

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

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

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme
D'INGENIEUR D'ETAT EN ELECTROTECHNIQUE
Option : Réseaux Electriques

THEME

*Restructuration du réseau moyenne tension
30kV de la région des OUADHIAS*

Proposé par:

M A. BEN LOUNES (SONELGAZ)

M H. GUERMAH (SONELGAZ)

Dirigé par :

M C. BIROUCHE

M A. BEN LOUNES

M H. GUERMAH

Etudié par:

M^{lle} IDJA Saliha

M^{lle} DOUAR Ouahiba

M GHERBI Anis Mahfoud

Promotion 2009/2010

Remerciements

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

Nous tenant à remercier Nos familles, nos amis notre promoteur M^r Birouche nos co-promoteurs M^r Ben lounes ainsi que M^r Guermeh pour leurs encouragements et leurs conseils

Tout le personnel de la SONELGAZ pour leur accueil

L'ensemble du personnel du département Electrotechnique de la FGEI de l'université Mouloud Mammeri de TIZI-OUZOU

Merci à vous tous

Dédicace

Je dédie ce travail

A

*TOI qui a été toujours présente pour moi, toi ma mère qui
sans toi je ne serai pas devenu
la personne que je suis*

Sans oublier mon père qui a toujours été là pour me guider

*A mes sœurs Sarah, Nesrine et la ravissante Yasmine, mon
Beau frère, Mohamed Tahar*

Rogé et Omar qui ont toujours été présents pour moi

*Idja et Douar mes camarades avec qui j'ai eu l'honneur et le
plaisir de réaliser ce travail*

*Notre promotion en honneur des bons moments passés
ensemble*

*A mes amis et tous ceux qui me connaissent de près ou de
loin*

GHERBI Anis Mahfoud

Je dédie ce modeste travail à :
Mes très chers parents,
Mes très chers frères et sœurs
Tous mes cousins et cousines
Toutes la famille IDJA
Tous mes amis

Saliha

Je dédie ce modeste travail à :
Toute ma famille
Tous mes amis

Ouahiba

Introduction

Chapitre I

Généralités

I-1 Production de l'énergie électrique.....	1
I-2 Les différentes centrales électriques	1
1 Centrale hydroélectrique	1
2 Centrale thermique	1
3 Centrale à énergie renouvelable.....	2
4 Centrale nucléaire	2
I-3 Généralités sur les réseaux électriques	2
I-3-1 Les différents types de réseaux et leurs structures	3
I-3-1-1 Réseaux d'interconnexion et de transport	3
- Structure maillée.....	3
I-3-1-2 Réseaux de répartitions	4
- Structure bouclée.....	4
I-3-1-3 Réseaux de distributions	5
- Structure radiale.....	5
• Réseaux de distribution moyenne tension (HTA)	5
• Réseaux de distribution basse tension	5
I-4 Les postes dans un réseau électrique	6
I-4-1 Structure générale d'un poste	6
I-4-2 Les différents types de postes	6
<i>Suivant leurs fonctions :</i>	
• Les postes de distribution publique	7
• Les postes mixtes	7
• Les postes de livraison	7
<i>Suivant leur puissance :</i>	
I-5 Les postes HT/HTA	8
I-6 Les postes HTA/HTA	9
I-6 Les postes HTA/BT	11
I-6-1 Les différents types de postes HTA/BT.....	11
a -Poste rural	11
b-Poste sur poteau	11
c-Poste urbain.....	12
I-7-Equipement des lignes et des câbles	13
I-7-1 Les lignes.....	14
I-7-2 Câbles souterrains.....	15
I-7-3 Les isolateurs	16
I-7-4 Les supports.....	17
I-7-5 Armelements	18
I-7-6 Câbles de gardes	18
Conclusion	19

Chapitre II

Défauts et la protection des réseaux électriques

II-1 Les défauts	20
II-1 Caractère du défaut.....	20
II-1-2 Emplacement des défauts	20
II-1-2.b La durée des défauts.....	20

II-1-3 Les différents types de défauts	21
II-1-3-1 Les surintensités	21
II-1-3-1-a Les surcharges	21
II-1-3-1-b Les courts circuits	21
II-1-3-2 Les surtensions	21
II-1-3-3 Les déséquilibres	21
II-1-4 Etude des courants de courts circuits	22
II-1-4-1 Types des courts circuits	22
II-1-4-2 Etude des courants de court-circuit et des impédances du réseau	22
II-1-4-2-1 L'intensité d'un courant de court-circuit	22
II-1-4-2-2 Décomposition d'un système en composantes symétriques	22
II-1-4-2-3 Principe de l'impédance des composantes	23
II-1-4-2-4 Analyse des courts-circuits	24
II-1-4-2-4-1 Les défauts monophasés	24
1 Etude d'un défaut monophasé dans les réseaux ayant leur neutre mis à la terre... ..	25
a- Valeur du courant de défaut à la terre	26
b - Calcul de tension à l'endroit du défaut à la terre	26
c- Influence de la résistance du défaut à la terre sur les valeurs des courants et tensions homopolaire	27
2 Défaut monophasé dans les réseaux ayant leur neutre isolé	27
a- Courant de défaut à la terre	28
b- Courant de défaut résistant à la terre	28
II-1-4-2-4-2 Les défauts biphasés	29
1 Défaut biphasé sans contact avec la terre.....	29
2 Défaut biphasé terre	29
II-1-4-2-4-3 Les défauts triphasés	30
II-1-4-3 Calcul des impédances des éléments du réseau	32
II-1-4-3-1 Impédances des lignes et des câbles	32
II-1-4-3-1-a Les lignes	32
II-1-4-3-1-b Les câbles	33
II-1-4-3-2 Impédances des transformateurs à deux enroulements	34
a- Impédance directe et inverse	34
b- Impédance homopolaire	35
II-1-4-3-3 Impédance des transformateurs à trois enroulements	36
a- Réactance directe (ou inverse)	37
b- Réactance homopolaire.....	37
II-1-4-3-3-1 Aucun des points neutres n'est relié à la terre	38
II-2 Protections des réseaux	39
II-2-1- Les qualités des protections	39
II-2-2-Appareillage des protections	40
1-Disjoncteurs	40
2-Sectionneurs	41
3-Interrupteurs.....	41
4-parafoudre	42
5-Relais	43
6- Coupes circuits à fusible	43
Conclusion.....	43

Chapitre III	Méthode de Calcul des chutes de tension
III- Méthodes de calcul des chutes de tension	44
III-1 Méthodes générale (théorie des quadripôles)	44
III-1-1 Cas des lignes aériennes	44
III-1-1- a Ligne à constantes réparties	44
III-1-1-b Cas des câbles souterrains	50
III-2 Méthode de séparation des puissances active et réactives	52
III-2-1 Méthode par approximation successive	52
III-2-2 Formules directes	54
III-2-3 Méthode simplifiée	55
III-3 Méthode des moments électriques	55
III-3-1 Chute de tension absolue	55
III-3-2 Chute de tension relative	56
III-4 Calcul des constantes linéiques	57
III-4-1 Cas des câbles souterrains	57
a Résistance linéique	57
b Capacité linéique	57
c Réactance linéique	58
III-4-2 Cas des lignes aériennes	58
a Résistance linéique	58
b Capacité linéique	58
c Réactance linéique	59
III-4-3 Calcul des puissances	59
III-5 Application	59
Conclusion	61
Chapitre IV	Application
IV-1-1 Données globales	62
- Consignes d'exploitation du poste source TIZI MEDDEN	64
IV-1-2 Collecte des données	67
a Données physiques du réseau	67
- Caractéristiques du PS T/MEDDEN	67
- Les transformateurs HTA/BT sur le réseau HTA alimenté par le PS T/MEDDEN . 68	
- Les longueurs des départs du PS T/MEDDEN	68
b Données dynamique du réseau	68
- Données de charge	68
- Répartition de la charge	69
- Evolution de la charge	69
IV-2 Hypothèses de calcul	70
IV-3 Support utilisé	71
IV-4 Calcul	71
IV-4-1 Diagnostic du réseau à sa structure actuelle	71
IV-4-2 Les solutions envisageables	72

<i>a Soulager le départ</i>	<i>72</i>
<i>b Création de nouveaux départs</i>	<i>72</i>
<i>c Création d'un nouveau PS</i>	<i>72</i>
<i>IV-4-3 Les avantages recherchés par la solution envisagée</i>	<i>73</i>
<i>IV-4-4 Etude de la solution envisagée.....</i>	<i>73</i>
<i>1 Etude topographique.....</i>	<i>73</i>
<i>2 Etude économique.....</i>	<i>73</i>
<i>3 Etude de la charge.....</i>	<i>73</i>
<i>IV-4-5 Etude des solutions adéquates</i>	<i>73</i>
<i>VI-5 Le poste simplifier (PS) OUADHIAS</i>	<i>75</i>
<i>VI-5-1 Caractéristique du transformateur de puissance</i>	<i>74</i>
<i>VI-5-2 Les départs du PS OUADHIAS</i>	<i>77</i>
<i>VI-5-Calcul des charges des départs 30kV de 2012 à 2020</i>	<i>77</i>
<i>Conclusion.....</i>	<i>78</i>
<i>Conclusion générale.....</i>	
<i>Bibliographie.....</i>	

ANNEXE

L'électricité est devenue depuis la révolution industrielle une nécessité pour le développement de la quasi-totalité des pays. Or sa disponibilité ne dépend pas uniquement de sa production mais aussi des moyens de son transport et de sa distribution les quels sont les réseaux, ces derniers sont exposés aux agressions de la nature, à l'exploitation anarchique de l'homme et à l'accroissement de la consommation en énergie électrique.

La région des OUADHIAS est desservie par un départ issu du PS «poste source» de TIZI MEDDEN. Comme le réseau électrique des OUADHIAS présente des chutes de tension importantes qui sont dues à la surcharge et à la longueur importante de ce réseau. SONELGAZ a proposé la création d'un poste de transformation et de distribution HT/HTA qui sera implanté dans cette région, la mise en service de ce PS permettra de soulager le réseau HTA 30kV et d'améliorer la qualité du service à savoir :

- Constance de la tension ;
- Chute de tension admissible dans le réseau;
- Equilibre des tensions polyphasées ;
- Respect de la tenue thermique des différents équipements du réseau;
- la continuité du service.

Les réseaux de distribution d'énergie ont connu un fort développement, résultat de la réalisation des programmes d'électrifications et des raccordements d'une nouvelle clientèle. Le raccordement des dérivations sur la dorsale, sans dispositif d'élimination automatique, fait que tout défaut permanent affectant une déviation provoque le déclenchement de tout le départ, privant ainsi d'électricité des abonnés parfois pour des heures.

L'objectif recherché par cette étude est de réduire le temps de coupure, de diminuer les chutes de tension et de minimiser les pertes d'énergie électriques.

Notre étude sera répartie en quatre chapitres :

- Généralités sur les réseaux électriques ;
- Défauts et protection des réseaux électriques ;
- Méthode de calcul des chutes de tension ;
- Application.

Nous terminerons par une conclusion générale.

Chapitre

I

Généralités

I-1 Production de l'énergie électrique :

L'énergie électrique, dont l'exploitation ne cesse d'augmenter, est l'un des principaux éléments auquel on accorde une importance majeure du fait que son rôle dans le développement économique est primordial, l'énergie électrique est une énergie non stockable, cependant on doit produire à chaque instant la quantité nécessaire pour une consommation immédiate. Cette production pose des difficultés aux compagnies d'électricité à cause de l'importance et la variation de la consommation causée d'une part par les saisons et de l'autre par les heures de la journée.

Bien que l'énergie électrique n'est pas stockable, elle présente l'avantage d'être facile à transporter à grande distance et cela par des conducteurs. Il faut préciser que ce transport est assez coûteux que ce soit par les équipements du réseau lui-même (câbles, pylônes, isolations....), et par les pertes d'énergie sur les lignes. Ces facteurs jouent un rôle dans le prix de revient du kilowattheure qui devra être le plus bas possible.

Afin de minimiser ces pertes, il faut jouer sur la longueur des conducteurs (les pertes sont proportionnelles à la longueur des conducteurs), l'idéal est d'arriver à installer des centrales de production le plus proche possible des cellules de consommations mais cela est difficile à réaliser pour de nombreuses raisons qui sont :

- La géographie de la région ;
- Importance du débit d'eau ;
- Abondance de l'énergie renouvelable ;
- L'acheminement difficile des énergies fossiles.

I-2 Les différentes centrales électriques :

1. Centrale hydroélectrique: l'énergie produite par des chutes d'eau est utilisée pour faire tourner des turbines hydrauliques. D'après la hauteur de la chute on distingue :

- _ Les usines de basse chute 10 h 30 m
- _ Les usines de moyenne chute 30 h 120m
- _ Les usines de haute chute h 120m

2. Centrale thermique: l'énergie est produite par la combustion d'un carburant, la chaleur dégagée par cette réaction est utilisée dans des turbines à vapeur.

3. *Centrale à énergie renouvelable:* [7]

- Centrale solaire : l'énergie est produite par le rayonnement solaire soit en installant des capteurs photovoltaïques ou bien des héliostats qui réfléchissent les rayonnements afin de chauffer une certaine quantité d'eau, la chaleur ainsi dégagée est utilisée dans une turbine à vapeur.
- Centrale éolienne : la force des vents est utilisée pour faire tourner des turbines éoliennes, ces dernières entraînent des génératrices.
- Centrale à marée motrice : les turbines sont entraînées par les courants maritimes.

4. *Centrale nucléaire:* l'énergie est produite par la réaction nucléaire (fission et fusion), la chaleur dégagée est utilisée dans une turbine à vapeur. [5],[7]

I-3 Généralités sur les réseaux électriques :

L'étude de la production de l'énergie électrique s'avère insuffisante si l'on n'évoque pas les différents réseaux assurant sa desserte. La construction de ces réseaux est subordonnée à des règles établies et bien précises afin d'assurer le bon fonctionnement de tout le système (lignes et appareils), la figure1 représente le parcours de l'énergie électrique de la production jusqu'à la distribution.

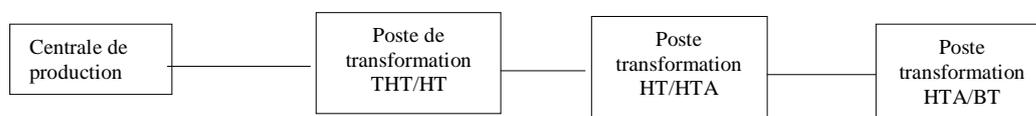


Figure I-1 : Schéma simplifié d'un réseau électrique

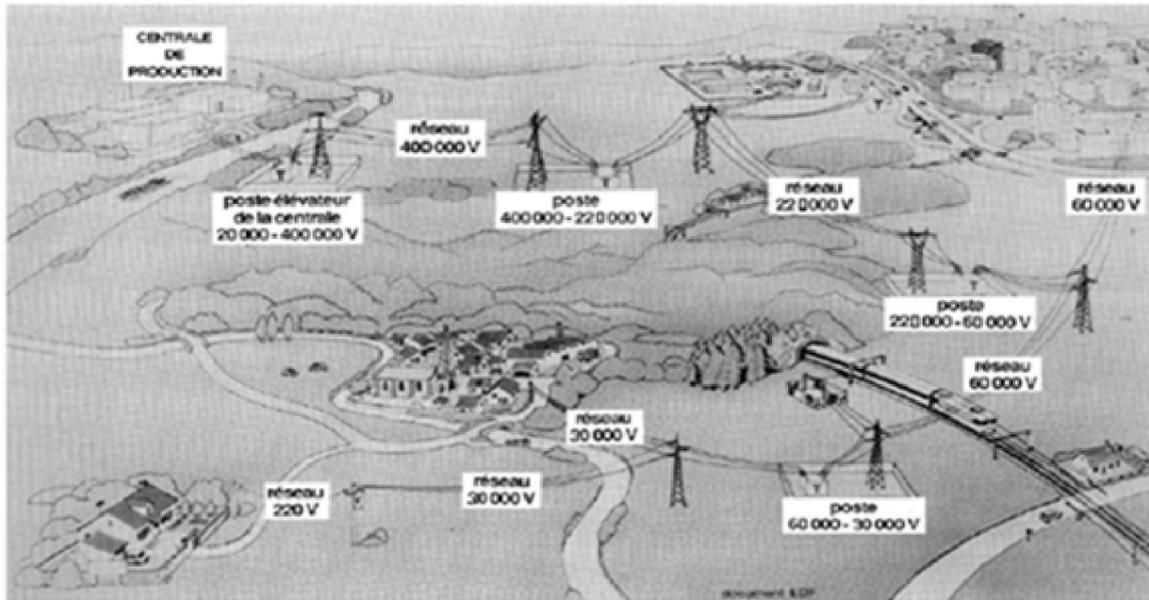


Figure I-2 : schéma illustré d'un réseau électrique 6°

I-3-1 Les différents types de réseaux :

On distingue plusieurs types de réseaux, qui sont classés par niveau de tension. Ils assurent diverses fonctions.

I-3-1-1 Réseaux d'interconnexion et de transport:

Ces réseaux comprennent les centrales de production ainsi que les lignes et les postes de transformation, leurs rôles sont :

- Collecter l'électricité produite par les centrales et de l'acheminer vers les zones de consommation (fonction transport)
- Permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production ; et assurer une compensation des différents aléas (fonction interconnexion).

La structure qui convient le mieux pour ce type de réseaux est :

La structure maillée

Dans cette structure les liaisons forment des boucles maillées. Cette structure nécessite que toutes les liaisons soient capables de supporter des surcharges permanentes ou momentanées.

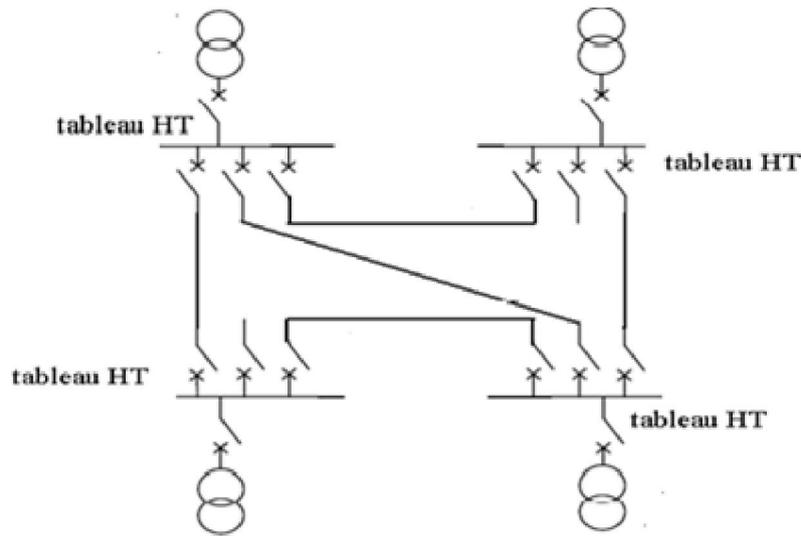


Figure I-3 structure des réseaux maillés

I-3-1-2 Réseaux de répartitions :

Ces réseaux comprennent les lignes de transport et les postes de transformation intermédiaires entre le réseau de transport et le réseau de distribution. Ce sont des réseaux hauts tension, dont le rôle est de répartir l'énergie électrique au niveau régional. Ils peuvent être aériens ou souterrains. La structure qui convient pour ce type de réseaux est :

La structure bouclée:

C'est une structure maillée simplifiée, présentant un certains nombres de boucles fermées, chacune de ces boucles contient un nombre limité de sources. L'énergie peut donc transiter par des chemins différents.

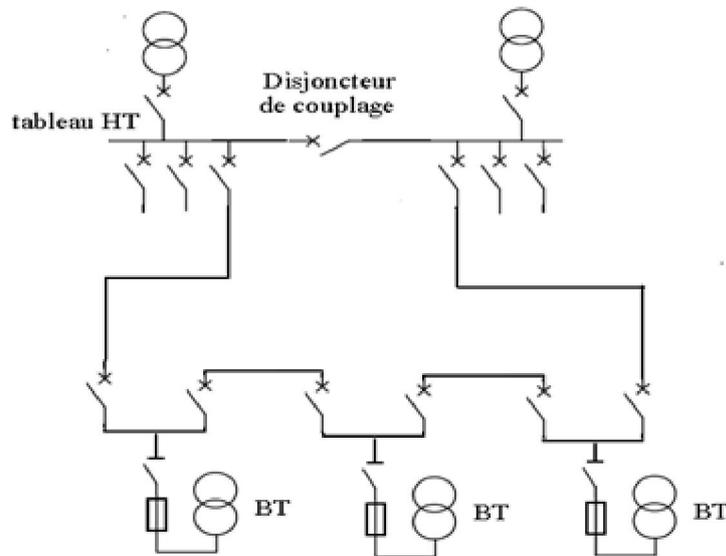


Figure I-4 Structure d'un réseau bouclé

I-3-1-3 Réseaux de distributions:

C'est un ensemble d'éléments connectés permettant de faire circuler l'électricité et de distribuer l'énergie aux utilisateurs finaux. Le réseau peut être aérien ou souterrain, moyenne ou basse tension.

- ***Réseaux de distribution moyenne tension (HTA):***

Ces réseaux desservent les postes HTA/BT, ils alimentent eux même les réseaux BT. On a deux types:

-***Réseaux souterrains moyenne tension*** : Leur structure est à un seul ordre de ligne, la dorsale exploitée en boucle ouverte permettant la reprise éventuelle en cas d'incident.

-***Réseaux aériens moyenne tension*** : Ces réseaux ont une structure arborescente en Alméc. Leurs lignes sont protégées par des disjoncteurs placés en tête de départ, au niveau des postes sources ou certains postes de coupure.

- ***Réseaux de distribution basse tension*** : Le réseau de distribution BT alimente la clientèle domestique et certains types d'usagers de tension 220/380V. Ces réseaux peuvent être aériens ou souterrains:

-***Réseaux aérien basse tension***. Leur structure est arborescente à deux ordres de lignes en cuivre.

-***Réseaux souterrains basse tension*** : Ils sont implantés en zone urbaine, ces réseaux alimentent les installations intérieures des abonnés domestiques à travers les branchements collectifs. La structure qui convient est :

Structures radiales:

C'est une structure unifilaire arborescente. Chaque artère se sépare du centre à la manière des branches d'un arbre et ne présente qu'un point commun avec une autre liaison, le poste d'alimentation se trouve à l'origine.

On peut distinguer deux alimentations dans ces réseaux :

1- Alimentation en antenne:

L'alimentation en antenne est un cas particulier et simplifier du réseau radial, son alimentation est assurée par une ligne simple issue d'un poste source.

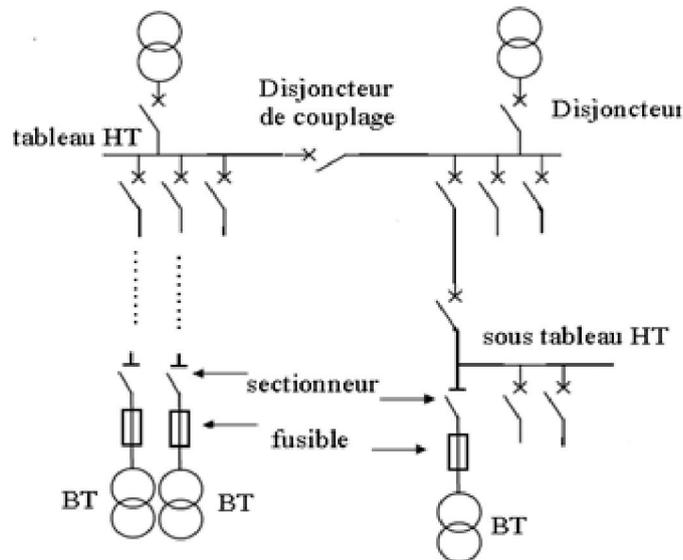


Figure I-5 Structure d'un réseau en antenne

2- Alimentation en coupure d'artères :

C'est aussi un cas particulier du réseau radial, où il n'existe que le tronçon principal constitué par un câble souterrain sur lequel chaque poste est raccordé.

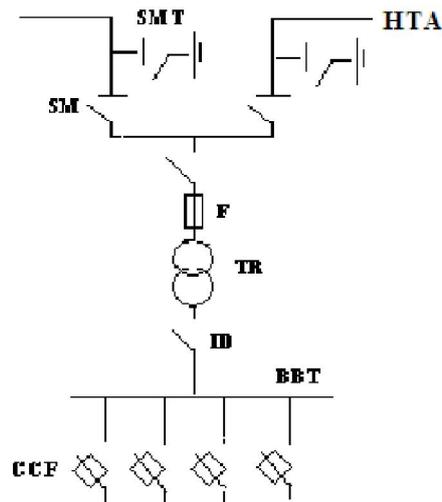
1-4 Les postes dans un réseau électrique :

1-4-1 Structure générale d'un poste :

Un poste électrique est un élément du réseau électrique servant à la fois au transport, à la distribution d'électricité et à l'interconnexion des réseaux. Il permet d'élever la tension électrique pour le transport, puis de l'abaisser en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels). La partie centrale d'un poste est constituée par un ou plusieurs jeux de barres exploités à une tension déterminée et auxquels chaque branche est raccordée par l'intermédiaire d'un appareil de coupure qui permet de la séparer du réseau. La présence de plusieurs jeux de barres exploités à la même tension dans un poste, permet de répartir les différentes lignes sur chacun d'eux. L'ensemble des appareils de coupure ou d'isolement (disjoncteurs et sectionneurs), ainsi que l'appareillage de mesure ou de protection pure à une liaison sont regroupés dans une cellule avec des jeux de barres.

