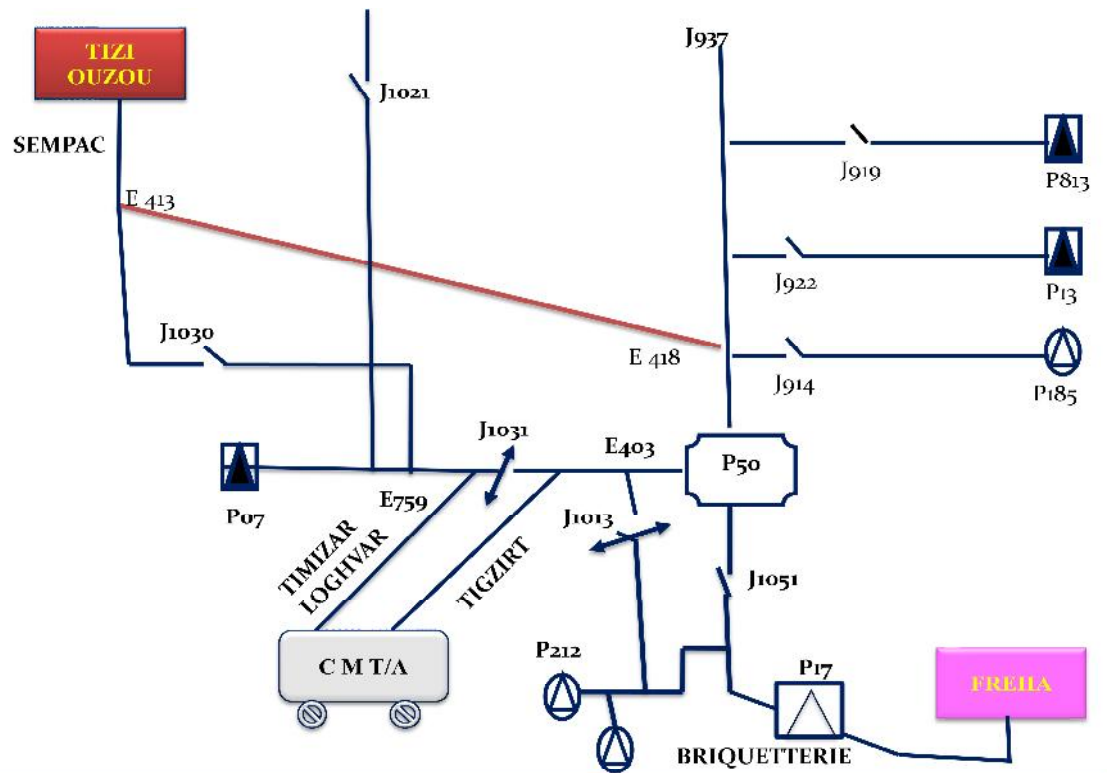
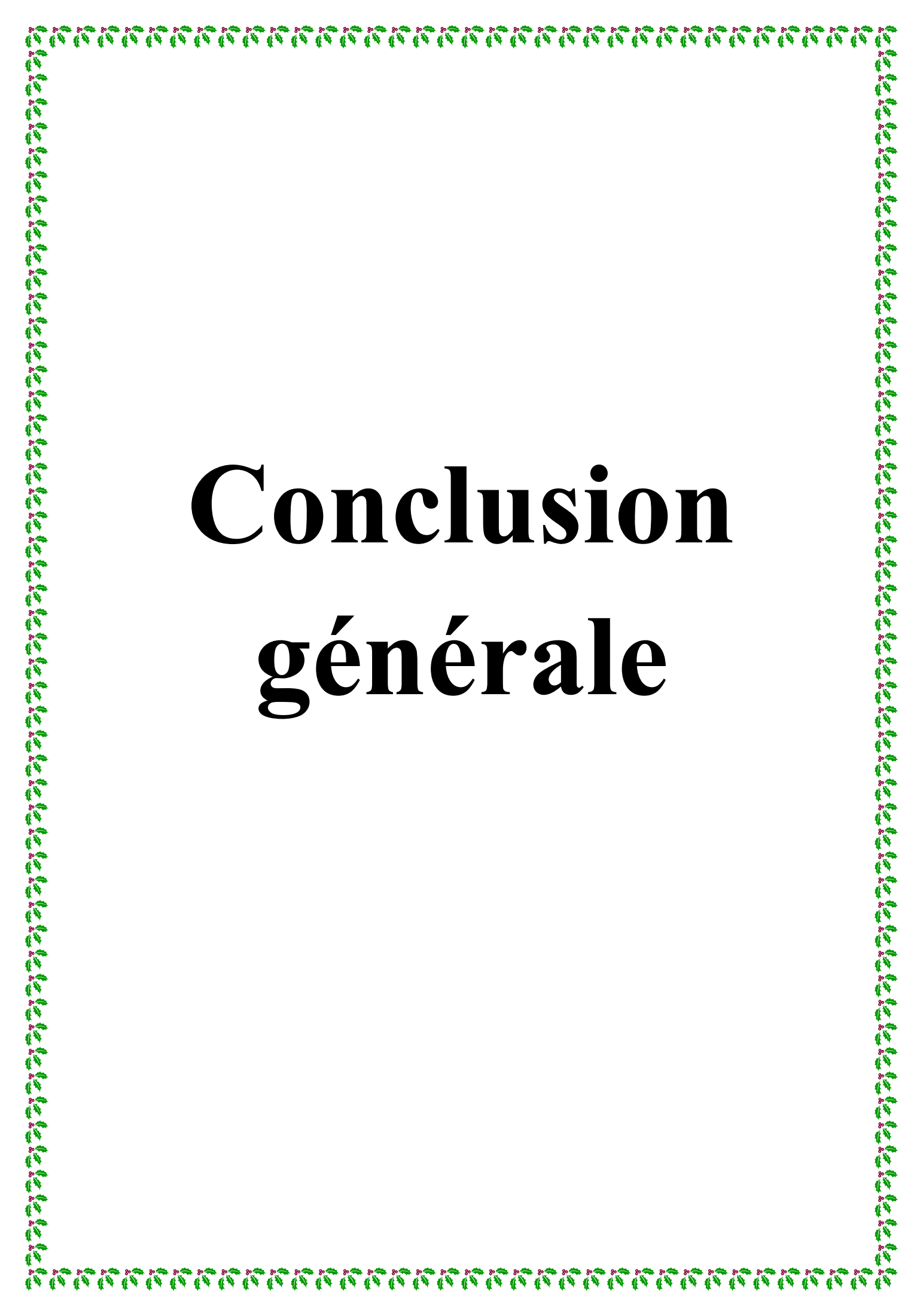


