

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et de l'Informatique
Département d'Electrotechnique



Mémoire

DE FIN D'ETUDES

En vue d'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electrotechnique

Option : Réseaux Electriques

Thème :

***Restructuration du réseau électrique
moyenne tension 30 kV de la région
AZAZGA.***

Proposé et dirigé par :

Mr M.CHALAM

(SONELGAZ)

Dirigé par :

Mr C.Birouche

réalisé par :

M^{lle} SAIM Nabila.

M^{lle} BESSEGHIR Lila

M^{lle} CHETOUANE Samira

Promotion 2010

Remerciements

Nos vifs remerciements à notre promoteur Mr : C.BIROUCHE qui nous a orienté et soutenu pour l'élaboration de notre travail.

Toute notre gratitude la plus profonde et la plus sincère à Mr GUERMAH et Mr M.CHALAM qui par leur collaboration effective et par leurs judicieux conseils ont rendu possible l'élaboration de cet humble mémoire. Sans oublier le personnel du service d'exploitation du centre de Tizi-Ouzou, en particulier Mr HADADI qui a accepté de nous encadrer.

Nos remerciements les plus distingués vont également à tout ceux et toute celles qui nous ont porté d'aide de près et de loin.

Notre reconnaissance va également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Que monsieur le président et les membres de jury trouvent ici l'expression de notre gratitude et de notre respect pour nous avoir fait honneur d'examiner ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ Deux personnes très chères à mon cœur : ma mère et mon père qui étaient de près pour me soutenir, je vous souhaite prospérité et parfaite santé.
- ❖ Mes frères et sœur qui me sont chers.
- ❖ Toute ma famille en général.
- ❖ Tous mes amis (e).
- ❖ Mes collègues de la promotion 2010 et tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

S. Nabila

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ Deux personnes très chères à mon cœur : ma mère et mon père qui étaient de près pour me soutenir, je vous souhaite prospérité et parfaite santé.
- ❖ Mes frères et sœurs qui me sont chers.
- ❖ Toute ma famille en général.
- ❖ Tous mes amis (e) : Ouahiba, Fatiha, Khaled, Sofiane, Mustapha, Omar.
- ❖ Mes collègues de la promotion 2010 et tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

L. BESSEGHIR

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ Deux personnes très chères à mon cœur : ma mère et mon père qui étaient de près pour me soutenir, je vous souhaite prospérité et parfaite santé.
- ❖ Mes frères et sœurs qui me sont chers.
- ❖ Toute ma famille en général.
- ❖ Tous mes amis (e).
- ❖ Mes collègues de la promotion 2010 et tous ceux qui m'aiment et que j'aime.



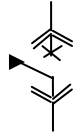
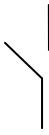



S. CHETOUANE

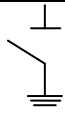

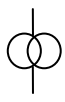

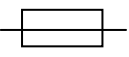






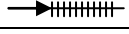






NOMENCLATURE

$\frac{\Delta U}{U} \Big _{(tr1)}$: Chute de tension relative du tronçon (1)
$\Delta P \Big _{(tr1)}$: Perte de puissance du tronçon (1).
$\frac{\Delta U}{U} \Big _{Tot}$: Chute de tension relative totale.
$\Delta P \Big _{Tot}$: Perte de puissance totale
$\frac{\Delta U}{U} \Big _{(tr5-1)}$: Chute de tension relative du tronçon (5), de la première section.
$\Delta P \Big _{(t5-1)}$: Perte de puissance du tronçon (5), de la première section.
MW	: Mégawatt.
kW	: Kilowatt.
kV	: Kilovolt.
km	: Kilomètre.
Ω/km	: Ohm par kilomètre.
A	: Ampère.
KVA	: Kilovoltampère.
MVA	: Mégavoltampère.
THT	: Très haute tension.
HT	: Haute tension
MT	: Moyenne tension.
BT	: Basse tension
I_{ap}	: Courant appliqué
I_{lt}	: Courant limite thermique.
T_u	: Taux d'utilisation des câbles.
T_{ac}	: Taux d'accroissement
PS	: Poste source.
JB	: Jeu de barres.
TR1 ; TR2	: Transformateur HT/MT 1et2.
Long	: Longueur
Ref.c	: Référence sur la carte.
INJECT	: Injecteur