1-4-2 Les différents types de postes :

On distingue plusieurs types de postes suivant les fonctions qu'ils assurent, on peut trouver :

a. Postes de distribution publique :***Figure I-6 Schéma d'un poste de distribution publique (DP)***

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

SM : sectionneur

F : fusible

TR : transformateur

BBT : barre BT

CCF : coupe circuit a fusible

b. Les postes mixtes :

Dans les postes de transformations mixtes; on trouve deux parties, l'une destinée à la distribution publique (transformateur et cellule protection et tableau répartition BT) et l'autre à la livraison (partie client HTA).

c. Les postes de livraison :

Ce sont des postes de transformation alimentant des clients dont leurs puissances installées dépassent 40 kVA.

Ces types de postes sont classés selon la puissance transmise :

I-5 Le poste HT/HTA :

Ces postes de transformations comprennent les parties suivantes :

-Etage HT : se trouvant à l'extérieur

Arrivées HT ;

Jeux de barres ;

Transformateurs ;

Protections (parafoudre, sectionneurs.....).

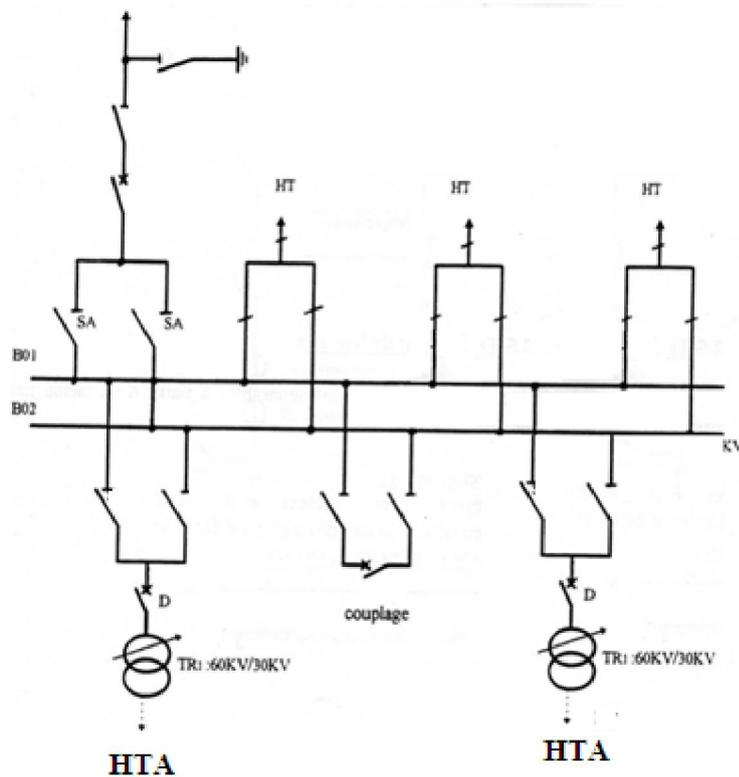


Figure I-7 Schéma d'un poste avec deux jeux de barres couplés

-Etage HTA : se trouvant dans un bâtiment HTA.

On distingue :

Cellule arrivée : elle assure la liaison entre le transformateur de puissance HT/HTA qui se trouve à l'extérieur et le jeu de barres HTA 30 ou 10 kVA qui se trouve à l'intérieur du bâtiment « moyen tension », la liaison se fait en souterraine.

Cellule départ : assure la liaison entre le jeu de barres HTA et le réseau de distribution aérien ou souterrain.

Cellule sectionnement de barres : elle permet de relier deux tronçons de barres entre eux, elle assure la liaison entre le jeu de barres HTA et les condensateurs HTA qui se trouve à l'extérieur (liaison par disjoncteur).

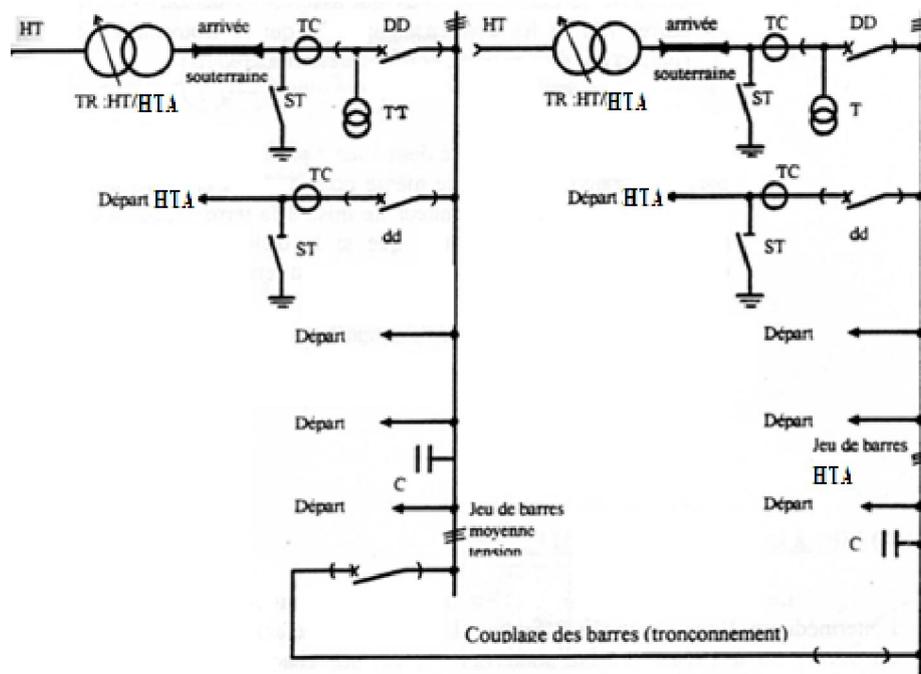


Figure I-8 Schéma de la partie HTA avec deux tronçons de jeux de barres

- **Le poste HTA/HTA :**

Cet ouvrage peut réaliser deux fonctions :

- Assurer la démultiplication des départs HTA en aval des postes HT/HTA. Dans ce cas, le poste ne comporte aucun transformateur. Il est constitué de deux arrivées HTA et de 8 à 12 départs HTA.
- Assurer le passage entre deux niveaux HTA. De tels postes HTA/HTA intègrent des transformateurs. Ils sont nécessaires dans certains pays qui utilisent deux niveaux successifs de tension sur leur réseau HTA. Leur schéma type s'apparente à celui du poste HT/HTA.

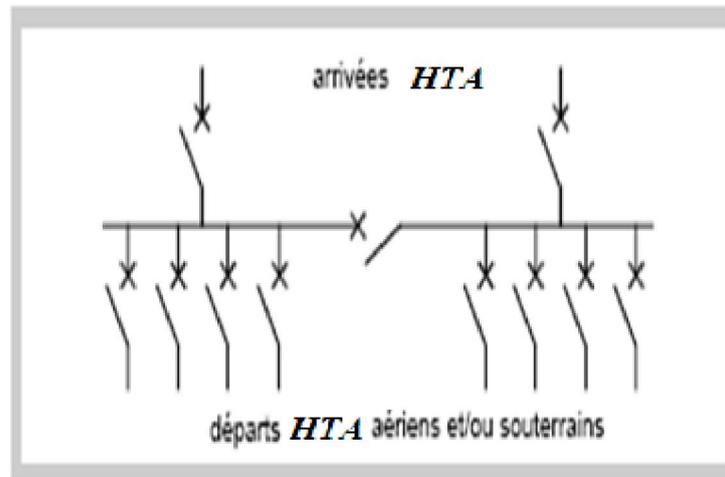


Figure I-9 Schéma d'un poste HTA/HTA [6]

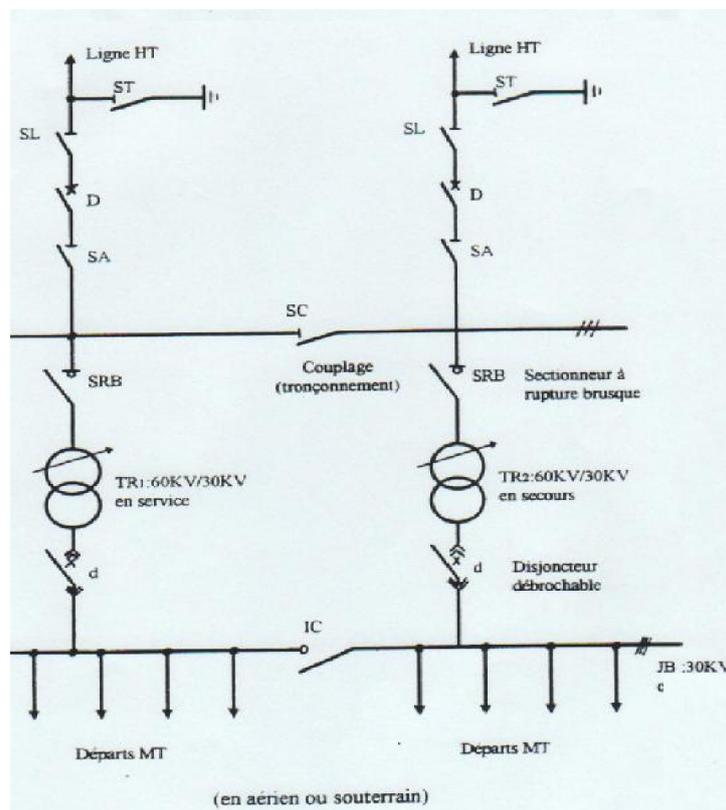


Figure I-10 Schéma récapitulatif d'un poste source HT/HTA

I-6-1 Le poste HTA/BT :

Localisé entre le réseau de distribution HTA et le réseau de distribution BT, cet ouvrage assure la transformation de la tension de la HTA à la BT (220/380V). Le schéma type de ce poste est simple.

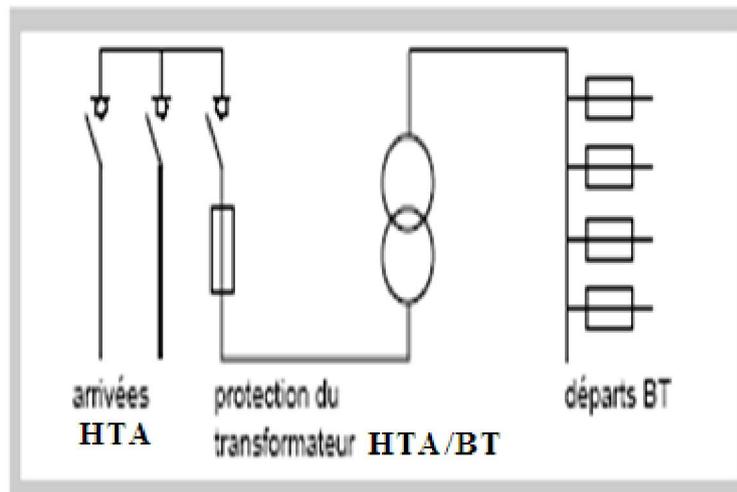


Figure I-11 Schéma d'un poste HTA/BT [6]

Suivant la puissance transmise par le transformateur et l'emplacement du transformateur, on peut classer les postes HTA/BT en deux catégories.

a - Poste rural :

C'est des postes qui sont raccordés en simple dérivation du fait de la structure radiale arborescente des réseaux HTA.

La densité de la consommation étant faible, il y a intérêt de multiplier les postes de transformation plutôt que d'augmenter la puissance de chaque poste.

b- Poste sur poteau : Poste économiques, de faible puissance (160kVA), comprend un transformateur, un disjoncteur, éclateurs ou parafoudre, sectionneur. Ils sont raccordés en groupe et en aval. Ces postes peuvent être de type distribution publique, de livraison mais rarement mixte.

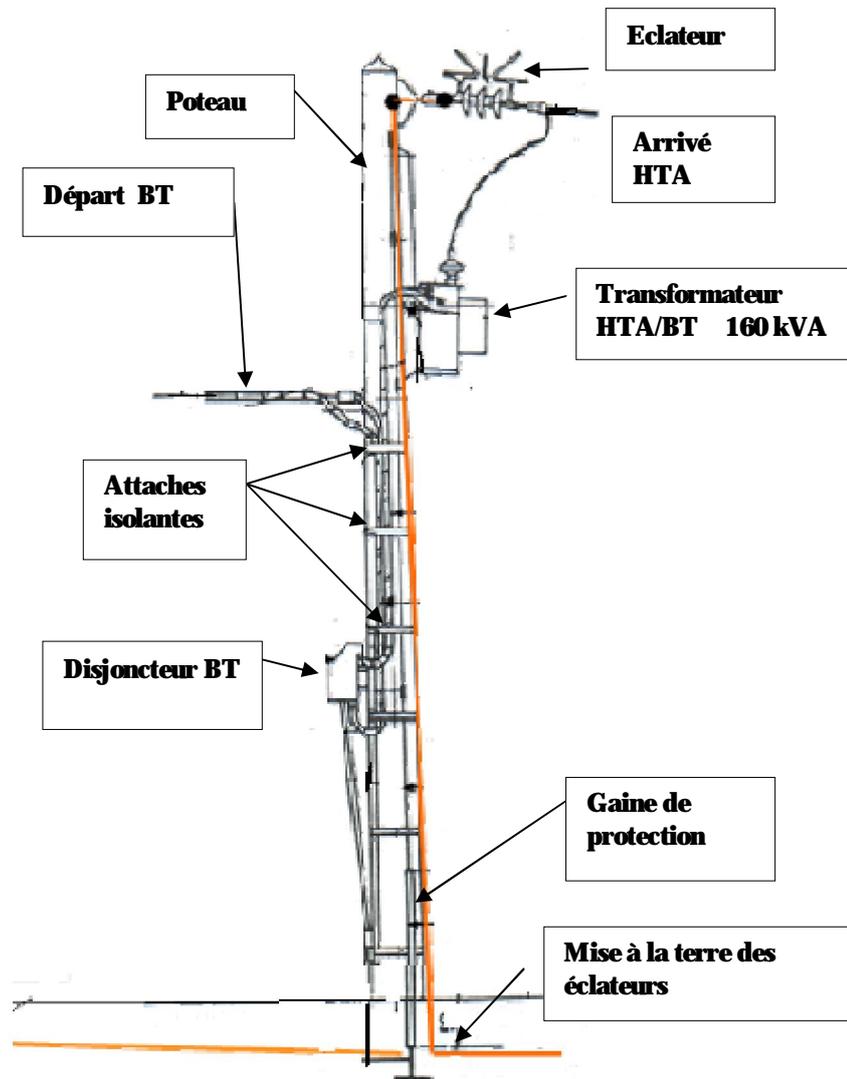


Figure I-12 Schéma d'un poste sur poteau

c-Poste urbain:

Les postes urbains 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.

L'alimentation en simple dérivation est donc peu utilisée sauf dans le cas où le secours est assuré par la BT. Le principe du double alimentation, soit en coupure d'artère est retenu dans la plupart des cas.

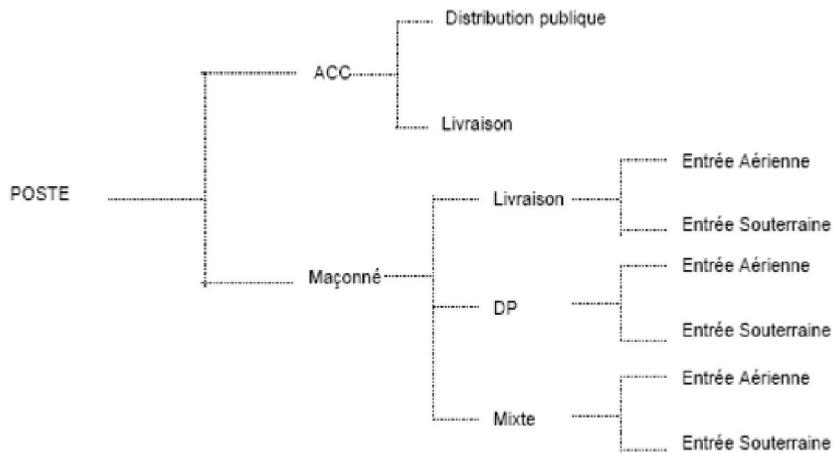


Figure I-13 Schéma des types et des modes d'alimentations des postes HTA/BT

I-7-Équipement des lignes et des câbles :

Le transport de l'énergie électrique se fait par des conducteurs tels que les lignes aériennes et les câbles souterrain. Malgré leurs simplicités apparentes, les conducteurs cachent des propriétés importantes qui influent grandement sur le transport de l'énergie électrique.

I-7-1 Les lignes :

Les conducteurs actuellement utilisés en moyenne tension sont des conducteurs nus en almélec de deux sections différentes : 34.4 mm² et 93.3 mm, dans le cas des lignes HT et la THT, on utilise des câbles en aluminium avec âme en acier.

Les conducteurs des lignes aériennes sont rarement massif, on fait usage du conducteur unique seulement pour les petites surfaces (10mm²), pour les grandes surfaces en a recours aux câbles.

On utilise aussi les conducteurs creux, ainsi on augmente le rayon du conducteur dans le but de réduire l'effet couronne (on augmente le diamètre du conducteur sans accroitre sa section conductrice ni son poids).

Pour des tensions supérieures ou égales à 220kV, on constitue fréquemment chaque conducteur au moyen d'un faisceau de plusieurs conducteurs « câbles » pour minimiser les pertes.

Les types de lignes : [4]

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

- Puissance transportée
- Distance de transport

- Coût
- Esthétique, encombrement et facilité d'installation

On distingue quatre types de lignes :

1. *Ligne de distribution BT* : Ce sont des lignes installées à l'intérieur des édifices usines et maisons. Les lignes sont habituellement des câbles ou des barres omnibus fonctionnant à des tensions inférieures à 600V.
2. *Lignes de distribution HTA* : Ce sont des lignes qui relient les clients aux postes de transformation principaux de la compagnie de l'électricité. Leur tension est comprise entre 2,4kV et 69kV.
3. *Les lignes de transport HT* : Ce sont des lignes reliant les postes de transformation principaux aux centrales de génération ; fonctionnant généralement à des tensions inférieures à 230kV.
4. *Lignes de transport THT* : Ce sont les lignes qui relient les centrales éloignées aux centres de consommation. Ces lignes peuvent atteindre des longueurs allant jusqu'à 1000km et elles fonctionnent à des tensions allant jusqu'à 750kV. **[4]**

I-7-2 Câbles souterrains:

Les câbles souterrains sont utilisés suivant les cas, en exécution unipolaires (aux HT et THT) ou le plus souvent tripolaire (aux BT et HTA).

Un câble unipolaire se compose des constituants suivants, disposés suivant la figure I-15:

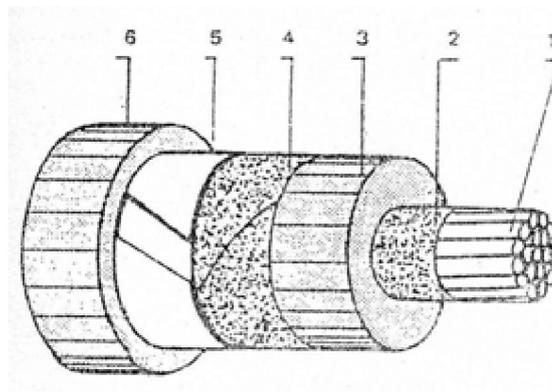


Figure I-14 Câble unipolaire à isolation élastomère ou équivalent

1. Ame conductrice massive ou câblée en cuivre électrolytique ou en aluminium, destiné pour le transit du courant électrique.

- 2.** Un écran semi-conducteur destiné à uniformiser le champ électrique sur la périphérie et à atténuer l'effet de brins des fils qui constituent l'âme.
- 3.** Une couche isolante constituée soit de papier imprégné d'huile, matériaux synthétiques (poly éthylène réticulé chimiquement). L'épaisseur de la couches d'isolant croit avec la tension de service, mais dépendras aussi des moyens éventuellement utilisés pour uniformiser le champ électrique.
- 4.** Un écran semi-conducteur externe, permettant d'assurer un champ électrique radial.
- 5.** Un écran métallique (de plan ou d'aluminium) assurant le retour des courant de court-circuit (lors d'un défaut) et constituant une protection contre l'humidité, pour remplir ce rôle l'écran doit être parfaitement hermétique car la moindre fissure provoquerait l'introduction de l'humidité dans le câble ce qui conduirait assez rapidement au percement de l'isolateur.
- 6.** Une gaine de protection extérieure (en polychlorure de vinyle ou polyéthylène) permettant de protéger le câble contre la corrosion.

Dans certain cas spéciaux, les deux dernières protections pourront être omises, lorsque les chocs mécaniques ou corrosion sont évités par d'autres procédés (pose de câble en caniveau spéciaux, ou en tube d'acier sous pression d'un gaz inerte).

Quand aux câbles tripolaires ils comprennent trois conducteurs isolés groupés sous une même gaine de plomb, qui est alors recouverte de ses diverses couches de protection, on y trouve un élément supplémentaire, les bourrages entre conducteurs réalisés en cordelettes de papier imprégnés d'huile.

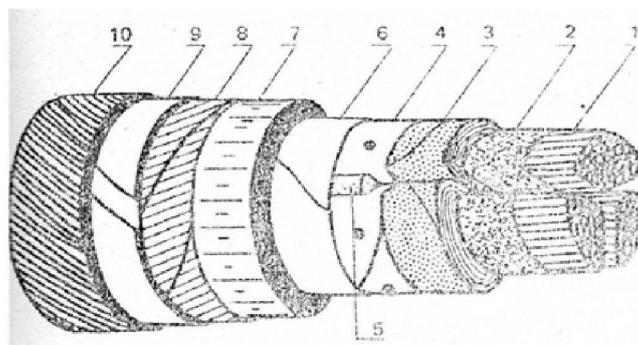


Figure I-15 Câble tripolaire à surface métallisé [1]

- 1 Ame câblée circulaire en AL
- 2 Ecran semi-conducteur
- 3 Papier imprégné de matière non migrante
- 4 Ecran métallisé
- 5 Bourrage
- 6 Ruban en toile métallisés
- 7 Graine d'étanchéité en plomb
- 8 Matelas en papier crêpé
- 9 Armure de deux feuillards d'acier
- 10 Filin goudronné

Propriétés de lignes de transport :

Le rôle fondamental d'une ligne est de transporter une puissance active. Si elle doit également transporter une puissance réactive, celle-ci doit être faible par rapport à la puissance active.

En plus de ces exigences, une ligne de transport doit posséder les caractéristiques de base suivantes :

- La tension doit demeurer constante sur toute la longueur de la ligne et pour toutes les charges comprises 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.

I-7-3 Les isolateurs : [5]

Les conducteurs des lignes aériennes doivent être fixés et isolés des supports par l'intermédiaire d'isolateurs ; les poteaux même en bois, ou en béton sont insuffisamment isolant et donneraient lieu à des courants de dérivation exagérés.

Les isolateurs doivent présenter trois qualités principales, dont deux sont d'ordre électrique et une d'ordre mécanique :

1. L'isolateur doit posséder une rigidité diélectrique suffisante pour tenir, avec un coefficient de sécurité adéquat, la tension de service sans qu'il ne se produise ni percement d'isolateur ni arc de contournement. Si toute fois une surtension anormale venait à se produire, il faut absolument que la constitution de l'isolateur soit telle qu'il s'amorce un arc de contournement plutôt qu'un percement du matériau isolant.

2. L'isolateur devra être constitué de manière à réduire les fuites de courant dans toutes les mesures possible. De telles fuites se produisent malgré tout le long de sa surface extérieur (dérivation superficielle); elles pourront être considérablement accrues par certaines circonstances défavorables : brouillard (surtout le brouillard salin des régions côtières), atmosphère polluée par des fumées industrielles, etc.
3. Enfin, l'isolateur doit avoir les propriétés mécaniques requises pour résister aux sollicitations exercées sur lui par le conducteur.

Il existe deux types d'isolateurs : rigide et suspendu.

Lorsque la tension de service atteint l'ordre de 50kV, les isolateurs rigides deviennent trop compliqués à assembler, trop fragiles en raison de leurs dimensions et dès lors trop peu sûrs, un procédé différent pour isoler le conducteur est utilisé sur les lignes à très haute tension : on constitue des chaînes d'isolateurs suspendues à travers des pylônes, et portant le conducteur à leurs parties inférieures.

Chaque élément de la chaîne est rigide, mais l'assemblage des divers éléments entre eux ainsi que la fixation au point d'attache s'effectue d'une manière qui confère à l'ensemble une très grande souplesse.

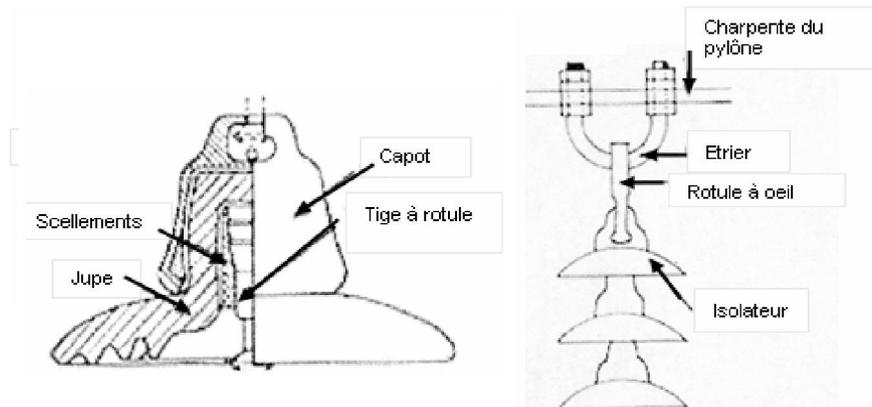


Figure I-16 Schéma d'une cloche et d'une chaîne d'isolation en verre

I-7-4 Les supports :

Les supports utilisés pour les lignes aériennes sont de deux types principaux :

- Les poteaux,
- Les pylones,

Ils sont implantés dans le sol, le premier terme désigne des supports relativement simples de hauteur modérée, utilisés en basse tension et dans la gamme inférieure de la haute

tension ; le second terme est utilisé pour désigner les structures plus complexes auxquelles on a recourt pour les lignes à très haute tension.