Schéma simplifié



MISE EN PLACE DE LA CABINE MOBILE TALA ATHMANE ANNEE 2013

Schéma simplifié



Conclusion générale

Conclusion Générale

Conclusion

La gestion des réseaux électriciens et la garantie de bon service aux clients reste le souci majeur de personnel de la société nationale de l'électricité et de gaz, et notre étude, donne certaines indications, sur les contraintes affrontées par les employés, en particulier les chutes de tension.

Notre objectif principal est la restructuration du réseau moyenne tension de la région de TAMDA dans le but d'alimenter en énergie électrique un pôle d'excellence sis dans cette région.

Après avoir fait un diagnostic de l'état actuel du ce réseau collectant les données nécessaires aux calculs de charge et de chute de tension. Dont on a fait appel a un logiciel nommé « CARA » prévu pour les calculs électriques des vastes réseaux à savoir, les courants transités, calculs des chutes de tension et les pertes de charges sur chaque segment.

Cette partie nous a permis d'avoir une meilleure connaissance des problèmes qui touche ce réseau, tel que la charge des départs

Après analyse des résultats nous avons retenu trois variantes de restructuration de ce réseau:

- La première consiste à ouvrir le départ briqueterie au poste 17 coté de j1035.
- La deuxième consiste à ouvrir le départ sempac au j1013.
- Le troisième consiste à créer un bouclage entre le E413 et le E418.

Cette solution a permis de soulager le départ briqueterie à savoir ; la diminution des chutes de tension ainsi que la longueur de ce départ.

Ce travail nous a permis d'enrichir les connaissances acquises pendant notre formation.

Enfin, nous espérons que ce travail fera l'objet d'une réalisation concrète.