Alors que les poteaux portent les isolateurs par l'intermédiaire de pièces métalliques relativement simples, les pylônes sont munis de traverses permettant de donner aux conducteurs un écartement approprié à la tension de service.

I-7-5 Armements : les armements les plus utilisés sont les armements en voutes et les armements horizontaux.

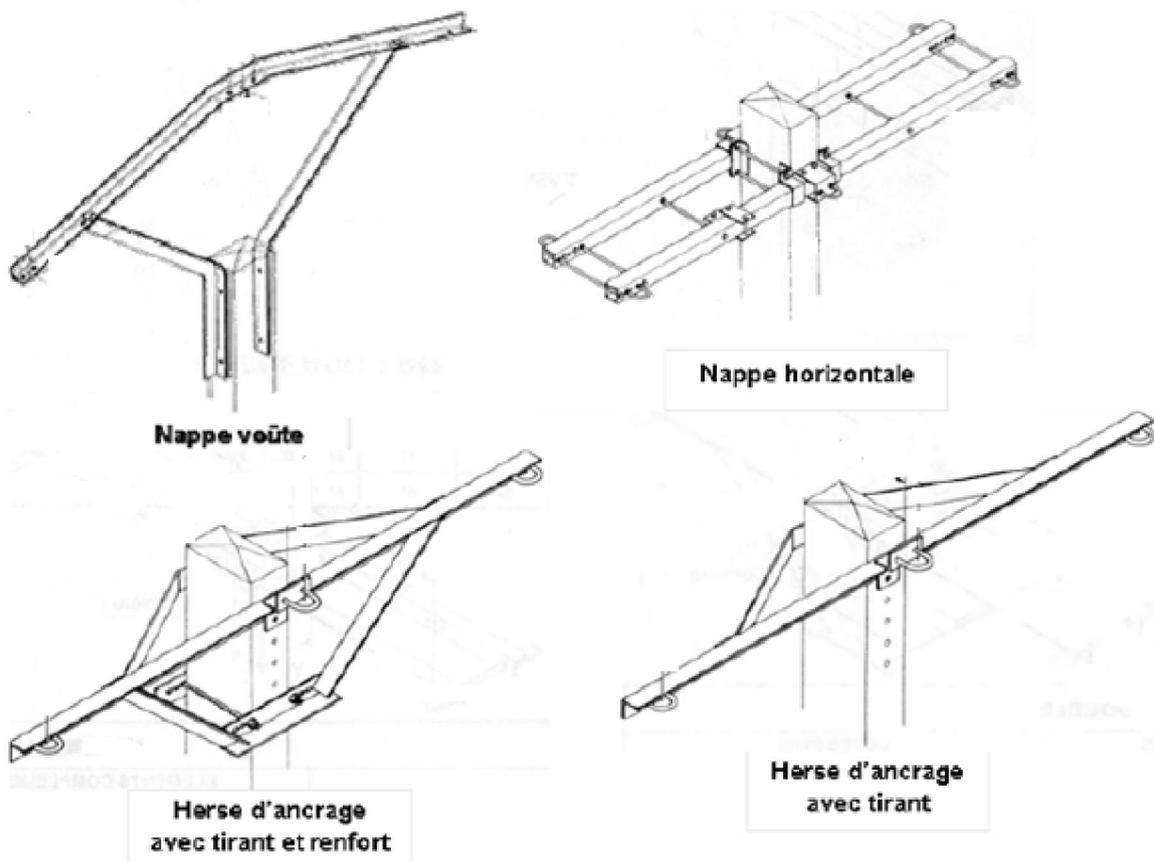


Figure I-17 Les types d'armement

I-7-6 Les câbles de garde (Utilisés pour):

Ils sont utilisés au-dessus des conducteurs et ils jouent un rôle de paratonnerre, en attirant les coups de foudre, et en évitant le foudroiement des conducteurs. Ils sont généralement réalisés en almélec-acier.

Conclusion :

On a consacré ce premier chapitre aux généralités sur les réseaux électriques à savoir :

- Des notions sur la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique,
- Des rappels sur les différents éléments constituant un réseau électrique tels que les postes et leurs appareillages, les lignes aériennes et les câbles souterrains et les supports.

Chapitre

II

Défauts et protections des réseaux électriques

Les réseaux électriques sont conçus pour supporter une intensité bien déterminée, mais parfois ils peuvent être le siège de perturbations accidentelles (involontaires) dues à des causes non prévisibles (coup de foudre, court-circuit,...etc.). Ces perturbations ont un pouvoir de nuisance destructeur pour le matériel et parfois pour le personnel exploitant.

Les réseaux de distributions HTA ont de fortes chances d'être le siège de défauts ayant pour origine un corps étranger (brindille, branche, oiseau,...etc.) et ces défauts sont souvent fugitifs ou semi permanents.

II-1 Les défauts :

II-1-1 Définition :

On appelle un défaut, toute perturbation qui engendre des modifications des paramètres électriques d'un ouvrage, il est caractérisé par un phénomène non conforme au fonctionnement normal du réseau et pouvant dans certains cas conduire à un effondrement électrique de celui-ci et la mise en danger de son environnement.

II-1-2 Caractère du défaut :

On classe les défauts ayant lieu dans les réseaux moyenne tension selon:

- Leur emplacement.
- Leur durée.

II-1-2-a Emplacement des défauts :

Les défauts affectant les réseaux électriques peuvent avoir deux emplacements :

- Les défauts affectant en aval les disjoncteurs protégeant les départs HTA, les réseaux proprement dit, c.à.d. les lignes aériennes et les câbles isolés, qui constituent les antennes principales et dérivations de la partie HTA des postes HTA/BT.

-Les défauts affectant la partie HTA des postes HT/HTA en amont des disjoncteurs.

II-1-2-b La durée des défauts :

Selon la durée de la mise hors tension de la partie défectueuse du réseau, les défauts sont dits :

1. ***Permanents :*** Ce sont ceux qui nécessitent pour disparaître l'intervention du personnel d'exploitation, car ils exigent la réparation du réseau. Ils sont dus soit à la rupture d'un support, d'un conducteur ou d'un isolateur ou une ligne aérienne ou bien à la détérioration d'un câble souterrain
2. ***Fugitifs :*** Ils nécessitent pour disparaître, une coupure très brève du réseau d'alimentation (de l'ordre de quelques dizaines de secondes). **[2]**

II-1-3 Les différents types de défauts :

- Les surintensités
- Les surtensions
- Le déséquilibre

II-1-3-1 Les surintensités : Les surintensités sont dues aux :

a- Les surcharges :

Elles se produisent lorsque les appareils installés sont trop puissants pour les lignes d'alimentation ou quand le travail demandé aux machines est exagéré, ce qui conduit à un courant de surcharge maintenu et ce dernier peut provoquer un échauffement anormal pouvant entraîner la détérioration des installations.

b- Les courts circuits :

Un court-circuit est un contact accidentel entre deux ou plusieurs conducteurs portés à des potentiels différents sans l'interposition d'une impédance convenable. Ils sont dûs à un contact accidentel entre phases ou entre phases et terre, à un défaut d'isolement ou à une fausse manœuvre et par conséquence l'intensité augmente et peut atteindre des valeurs très élevés d'où risque d'accident.

II-1-3-2 Les surtensions :

On appelle surtension toute tension entre un conducteur de phase et terre ou entre deux conducteurs de phases, dont la valeur maximale dépasse la valeur de crête correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel. L'importance de la contrainte à laquelle elle soumet les isolants dépend grandement de sa valeur maximale et surtout de la vitesse avec laquelle elle s'établit.

II-1-3-3 Les déséquilibres :

On appelle déséquilibre sur une ligne ou dans une installation triphasée la différence entre les trois courants des phases. Généralement, il est limité au réseau BT à cause des clients alimentés en deux fils. Le taux de déséquilibre ne doit pas dépasser 15 .

Ce déséquilibre crée un champ inverse au champ tournant au niveau de l'alternateur, ce qui nécessite de surveiller le déséquilibre à cause du couple freinant qu'il peut engendrer.

II-1-4 Etude des courants de courts circuits : [9]

Le dimensionnement d'une installation électrique et des matériels à mettre en œuvre, la détermination des protections des personnes et des biens, nécessitent le calcul des courants de court-circuit en tout point du réseau.

L'objectif poursuivi est de bien faire connaître les méthodes de calcul pour déterminer en toute connaissance de cause les courants de court-circuit.

II-1-4-1 Types de courts-circuits :

• **Les courts-circuits triphasés** : Ce sont les courts-circuits entre trois phases avec ou sans la mise à la terre.

• **Les courts-circuits biphasés** : Ce sont les courts-circuits entre deux phases ou deux phases et le neutre avec ou sans mise à la terre.

• **Les courts-circuits monophasés** : Ce sont les courts-circuits entre une phase et la terre ou une phase et le neutre. Ils génèrent la circulation d'un courant homopolaire. Leur intensité est limitée par la résistance de terre et par la mise à la terre du neutre.

II-1-4-2 Etude des courants de court-circuit et des impédances du réseau :

II-1-4-2-1 L'intensité d'un courant de court-circuit :

Dans un réseau monophasé, l'intensité d'un courant de court-circuit se définit par :

$$I_{cc} = \frac{V_n}{Z_{cc}}$$

V_n : tension de source.

Z_{cc} : représente l'impédance totale du circuit y compris celle du défaut.

L'intensité I_{cc} dans un circuit triphasé se définit à partir de la tension simple du réseau, et de l'impédance correspondante par phase.

D'où :

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z_{cc}}$$

II-1-4-2-2 Décomposition d'un système en composantes symétriques :

Le calcul des courants de courts circuits avec la méthode générale faisant appel aux lois d'ohms, de Kirchhoff est possible mais complexe et lourde. La méthode dite des

composantes symétriques, décrite si dessous simplifie les calculs et permet les résolutions beaucoup plus facile.

Cette méthode appelé aussi de FORTESCUE repose sur le fait qu'un système déséquilibré de grandeurs sinusoïdales de tension $\overline{V}_1, \overline{V}_2, \overline{V}_3$ peut être considéré comme la superposition de trois systèmes équilibré :

L'un direct : si le décalage entre deux vecteurs successives est de $2/3$.

L'autre inverse : si le décalage entre deux vecteurs successives est de $(-2/3)$.

La troisième homopolaire : si le déphasage entre deux vecteurs successives est nul.

$$\overline{V}_1 = \overline{V}_d + \overline{V}_i + \overline{V}_0$$

$$\overline{V}_2 = \mathcal{A}^2 \overline{V}_d + \mathcal{A} \overline{V}_i + \overline{V}_0 \quad - A -$$

$$\overline{V}_3 = \mathcal{A} \overline{V}_d + \mathcal{A}^2 \overline{V}_i + \overline{V}_0$$

Le système direct est : $\overline{V}_d, \mathcal{A}^2 \overline{V}_d, \mathcal{A} \overline{V}_d$.

Le système inverse est : $\overline{V}_i, \mathcal{A} \overline{V}_i, \mathcal{A}^2 \overline{V}_i$.

Le système homopolaire est : $\overline{V}_0, \overline{V}_0, \overline{V}_0$.

$\mathcal{A} = e^{j\frac{2\pi}{3}}$: opérateur de rotation, appliqué à un vecteur le fait tourné d'un angle de $2/3$ dans le sens trigonométrique.

Les composantes symétriques sont définies par la transformation de FORTESCUE.

$$\overline{V}_d = \frac{1}{3} (\overline{V}_1 + \mathcal{A} \overline{V}_2 + \mathcal{A}^2 \overline{V}_3)$$

$$\overline{V}_i = \frac{1}{3} (\overline{V}_1 + \mathcal{A}^2 \overline{V}_2 + \mathcal{A} \overline{V}_3) \quad - B -$$

$$\overline{V}_0 = \frac{1}{3} (\overline{V}_1 + \overline{V}_2 + \overline{V}_3)$$

De la même manière, on peut décomposer un système de courants déséquilibrés.

II-1-4-2-3 Principe de l'impédance des composantes:

Pour tout élément de réseau de construction symétrique, la transformation de FORTESCUE rend indépendants les systèmes direct, inverse et homopolaire.

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

$$\overline{V}_d = \overline{E}_d - \overline{Z}_d \overline{I}_d$$

$$\overline{V}_i = \overline{E}_i - \overline{Z}_i \overline{I}_i \quad - C -$$

$$\overline{V}_0 = \overline{E}_0 - \overline{Z}_0 \overline{I}_0$$

Les trois grandeurs $\overline{Z}_d, \overline{Z}_i, \overline{Z}_0$ sont les impédances cycliques du circuit, respectivement direct, inverse et homopolaire.

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

En régime déséquilibré, on simplifie les écritures :

Par simplification du principe de superposition des états, c'est-à-dire $I=0$ avant la perturbation.

En admettant que les générateurs \overline{E} sont équilibrés c'est-à-dire :

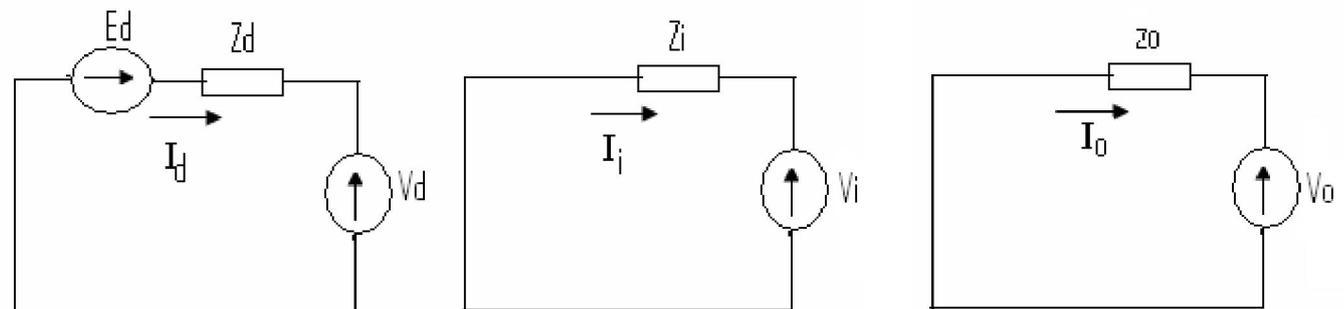
$$\overline{E}_d = E, \overline{E}_i = \overline{E}_0 = 0$$

$$\overline{V}_d = \overline{E}_d - \overline{Z}_d \overline{I}_d$$

$$\overline{V}_i = -\overline{Z}_i \overline{I}_i$$

$$\overline{V}_0 = -\overline{Z}_0 \overline{I}_0$$

Le schéma équivalent de ces équations est le suivant :



II-1-4-2-4 Analyse des courts-circuits :

Dans ce qui suit, on analysera les cas possibles afin d'évaluer les courants de court-circuit et ceci en ne considérant que la composante sinusoïdale du courant.

II-1-4-2-4-1 Les défauts monophasés:

Ces grandeurs peuvent être déterminées sans tenir compte de la position du neutre par rapport à la terre. En supposant seulement qu'il existe, un chemin de retour d'impédance donnée pour le courant de défaut ; les résultats obtenus doivent ensuite être appliqués à chacun des modes d'exploitation des réseaux MT c'est-à-dire :

- Réseaux ayant leur neutre à la terre.
- Réseaux ayant leur neutre isolé,

1-Etude d'un défaut monophasé dans les réseaux ayant leur neutre mis à la terre:

On considère le cas d'un transformateur HT/HTA alimentant un réseau formé de plusieurs départs est affecté d'un défaut à la terre sur sa phase 1 par exemple.

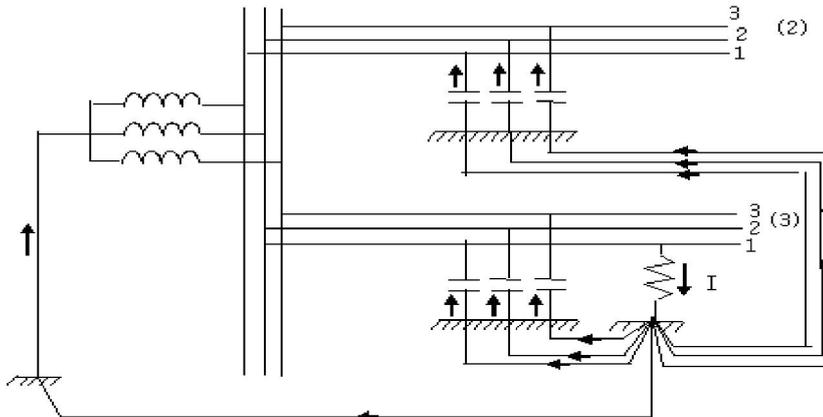


Figure II-1 Schéma d'un défaut monophasé

Les notations utilisées sont les suivantes :

- \bar{E} est la force électromotrice ou tension simple secondaire à vide du transformateur HT/MT.
- \bar{Z}_d, \bar{Z}_i , sont les impédances directe et inverse de l'ensemble transformateur HT/HTA et tronçon de ligne HTA en défaut.
- \bar{Z}_o est l'impédance homopolaire de l'ensemble transformateur HT/HTA, tronçon de ligne MT en défaut et circuit de retour sol-réseau.

$$\bar{Z}_o = \bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o$$

$\bar{I}_1, \bar{I}_2, \bar{I}_3$ Sont les courants de défaut dans chacune des phases.

$\bar{I}_d, \bar{I}_i, \bar{I}_o$ Sont les composantes symétriques de ces courants.

$\bar{V}_1, \bar{V}_2, \bar{V}_3$ Sont les tensions par rapport au sol de chacune des phases au lieu de défaut.

$\bar{V}_d, \bar{V}_i, \bar{V}_o$ Sont les composantes symétriques de ces tensions.

a- Valeur du courant de défaut à la terre

- **Equation du défaut**

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_3 = 0 \quad , \quad \bar{V}_1 = 0$$

- **Application du principe de superposition**

On considère un système de F.e.m équilibrées :

$$\bar{E} = \bar{V}_d + \bar{z}_d \bar{I}_d$$

$$0 = \bar{V}_i + \bar{z}_i \bar{I}_i$$

$$0 = \bar{V}_0 + \bar{z}_0 \bar{I}_0$$

- **Calcul des composantes symétriques des courants**

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_0 + \bar{a}^2 \bar{I}_d + \bar{a} \bar{I}_i$$

$$\bar{I}_3 = \bar{I}_0 + \bar{a} \bar{I}_d + \bar{a}^2 \bar{I}_i$$

Comme $\bar{I}_2 = \bar{I}_3 = 0$ conduit à $\bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_0 = \frac{1}{3} \bar{I}_1$.

L'addition de trois équations de superposition donne :

$$\bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_0 = \frac{\bar{E}}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_0}$$

- **Valeur du courant de défaut**

La relation $\bar{I}_1 = 3\bar{I}_0$ donne:

$$\bar{I}_1 = \frac{3\bar{E}}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_0}$$

b - Calcul de tension à l'endroit du défaut à la terre

Les équations du principe de superposition donnent pour les composantes symétriques des tensions, les valeurs suivantes :

$$\bar{V}_d = \frac{\bar{z}_i + \bar{z}_0}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_0} \bar{E} \quad , \quad \bar{V}_i = \frac{-\bar{z}_i}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_0} \bar{E} \quad , \quad \bar{V}_0 = \frac{-\bar{z}_0}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_0} \bar{E}$$

Les tensions de chacune des phases sont données par :

$$\bar{V}_2 = \frac{\bar{z}_i(a^2 - a) + \bar{z}_o(a^2 - 1)}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_o} \bar{E}, \quad \bar{V}_3 = \frac{\bar{z}_i(a - a^2) + \bar{z}_o(a - 1)}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_o} \bar{E}.$$

c- Influence de la résistance du défaut à la terre sur les valeurs des courants et tension homopolaire:

On suppose que la phase 1 est le siège d'un défaut de résistance r :

$$\bar{V}_1 = r\bar{I}_1, \quad \bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_o \text{ et aussi } \bar{I}_1 = 3\bar{I}_o.$$

L'addition des équations de superposition donne :

$$\bar{E} = 3r\bar{I}_o + (\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_o)\bar{I}_o.$$

$$\text{D'où } \bar{I}_1 = \frac{3\bar{E}}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_o + 3r}$$

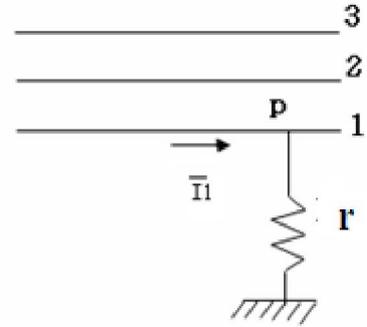


Figure II-2 Schéma Défaut à la terre

La résistance r conditionne la valeur du courant de défaut à la terre, mais elle a aussi une influence sur le déphasage de ce courant.

Dans ce cas nous avons :

$$\bar{V}_o = \frac{-\bar{z}_o}{\bar{z}_d + \bar{z}_i + \bar{z}_o + 3r} \bar{E}$$

2-Défaut monophasé dans les réseaux ayant leur neutre isolé :

Un défaut à la terre qui affecte un réseau HTA ayant son neutre isolé se caractérise par :

- Un courant dont la valeur maximale est voisine de 10A ;
- Une tension homopolaire dont la valeur maximale est égale à la tension simple du réseau.

a- Courant de défaut à la terre

Les seuls courants susceptibles de circuler entre le réseau et le sol sont :

- Les courants de capacité provenant de la capacité des lignes.
- Les courants de résistances de fuites provenant de l'imperfection des isolants utilisés.

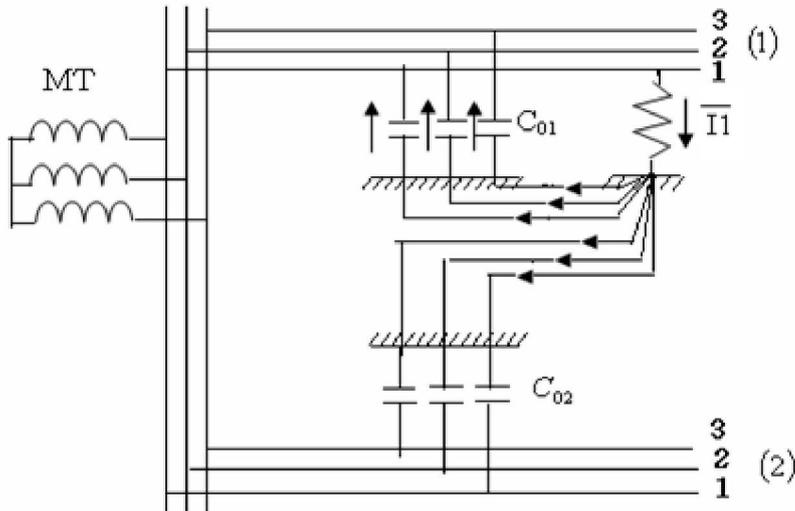


Figure II-3 schéma d'un défaut monophasé à neutre isolé.

La formule générale donnant la valeur du courant de défaut est :

$$\bar{I} = \frac{3\bar{E}}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} \text{ Avec } \bar{Z}_o = \bar{Z}_{oR} + \bar{Z}_{oL} + \bar{Z}_{oR}.$$

Or, \bar{Z}_{oR} représente l'impédance due à la capacité c_o du réseau considéré ; en effet, le courant de défaut est formé par la somme des courants capacitifs relatifs aux différents départs ; la capacité c_o du réseau est la somme des capacités de ces départs :

$$c_o = c_{o1} + c_{o2} + \dots = \sum_{i=1}^n c_{oi}$$

c_{oi} est la capacité homopolaire de chaque départ.

$$\text{Donc dans ces conditions : } Z_{oR} = \frac{-j}{c_o \omega}.$$

c_o est voisine de $0,005 \mu\text{F}/\text{km}$ pour une ligne aérienne.

b- Courant de défaut résistant à la terre

Lorsque le défaut présente une résistance r , la relation qui donne le courant \bar{I} s'écrit :

$$\bar{I} = \frac{3\bar{E}}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o + 3r}.$$

II-1-4-2-4.2 Les défauts biphasés :**1. Défaut biphasé sans contact avec la terre:**

$$\bar{I}_1 = 0$$

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_3$$

Des équations précédentes, on tire terre :

I₁

$$\bar{I}_0 = 0 \quad \text{et} \quad \bar{I}_d = -\bar{I}_i \dots \dots \dots (1)$$

Défaut biphasé

De l'équation (1) on trouve :

$$\bar{V}_d = \bar{V}_i$$

Figure II-4 Défaut biphasé

sans neutre

L'expression (C) nous donne les composantes directes et inverses du courant

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{V}_n}{Z_n + Z_i}$$

$$\bar{I}_i = -\frac{\bar{V}_n}{Z_d + Z_i}$$

Les composantes directes et inverses de la tension ont alors pour expression :

$$\bar{V}_d = \bar{V}_n = \frac{Z_n}{Z_d + Z_i} \bar{V}_n$$

L'expression du courant de court-circuit est :

$$\begin{aligned} \bar{I}_{cc,ph} = \bar{I}_2 = -\bar{I}_3 &= \bar{a}^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i = (\bar{a}^2 - a) \bar{I}_d \\ &= (\bar{a}^2 - a) \frac{\bar{V}_n}{Z_d + Z_i} \end{aligned}$$

Le module de $|\bar{a}^2 - a| = \sqrt{3}$ donc :

$$|\bar{I}_{cc,ph}| = \sqrt{3} \frac{\bar{V}_n}{Z_d + Z_i}$$

2. Défaut biphasé terre:**I₃**

- Equation du défaut**

$$\bar{I}_1 = 0$$

I₁

$$\bar{V}_2 = 0$$

$$\bar{V}_3 = 0$$

Des équations précédentes on déduit :

Figure II-5 Défaut biphasé avec terre

$$\overline{V}_d = \overline{V}_i = \overline{V}_0 = \frac{1}{3} \overline{V}_1$$

En remplaçant l'expression de $\overline{I}_1 = \overline{I}_d + \overline{I}_i + \overline{I}_0 = 0$ dans l'expression (C) on trouve les expressions :

$$\overline{V}_d = \overline{V}_i = \overline{V}_0 = \frac{\overline{Z}_i \overline{Z}_0}{\overline{Z}_i \overline{Z}_0 + \overline{Z}_d \overline{Z}_0 + \overline{Z}_d \overline{Z}_i} \overline{V}_n$$

L'expression de \overline{V}_i sera donc :

$$\overline{V}_1 = \frac{3 \overline{Z}_i \overline{Z}_0}{\overline{Z}_d \overline{Z}_i + \overline{Z}_d \overline{Z}_0 + \overline{Z}_i \overline{Z}_0} \overline{V}_n$$

On déduit les expressions des composantes symétriques du courant.

$$\overline{I}_d = \frac{\overline{Z}_i + \overline{Z}_0}{\overline{Z}_d \overline{Z}_i + \overline{Z}_d \overline{Z}_0 + \overline{Z}_i \overline{Z}_0} \overline{V}_n$$

$$\overline{I}_i = \frac{\overline{Z}_0}{\overline{Z}_d \overline{Z}_i + \overline{Z}_d \overline{Z}_0 + \overline{Z}_i \overline{Z}_0} \overline{V}_n$$

$$\overline{I}_0 = - \frac{\overline{Z}_i}{\overline{Z}_d \overline{Z}_i + \overline{Z}_d \overline{Z}_0 + \overline{Z}_i \overline{Z}_0} \overline{V}_n$$

On déduit alors les expressions des courants :

$$\overline{I}_2 = \frac{(\overline{a}^2 - \overline{a})\overline{Z}_0 + (\overline{a}^2 - 1)\overline{Z}_i}{\overline{Z}_d \overline{Z}_i + \overline{Z}_d \overline{Z}_0 + \overline{Z}_i \overline{Z}_0} \overline{V}_n$$

$$\overline{I}_3 = \frac{(\overline{a} - \overline{a}^2)\overline{Z}_0 + (\overline{a} - 1)\overline{Z}_i}{\overline{Z}_d \overline{Z}_i + \overline{Z}_d \overline{Z}_0 + \overline{Z}_i \overline{Z}_0} \overline{V}_n$$

Le courant de défaut vaut : $\overline{I} = \overline{I}_2 + \overline{I}_3$

L'expression du courant de court-circuit biphasé-terre est :

$$\overline{I}_{cc2\text{-ph-t}} = - \frac{3 \overline{Z}_i}{\overline{Z}_d \overline{Z}_i + \overline{Z}_d \overline{Z}_0 + \overline{Z}_i \overline{Z}_0} \overline{V}_n$$

II-1-4-2-4-3 Les défauts triphasés:

- **Equation de défaut**

$$\overline{V}_1 = \overline{V}_2 = \overline{V}_3$$

$$\overline{I}_1 + \overline{I}_2 + \overline{I}_3 = 0$$

De l'expression (B) on déduit :

$$\overline{V}_d = \overline{V}_i = \overline{V}_0 = 0$$

I₁I₂I₃

De l'expression –C– on tire :

$$\bar{I}_j = 0$$

$$\bar{I}_0 = 0$$

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{V}_n}{Z_d}$$

Le courant de court-circuit triphasé est :

$$\bar{I}_{cc\,ph} = \frac{\bar{V}_n}{Z_d}$$

Coupure d'une phase :

- **Equation du défaut :**

$$\bar{I}_1 = 0$$

$$\bar{V}_{2'2'} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{V}_{3'3'} = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Des équations (1) et (2) on obtient :

$$\bar{V}_d = \bar{V}_i = \bar{V}_0 = \frac{1}{3} \bar{V}_{11}$$

En remplaçant l'expression de $\bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_j + \bar{I}_0 = 0$ dans l'expression (C) on trouve :

$$\bar{V}_d = \bar{V}_i = \bar{V}_0 = \frac{\bar{Z}_i \bar{Z}_0}{Z_d Z_i + \bar{Z}_d \bar{Z}_0 + Z_i Z_0} \bar{V}_n$$

L'expression de \bar{V}_1 sera donc :

$$\bar{V}_1 = \frac{3 \bar{Z}_i \bar{Z}_0}{Z_d Z_i + \bar{Z}_d \bar{Z}_0 + Z_i Z_0} \bar{V}_n$$

Les composantes symétriques du courant de court-circuit auront pour expression :

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{Z}_i + \bar{Z}_0}{Z_d Z_i + \bar{Z}_d \bar{Z}_0 + Z_i Z_0} \bar{V}_n$$

$$\bar{I}_j = - \frac{\bar{Z}_0}{Z_d Z_i + \bar{Z}_d \bar{Z}_0 + Z_i Z_0} \bar{V}_n$$

$$\bar{I}_0 = - \frac{\bar{Z}_i}{Z_d Z_i + \bar{Z}_d \bar{Z}_0 + Z_i Z_0} \bar{V}_n$$

$$\bar{I}_1 = 0$$

$$\bar{I}_2 = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_j + \bar{I}_0$$

Figure II-6 Défaut triphasé

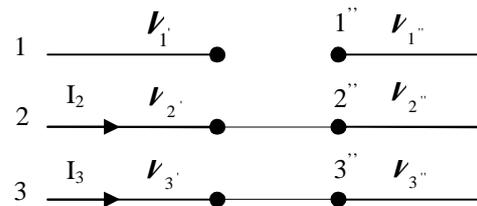


Figure II-7 : Défaut triphasé

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{V}_n}{Z_d Z_j + \bar{Z}_d Z_0 + Z_i Z_0} [\bar{Z}_j (a^2 - 1) + \bar{Z}_0 (a^2 - a)]$$

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{V}_n}{Z_d Z_j + \bar{Z}_d Z_0 + Z_i Z_0} [\bar{Z}_j (a - 1) + \bar{Z}_0 (a - a^2)]$$

II-1-4-3 Calcul des impédances des éléments du réseau :

Pour déterminer les courants de défaut dans le réseau, on doit d'abord déterminer les valeurs des impédances directe, inverse et homopolaire par simplification des éléments le constituant.

II-1-4-3-1 Impédances des lignes et des câbles :

II-1-4-3-1-a Les lignes:

Ce sont des éléments passifs dont l'impédance directe est égale à l'impédance inverse.

Son expression est donnée par la relation suivante :

$$\bar{Z}_d = \bar{Z}_i = r + j\omega (0.5 + 4.6 \log \frac{D}{r'})$$

Avec :

r' : Rayon du conducteur.

D : Position relative des conducteurs dans l'espace.

$$D = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{13}}$$

ω : Pulsation du réseau.

Dans le cas où les conducteurs sont placés horizontalement on aura :

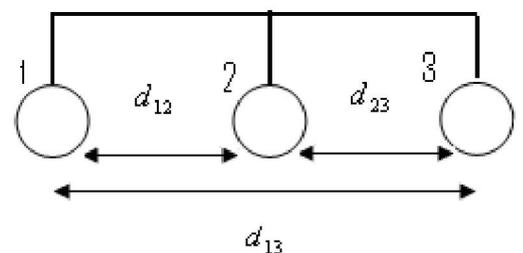
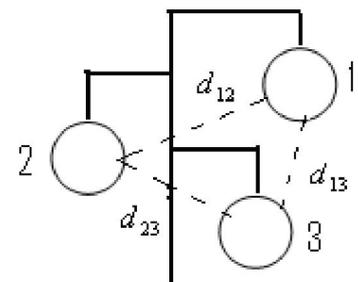
$$d_{13} = 2d_{23} = 2d_{12} = 2d;$$

Alors :

$$D = \sqrt[3]{(d_{12} \cdot d_{23} \cdot d_{13})} = \sqrt[3]{2d^3} = \sqrt[3]{2} \cdot d$$

Remarque

On remarque que la valeur de cette impédance dépend du rayon du conducteur et de sa position dans l'espace.



- **Impédance homopolaire**

Elle peut être déterminée par la formule de Carson

$$\bar{r}_0 = r + \mathcal{J} \left[\frac{\pi\omega}{2} + 4,6\omega \log \frac{d'}{\sqrt[3]{r'' D^2}} \right] 10^{-4}$$

Tel que :

$$r'' = 0,779r \quad [\text{m}]$$

$$d' = \frac{0,522}{\sqrt{\sigma\omega}} \quad [\text{cm}]$$

Avec :

r'' : Rayon géométrique équivalent d'un conducteur cylindrique homogène.

d' : La profondeur du conducteur fictif de retour dans le sol.

σ : [CGS] conductibilité du sol.

Dans le calcul des courts-circuits, on peut prendre comme approximation :

$$\bar{z}_d = x_d = x_i = 0,4 \quad / \text{km}$$

$$\bar{z}_0 = 3 \bar{z}_d = 1,2 \quad / \text{km}$$

II-1-4-3-1-b Les câbles:

Eux aussi sont des éléments passifs donc l'impédance directe est égale à l'impédance inverse.

- **Impédance directe ou inverse**

Elle est donnée par l'expression :

$$z_d = f_1 \cdot r_c$$

Tel que :

$$r_c = \frac{1}{\mathcal{J}}$$

f_1 : Facteur d'impédance donné par le constructeur.

r_c : Résistance en courant continu.

Généralement on prend :

$$z_d = x_d = x_i = 0,1 \quad / \text{km}$$

- **Impédance homopolaire**

L'impédance homopolaire des câbles est très compliquée à déterminer, sa valeur dépend du cas de l'espèce.

-Câble tripolaire sous une enveloppe unique:

Pour un câble à armature non magnétique, l'impédance homopolaire est donnée par la formule suivante :

$$z_0 = r + \beta I_{cp} \omega + 3r_p(1 + K) \quad [\text{/km}]$$

$$I_{cp} = 4.6 \log \left(\frac{r_m}{\sqrt[3]{u' D^2}} \right) 10^{-4} \quad [\text{H/km}]$$

Tel que :

$$K = \frac{r_p'}{r_p'' + j\omega}$$

$$r_p' = r_p + r_{T1} + r_{T2}$$

$$r_p'' = r_p + r_s$$

Donc :

$$r_p'' = r_p + r_{T1} + r_s$$

$$I = 4.6 \log \frac{3.3}{\gamma \alpha V_m} \cdot 10^{-4} \quad [\text{H/km}]$$

Avec :

$$= 1.781$$

$$= \sqrt{4\pi\sigma\omega}$$

r : Résistance vraie d'un conducteur.

r_p : Résistance en courant continu de l'enveloppe de plomb.

r_p' : Résistance de l'enveloppe majorée de la résistance des prises de terre.

r_s : Résistance de sol, elle est en fonction de la longueur du câble.

r' : Rayon géométrique équivalent d'un conducteur.

u' : Distance entre conducteur.

II-1-4-3-2 Impédances des transformateurs à deux enroulements :**a- Impédance directe et inverse :**

Pour la mesure de l'impédance directe du transformateur, on court-circuite ses enroulements secondaires, puis on applique aux bornes des primaires une tension alternative triphasée

croissante jusqu'à atteindre une valeur de courant au secondaire correspondante à la puissance du transformateur. (Figure -II-7).

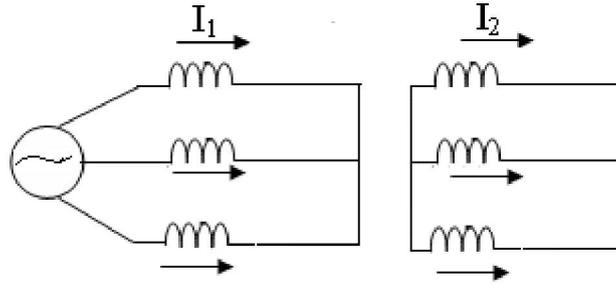


Figure II-8 Réactance directe (ou inverse) d'un transformateur.

D'après la figure (II-7) la tension de court-circuit est égale à :

$$\frac{U_{cc}}{\sqrt{3}} = z_d I_n$$

On a :

$$\frac{U_{cc}}{U_n} = \frac{U_{cc}\%}{100}$$

Alors :

$$z_d = \frac{U_{cc}}{I_n \sqrt{3}} = \frac{U_{cc}\% U_n}{100 I_n \sqrt{3}}$$

La puissance nominale du transformateur est : $S_n = \sqrt{3} U_n I_n$

Donc :

$$z_d = \frac{U_{cc}\% U_n^2}{100 S_n}$$

Dans les réseaux moyens tension, les impédances des lignes et des transformateurs sont plus prépondérantes que celle des alternateurs, alors on peut dire que l'impédance directe d'une ligne aérienne est égale à l'impédance inverse de cette dernière ($\bar{Z}_d = \bar{Z}_i$)

b- Impédance homopolaire :

Pour la mesure de l'impédance homopolaire des transformateurs à deux enroulements, on relie les trois bornes de l'un des enroulements et on applique entre ces bornes et la terre une tension simple V (figure II-8). On mesure l'intensité de courant circulant dans le circuit du transformateur ($I=3I_0$).

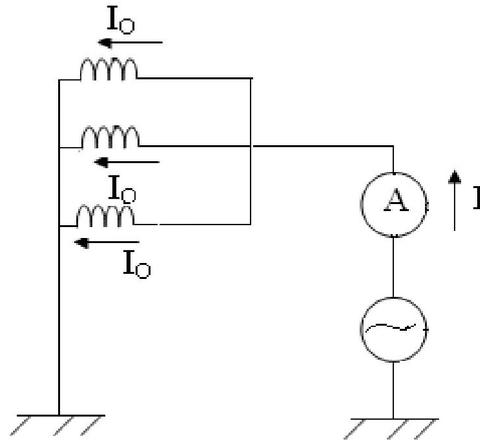


Figure II-8 Réactance homopolaire d'un transformateur:

L'impédance homopolaire est définie comme étant le rapport entre la tension appliquée et le courant passant dans le circuit du transformateur :

$$z_0 = \frac{3V}{3I_0} = \frac{3V}{I}$$

Avec :

V : tension simple.

I_0 : courant dans chaque phase

I : courant qui circule dans le transformateur.

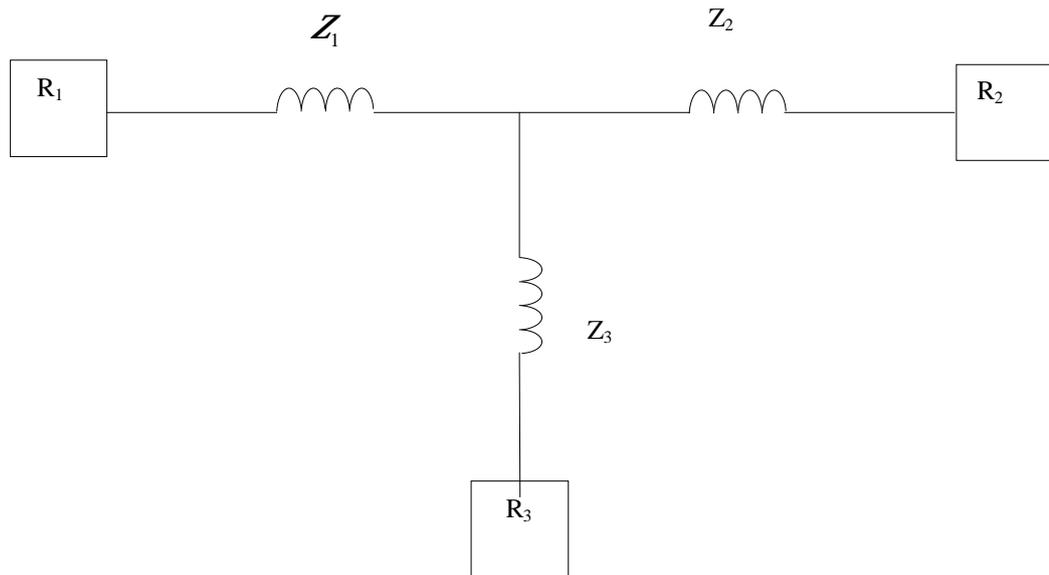
L'impédance homopolaire des transformateurs dépend du mode de liaison du point neutre à la terre et du conducteur de retour, ainsi que du couplage de ces enroulements et de la nature du circuit magnétique.

Par exemple pour les transformateurs étoile- triangle, étoile-étoile dont les deux points neutres reliés à la terre, on a l'impédance homopolaire qui est égale à l'impédance directe ($z_0=z_d$), par contre dans un transformateur étoile-étoile ou un seul neutre est relié à la terre, on a l'impédance homopolaire qui est égale à 10 fois l'impédance directe ($z_0=10z_d$).

II-1-4-3-3 Impédance des transformateurs à trois enroulements :

Le transformateur à trois enroulements est un transformateur muni d'un enroulement primaire et deux enroulements secondaires ou de deux enroulements primaires et d'un enroulement secondaire.

Ces enroulements sont soumis à des tensions différentes et n'ont pas de point commun.

a- Réactance directe (ou inverse) :**Figure II-9 Schéma monphasé correspondant au schéma tripolaire**

Un transformateur triphasé à trois enroulements peut être représenté par un circuit monphasé équivalent formé d'une étoile à trois branches reliant entre eux les trois réseaux : primaire, secondaire et tertiaire dont les expressions des impédances sont données par :

$$Z_{d1} = \frac{1}{2}(Z_{d12} + Z_{d32} - Z_{d23})$$

$$Z_{d2} = \frac{1}{2}(Z_{d12} + Z_{d23} - Z_{d13})$$

$$Z_{d3} = \frac{1}{2}(Z_{d23} + Z_{d13} - Z_{d12})$$

Avec :

Z_{d12} : impédance du secondaire dont le primaire en court-circuit et le tertiaire ouvert.

Z_{d23} : impédance du tertiaire dont le secondaire en court-circuit et le primaire ouvert.

Z_{d31} : impédance du primaire dont le tertiaire est en court-circuit et le secondaire ouvert.

Z_{d1}, Z_{d2}, Z_{d3} : réactance directe de chaque enroulement.

b- Réactance homopolaire :

La réactance homopolaire dépend :

- Du couplage des enroulements.
- De la nature du circuit magnétique qu'il soit à flux forcé ($z_o = 10 z_d$) ou bien à flux libre ($z_o =$).

- De la présence de conducteur de retour.
- De la présence de conducteur neutre.

Le couplage le plus utilisé est : primaire et secondaire en étoile, le tertiaire en triangle. On distingue plusieurs cas pour le calcul des impédances homopolaires.

II-1-4-3-3-1) Aucun des points neutres n'est relié à la terre :

Le circuit de générateur n'étant pas fermé par la terre, I_0 est nul la réactance homopolaire est infinie.

$$Z_{023}=Z_{013}=\infty$$

-Un des points neutres est relié à la terre :

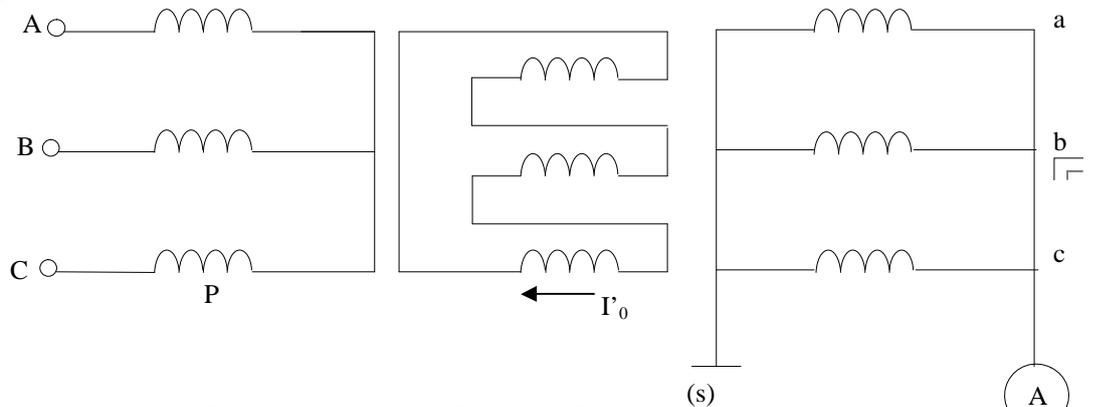


Figure II-10 Impédance homopolaire Z_{0123} du secondaire

On suppose que le primaire est isolé et le secondaire relié à la terre.

On ramène au cas de transformateur triangle-étoile à la terre à deux enroulements, la composante homopolaire se referme par l'enroulement en triangle

On a : $Z_{023}=Z_{d2}$

Inversement, si on suppose que le neutre secondaire est isolé et le neutre du primaire est à la terre, la réactance homopolaire est :

$$Z_{013}=Z_{d13}$$

- Les deux points neutres reliés à la terre :

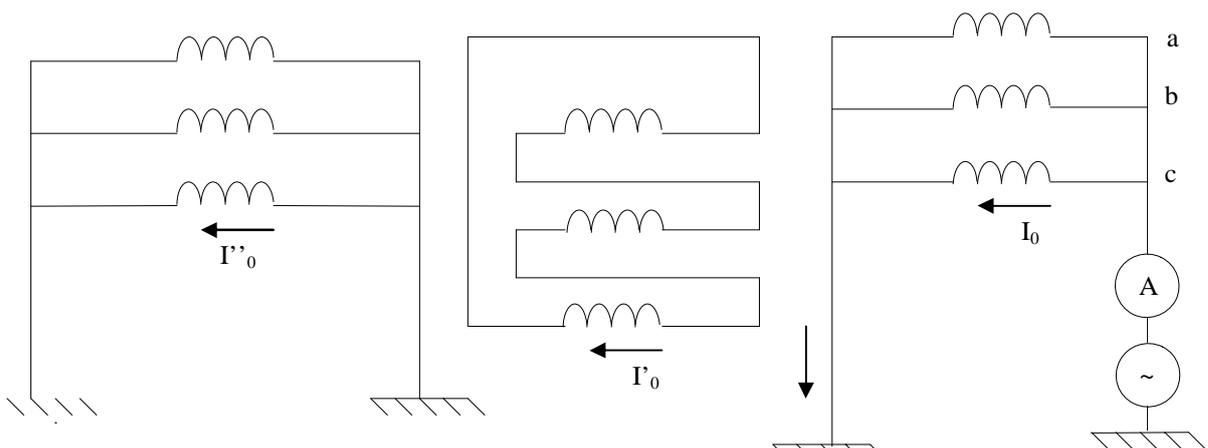


Figure II-11 Les deux neutres reliés à la terre

En mettant en court-circuit les bornes primaires du transformateur, l'enroulement primaire est traversé par les composantes homopolaires. En raison de son couplage, l'enroulement tertiaire est aussi connecté par ses composantes homopolaires, ce qui équivaut à un couplage en parallèle des branches primaires et tertiaire de l'étoile représentant le transformateur.