Bibliographie

Bibliographie

- [1] Philippe CARRIVE, Réseaux de distribution « Structure et planification »
Technique de l'ingénieur D4 210.
- [2] Guide du surveillant des Travaux Electricité (2009) : SONELGAZ
- [3] Guide technique de la SONELGAZ
- [4] N-SALAH et F-ZEGHBIB Restauration du réseau moyenne tension de la région de BOUZEGUENE
- [5] M.RABIA, ISSAOUN «Restructuration du réseau moyenne tension 30 KV de la région de OUADHIAS» Mémoire d'ingénieur UMMTO, année 2011
- [6] THEODORE WILI, Électrotechnique 4^{ème} édition bibliothèque nationale PARIS, juin 2005
ISBN PUL 2-76378185-3
- [7] Dj. NABECHE, «Restructuration de réseau moyenne tension 30 KV de TIZI OUZOU centre» Mémoire d'ingénieur UMMTO, année 2011



Annexe

Annexe 1: Création du fichier CARAT.[3]

Nous allons décrire le format détaillé pour la création du fichier de donnée CARAT. Ce fichier est constitué de 04 cartes qui sont: 0, 1, 2 et 3

a- Carte titre .code = 0

0-0-0-----ETUDE DE LA VILLE DE DJELFA ETAT PROJETE 2006

b- Carte paramètres code = 1

Format de carte

1-20062016--31000-55.00-55.00-30.00-30.00--150-8760-0.900 20 0.5 121

Description

Col. 1 : Code 1

Col. 3-6 : année début

Col. 7-10 : année fin

Col. 13-17 : tension nominale du réseau à étudier en volte : Ex. 30000

Col. 19-23 : tension minimale (en%) admise à l'état sain: Ex. 90%

Col. 25-29 : tension minimale (en%) admise en cas d'incident. Ce pourcentage doit

être égale ou plus petit que le pourcentage à l'état sain: Ex. 88%

Col. 31-35 : surcharge (en%) admise en cas d'incident: Ex. 10%

Col. 37-41 : puissance minimale (en%) de la monotone stylisée de charge .Ex. 10%

Col. 44-46 : temps au point de cassure, dans la monotone stylisé de charge en heurs.

Col. 48-51 : utilisation moyenne du réseau ($0 < U < 8760$) en heurs.

Col. 53-57 : cosinus phi moyen ($0 < \cos \phi \leq 1$). Ex. 0.9

Col. 59-62 : temps calcul maximum pour la recherche de l'état sain, en secondes.

Col. 64-66 : facteur de multiplication pour calculer un schéma de secours. Le temps calcul

max pour un schéma de secours sera égal à la valeur en col 59-62 multiplier

par ce facteur. Ex. 0.5 (valeur par défaut: 1)

Col. 68 : = 0 pas de recherche arborescente admise 1 recherche arborescente admise.

Col. 69 : = 0 impressions des données

= 1 suppression de l'impression des données de charge.

= 2 suppression de l'impression des données des branches et charges.

Col. 70 : = 0 suppression de l'impression des manoeuvres pour obtenir le schéma de

secours.

c- Cartes branches code = 2

Format des cartes de branches

2-INJECT---00-VILLE4---0---0---0-0-0-500.0-0.000-0.000-0.000

2-VILLE4---00-451P122--0---0---0-0-0-230.0-0.300-0.100-1.190

Description

Col. 1 : Code 2

Col. 3-10 : nom du nœud amont

Col. 12 : 0= il n'y a pas de disjoncteur au nœud amont

1= il y a un disjoncteur au nœud amont

Col. 13 : 0= il n'y a pas de disjoncteur au nœud aval

1= il y a un disjoncteur au nœud aval

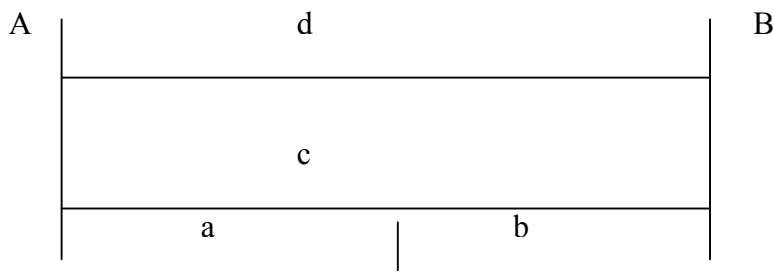
Col. 15-22 : nom du nœud aval.

Col. 24 : numéro de ligne de l'élément entre les deux nœuds donnés. Plusieurs éléments avec le même numéro de série entre deux nœuds sont considérés comme des éléments en série. Des éléments avec numéro de série différents sont considérés en parallèle.

Exemple:

Node 1	Node 2	// Ser.	
A	B	1	Caractéristique a
A	B	1	Caractéristique b
A	B	2	Caractéristique c
A	B	3	Caractéristique d

Représente la structure ci-dessous



Et on calcule dans le programme les caractéristiques résultantes de l'arc A-B

Note: les numéros de séries peuvent servir également à faire distinguer au programme des arcs en parallèle, au cas où l'on veut les déclencher séparément.