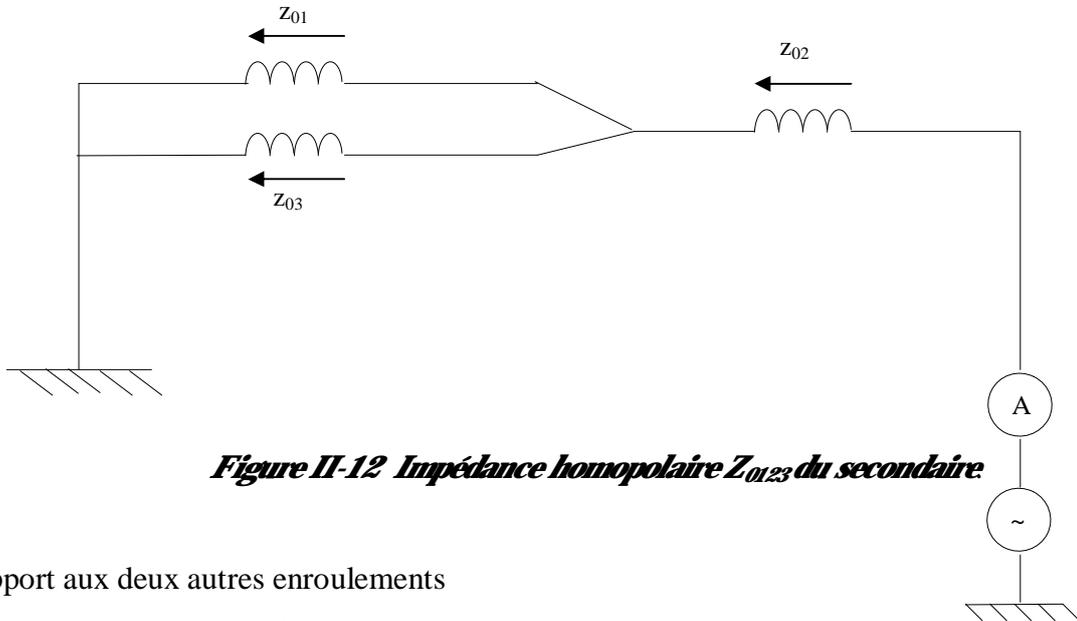


Figure II-12 Impédance homopolaire Z_{0123} du secondaire

Par rapport aux deux autres enroulements

Z_{01} et Z_{03} sont alors en parallèle, on peut écrire :

$$Z_{0123} = Z_{02} + \frac{Z_{01} Z_{03}}{Z_{01} + Z_{03}}$$

De plus : $Z_{013} = Z_{01} + Z_{03}$ et $Z_{023} = Z_{02} + Z_{03}$

D'où

$$Z_{0123} = Z_{023} - \frac{Z_{032}}{Z_{013}}$$

On en déduit alors, les expressions homopolaires, Z_{01} , Z_{02} , Z_{03} de chacune des branches du schéma en étoile.

$$Z_{03} = [Z_{013} (Z_{02} - Z_{0123})]^{1/2}$$

$$Z_{02} = [Z_{023} - (Z_{02}^2 - Z_{0133})]^{1/2}$$

$$Z_{01} = Z_{013} - [Z_{013} (Z_{023} - Z_{0123})]^{1/2}$$

Z_{01} , Z_{02} , Z_{03} : Réactances homopolaires de chacune des branches du schéma en étoile correspondant au transformateur.

- Cas où le neutre du primaire est relié à la terre dans un autre poste

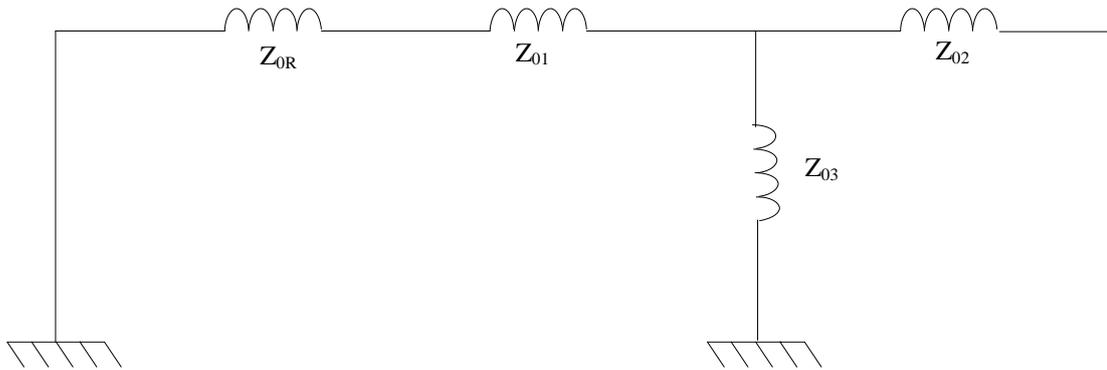


Figure II-13 Réactances homopolaires résultantes, vu de secondaire

Soit z_{OR} , la réactance homopolaire du réseau placée en amont de z_{oi} , z_{0123} s'écrit maintenant :

II-2 Protections des réseaux :

Comme on a vu dans la première partie de ce chapitre, Les réseaux sont exposés à plusieurs perturbations. Pour limiter l'imminence très présente du danger de ces perturbations, divers dispositifs de protections sont prévus dont l'intervention se limite dans la majeure des cas à la mise hors tension de l'organe défaillant pour préserver le reste du réseau.

II-2-1-Les qualités des protections :

Elle doit répondre aux critères suivant :

Sensibilité: qui est l'aptitude des protections à détecter les défauts

La sélectivité : qui permet à l'appareil d'éliminer que la partie en défaut.

La sûreté : la protection ne détecte le défaut qu'une fois elle est sûre, et cela dépend de sa fiabilité.

Rapidité : qui permet de minimiser les conséquences des courts circuits.

II-2-2-Appareillages des protections :

1-Disjoncteur : c'est un appareil capable d'interrompre des courants importants. Il peut être utilisé comme un gros interrupteur, commandé sur place par un bouton poussoir ou télécommandé. Le disjoncteur ouvre un circuit automatiquement dès que le courant qui le traverse dépasse une valeur prédéterminée.

-Différents types de disjoncteurs :

Les disjoncteurs les plus répandus sont :

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

2-Sectionneurs: les sectionneurs ne sont dotés d'aucun pouvoir de coupure. Ils ne permettent d'ouvrir un circuit qu'en l'absence de courant. Ils servent à séparer et à isoler, par exemple, les lignes et les disjoncteurs des autres parties du réseau. la commandes des sectionneurs peut être manuelle directe, manuelle à distance. Leurs ouverture est visible.

-Différent types de sectionneurs :

- sectionneur unipolaire HTA, pour l'extérieur ;
- sectionneur bipolaire HTA, pour l'extérieur,
- sectionneur tripolaire HTA, pour l'extérieur ;
- sectionneur rotatifs HT, pour l'extérieur ;
- sectionneur de mise à la terre.

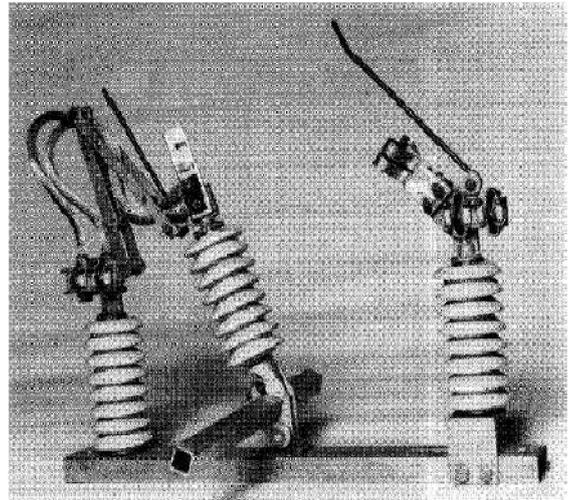


Figure II-14 Image représentant un sectionneur

3-Interrupteurs: ce sont des appareils destinés à ouvrir ou à fermer un circuit électrique, plus perfectionné que les sectionneurs. Ils possèdent un certain pouvoir de coupure ; en général, ils peuvent couper sous la tension nominale un courant d'une intensité égale à l'intensité nominale.

-Différents types d'interrupteurs:

Les interrupteurs les plus utilisés sont :

- interrupteurs-sectionneurs
- interrupteurs aériens à ouverture automatique dans les creux de tension ;
- interrupteurs aériens à commande mécanique ;
- interrupteurs aériens télécommandé.

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

- Différents types de parafoudre :

- parafoudre à expulsion ;
- parafoudre à résistances variables ;
- éclateur simple.

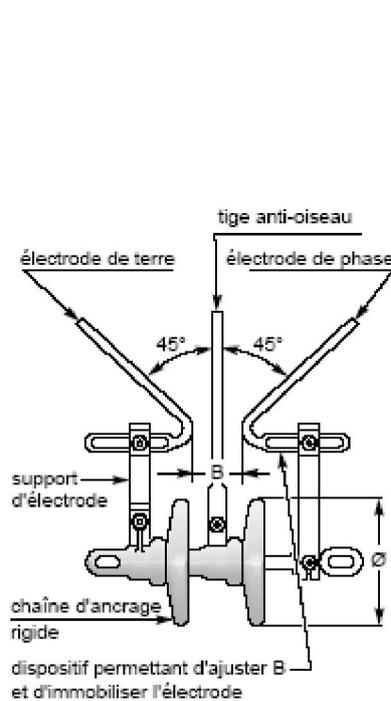


fig . : un éclateur MT avec tige anti-oiseaux

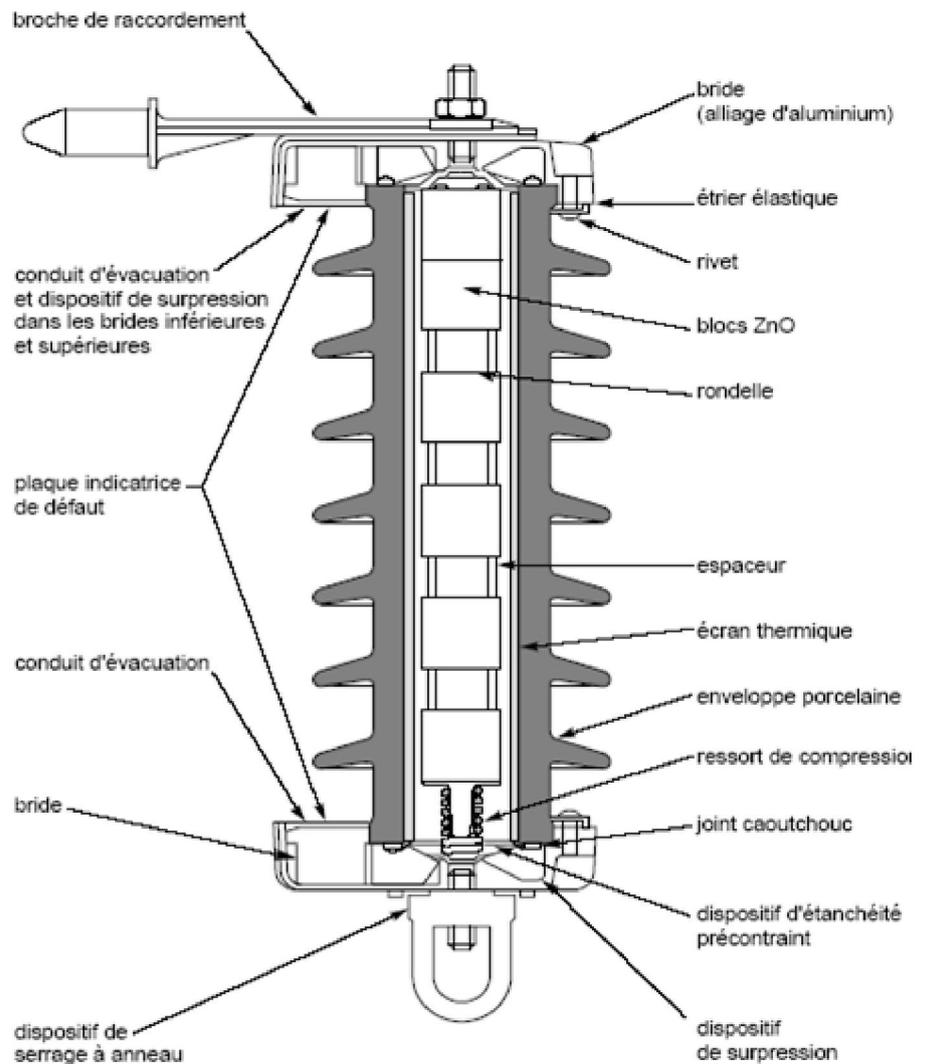


fig . : exemple de structure d'un parafoudre ZnO en enveloppe porcelaine pour le réseau

5-Relais : Un relais est un appareil de protection destiné à ouvrir un circuit électrique lorsque certaines conditions prédéterminées sont remplies : variation d'intensité, de tension, de fréquence etc...

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

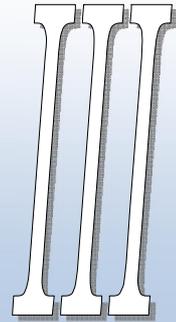
Différents types de coupe-circuit : On retrouve :

- 1 Coupe circuit à fusion libre,
- 2 Coupe circuit à expulsion,
- 3 Coupe circuit à fusion enfermée. **[1]**

Conclusion :

Il est primordial de connaître l'ordre de grandeur des courants de courts-circuits des différents types de défauts car cela nous permettra de bien dimensionner et régler les protections afin de les éliminer le plus vite possible car ils ont des conséquences néfastes sur les réseaux électriques, la tenue du matériel, mais surtout la sécurité des personnes.

Chapitre



Méthodes de Calcul des chutes de tension

Le réseau électrique est en permanence le siège de variations de tension, ces variations sont dues essentiellement à l'augmentation progressive des consommations, à l'accroissement des charges et à l'apparition de nouveaux clients, ce qui se traduit par une augmentation du transit actif et réactif, donc des chutes de tension sur différents éléments du réseau.

Les calculs des chutes de tension dans un réseau de distribution sont effectués par les méthodes suivantes :

III-1 Méthodes générales (théorie des quadripôles) : [4], [5]

III-1-1 Cas des lignes aériennes :

III-1-1-a Ligne à constantes réparties :

Soit les tensions simples et les courants aux extrémités d'une ligne

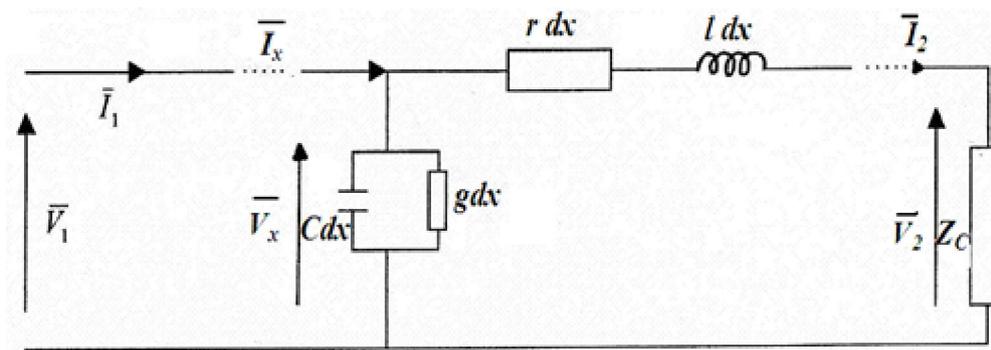


Figure III-1 Schéma équivalent d'un quadripôle

Avec

r : résistance linéique [Ω/km] ;

l : inductance linéique [H/km] ;

c : capacité linéique [F/km] ;

g : conductance linéique [S/km] .

V_1 et I_1 sont liés à V_2 et I_2 par les équations linéaires du quadripôle (fig. II-1)

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

Inversement, nous avons :

$$\begin{cases} \bar{V}_2 = \bar{V}_1 \text{Ch} \bar{n}.l - \bar{Z}_c \bar{I}_1 \text{Sh} \bar{n}.l. \\ \bar{I}_2 = -\frac{\bar{V}_1}{\bar{Z}_c} \text{Sh} \bar{n}.l + \bar{I}_1 \text{Ch} \bar{n}.l. \end{cases} \quad [3]$$

Avec : Z_c : impédance caractéristique de la ligne.

γ : constante de propagation.

l : longueur de la ligne.

$$\left\{ \begin{array}{l} = \frac{Z_c}{Z_c} \\ = (Z_c + \dots) \quad \text{Impédance totale} \\ = (Y_c + \dots) \quad \text{Admittance totale} \\ \dots = \frac{\dots}{\dots} \end{array} \right.$$

Le développement limité des fonctions hyperboliques nous donnerons :

$$\left\{ \begin{array}{l} \cosh(x) = 1 + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \dots \\ \sinh(x) = x + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \dots \\ \frac{1}{\cosh(x)} = 1 - \frac{x^2}{2} + \frac{5x^4}{24} - \dots \\ \frac{1}{\sinh(x)} = \frac{1}{x} + \frac{x}{6} - \frac{7x^3}{360} + \dots \end{array} \right.$$

Pour les lignes longues ($l > 600\text{km}$) : on prend trois termes du développement limité.

Pour les lignes moyennes ($200 < l < 600\text{km}$) : on prend deux termes du développement limité.

Pour les lignes courtes ($l < 200\text{km}$) : on prend un seul terme du développement limité.

Approximation de la ligne par des impédances localisées :

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

Où L, R, C sont respectivement inductance la résistance et la capacité linéique.

Schéma en π :

En considérant le schéma de la figure II-2, on aura les équations des trois mailles suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} = \dots - \dots \\ 0 = (\dots + j \dots + \dots) - \dots - \dots \\ = \dots - \dots \end{array} \right.$$

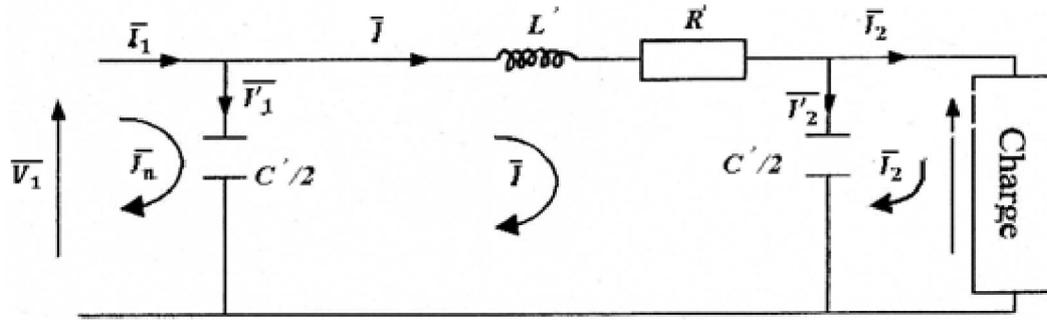


Figure III-2 Schéma en d'une ligne courte

D'où on trouve :

$$\begin{cases} = 1 - \dots + \dots - (\dots) \\ = 1 - \dots + \dots + \left(-\frac{\dots^2}{\dots} + \dots \right) \end{cases}$$

Si on néglige les termes et on trouve :

$$\begin{cases} - (\dots) \\ + j \dots \end{cases}$$

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

$$\begin{cases} = 1 - \dots + \dots - (\dots) \\ = 1 - \dots + \dots + \left(-\frac{\dots^2}{\dots} + \dots \right) \end{cases}$$

Si on néglige les termes et on trouve :

$$\begin{cases} - (\dots) \\ + j \dots \end{cases}$$

Diagramme d'une ligne courte schématisé en :

- On prendra comme origine des phases .
- : Déphasage entre et , 2 déphasage ente et ;
- : Déphasage ente et ;
- : Déphasage ente et .

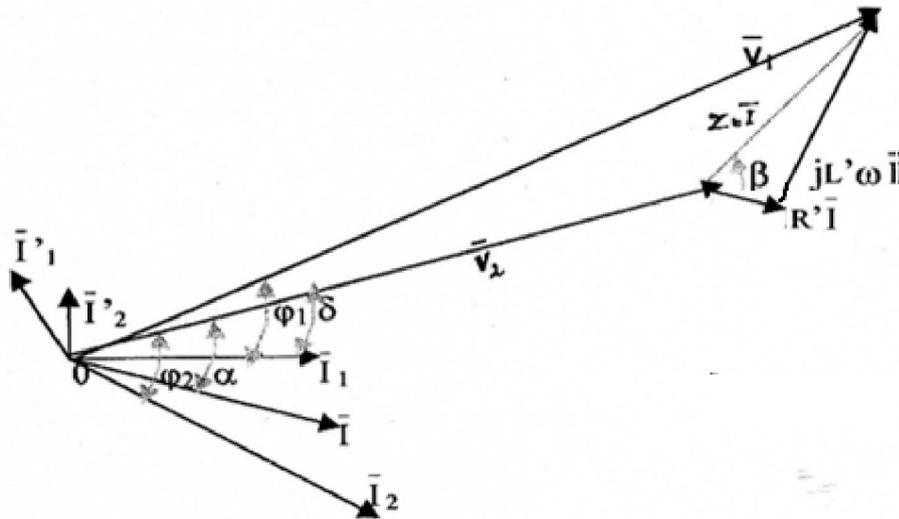


Figure III-3 Diagramme d'une ligne courte (Schéma en)

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

$$\begin{cases} \vec{I}^\alpha = \vec{I}_2^{L\phi^2} + C'/2.\omega.\vec{V}_2^{L\pi/2} \\ \vec{V}_1^{L\delta-\phi^2} = \vec{V}_2^{L0} + Zt.\vec{I}^{L\beta+\alpha} \\ \vec{I}_1^{L\delta} = \vec{I}^\alpha + C'/2.\omega.\vec{V}_1^{L\pi/2\pm\delta-\phi^1} \end{cases}$$

Avec : $\beta = \arctg \frac{L'\omega}{R'}$ et $Zt = R' + jL'\omega$

Le schéma en T :

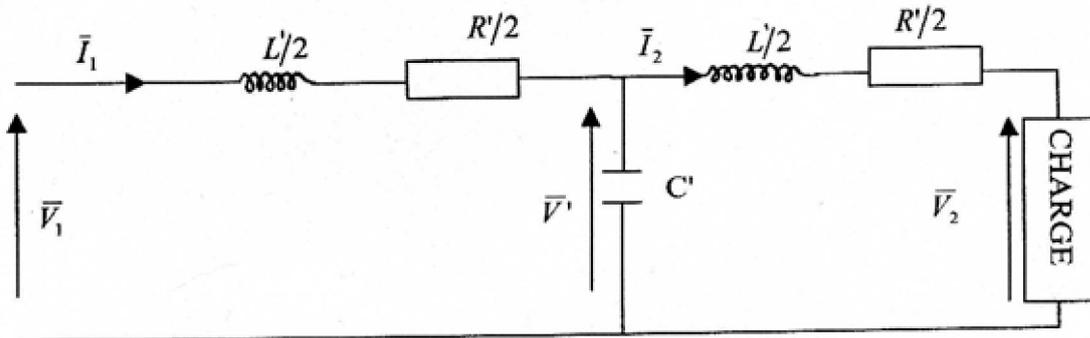


Figure III-4 Schéma en T d'une ligne courte

R' : Résistance linéique de la ligne.

L' : Inductance linéique de la ligne.

C' : Capacité linéique de la ligne.

D'après la figure III-4, on aura l'équation suivante :

$$\left\{ \begin{aligned} &= + - \\ &= + - + - \end{aligned} \right.$$

Diagramme d'une ligne courte en T :

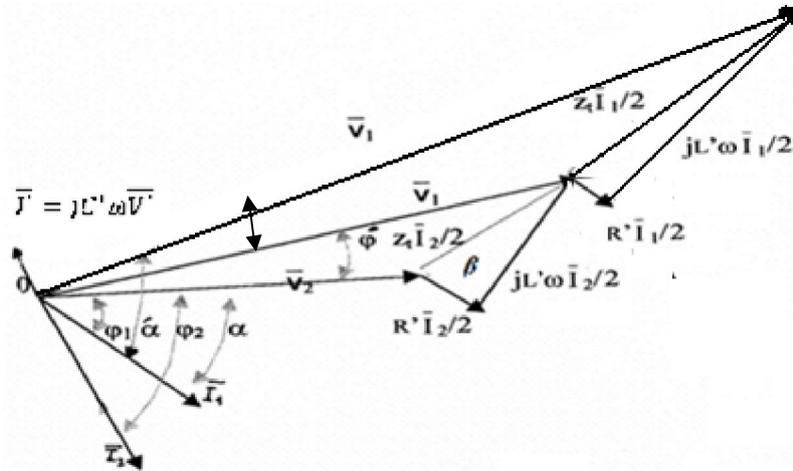


Figure III-5 Diagramme d'une ligne courte en T

La figure III-5 peut être schématisée par les équations suivantes :

$$\left\{ \begin{aligned} &= + - \\ &= + \end{aligned} \right. \quad = + \frac{\quad}{2}$$

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

Pour cette catégorie de lignes à basse ou moyenne tensions. 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.

$$\left\{ \begin{aligned} () &= 1. \\ () &= 0 \\ - () &= 0 \end{aligned} \right.$$

Alors nous aurons :

$$\left\{ \begin{aligned} &= + = + (+) . \\ &= = . \end{aligned} \right.$$

Diagramme vectoriel :

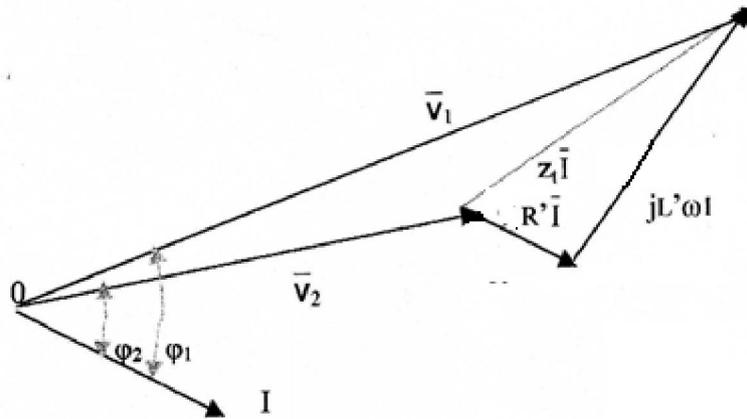


Figure III-6 Diagramme d'une ligne sans capacité

Expression de la chute de tension :

La chute de tension est exprimée comme suite :

$$V_1 - V_2 = R'I + jL'\omega I$$

- V_1 : Tension à l'entrée.
- V_2 : Tension à l'arrivée.

Dans le cas le plus fréquent, lorsque le déphasage de V_1 par rapport à V_2 est modéré, on peut remplacer V_1 par sa projection sur l'axe portant V_2 (FigIII-6). On aura alors la chute de tension comme suit :

$$V_1 - V_2 = V_1 \cos \phi + R'I + jL'\omega I \sin \phi$$

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 III-7).

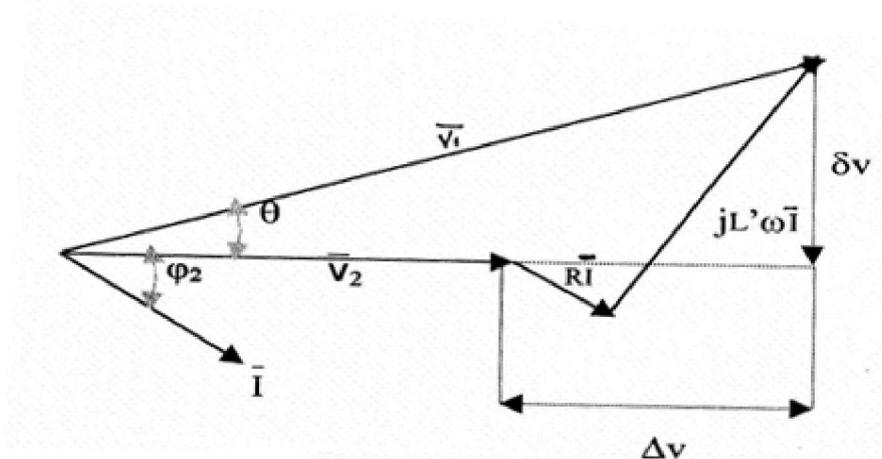


Figure III-7 Chute de tension en phase et en quadrature

Nous avons :

$\Delta v \cos \theta$: Composante de la chute de tension en phase avec \vec{V}_2 .

$$\Delta v \cos \theta = RI + \delta v$$

$\Delta v \sin \theta$: Composante de la chute de tension en quadrature avec \vec{V}_2 .

δv : est due au transit de la puissance réactive sur la ligne.

RI : est due au transit de la puissance active sur la ligne.

$$\Delta v = \sqrt{(RI + \delta v)^2 + (RI \sin \phi_2)^2}$$

III-1-1-b Cas des câbles souterrains :

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

r : Résistance linéique [Ω /km].

x : Réactance linéique [Ω /km].

C : Capacité linéique [F/km].

V_1 : Tension simple a l'entrée de la ligne.

V_2 : Tension simple aux bornes de la charge.

V_c : Tension simple aux bornes de la capacité.

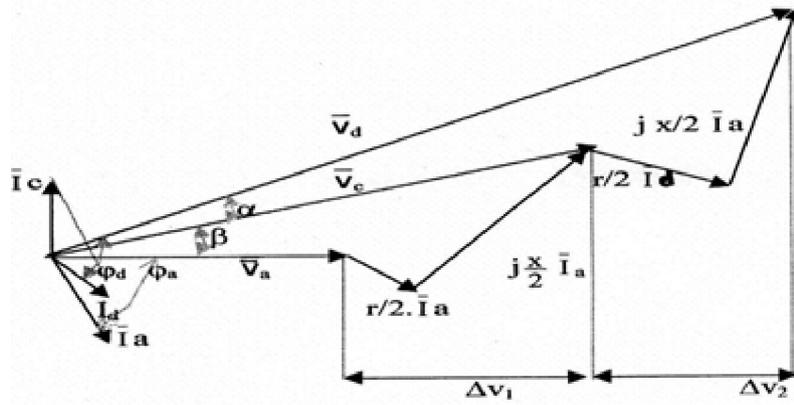


Figure III-8 Diagramme de la ligne en T

De la figure III-9 en retrouve les équations suivant :

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

Avec

Remarque : α et φ sont des angles négatifs.

On extraie les équations suivantes :

$$\begin{aligned} & \dots \\ & \dots \end{aligned}$$

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

$$\sqrt{\dots}$$

Le déphasage de V_c est donné par :

$$\arctan\left(\frac{\dots}{\dots}\right)$$

Le module de I_d est :

On négligeant l'angle β , on obtient :

$$\left(\dots \right) +$$

Son module est définie par :

$$| | = \sqrt{(\dots - \dots)^2 + (\dots + \dots)^2}$$

Le déphasage est donné par la relation suivante :

$$= \frac{\dots + \dots}{\dots - \dots}$$

La chute de tension en monophasé est donnée par :

$$\left\{ \begin{aligned} V &= V - V \\ \text{Avec :} \\ &= (-\cos + -\sin) \\ &= (-\cos + -\sin) \end{aligned} \right.$$

Alors on retrouve :

$$= (-\cos + -\sin) + (-\cos + -\sin)$$

En triphasé la chute de tension relative est :

$$\frac{\bar{U}}{U} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot 100 [(\cos + \cos) \frac{\dots}{2} + (\sin + \dots) \frac{\dots}{2}]}{U}$$

III-2 Méthode de séparation des puissances actives et réactives :

Même si la formulation de la méthode générale est simple, l'utilisation des nombres complexes conduit à des calculs difficiles. C'est pourquoi on lui préfère en pratique une méthode approchée qui est celle de séparation des puissances actives et réactives. Celle-ci est surtout utile dans le cas des lignes dont la longueur dépasse quelques dizaines de kilomètres sans atteindre 600km.

La ligne étudiée est représentée par son schéma en .

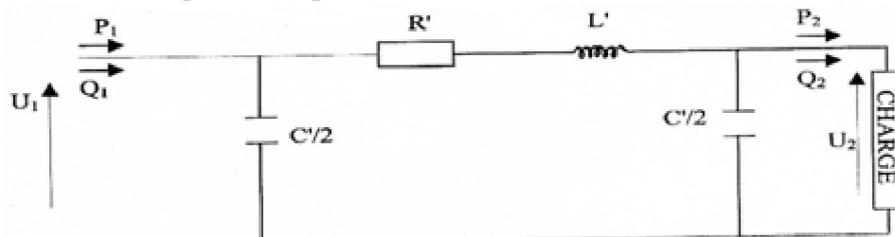


Figure III-9 Schéma en d'une ligne moyenne ou courte

III-2-1 Méthode par approximation successive :

Soit P_2 et Q_2 les puissances actives et réactives à l'extrémité réceptrice (2). Si U_2 est une tension composée de la ligne en (2) et φ le déphasage entre la tension et le courant, on aura :

$$\begin{cases} P_2 = \bar{U}_2 \bar{I}_2 \cos \varphi \\ Q_2 = \bar{U}_2 \bar{I}_2 \sin \varphi \end{cases}$$

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

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \bar{U}_2 \bar{I}_2$$

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

$$\begin{cases} P_1 = P_2 + P_{act} \\ Q_1 = Q_2 - (Q_{cap} - Q_{ind}) \end{cases}$$

Avec :

$$\begin{cases} P_{act} = [R + (X - B) \tan \varphi] \bar{I}_2^2 & \text{Pertes actives.} \\ Q_{cap} = \frac{1}{\omega C} \bar{I}_2^2 & \text{Production réactives dans les capacités.} \\ Q_{ind} = \omega L \bar{I}_2^2 & \text{Pertes réactives dans l'inductance.} \end{cases}$$

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

Sachant que $\cos \varphi = \frac{P_2}{S_2}$, on prend ($\cos \varphi = \frac{P_2}{S_2} \dots\dots\dots(*)$)

On peut remplacer la valeur de U_1 dans l'expression de P_1 et Q_1 , puis de S_1 .

Remarque : Le formule (*) n'est valable en toute rigueur que si les modules de I_1 et I_2 des courants aux extrémités sont égaux, c'est-à-dire que la capacité est faible dans la ligne et la conductance linéique est nulle.

Dans le cas contraire (câble souterrain et ligne dépassant 200 à 300km), on est amené à écrire :

$$I_1 = I_2 \dots$$

Le courant I_1 est obtenu par la relation suivante :

$$I_1 = I_2 + jC$$

III-2-2 Formules directes :

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

Nous avons déjà établi que :

$$= 1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{2} - (+)$$

Avec : $i_1 = I_1 \cos \phi_1 - j I_1 \sin \phi_1$

En module, on retrouve :

$$= - \frac{1}{2} - + \frac{1}{2} - +$$

En posant :

- $P_1 = 3V_1 I_1 \cos \phi_1$ Puissance active triphasé à l'entrée.
- $Q_1 = 3V_1 I_1 \sin \phi_1$ Puissance réactive triphasé à l'entrée.
- $p = 3R I^2$ Pertes active triphasés.
- $q = 3R'$ Pertes réactive triphasés.
- $= 3$ Productions réactives triphasés.

On obtient :

$$= - (2 +) + [2(-) -] + (+ +) + \frac{1}{2}$$

Et :

$$= - (2 +) + [2(-) -] + (+ +) + \frac{1}{2}$$

Remarque : le terme en C' peut être négligé pour des longueurs ne dépassant pas 100km

III-2-3 Méthode simplifiée :

Lorsqu'on recherche une valeur approchée de la chute de tension d'une ligne, on utilise les formules suivantes :

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

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

$$\left\{ \begin{array}{l} = + \text{---} - \\ = + \text{---} \end{array} \right.$$

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

Inversement, on peut écrire :

$$\left\{ \begin{array}{l} = + \text{---} - \\ = + \text{---} \end{array} \right.$$

Puis, on aura à calculer :

$$\left\{ \begin{array}{l} = \text{---} \\ = \text{---} \end{array} \right.$$

Avec Q_m et P_m les puissances moyennes réactives et active de la ligne.

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

$$\text{---} = \frac{\text{---}}{\text{---}} + \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

III-3 Méthode des moments électriques :

III-3-1 Chute de tension absolue :

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

$$= \bar{3} \cdot ()$$

Avec :

$$Z = r \cdot \cos + jx \sin$$

$i(t)$: 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 :

$$= \dots \quad (1)$$

Avec :

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

III-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) :

$$\left\{ \begin{array}{l} \dots = \dots = \dots \quad (\dots + \dots) . \\ \dots = 100 \cdot \dots \end{array} \right.$$

Finalement, on aura :

$$\dots = 100 \cdot \dots$$

Le produit $M = K_u \cdot p \cdot L$ est appelé moment électrique de la charge P. Il s'exprimé 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% et noté M_1 , il a pour expression :

$$\left\{ \begin{array}{l} \dots = \dots \quad [\text{MW.km}] \text{ en moyenne tension.} \\ \dots = \dots \quad [\text{kW/km}] \text{ en basse tension.} \end{array} \right.$$

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

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

$$\dots = \dots$$

Pour une chute de tension maximale de ($\Delta U = \%$), le moment électrique maximum M_x pour les valeurs de x dans les tableaux 1 et 2 (voir annexe). Ceux-ci sont fait pour une charge concentrée est tel que :

On peut chercher M_x pour les valeurs de x dans le tableau 1 et 2 (voir annexe). Ceux-ci sont fait 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°C : pour les lignes aériennes en conducteurs nus.

T=50°C : pour les câbles souterrains et les lignes aériennes en conducteurs isolés.

III-4 Calcul des constantes linéique :

Le calcul des chutes de tension dans les lignes aériennes ou souterraines s'effectue à l'aide des constantes linéiques que l'on calcule comme suit :

III-4-1 Cas des câbles souterrains :

a Résistance linéique :

Elle est donnée par :

Avec :

$$\left\{ \begin{aligned} &= \frac{100}{S} \quad [\cdot] \\ &[\cdot m] \quad , S[mm^2] \\ &= \rho_{20} \cdot \left(1 + \frac{T - 20}{273} \right) \end{aligned} \right.$$

= 19,13 . Résistivité du cuivre à température de fonctionnement.

= 50° : Température de fonctionnement de fonctionnement.

o = 17,24 . : Résistivité du cuivre à température ambiante.

-Pour une section de 70mm² : $r = 0,27 [\cdot]$.

-Pour une section de 17,8mm² : $r = 1,15 [\cdot]$.

b Capacité linéique :

La capacité linéique est donnée par :

$$= \frac{100}{2,3} \quad [F \cdot]$$

: Perméabilité du vide. = 10 [F.]

: Perméabilité relative de l'isolant.

= 3,6 : Pour le papier imprégné.

Tel que :
$$= \frac{\text{-----}}{\text{(-----)}}$$

Avec : r_f : rayon de l'âme conductrice.

y : distance entre conducteurs.

d : diamètre de la gaine.

Pour le cuivre de section 70mm² :

r_f : 8,5 mm

y : 24,4 mm

d : 52,574 mm

k : 1,64

C : $0,35 \cdot 10^{-6}$ F.

c Réactance linéique :

Pour les câbles souterrains, la valeur de la réactance : $x=0,1$

III-4-2 Cas des lignes aériennes :

a Résistance linéique :

La résistance linéique est donnée par :

$$= \text{---} \quad [\text{ . } \quad] .$$

Avec :

ρ : Résistivité du matériau à la température de fonctionnement [. . .].

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

$\rho_{20} = 33,2$ [. . .] : Résistivité de l'Almelec à 20°C.

Pour l'Almelec de section 93,3 mm², $= \frac{\rho}{S} = 0,35$ [. . .] .

Pour l'Almelec de section 34,4 mm², $= \frac{\rho}{S} = 0,96$ [. . .] .

Pour l'Almelec de section 54,4 mm², $= \frac{\rho}{S} = 0,61$ [. . .] .

b Capacité linéique :

$$= \frac{10}{18 \frac{2}{d}} \quad [\text{ F . } \quad] .$$

Avec :

d : distance entre les conducteurs ($d \neq 1$ m).

D : diamètre du matériau utilisé.

Pour l'Almelec de section 93,3 mm² : $D=10,9\text{mm}$ = $10,66 \cdot 10^{-9}$ [F.].

Pour l'Almelec de section 34,4 mm² : $D=8,32\text{mm}$ = $10,13 \cdot 10^{-9}$ [F.].

Pour l'Almelec de section 54,4 mm² : $D=6,62\text{mm}$ = $9,73 \cdot 10^{-9}$ [F.].

c Réactance linéique :

Pour les lignes aériennes, la valeur de la réactance linéique est de $X=0,35$.

III-4-3 Calcul des puissances :

La charge est uniformément répartie le long de chaque départ.

$$= \bar{3} \cdot \dots \quad \text{Puissance du poste.}$$

Avec :

$U=30\text{kV}$: tension composée aux bornes de la charge.

I_p : courant de la charge.

$\cos = 0,86$: facteur de puissance.

Nous calculons la puissance foisonnée en utilisant les coefficients de foisonnement k_{sc} relatifs au nombre de circuits. Ils sont donnés dans le tableau suivant en fonction du nombre de circuit :

N_c	1	2 à 3	4 à 5	6 à 9	> 10
k_{sc}	1	0,9	0,8	0,7	0,6

N_c : nombre de circuit.

P_f : puissance foisonnée ($P_f = P k_{sc}$).

P : puissance installée (poste DP) ou puissance mise à disposition (poste livraison)

k_{sc} : coefficient de foisonnement qui dépend du nombre de circuits.

III-5 Application de la méthode des moments :

On applique la méthode des moments pour calculer les chutes de tension ainsi que les pertes de puissance pour les tronçons (de inject-C14 à 43P285)

1 **Tronçon (1)** : Inject-C14 à 43E195 :

$$M = P \times l = \bar{3} U I \cos \times l = \bar{3} \times 30 \times 0,241 \times 0,9 \times 2,455 = 27,6689 \text{ MW.km}$$

$$\dots = \dots = \dots = 1,62\%$$

Perte de puissance :

$$P| = 3 R I = 3 \times 0,35 \times 0,421 \\ = 60,98 \text{ kW} \cdot \text{km}^{-1}$$

2 *tronçon (2)* : 43E195 à 43J964 :

I= la somme des charges sur la même branche

$$I = 9,107622 \text{ A}$$

$$—| = — = \frac{\bar{x} \times x, \quad \times, \times,}{,} = 0,0011\%$$

$$—| = —| + —| = 1,62 + 0,0011 = 1,6211\%$$

Perte de puissance :

$$P| = 3 R I = 3 \times 0,35 \times (9,107622 \text{ A}) \\ = 8,709 \text{ kW} \cdot \text{km}^{-1}$$

3 *tronçon (3)* : 43J964 à 43E196:

$$—| = — = \frac{\bar{x} \times x, \quad \times, \times,}{,} = 0,03\%$$

$$—| = —| + —| + —| = 1,6514\%$$

Perte de puissance :

$$P| = 3 R I = 3 \times 0,35 \times (9,107622 \text{ A}) \\ = 8,709 \text{ kW} \cdot \text{km}^{-1}$$

4 *tronçon (4)* : 43E196 à 43E197:

$$—| = — = \frac{\bar{x} \times x, \quad \times, \times,}{,} = 0,004\%$$

$$—| = 1,6514 + —| = 1,6558\%$$

Perte de puissance :

$$P| = 3 R I = 3 \times 0,35 \times (4,4878 \text{ A}) = 2,114 \text{ kW} \cdot \text{km}^{-1}$$

5 *tronçon (5)* : 43E197 à 43E198 :

$$—| = — = \frac{\bar{x} \times x, \quad \times, \times,}{,} = 0,0023\%$$

$$—| = 1,6558 + —| = 1,6581\%$$

Perte de puissance :

$$P| = 3 R I = 3 \times 0,35 \times (3,9598 \text{ A}) = 1,646 \text{ kW} \cdot \text{km}^{-1}$$

6 tronçon (6) : 43E198 à 43E359 :

$$\Delta U = \frac{\sum (Q_i \cdot L_i)}{\sum (Q_i \cdot L_i)} = 0,0052\%$$

$$\Delta U = 1,6581 + \Delta U = 1,6633\%$$

Perte de puissance :

$$P = 3 R I = 3 \times 0,35 \times (3,4318 \cdot 10^3) = 1,2366 \cdot 10^4 \text{ kW} \cdot \text{km}^{-1}$$

7 tronçon (7) : 43E359 à 43EP285:

$$\Delta U = \frac{\sum (Q_i \cdot L_i)}{\sum (Q_i \cdot L_i)} = 0,002\%$$

$$\Delta U = 1,6633 + \Delta U = 1,6653\%$$

Perte de puissance :

$$P = 3 R I = 3 \times 0,35 \times (0,5279 \cdot 10^4) = 2,9261 \cdot 10^4 \text{ kW} \cdot \text{km}^{-1}$$

Conclusion:

Les résultats des calculs des chutes de tension relatives et des pertes de puissances obtenues par la méthode des moments coïncident avec les résultats donnés par le logiciel CARAT.

Chapitre

N

Application

Le but de cette étude est d'examiner la situation actuelle du réseau HTA aérien et souterrain de la localité des OUADHIAS, afin de proposer selon un développement à moyen terme (10 ans) des solutions adéquates qui obéissent aux exigences du guide technique de distribution, en orientant le réseau vers une structure bien déterminée qui tiendra compte des problèmes d'exploitation, de la qualité de service et d'un investissement minimal. Ceci nous oblige à prendre plusieurs décisions, à savoir :

1. Renforcement des sections,
2. Déplacement d'un point d'ouverture;
3. Réfection ou création d'ouvrages.

IV-1-1 Données globales :

Présentation du réseau actuel :

Pour une bonne exploitation, LA DIRECTION DE DISTRIBUTION TIZI-OUZOU est divisée en six services techniques d'électricité (STE) suivant :

- TIZI-OUZOU ;
- DRAA EL MIZANE (DEM) ;
- AZAZGA ;
- LARBAA NATH IRATHEN (LNI) ;
- AIN EL HAMAM (AEH) ;
- TIGZIRT .

Le réseau électrique HTA de la direction de distribution de TIZI OUZOU est desservi par six postes source (PS) qui sont :

POSTE 220/60/30 kV TIZI OUZOU OUED AISSI :

POSTE SOURCE	U (kV)	Nombre de transfos	Puissance installée (MVA)	Age des transfos	Puissance maximale appelée MVA HIVER 2009	Nombre de départs HTA	cellules de réserve	Date de mise en service
T/OUZOU 220/60/30 kV	30	2	2*40	31ANS	57.69	08	02	1978

POSTE FREHA 60/30 kV alimenté à partir du PS OUED AISSI

POSTE SOURCE	U (kV)	Nombre de transfos	Puissance installée MVA	Age des transfos	Puissance maximale appelée MVA HIVER 2009	Nombre de départs HTA	cellules de réserve	Date de mise en service
FREHA 60/30 kV	30	2	2*40	14ANS	53.27 //	06	01	1995

TIZI MEDDEN 60/30kV

POSTE SOURCE	U (kV)	Nombre de transfos	Puissance installée MVA	Age des transfos	Puissance maximale appelée MVA HIVER 2009	Nombre de départs HTA	cellules de réserve	Date de mise en service
TIZI MEDDEN 60/30 kV	30	2	2*40	3 ANS	35.03	06	03	2006

POSTE D.B.K 60/30kV

POSTE SOURCE	U (kV)	Nombre de transfos	Puissance installée MVA	Age des transfos	Puissance maximale appelée MVA HIVER 2009	Nombre de départs HTA	Nombre de cellules de réserve	Date de mise en service
D.B.K 60/30 kV	30	2	2*30	15 ans	57.12	8	00	1994

SOUK EL DJEMMAA 60/30kV

POSTE SOURCE	U (kV)	Nombre de transfos	Puissance installée MVA	Age des transfos	Puissance maximale appelée MVA HIVER 2009	Nombre de départs HTA	cellules de réserve	Date de mise en service
SED 60/30 kV	30	2	2*40	3 ANS	32.22	06	01	2006

PS 60/30kV BOUKHALFA

POSTE SOURCE	U (kV)	Nombre de transfos	Puissance installée MVA	Age des transfos	P_{max} appelée MVA Hiver 2009	Nombre de départs HTA	cellules de réserve	Date de mise en service
BOUKHALFA 60/30 kV	30	2	2*40	1 ans	14.81	4	8	2008

-Consignes d'exploitation du poste source TIZI MEDDEN

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

Nom du départ :

30 kV BOGHNI

- Fermé à TIZI MEDDEN
- Ouvert à l'IACM J912 avec départ OUADHIAS.

30 kV ISSERS

- Fermé au PS de TIZI MEDDEN
- Fermé à l'IACM J 841 (STE TIZI OUZOU)
- Ouvert à l'IACM j883 avec départ AIN ZAOUIA

30 kV TALA GULEF

- Fermé au PS de TIZI MEDDEN

30kV AIN ZAOUIA

- Fermé à TIZI MEDDEN
- Ouvert au poste 65 coté TR 067 Départ 30 kV DEM
- Ouvert à l'IACM j883 avec Départ 30 kV ISSER
- Ouvert à l'IACM J 981 avec Départ 30 kV DEM
- Ouvert au poste 458 coté poste 528 avec Départ 30 kV DEM
- Ouvert à l'IACM J 996 avec l'STE de BORDJ MENAIL D.R BOUMERDES.

30 kV DEM

- Fermé à TIZI MEDDEN
- Ouvert au Poste 65 coté Tronçon 067 AVEC AIN ZAOUIA
- Ouvert au J981 avec départ AIN ZAOUIA
- Ouvert au J993 avec départ AOMAR /BOUIRA
- Ouvert au P458 coté P528 avec AIN ZAOUIA

30kV OUADHIAS :

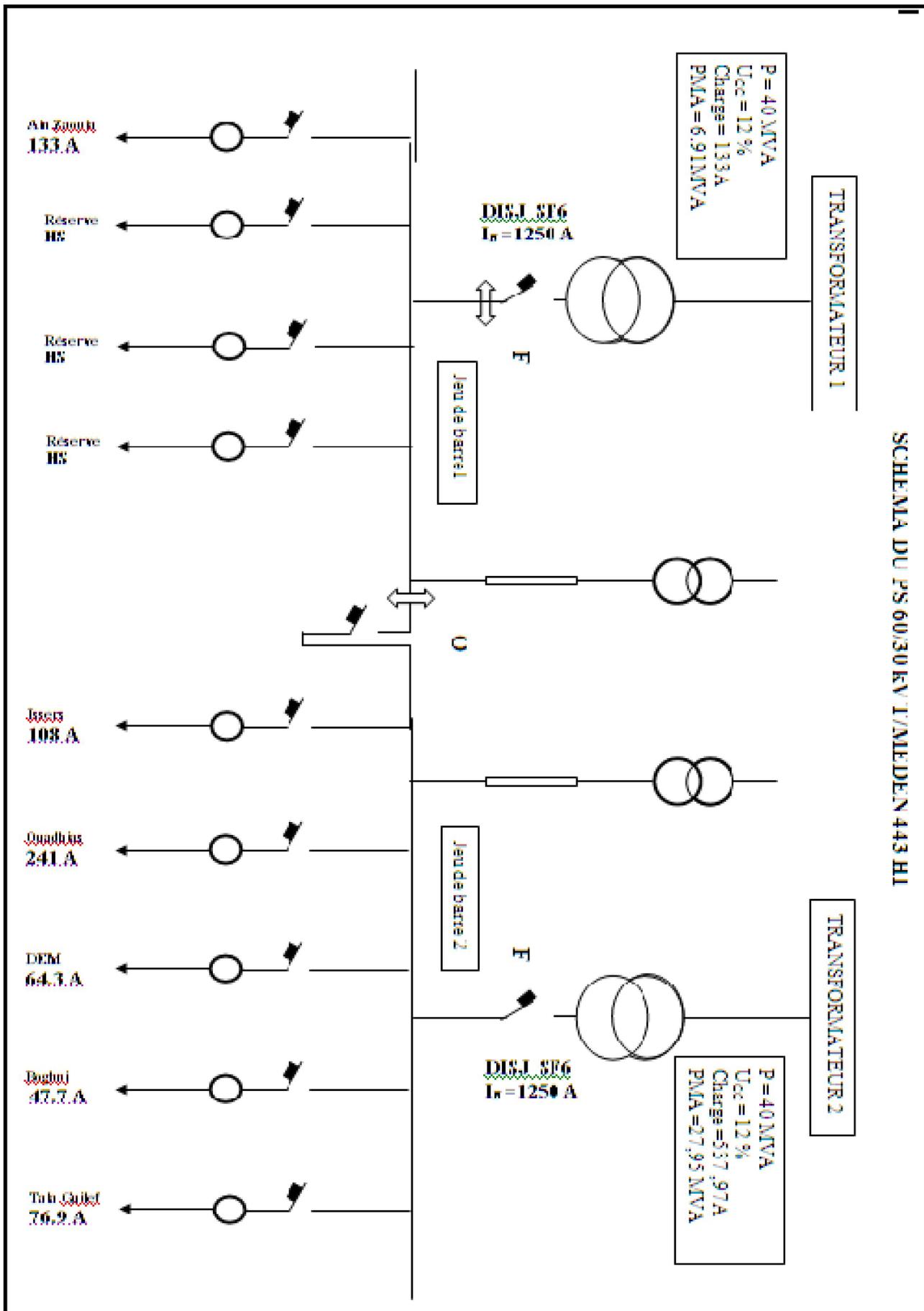
- Limite thermique du départ : 270 A
- Charge moyenne du départ :241A

Schéma normal d'exploitation

- Fermé à TIZI MEDDEN ;
- Ouvert à l'IACM J953 avec départ AEP ;
- Ouvert à l'IACM J858 avec départ MAATKAS ;
- Ouvert à l'IACM J912 avec départ BOGHNI.