Col. 26-29 : année de renforcement. Après cette année-ci, l'arc est considéré comme ne faisant pas partie du réseau.

Col. 31-34 : année de suppression. L'arc est considéré comme ne faisant pas partie du réseau avant l'année spécifiée

Si cette date est plus petite que l'année début de calcul, l'arc ne sera pas retenu dans le programme.

Si cette date n'est pas fournie, l'arc sera présent dans le réseau jusqu'à la fin de l'étude.

Col. 36 : = 0 ou blanc (arc libre)

= 1 arc prioritaire, cet arc doit être dans la solution

= 2 arc prioritaire, seulement pour l'étude à l'état sain

Quand on étudie un schéma secours, l'arc est considéré comme libre.

= 3 arc défendu à l'état sain

Cet arc ne pourra pas être utilisé dans le schéma de l'état sain

Col. 38 : = 0 ou blanc : arc a ne pas déclencher (un incident sur cet arc n'est pas à étudier)

= 1 arc à déclencher

= 2 à 9 tous les arcs portant le même numéro de déclenchement seront déclanchés simultanément.

Col. 40-44 : capacité de l'arc en ampères: ex 270.0

Col. 46-50 : Résistance linéique de l'arc Ω/km .

Col. 52-56 : Réactance linéique de l'arc Ω/km .

Col. 58-62 : longueur de l'arc en Km

Les injecteur seront représenté comme étant des arcs partant du nœud fictif INJEC, avec la capacité de l'injecteur en question, et avec résistance, impédance et longueur nulle. Le nœud INJECT sera donc le nom du nœud amont de tous les injecteurs.

d- Cartes charges code = 3

Ces cartes sont destinées à définir l'évolution de la charge en un nœud. Cette évolution sera décrite à l'aide d'une ou plusieurs composantes exponentielles.

Chaque composante est caractérisée par:

- Sa valeur initiale à une année déterminée.
- Sont taux d'accroissement.

En outre, chaque composante peut soit s'ajouter à la charge existant en un nœud, soit remplacer cette charge ou seulement modifier son taux d'accroissement.

Exemple

A l'année initiale i_0 de l'étude, la charge en un nœud à la valeur V_0 et évoluera avec un taux de t_0 .

A l'année i_1 une charge supplémentaire V_1 avec un taux d'accroissement t_1 s'ajoute à ce nœud.

A partir de l'année i_2 on estime que la charge totale existante en ce nœud continuera à évoluer avec un taux d'accroissement t_2 .

A l'année i_3 la charge au nœud sera remplacer par une charge V_3 avec un taux d'accroissement t_3

Etc.....

Chaque carte permet la description de 4 composant.

Format des cartes de charges

3-451P102-2005A0.338946----5---0A0.000000----0---0A0.000000----0---0A0.000000 0

Description

Col. 1 : Code carte 3

Col. 3-10 : nom du nœud de charge

Col. 11-14 : année initiale de la composante (année de référence)

Col. 15 : A ou blanc, la composante s'ajoute à la charge existante

R, la composante remplace la charge existante

C, la charge totale existante à l'année indiquée évoluera suivant le taux

d'accroissement de cette composante.

Col. 16-23 : première composante de la charge en ampère.

Col. 28 : taux d'accroissement de la composante.

Col. 29-32 : l'année de la deuxième composante de la charge

Col. 33 : A, R, C, la même description de la colonne 15

Col. 34-41 : deuxième composante de la charge.

Col. 52-59 : troisième composante de la charge.

Col. 70-77 : quatrième composante de la charge.

.

Briquetterie ouvert au poste 17

0 0 0 ETUDE SCHEMA DIRECTEUR T-OUZOU BRIQUETERIE IP = 220 A

1 20132017 31000 90.00 90.00 30.00 30.00 500 8760 0.900 20 0.5 121

2 222222

2 INJECT 00 444H1C3 0 0 0 0 0 500.0 0.000 0.000 0.000

2 444H1C3 00 444E356 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.638 0 0 0

2 444E356 00 444J906 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.097 0 0 0

2 444J906 00 444E357 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.035 0 0 0

2 444E357 00 444E360 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.129 0 0 0

2 444E360 00 444E361 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.333 0 0 0

2 444E361 00 444E362 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.097 0 0 0

2 444E362 00 444P156 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.055 0 0 0