Schéma de secours

- Fermeture à l'IACM J953 avec départ AEP ;
- Fermeture à l'IACM J858 avec départ MAATKAS ;
- Fermeture à l'IACM J912 avec départ BOGHNI.



IV-1-2 Collecte des données :

Avant de procéder à la collecte des données, il est important de savoir quelles sont les structures prises en compte dans l'étude que nous allons faire.

Il est donc impératif de fixer les frontières électriques qui ne coïncident pas nécessairement avec les limites administratives (ceci peut poser des problèmes aux limites et conduire à négliger éventuellement des possibilités d'appui inter-régions en cas d'incident).

Les frontières étant définies, on commence alors la collecte des données à savoir :

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

a. Données physiques du réseau :

Les données physiques du réseau consistent à relever la structure existante du réseau par les paramètres suivants :

- Ø La résistance linéique en [Ω /km], dépend de la nature du conducteur ;
- Ø La longueur de la ligne [km] ;
- Ø La capacité de transit de chaque élément ;
- Ø La réactance linéique [Ω /km] ;
- Ø Les transformateurs HT/HTA et leurs puissances ;
- Ø La capacité des jeux de barres HTA;
- Ø Le nombre de transformateurs par gamme.

Ces divers paramètres ont été relevés à partir des tableaux des caractéristiques des conducteurs (voir tableaux annexe), des fiches de réseau et des cartes schématiques. **[1]**

• Caractéristique du PS T/MEDDEN :

Transformateur 1 :

P = 40 MVA

U_{cc}=12%

P_{max}=6,91 MVA

Transformateur2 :

P = 40 MVA

U_{cc}=12%

P_{max}=27,95 MVA

**- Nombre de transformateurs HTA/BT sur le réseau HTA alimenté par le PS
T/MEDDEN**

DEPART	Tension kV	POSTE HTA/BT			Total
		Distribution publique	Livraison	Mixte	
T /GUILF	30	45	06	0	51
DEM	30	52	11	03	66
ISSER	30	68	34	0	102
BOGHNI	30	16	12	02	30
AIN ZAOUIA	30	84	37	03	124
OUADHIAS	30	111	39	01	151

• **Les longueurs des départs du PS TIZI MEDDEN:**

T /GUILF $l= 33,233 \text{ km}$

DEM $l= 65,978 \text{ km}$

ISSER $l= 68,726 \text{ km}$

BOGHNI $l= 9,978 \text{ km}$

AIN ZAOUIA $l= 104,688 \text{ km}$

OUADHIAS $l= 95,397 \text{ km}$

h. Données dynamiques du réseau :

• **Données de charge :**

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

Les pointes prises en considération dans cette étude sont celles prises en tête de chaque départ en décembre 2009, elles sont illustrées dans le tableau suivant :

PS T/MEDDEN	Départ	I _{ap} (A)	P _{ap} (MVA)	P _{installé} (MVA)	Coefficient de foisonnement
JB1	AIN ZAOUIA	133	6,91	19,210	0,3597
JB2	T/GUILEF	76,9	3,995	6,343	0,6298
	DEM	64,3	3,34	13,076	0,2554
	ISSER	108	5,61	17,180	0,3265
	BOGHNI	47,7	2,48	8,620	0,2877
	OUADHIAS	241	12,52	24,853	0,5037
	Total	670,9	34,855	89,282	

- **Répartition de la charge :**

Dans cette analyse, nous avons à déterminer la contribution des postes HTA/BT qui ne fonctionnent pas toujours simultanément à leurs régimes nominaux dans la période d'étude, ce qui conduit à introduire un coefficient, dit de foisonnement tel que : $0 < < 1$.

Le calcul de ce coefficient est effectué pour chaque départ.

Comme la charge a été répartie le long d'un départ proportionnellement à la puissance installée des postes HTA/BT on aura : $S_i = \dots$

A partir des relevés de pointes, on relève la pointe du courant du départ correspondant.

$$= \bar{I}_3 = \dots$$

Soit I_{ap} le courant de pointe tel que I_{ap} < I_i, on définit alors le coefficient , tel que

$$= \dots$$

Avec : représente la somme de la charge installée de chacun des postes HTA/BT du départ.

I_{ap}: la charge à la tête de départ.

- **Evolution de la charge :**

Les futures charges ne sont généralement pas connues mais estimées.

L'évolution de la charge, se détermine après analyse des projets d'urbanisation qui

varient fortement suivant l'historique et la vocation de la région à étudier.

Un transformateur installé à une année donnée doit pouvoir débiter la puissance appelée par chaque départ. Cette puissance croît d'année en année pour les raisons suivantes :

- ∅ Le nombre d'abonnés, croît suite aux raccordements nouveaux, ce qu'on appelle l'accroissement en surface.
- ∅ La puissance appelée par chaque abonné existant croît aussi, suite à l'introduction des équipements électroménagers et c'est ce qu'on appelle l'accroissement en profondeur.

On considère que l'évolution de la charge suit une loi exponentielle de la forme :

$$P_n = P_0 (1 + X)^n$$

Avec P_0 : la puissance appelée pour chaque poste source, à partir de l'année initiale.

P_n : la puissance appelée pour chaque poste source, à partir de l'année n .

X : le taux d'accroissement en %.

La moyenne des taux d'accroissement pris en considération est de 4% pour les trois premières années et de 3% pour le reste.

IV-2 modèle de calcul

Définition

CARAT : Calcul Automatique d'un Réseau Arborescent.

Le modèle CARAT est un logiciel propre à la SONELGAZ, il a été conçu dans le but de faciliter tout calcul et de simuler les comportements d'un réseau électrique. Le programme vérifie si, pour un réseau donné, il existe un schéma d'exploitation radial qui permettra d'alimenter toutes les charges indiquées en respectant les 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 schéma d'exploitation a été trouvé, le modèle calcule une solution dite de secours pour les cas d'incidents demandés.

Hypothèses de calcul :

Les hypothèses de calcul de logiciel CARAT, prises en considération dans cette étude sont les suivantes :

- ∅ Chute de tension maximale admise à l'état sain:
 - 6% pour le réseau HTA souterrain.
 - 10% pour le réseau HTA aérien.
- ∅ Chute de tension maximale admise à l'état incident:
 - 10% pour le réseau HTA souterrain.

- 12% pour le réseau HTA aérien.

Ø Charge admissible sur les équipements :

- Les valeurs des intensités admissibles conduisant à un échauffement des conducteurs sont données par les tableaux 1 et 2 (voir annexe).
- Le taux de surcharge admis sur les câbles souterrains et les lignes aériennes HTA en régime normal est de 0%.
- Le taux de surcharge admis sur les câbles souterrains et lignes aériennes HTA en régime perturbé est de 0%.
 - facteur de puissance $\cos \phi = 0,9$.

- ***Exploitation des résultats:***

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

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

En état sain :

- Le courant transité par le tronçon de tête de départ
- Le taux de charge par rapport à la limite thermique
- La chute de tension la plus importante
- Localisation du poste enregistrant cette chute de tension
- Longueur du départ

En état incident :

- départs par lesquels se fait la reprise de l'alimentation
- Le courant transité par le tronçon de tête de départ
- Le taux de charge par rapport à la limite thermique
- La chute de tension la plus importante
- Localisation du poste enregistrant cette chute de tension

IV-3 Support utilisé :

- Ø Cartes schématiques mise à jour en décembre 2009.
- Ø Relevés de charges
- Ø Bases de données GDO mise à jour 2009

IV-4 Calcul :

IV-4-1 Diagnostique du réseau à sa structure actuelle :

L'état initial pris pour l'étude du réseau électrique HTA 30kV des OUADHIAS est celui correspondant au schéma d'exploitation de l'année 2009.

L'exécution du programme CARAT nous a donné les résultats suivants :

<i>PS T/MEDDEN</i>	<i>Départ</i>	<i>I_{lt} (A)</i>	<i>I_{ap} (A)</i>	<i>T.u (%)</i>	<i>Chute de tension u/u(%)</i>	<i>Long (km)</i>
<i>JB1</i>	Ain Zaouia	<i>270</i>	<i>133</i>	<i>49,25</i>	<i>7,79</i>	<i>104,688</i>
<i>JB2</i>	T/GUILEF	<i>270</i>	<i>76,9</i>	<i>28,48</i>	<i>1,08</i>	<i>33,233</i>
	DEM	<i>270</i>	<i>64,3</i>	<i>23,81</i>	<i>2,28</i>	<i>65,978</i>
	ISSER	<i>270</i>	<i>108</i>	<i>40,00</i>	<i>1,98</i>	<i>68,726</i>
	BOGHNI	<i>270</i>	<i>47,7</i>	<i>17,66</i>	<i>0,54</i>	<i>9,978</i>
	OUADHIAS	<i>270</i>	<i>241</i>	<i>89,25</i>	<i>8,14</i>	<i>95,397</i>

Commentaires :

Le poste simplifié de TIZI MEDDEN a atteint une charge qui dépasse 50% de sa puissance de service.

Le départ OUADHIAS enregistre une chute de tension de 8,14% qui est proche de la limite admissible 10% pour le réseau aérien.

On remarque un déséquilibre de charge entre les départs du poste :

Le départ OUADHIAS est le plus surchargé avec $I_{ap}=241A$

La longueur moyenne d'un départ HTA est de 50km mais on constate que quelques départs ont dépassés cette contrainte.

Ces contraintes nous amènent à proposer des solutions afin d'atteindre un meilleur fonctionnement du PS et ainsi qu'une meilleure qualité de service.

IV-4.2 Les solutions envisageables :

a- Soulager le départ :

C'est une solution temporaire, elle consiste à faire basculer une partie du réseau actuel sur un autre départ accessible. Cela nous permettra de soulager le départ sans pour cela réduire la longueur du réseau HTA.

b- Création de nouveaux départs :

La création d'un nouveau départ consiste à basculer une partie du réseau sur une autre injection ainsi on arrivera à soulager le départ principal mais sans pour cela diminuer la longueur ligne.

c- Création d'un nouveau PS :

La création d'un PS est la solution envisageable afin de soulager le PS de T/MEDDEN et aussi de réduire la longueur des conducteurs.

IV-4-3 Les avantages recherchés par la solution envisagée :

- Ø Diminution de la longueur du départ;
- Ø Diminution des chutes de tension ;
- Ø Pouvoir soulager le départ OUADHIAS et aussi d'autres ;
- Ø Meilleure gestion des charges (Répartition homogène de la charge) ;
- Ø Création d'un nouveau départ de puissance $P_{ap}=3\text{MVA}$, pour alimenter l'unité de production CEVITAL ;
- Ø Arrivé à résoudre un maximum de problème du réseau électrique de DEM.

IV-4-4 Etude de la solution envisagée :***1. Etude topographique:***

Elle consiste à la recherche d'un site favorable pour l'installation du PS ainsi que l'obtention des autorisations de survole.

2 Etude économique :

Elle consiste à déterminer les frais engendrés par l'installation du PS ainsi que les modifications apportées au réseau actuel.

3 Etude de la charge :

Elle consiste à dimensionner les transformateurs de puissance du PS suivant la charge existante et les prévisions du développement de la région.

IV-4-5 Etude des solutions adéquates :

Dans notre projet on a opté pour l'installation d'un nouveau PS, ce dernier répond aux attentes de la SONELGAZ. La mise en service de ce poste est prévue pour l'année 2012. En attendant des bouclages sont proposés afin de soulager le départ OUADHIAS :

Pour l'année 2010 :

- Ø Bouclage OUADHIAS-OUADHIAS qui consiste à interconnecter entre 43J974 (AGUNI IGHRANE) et 43J971(AIT BOUADDOU) qui sera alimenté par PS SED départ TASSAFT
- Ø Bouclage OUADHIAS-T/GUILAF il consiste à basculer une partie du réseau du départ OUADHIAS vers le départ T/GUILAF du PS T/MEDDEN.

L'évolution de la charge est donnée dans le tableau suivant :

DEPART PS T/MEDDEN	I _{ap} (A)	U _{Max} hiv 2010	Charge MVA 2010	L ₂₀₁₀ aérien	L ₂₀₁₀ souterrain	L ₂₀₁₀ total
DEM	67	2,37	32,12	61,13	5,58	66,71
AIN ZAOUIA	119	7,28		101,11	4,74	105,84
BOGHNI	47	0,63		4,16	5,93	10,09
ISSER	108	2,08		68,51	0,97	69,48
OUADHIAS	151	3,83		80	1,48	81,48
T/GUILEF	126	3,03		69,2	0,23	69,43

On remarque que les bouclages effectués ont permis de soulager le départ d'OUADHIAS de I_{ap}=241A à I_{ap}=151A ce qui n'est pas négligeable.

Ø **Pour l'année 2011 :**

Un accroissement de 4% de la charge initiale est prévu ; les valeurs retrouvées sont données dans le tableau suivant :

DEPART PS T/MEDDEN	I _{ap} (A)	U _{Max} hiv 2011	Charge MVA 2011	L ₂₀₁₁ aérien	L ₂₀₁₁ souterrain	L ₂₀₁₁ total
DEM	70	2,46	33,09	61,80	5,65	67,45
AIN ZAOUIA	123,76	7,57		102,22	4,79	107,01
BOGHNI	48,9	0,65		4,20	6,00	10,20
ISSER	112,3	2,16		69,27	0,98	70,25
OUADHIAS	157	3,97		80,88	1,50	82,38
T/GUILEF	131	3,15		69,96	0,23	69,43

On remarque que les charges des départs ainsi que les chutes de tension respectent les exigences du guide technique.

Ø **Pour l'année 2012:**

On procède à la fermeture du disjoncteur 43J858 et à l'ouverture de disjoncteur 41E130 vers MAATKAS afin de prendre en charge une partie du départ MAATKAS et le soulager.

Les	DEPART PS T/MEDDEN	I_{ap} (A)	U_{Max} hiv 2012	Charge MVA 2012	L_{2010} total	valeurs retrouvées données
sont	DEM	72,47	2,56	27,81	68,02	dans le tableau suivant :
	AIN ZAOUIA	128,71	7,87		98,22	
	BOGHNI	50,86	0,68		10,33	
	ISSER	116,79	2,25		70,44	
	OUADHIAS	96,28	4,16		83,29	
	T/GUILEF	70,00	1		30,27	

A partir du tableau, on constate que la charge du poste a baissé pour atteindre la valeur de 27,81MVA, de même pour les courants des départs. Cela s'explique par le soulagement de ces départs par le nouveau PS OUADHIAS, ce PS desservira une partie du départ OUADHIAS, et une partie du départ T/GUILEF.

VI-5 Le poste simplifier (PS) OUADHIAS :

Le PS OUADHIAS se compose de deux transformateurs de puissance 40MVA, installé dans la région AFTIS à côté de l'unité CEVITAL, à la limite de la daïra OUASSIF, ce PS est distant de 500 m du réseau HT 60kV reliant T/MEDDEN et SED (SOUK EL DJAMAA).

On prévoit pour ce PS cinq départs :

- Ø Départ TAHCHAT
- Ø Départ TAKHOUKHETE ;
- Ø Départ AGUNI IGHRANE ;
- Ø Départ ETK ;
- Ø Départ AFTIS ;

VI-5-1 Caractéristique des deux transformateurs de puissance :

Transformateur 1 :

P = 40 MVA

$U_{cc}=12\%$

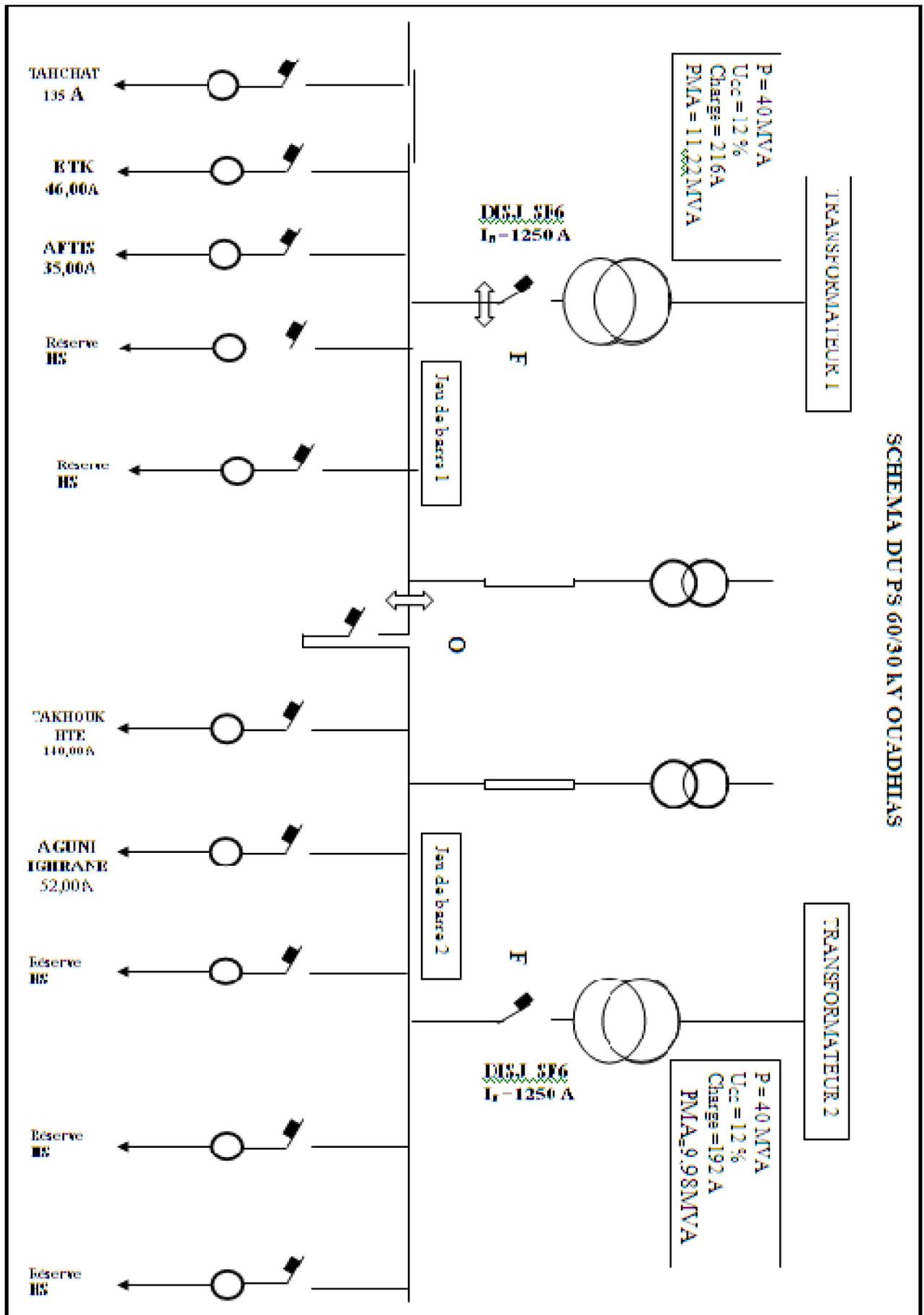
PMA=11,22MVA

Transformateur2 :

P = 40 MVA

$U_{cc}=12\%$

PMA=9,98MVA



VI-5-2 Les départ du PS OUADHIAS :

- ∅ Départ TAHCHAT : est destiné pour soulager le PS SED départ TASSAFT.
- ∅ Départ TAKHOUKHETE : est destiné pour soulager le PS SED coté LNI.
- ∅ Départ AGUNI IGHRAANE : est destiné pour soulager le départ OUADHIAS.
- Point d'injection le nœud 43E256
- Ouvert 43J974 ;
- Ouvert 43J971.
- ∅ Départ ETK : de puissance 3MVA destiné à l'alimentation de l'unité de production groupe CEVITAL.
- ∅ Départ AFTIS : est destiné pour soulager le départ OUADHIAS.
- Point d'injection le nœud 43E271
- Ouvert 43J974 ;
- Ouvert 43P52 .

VI-5-Calcul des charges départ 30kV de 2012 à 2020 :

- ∅ Pour le poste source T/MEDDEN ;

<i>DEPART</i>	<i>Charge 2012 (A)</i>	<i>Charge 2013 (A)</i>	<i>Charge 2014 (A)</i>	<i>Charge 2015 (A)</i>	<i>Charge 2016 (A)</i>	<i>Charge 2017 (A)</i>	<i>Charge 2018 (A)</i>	<i>Charge 2019 (A)</i>	<i>Charge 2020 (A)</i>	Chute de tension% 2012
<i>DEM</i>	72,47	75,37	78,38	80,74	83,16	85,65	88,22	90,87	93,59	2,56
<i>A/ZAOUIA</i>	128,71	133,86	139,21	143,39	147,69	152,12	156,69	161,39	166,23	7,87
<i>BOGHNI</i>	50,86	52,89	55,01	56,66	58,36	60,11	61,91	63,77	65,69	0,68
<i>ISSER</i>	116,79	121,46	126,32	130,11	134,01	138,03	142,17	146,44	150,83	2,25
<i>OUADHIAS</i>	96,28	100,13	104,14	107,26	110,48	113,79	117,21	120,72	124,34	4,16
<i>T/GUILEF</i>	70,00	72,80	75,71	77,98	80,32	82,73	85,21	87,77	90,40	1

<i>Poste 60/30kV</i>	<i>Charge MVA (2012) (A)</i>	<i>Charge MVA (2013) (A)</i>	<i>Charge MVA (2014) (A)</i>	<i>Charge MVA (2015) (A)</i>	<i>Charge MVA (2016) (A)</i>	<i>Charge MVA (2017) (A)</i>	<i>Charge MVA (2018) (A)</i>	<i>Charge MVA (2019) (A)</i>	<i>Charge MVA (2020)</i>
<i>T/MEDDEN</i>	27,81	28,92	30,08	30,98	31,91	32,87	33,86	34,87	35,92

Ø Pour le poste source OUADHIAS.

<i>DEPART</i>	<i>Charge 2012 (A)</i>	<i>Charge 2013 (A)</i>	<i>Charge 2014 (A)</i>	<i>Charge 2015 (A)</i>	<i>Charge 2016 (A)</i>	<i>Charge 2017 (A)</i>	<i>Charge 2018 (A)</i>	<i>Charge 2019 (A)</i>	<i>Charge 2020 (A)</i>	Chute de tension% 2012
TAHACHATE	135,00	140,40	146,02	150,40	154,91	159,56	164,34	169,27	174,35	3,73
TAKHOUKHTE	140,00	145,60	151,42	155,97	160,65	165,47	170,43	175,54	180,81	3,78
AGUNI IGHRANE	52,00	54,08	56,24	57,93	59,67	61,46	63,30	65,20	67,16	1,7
ETK	46,00	47,84	49,75	51,25	52,78	54,37	56,00	57,68	59,41	0,2
AFTIS	35,00	36,40	37,86	38,99	40,16	41,37	42,61	43,89	45,20	0,74

<i>Poste 60/30Kv</i>	<i>Charge MVA (2012) (A)</i>	<i>Charge MVA (2013) (A)</i>	<i>Charge MVA (2014) (A)</i>	<i>Charge MVA (2015) (A)</i>	<i>Charge MVA (2016) (A)</i>	<i>Charge MVA (2017) (A)</i>	<i>Charge MVA (2018) (A)</i>	<i>Charge MVA (2019) (A)</i>	<i>Charge MVA (2020)</i>
<i>OUADHIAS</i>	21,21	22,05	22,94	23,62	24,33	25,06	25,81	26,59	27,39

Les résultats sont largement satisfaisants, les têtes des départs même après 10ans d'exploitation n'atteignent pas leur limite thermique, on constate que la puissance de garantie pour les deux PS est maintenue. On remarque aussi que les valeurs des chutes de tension maximales pour l'année 2012 sont largement au dessous de la valeur nominale et cela pour tous les départs.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a étudié le réseau HTA 30kV des OUADHIAS dans sa structure actuelle, ce qui nous a permis de relever les insuffisances de ce réseau à savoir :

- Chutes de tension,
- longueur du départ importante.