2 444E362 00 444P49 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.602 0 0 0

2 444E361 00 444P123 0 0 0 0 0 190.0 0.603 0.350 0.322 0 0 0

2 444E360 00 444P447 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.766 0 0 0

2 444E357 00 444P248 1 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.425 0 0 0

2 444E357 00 444P248 1 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.068 0 0 0

2 444E356 00 444P125 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 1.826 0 0 0

2 444P125 00 444E355 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.937 0 0 0

2 444E355 00 444J844 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 3.208 0 0 0

2 444J844 00 444E351 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.197 0 0 0

2 444E351 00 444E350 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.093 0 0 0

2 444E350 00 444E889 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.313 0 0 0

2 444E889 00 444J848 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.025 0 0 0

2 444J848 00 444E935 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.039 0 0 0

2 444E935 00 444P662 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.120 0 0 0

2 444E935 00 444P748 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.137 0 0 0

2 444E365 00 444E889 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.158 0 0 0
2 444E365 00 444E366 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 1.523 0 0 0
2 444E366 00 444E367 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 1.766 0 0 0
2 444E367 00 444P17 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 1.298 0 0 0
2 444P17 00 441J1035 0 0 0 3 0 270.0 0.357 0.350 1.723 0 0 0
2 441J1035 00 441E922 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.420 0 0 0
2 441E922 00 441E428 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.580 0 0 0
2 441E428 00 441E429 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.493 0 0 0
2 441E429 00 441E430 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 1.489 0 0 0
2 441E430 00 441E798 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.080 0 0 0
2 441E798 00 441E943 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.447 0 0 0
2 441E943 00 441P1163 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.447 0 0 0
2 441E943 00 441P1361 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.017 0 0 0
2 441E798 00 441J957 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.077 0 0 0
2 441J957 00 441E431 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.026 0 0 0
2 441E431 00 441E432 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.146 0 0 0
2 441E432 00 441E433 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.538 0 0 0
2 441E433 00 441P184 1 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.157 0 0 0
2 441E433 00 441P184 1 0 0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.034 0 0 0
2 441E433 00 441P310 0 0 0 0 0 118.0 1.010 0.350 0.035 0 0 0
2 441E432 00 441P438 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.035 0 0 0
2 441E431 00 441P654 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.080 0 0 0
2 441E430 00 441J813 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.080 0 0 0
2 441J813 00 441E434 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 2.194 0 0 0
2 441E434 00 441E435 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.260 0 0 0
2 441E435 00 441J954 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.019 0 0 0
2 441J954 00 441E644 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.120 0 0 0

Sempac avant l'ouverture

0 0 0 ETUDE SCHEMA DIRECTEUR T-OUZOU SEMPACE IP = 91 A

1 20132013 31000 90.00 90.00 30.00 30.00 500 8760 0.900 20 0.5 121

2 222222

2 INJECT 00 441H1C6 0 0 0 0 0 500.0 0.000 0.000 0.000

2 441H1C6 00 447E751 1 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.755 0 0 0

2 441H1C6 00 447E751 1 0 0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.150 0 0 0

2 447E751 00 447E752 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 2.593 0 0 0

2 447E752 00 441P511 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.471 0 0 0

2 447E752 00 447E834 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.515 0 0 0

2 447E834 00 441P1215 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.023 0 0 0

2 447E834 00 447E753 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.639 0 0 0

2 447E753 00 441P613 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 1.624 0 0 0

2 447E413 00 447E753 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 3.229 0 0 0

2 447E413 00 441P1187 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.090 0 0 0

2 447E754 00 447E413 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.163 0 0 0

2 447E754 00 447J1030 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.040 0 0 0

2 447J1030 00 447E759 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.040 0 0 0

2 447E759 00 447E398 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.332 0 0 0

2 447E398 00 441P75 0 0 0 0 0 153.0 0.650 0.350 0.037 0 0 0

2 447E398 00 447E396 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.240 0 0 0

2 447E396 00 441P76 0 0 0 0 0 190.0 0.603 0.350 0.158 0 0 0

2 447E396 00 441P83 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.619 0 0 0

2 441E394 00 441P83 0 0 0 0 0 153.0 0.650 0.350 0.257 0 0 0

2 441E394 00 441E620 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.200 0 0 0

2 441E620 00 441P820 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.155 0 0 0

2 441E620 00 441P969 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.350 0 0 0

3 447P313	2013A5.523281	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P529	2013A0.789040	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P680	2013A0.789040	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P681	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P157	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P206	2013A1.578080	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P683	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P198	2013A0.394520	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P679	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P204	2013A2.524928	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P205	2013A1.578080	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P684	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P678	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P310	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P103	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P768	2013A3.156161	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P769	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P530	2013A1.262464	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P880	2013A0.394520	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000	0

Sempac ouvert au 413

0 0 0 ETUDE SCHEMA DIRECTEUR T-OUZOU SEMPACE IP = 91 A

1 20132017 31000 90.00 90.00 30.00 30.00 500 8760 0.900 20 0.5 121

2 222222

2 INJECT 00 441H1C6 0 0 0 0 0 500.0 0.000 0.000 0.000

2 441H1C6 00 447E751 1 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.755 0 0 0

2 441H1C6 00 447E751 1 0 0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.150 0 0 0

2 447E751 00 447E752 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 2.593 0 0 0

2 447E752 00 441P511 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.471 0 0 0

2 447E752 00 447E834 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.515 0 0 0

2 447E834 00 441P1215 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.023 0 0 0

2 447E834 00 447E753 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.639 0 0 0

2 447E753 00 441P613 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 1.624 0 0 0

2 447E413 00 447E753 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 3.229 0 0 0

2 447E413 00 441P1187 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.090 0 0 0

2 447E754 00 447E413 0 0 0 3 0 270.0 0.357 0.350 0.163 0 0 0

2 447E754 00 447J1030 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.040 0 0 0

2 447J1030 00 447E759 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.040 0 0 0

2 447E759 00 447E398 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.332 0 0 0

2 447E398 00 441P75 0 0 0 0 0 153.0 0.650 0.350 0.037 0 0 0

2 447E398 00 447E396 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.240 0 0 0

2 447E396 00 441P76 0 0 0 0 0 190.0 0.603 0.350 0.158 0 0 0

2 447E396 00 441P83 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.619 0 0 0

2 441E394 00 441P83 0 0 0 0 0 153.0 0.650 0.350 0.257 0 0 0

2 441E394 00 441E620 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.200 0 0 0

2 441E620 00 441P820 0 0 0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.155 0 0 0

2 441E620 00 441P969 0 0 0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.350 0 0 0

Tableau II.1 : Moments électriques M_1 des conducteurs nus.

NATURE	SECTION mm ²	M ₁ (KW * Km)		
		5.5	10.0	30.0
CUIVRE	17.8	0.26	0.85	7.62
	27.6	0.36	1.21	10.86
	38.2	0.47	1.55	13.91
	48.3	0.55	1.82	16.42
	74.9	0.73	2.41	21.69
	116.2	0.91	3.02	27.19
ALMELEC	34.4	0.27	0.88	7.94
	54.6	0.39	1.29	11.57
	75.5	0.49	1.63	14.68
	93.3	0.57	1.89	17.01
	143.1	0.76	2.51	22.56
	28.0	0.94	3.12	28.04
	188.0	0.04	3.45	31.03
ALU-ACIER	75.5	0.39	1.28	11.54
	116.2	0.63	2.08	18.71
	147.1	0.72	2.39	21.53
	228.0	0.91	3.01	27.11
	288.0	0.01	3.34	30.10

Tableau II.2 : Moments électriques M_1 des conducteurs isolés

NATURE	SECTION mm ²	M_1 (KW * Km)		
		5.5	10.0	30.0
CUIVRE	30.0	0.40	1.33	11.98
	50.0	0.64	2.11	18.99
	70.0	0.86	2.83	25.50
	95.0	1.13	3.75	33.71
	120.0	1.34	4.42	39.82
	146.0	1.58	5.25	47.12
	185.0	1.88	6.21	55.90
ALUMINIUM	25.0	0.22	0.72	6.45
	35.0	0.30	0.98	8.80
	50.0	0.39	1.30	11.72
	70.0	0.55	1.83	16.45
	95.0	0.74	2.44	22.00
	120.0	0.91	2.99	26.95
	150.0	1.08	3.56	32.03
	185.0	1.29	4.27	38.46
	240.0	1.59	5.26	47.37

Avec :

Ces tableaux sont faits pour une charge concentrée à l'extrémité ($K_u=1$) la résistance r varie avec la température de fonctionnement T de la ligne.

$T = 20^\circ \text{C}$: pour les lignes aériennes en conducteur nus.

$T = 50^\circ \text{C}$: pour les câbles souterrains est les lignes aériennes en conducteur isolé.