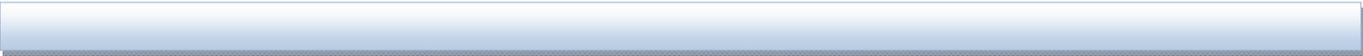
Afin de remédier à ces insuffisances, nous avons proposé deux bouclages :

- 1.** OUADHIAS-OUADHIAS ;
- 2.** T/GUILEF-OUADHIAS

Cette solution est temporaire en attendant la mise en service du PS OUADHIAS prévue pour 2012.



Conclusion Générale



L'objectif principale de notre études est la restructuration du réseau HTA 30kVA des OUADHIAS à moyen terme (2009/2019) et pour cela nous avons d'abord fait le diagnostique du réseau à l'état actuel en collectant les données nécessaires aux calculs de charge et de chute de tension ce qui nous a permis d'avoir une meilleure connaissance des insuffisances de ce réseau, (surcharge et chute de tension). Pour palier à ces problèmes des bouclages ont été proposés et la création d'un nouveau poste source OUADHIAS 2*40MVA avec 5 départs prévus dès la mise en service du PS prévu pour 2012.

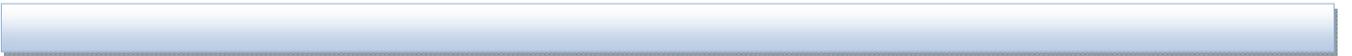
Avec ces nouvelles structures, nous avons pu établir un schéma d'exploitation meilleur respectant les recommandations et les exigences de la SONELGAZ. Il est à noter que les calculs qu'on a effectué dans cette étude vont être revue à la hausse par SONELGAZ à cause de l'essor socio-économique de cette région (exemple : CEVITAL a fait une demande d'alimentation à la SONELGAZ d'une puissance de 3MVA pour l'usine ETK, cette demande est revue à la hausse pour atteindre 7MVA).

L'installation de se nouveau poste source va contribuer au développement de la région des OUADHIAS ainsi que toutes les régions qui seront alimentées par les départs issus de ce poste.

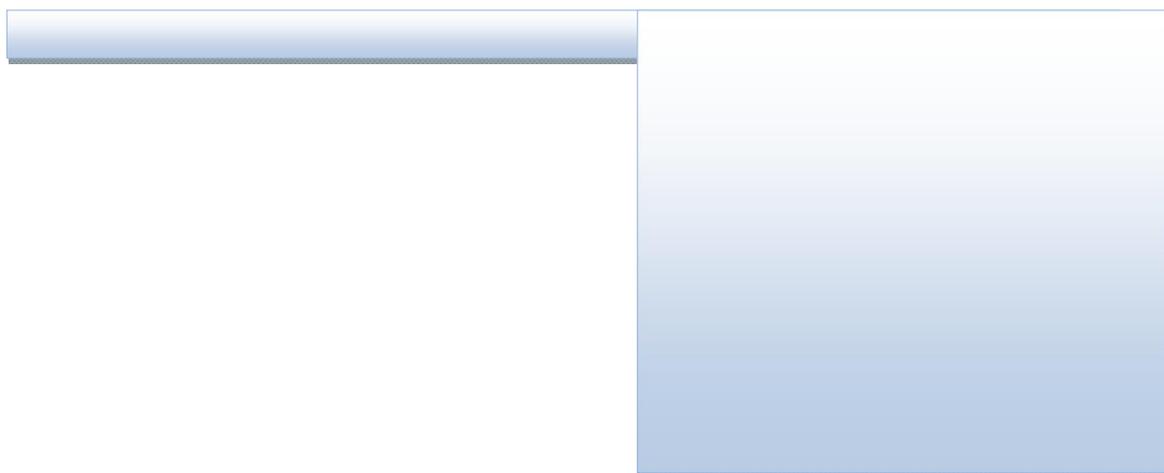
Nous espérons enfin que ce travail sera utile pour la SONELGAZ et pour les promotions à venir.



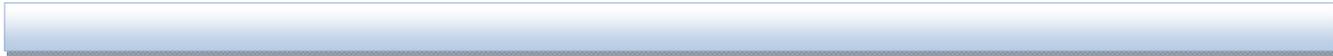
Bibliographie



- [1]- M^r FERHANI Karim et M^r ADANE Mourad, M^r AMRENDI Djamel
“Restructuration du réseau électrique moyenne tension 30kV du centre de TIZI
OUZOU”, Mémoire d’ingénieur UMMTO 1999 .
- [2]- M^r IRZIL Djamel Eddine et M^r BOUALI Amar, M^r AISSOUANE Hakim “Etude
d’un poste de transformation et de distribution” Mémoire d’ingénieur UMMTO 2001
- [3]- M^{elle} HAMOUIMECHE Kaissa et M^{elle} HADDAR Amel, M^r HAMAZ
Mohammed “Restructuration du réseau électrique moyenne tension de la zone
industrielle REGHAIA/ROUIBA » Mémoire d’ingénieur UMMTO 2000.
- [4]- Electrotechnique. THEODORE WILDI.4^{ème} édition.
- [5]- EDGAR GILLON « Cours d’électrotechnique », édition CABAY LOUVAIN-
LA NEUVE 1981.
- [6]-Technique d’ingénieur : Article N°155(PDF) « réseaux de distribution MT ».
Christian PURET .
- [7] N.ALLILI et H.AOUDJIT « Calcul des chute de tension application ». Mémoire
d’ingénieur UMMTO 1997 .
- [8] HAMADDACHE et MOUDOUD « Méthode de calcul de chute de tension
application par ordinateur au réseau BT de la ville de Tizi-Ouzou ». Mémoire
d’ingénieur UMMTO 1988
- [9] M^r BELKACEMI.M et M^{elle} BELHARET.L “Etude de l’installation de pompage
sise au barrage de TAKSEBT ”, Mémoire d’ingénieur UMMTO 2008.



ANNEXE



Création du fichier CARAT.

Nous allons vous 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

b- Carte paramètres code = 1

Format de carte

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

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

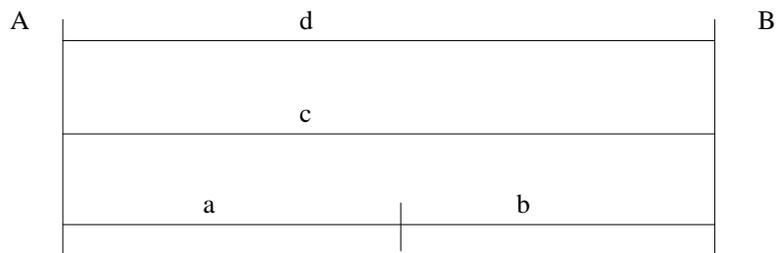
Col. 15-22 : nom du nœud aval.

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 par 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 déclenchés simultanément.

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

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

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

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

Les injecteurs 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 remplacé par une charge V_3 avec un taux d'accroissement t_3

Etc....

Chaque carte permet la description de 4 composants.

Format des cartes de charges

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.

Caractéristiques électriques des conducteurs nus :

NATURE	SECTION mm ²	r à 20 ⁰ C (Ω / km)	r + x tgφ (Ω / km)	I _{LT} (A)
CUIVRE	17.8	1.010	1.185	118
	27.6	0.650	0.825	153
	38.2	0.472	0.647	200
	48.3	0.373	0.548	230
	74.9	0.240	0.416	280
	116.2	0.156	0.331	365
ALMELEC	34.4	0.958	1.133	140
	54.6	0.603	0.778	190
	75.6	0.438	0.613	240
	93.3	0.357	0.532	270
	148.1	0.224	0.399	365
	228	0.146	0.321	480
	288	0.116	0.291	550
ALU-ACIER	75.5	0.605	0.780	175
	116.2	0.303	0.481	300
	147.1	0.243	0.418	345
	228	0.157	0.332	460
	288	0.124	0.299	525

Tableau 1

- Température de fonctionnement : 20⁰ C
- Réactance = 0.35 Ω / km
- Facteur de puissance cosφ 0.9 (tgφ = 0.5)

Caractéristiques électriques des conducteurs isolés :

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

Tableau 2

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

Moments électriques M1 des conducteurs nus :

NATURE	SECTION mm ²	M1 (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

Moments électriques M1 des conducteurs isolés :

NATURE	SECTION mm ²	M1 (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

Les données du réseau HTA du départ OUADHIAS :

0 0 0		ETUDE SCHEMA DIRECTEUR DR T-OUZOU OUADHIAS IP-240A												
1	20082008	29700	90.00	90.00	30.00	30.00	800	8760	0.900	20	0.5	121		
2	222222													
2	INJECT	00	443H1C14	0	0	0	0	800.0	0.000	0.000	0.000			
2	443H1C14	00	443E195	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	2.455	0	0	
2	443E195	00	443E436	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.587	0	0	
2	443E436	00	443E192	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.970	0	0	
2	443E192	00	443E199	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.971	0	0	
2	443E199	00	443J903	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.045	0	0	
2	443J903	00	443E423	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.028	0	0	
2	443E423	00	443E200	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.157	0	0	
2	443E200	00	443E201	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.081	0	0	
2	443E201	00	443J882	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.231	0	0	
2	443J882	00	443E408	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.030	0	0	
2	443E408	00	443E409	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.027	0	0	
2	443E409	00	443E410	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.323	0	0	
2	443E410	00	443E411	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.592	0	0	
2	443E411	00	443P462	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.106	0	0	
2	443E411	00	443P472	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.380	0	0	
2	443E410	00	443P461	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.007	0	0	
2	443E409	00	443E531	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.412	0	0	
2	443E531	00	443P473	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.117	0	0	
2	443E531	00	443P603	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.874	0	0	
2	443E408	00	443P258	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.020	0	0	
2	443E201	00	443P141	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.297	0	0	
2	443E200	00	443E402	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.700	0	0	
2	443E402	00	443E364	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.512	0	0	
2	443E364	00	443E351	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.752	0	0	
2	443E351	00	443E424	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.031	0	0	
2	443E424	00	443P400	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0	0	
2	443E424	00	443P486	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.056	0	0	
2	443E351	00	443P425	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.710	0	0	
2	443E364	00	443P414	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.058	0	0	
2	443E402	00	443E505	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.090	0	0	
2	443E505	00	443E401	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.090	0	0	
2	443E401	00	443P436	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.051	0	0	
2	443E401	00	443P437	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.199	0	0	
2	443E505	00	443E506	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.217	0	0	
2	443E506	00	443E509	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.357	0	0	
2	443E509	00	441J858	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.753	0	0	
2	443E509	00	443P548	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.025	0	0	
2	443E506	00	443J1001	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.029	0	0	
2	443J1001	00	443E507	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.058	0	0	
2	443E507	00	443E508	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.679	0	0	

2	443E508	00	443P550	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0	0
2	443E508	00	443P551	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.104	0	0
2	443E507	00	443P549	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.078	0	0
2	443E423	00	443P485	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.344	0	0
2	443E199	00	443P228	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.645	0	0
2	443P228	00	443E203	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.355	0	0
2	443E203	00	443E422	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0	0
2	443E422	00	443J880	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.010	0	0
2	443J880	00	443E532	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.004	0	0
2	443E532	00	443P249	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.025	0	0
2	443E532	00	443P604	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.122	0	0
2	443E422	00	443P433	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.134	0	0
2	443E203	00	443E446	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.062	0	0
2	443E446	00	443E202	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.333	0	0
2	443E202	00	443E204	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.246	0	0
2	443E204	00	443E206	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.262	0	0
2	443E206	00	443E207	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.472	0	0
2	443E207	00	443E209	1	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.511	0	0
2	443E207	00	443E209	1	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.023	0	0
2	443E209	00	443E212	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	2.314	0	0
2	443E212	00	443J971	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.020	0	0
2	443J971	00	443J895	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.705	0	0

2	443J895	00	443E469	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.015	0	0
2	443E469	00	443E213	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.837	0	0
2	443E213	00	443E223	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.589	0	0
2	443E223	00	443E224	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.090	0	0
2	443E224	00	443E228	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.758	0	0
2	443E228	00	443E233	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.663	0	0
2	443E233	00	443E553	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.205	0	0
2	443E553	00	443E229	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.261	0	0
2	443E229	00	443E234	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.565	0	0
2	443E234	00	443P211	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.392	0	0
2	443E234	00	443P212	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.120	0	0
2	443E229	00	443J902	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.032	0	0
2	443J902	00	443E230	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.761	0	0
2	443E230	00	443E231	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.906	0	0
2	443E231	00	443P114	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.149	0	0
2	443E231	00	443P175	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.360	0	0
2	443E230	00	443J907	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.018	0	0
2	443J907	00	443E432	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.707	0	0
2	443E432	00	443P389	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.740	0	0
2	443E432	00	443P506	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0	0
2	443E230	00	443P176	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.045	0	0
2	443E553	00	443P546	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.025	0	0
2	443E233	00	443P213	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.280	0	0
2	443E228	00	443E551	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.015	0	0
2	443E551	00	443P214	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.120	0	0
2	443E551	00	443P568	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.015	0	0
2	443E224	00	443J995	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.022	0	0
2	443J995	00	443E494	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.125	0	0
2	443E494	00	443E225	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.864	0	0
2	443E225	00	443E227	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.850	0	0
2	443E227	00	443P160	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.203	0	0
2	443E227	00	443P161	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.196	0	0
2	443E225	00	443J994	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.028	0	0
2	443J994	00	443E344	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.541	0	0
2	443E344	00	443E226	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.541	0	0
2	443E226	00	443P162	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.365	0	0
2	443E226	00	443P163	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.380	0	0
2	443E344	00	443P422	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.120	0	0
2	443E494	00	443P541	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.036	0	0
2	443E223	00	443P215	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.270	0	0
2	443E213	00	443J970	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.027	0	0
2	443J970	00	443E552	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.035	0	0
2	443E552	00	443E215	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.494	0	0
2	443E215	00	443E564	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.310	0	0

2	443E564	00	443E214	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.250	0	0
2	443E214	00	443E216	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.135	0	0
2	443E216	00	443E217	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.086	0	0
2	443E217	00	443J999	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.028	0	0
2	443J999	00	443E218	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.791	0	0
2	443E218	00	443E219	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.277	0	0
2	443E219	00	443E220	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.460	0	0
2	443E220	00	443P164	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.374	0	0
2	443E220	00	443P166	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.473	0	0
2	443E219	00	443P167	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.048	0	0
2	443E218	00	443J997	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.015	0	0
2	443J997	00	443E221	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.645	0	0
2	443E221	00	443E222	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.748	0	0
2	443E222	00	443P168	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.095	0	0
2	443E222	00	443P170	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.124	0	0
2	443E221	00	443P169	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.223	0	0
2	443E217	00	443P108	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.178	0	0
2	443E216	00	443P115	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.134	0	0
2	443E214	00	443P117	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.383	0	0
2	443E564	00	443P623	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.260	0	0
2	443E215	00	443P116	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.364	0	0
2	443E552	00	443P574	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0

2	443E462	00	443E470	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.300	0	0
2	443E470	00	443P477	1	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.010	0	0
2	443E470	00	443P477	1	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.020	0	0
2	443E470	00	443P526	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.238	0	0
2	443E212	00	443J977	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.099	0	0
2	443J977	00	443E211	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.152	0	0
2	443E211	00	443E437	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.348	0	0
2	443E437	00	443E413	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.258	0	0
2	443E413	00	443E563	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.390	0	0
2	443E563	00	443P53	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.115	0	0
2	443E563	00	443P620	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.822	0	0
2	443E413	00	443P469	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.293	0	0
2	443E437	00	443P487	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.095	0	0
2	443E211	00	443P369	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.046	0	0
2	443E212	00	443P52	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.182	0	0
2	443J1015	00	443P52	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.660	0	0
2	443E235	00	443J1015	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.720	0	0
2	443E235	00	443J886	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0
2	443J886	00	443E390	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0
2	443E390	00	443E391	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0
2	443E391	00	443E386	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0
2	443E386	00	443E236	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0

2	443E236	00	443P118	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.153	0	0
2	443E236	00	443P119	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.068	0	0
2	443E386	00	443J1013	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.395	0	0
2	443J1013	00	443E572	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.085	0	0
2	443E572	00	443P457	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.021	0	0
2	443E572	00	443P626	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.222	0	0
2	443E391	00	443P455	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.060	0	0
2	443E390	00	443P451	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.480	0	0
2	443E237	00	443E235	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.097	0	0
2	443E237	00	443E244	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.416	0	0
2	443E244	00	443E241	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.162	0	0
2	443E241	00	443E242	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.125	0	0
2	443E242	00	443E399	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.457	0	0
2	443E399	00	443E243	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.032	0	0
2	443E243	00	443E247	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.039	0	0
2	443E247	00	443E250	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.370	0	0
2	443E250	00	443E251	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.160	0	0
2	443E251	00	443E245	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.142	0	0
2	443E245	00	443E246	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.063	0	0
2	443E246	00	443E252	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.221	0	0
2	443E252	00	443E253	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.212	0	0
2	443E253	00	443E518	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.336	0	0
2	443E518	00	443E254	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.040	0	0
2	443E254	00	443J974	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.028	0	0
2	443J974	00	443E255	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.849	0	0
2	443E255	00	443E256	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.072	0	0
2	443E256	00	443E257	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.114	0	0
2	443E257	00	443P156	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.036	0	0
2	443E257	00	443P374	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.016	0	0
2	443E256	00	443E258	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.761	0	0
2	443E258	00	443E547	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.216	0	0
2	443E547	00	443E259	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.216	0	0
2	443E259	00	443E456	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.742	0	0
2	443E456	00	443E260	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.742	0	0
2	443E260	00	443P56	1	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.062	0	0
2	443E260	00	443P56	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0	0
2	443E260	00	443P71	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0	0
2	443E456	00	443P360	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.100	0	0
2	443E259	00	443J962	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.082	0	0
2	443J962	00	443E262	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.343	0	0
2	443E262	00	443E263	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.134	0	0
2	443E263	00	443E264	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.146	0	0
2	443E264	00	443E265	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.381	0	0
2	443E265	00	443E573	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0

2	443E573	00	443E533	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.180	0	0
2	443E533	00	443P427	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.120	0	0
2	443E533	00	443P605	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.475	0	0
2	443E533	00	443P605	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.010	0	0
2	443E573	00	443P327	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.305	0	0
2	443E265	00	443P172	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.789	0	0
2	443E265	00	443P583	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.035	0	0
2	443E264	00	443P173	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.263	0	0
2	443E263	00	443J915	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0	0
2	443J915	00	443P297	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.300	0	0
2	443J915	00	443P297	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.075	0	0
2	443E262	00	443P328	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.147	0	0
2	443E262	00	446P134	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.461	0	0
2	443E547	00	443P613	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.858	0	0
2	443E258	00	443P329	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.018	0	0
2	443E255	00	443P104	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.075	0	0
2	443E254	00	443J975	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.058	0	0
2	443J975	00	443E266	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.290	0	0
2	443E266	00	443E267	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.332	0	0
2	443E267	00	443E268	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.150	0	0
2	443E268	00	443E447	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	2.220	0	0
2	443E447	00	443J1008	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.040	0	0
2	443J1008	00	443E527	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.040	0	0
2	443E527	00	443P130	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.050	0	0
2	443E527	00	443P598	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.532	0	0
2	443E447	00	443P510	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.419	0	0
2	443E268	00	443J973	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.208	0	0
2	443J973	00	443E269	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.723	0	0
2	443E269	00	443E270	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.458	0	0
2	443E270	00	443E271	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.453	0	0
2	443E271	00	443P121	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.290	0	0
2	443E271	00	443P129	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.358	0	0
2	443E271	00	443P612	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.435	0	0
2	443E270	00	443P120	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.095	0	0
2	443E269	00	443P131	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.055	0	0
2	443E267	00	443P372	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.060	0	0
2	443E266	00	443P376	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.141	0	0
2	443E518	00	443P545	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.249	0	0
2	443E253	00	443P112	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.136	0	0
2	443E252	00	443J904	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.033	0	0
2	443J904	00	443P6	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.349	0	0
2	443E252	00	443P337	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.146	0	0
2	443E246	00	443P7	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.078	0	0
2	443E245	00	443E546	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.060	0	0
2	443E546	00	443P276	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.020	0	0
2	443E546	00	443P276	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0	0
2	443E546	00	443P507	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.020	0	0
2	443E546	00	443P507	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0
2	443E251	00	443E529	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.140	0	0
2	443E529	00	443E530	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.130	0	0
2	443E530	00	443P373	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.250	0	0
2	443E530	00	443P599	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.035	0	0
2	443E529	00	443P601	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.544	0	0
2	443E250	00	443E497	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.134	0	0
2	443E497	00	443P111	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.045	0	0
2	443E497	00	443P567	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.016	0	0
2	443E250	00	443P453	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.040	0	0
2	443E247	00	443P55	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0	0
2	443P55	00	443E248	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.270	0	0
2	443E248	00	443J914	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0	0
2	443J914	00	443E249	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.045	0	0
2	443E249	00	443P34	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.032	0	0
2	443E249	00	443P396	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.038	0	0
2	443E248	00	443P5	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.095	0	0
2	443E243	00	443P85	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.027	0	0
2	443E399	00	443P428	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.010	0	0

2	443E242	00	443P256	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.015	0	0
2	443P256	00	443P439	0	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.135	0	0
2	443P439	00	443P424	0	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.229	0	0
2	443E241	00	443J917	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.043	0	0
2	443J917	00	443E357	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.025	0	0
2	443E357	00	443P408	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.010	0	0
2	443E357	00	443P54	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.011	0	0
2	443E244	00	443P4	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.006	0	0
2	443J952	00	443E237	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.022	0	0
2	443J952	00	443E350	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.677	0	0
2	443E350	00	443E238	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.587	0	0
2	443E238	00	443P219	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.188	0	0
2	443E239	00	443E238	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.956	0	0
2	443E239	00	443P386	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.146	0	0
2	443E240	00	443E239	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0	0
2	443E240	00	443J892	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0
2	443J892	00	443E377	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0	0
2	443E377	00	443E488	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.360	0	0
2	443E488	00	443E565	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.130	0	0
2	443E565	00	443E378	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.893	0	0
2	443E378	00	443P434	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.175	0	0
2	443E378	00	443P435	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.417	0	0
2	443E565	00	443P625	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.026	0	0
2	443E488	00	443P556	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.076	0	0
2	443E377	00	443P216	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.010	0	0
2	443E460	00	443E240	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.585	0	0
2	443E460	00	441P1118	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.085	0	0
2	441J953	00	443E460	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.500	0	0
2	443E350	00	443J1002	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0	0
2	443J1002	00	443E569	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.093	0	0
2	443E569	00	443P534	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.491	0	0
2	443E569	00	443P630	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.773	0	0
2	443E209	00	443J976	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.064	0	0
2	443J976	00	443E210	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.064	0	0
2	443E210	00	443P383	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.042	0	0
2	443E210	00	443P51	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.393	0	0
2	443E207	00	443J908	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.050	0	0
2	443J908	00	443E428	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.030	0	0
2	443E428	00	443E208	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.040	0	0
2	443E208	00	443P390	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.150	0	0
2	443E208	00	443P391	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0	0
2	443E428	00	443J879	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.045	0	0
2	443J879	00	443E429	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.132	0	0
2	443E429	00	443E430	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.130	0	0
2	443E430	00	443P498	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.198	0	0
2	443E430	00	443P499	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.026	0	0
2	443E429	00	443P500	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.028	0	0
2	443E206	00	443P145	0	0	0	0	0	153.0	0.650	0.350	0.006	0	0
2	443E204	00	443J928	0	0	0	0	0	118.0	1.010	0.350	0.009	0	0
2	443J928	00	443E205	0	0	0	0	0	118.0	1.010	0.350	0.003	0	0
2	443E205	00	443E431	1	0	0	0	0	118.0	1.010	0.350	0.257	0	0
2	443E205	00	443E431	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0	0
2	443E431	00	443E438	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.080	0	0
2	443E438	00	443P144	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.091	0	0
2	443E438	00	443P404	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.221	0	0
2	443E431	00	443P501	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0	0
2	443E205	00	443P296	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.015	0	0
2	443E202	00	443P143	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.270	0	0
2	443E446	00	443J871	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.062	0	0
2	443J871	00	443P511	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.160	0	0
2	443E192	00	443J912	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.338	0	0
2	443E436	00	443P496	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0	0
2	443E195	00	443J964	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0	0
2	443J964	00	443E196	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.565	0	0
2	443E196	00	443E197	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.169	0	0
2	443E197	00	443E198	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.102	0	0

3	443P219	2008A1.055956	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P386	2008A0.527978	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P434	2008A1.055956	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P435	2008A1.055956	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P625	2008A0.659973	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P556	2008A0.659973	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P216	2008A0.659973	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	441P11182	2008A1.055956	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P534	2008A0.527978	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P630	2008A0.659973	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P383	2008A0.527978	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P51	2008A1.649932	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P390	2008A1.055956	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P391	2008A1.055956	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P498	2008A0.329986	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P499	2008A0.329986	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P500	2008A0.329986	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P145	2008A4.157828	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P144	2008A0.791967	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P404	2008A1.319945	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P501	2008A0.329986	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P296	2008A0.527978	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P143	2008A1.055956	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P511	2008A0.659973	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P496	2008A1.055956	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P412	2008A0.659973	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P413	2008A1.649932	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P285	2008A0.329986	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P508	2008A0.791967	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P394	2008A0.527978	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P286	2008A0.527978	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P33	2008A1.319945	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000
3	443P465	2008A3.299863	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0	0A0.000000