J...	: IACM sur carte.
D....	: Dérivation sur carte.
P....	: Poste sur carte
U....	: IACT sur carte
O....	: Ouverture (manœuvres à effectuer)
F.....	: Fermeture (manœuvres à effectuer)
KDA	: Kilodinars algérien
Gro ind ; moy ind	: Grosses industries ; moyennes industries

LEGENDE

Symbole	Indication abrégée	Description
	BHT	Barre haute tension
	BMT	Barre moyenne tension
	CA	Poste en cabine
	CP	Cellule de départ tension MT
	CS	Câble de secours
	CT	Câble de travail
	D	Dorsale
	De	Dérivation
	DA	Disjoncteur arrivée HT
	DC	Disjoncteur de couplage
	DD	Disjoncteur de départ
	DTR	Disjoncteur pour transformateur
	DDAT	Disjoncteur debrochable d'arrivée de transformateur
	DDC	Disjoncteur debrochable de couplage
	DDD	Disjoncteur debrochable de départ
	FD	Feeder
	I	Interrupteur
	IC	Interrupteur de couplage
	ID	Interrupteur de départ
	IA	Interrupteur automatique
	LHT	Ligne à haute tension
	LMT	Ligne à moyenne tension
	MV	Connexion vers maille voisine
	P	Poste MT/BT en coupure d'artère
	PA	Pont amovible
	PB	Poste tête de boucle
	PE	Poste tête d'épi
	PO	Poste sur poteau
	PR	Point de réflexion
	SM	Sectionneur
	SC	Sectionneur de couplage
	SD	Sous dérivation

Symbole	Indication abrégée	Description
	SMT	Sectionneur de ligne avec couteaux de mise à la terre
	TRH	Transformateur HT/MT
	TR	Transformateur MT/BT
	RM	Relais de phase
	RH	Relais homopolaire
	TC	Transformateur de courant
	TTO	Transformateur de courant toroïdal
	TRR	Temps de réenclenchement rapide
	TRL	Temps de réenclenchement lent
	TNE	Temps de neutralisation
	N	Conducteur de neutre
	F	Fusible
	CCF	Coupe-circuit à fusible
	DM	Disjoncteur magnétothermique
	C	Connecteur
	CR	Compteur
	CM	Fusible de colonne montante
	DF	Disjoncteur différentiel
	BR	Branchement
	/	Ligne moyenne tension (30kV)
	/	Câble moyenne tension (30kV)
	/	Boîte d'extrémité (tête de câble)
	/	Poste livraison (LIV), avec appareil de coupure en charge.
	/	Poste mixte (MXT), avec appareil de coupure en charge.
	/	Poste distribution publique (DP) ; avec appareil de coupure en charge.
	/	Poste mixte (MXT), sans appareil de coupure en charge.
	/	Poste distribution publique (DP), sans appareil de coupure en charge.
	/	Poste livraison (LIV), sans appareil de coupure en charge.

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : Généralités sur les moyens de production de l'énergie électrique

I.1- Introduction	1
I.2- Les centrales électriques	1
I.2.1- Turbines à gaz.....	3
I.2.1.1- Principe de fonctionnement	3
I.2.1.2- Avantage des turbines à gaz	6
I.2.1.3- Inconvénients des turbines à gaz	7
I.2.2- Centrales thermiques à flamme (vapeur)	7
I.2.2.1- Disposition de la centrale.....	7
I.2.2.2- Avantage des centrales thermiques à flamme.....	8
I.2.2.3- Inconvénients des centrales thermiques à flamme.....	8
I.2.3- Centrales hydrauliques.....	9
I.2.3.1- Principe de fonctionnement	9
I.2.3.2- Avantage des centrale Hydrauliques	9
I.2.3.3 Inconvénient des centrales hydrauliques.....	10
I.2.4- Centrales diesel.....	10
I.2.4.1- Avantage des centrales diesel	10
I.2.4.2- Inconvénients des centrales diesel	10
I.2.5- Centrale thermiques nucléaires.....	11
I.2.5.1- Principe de fonctionnement	11
I.2.6- Centrale éolienne	12
I.2.6.1- Principe de fonctionnement	12
I.2.6.2- Types d'éolienne.....	12
I.2.7- Centrale solaire photovoltaïque	13

I.2.7.1- Principe de fonctionnement	13
I.2.8- Centrale marémotrice.....	14
I.2.8.1- Avantages	14
I.2.8.2- Inconvénients	14
Conclusion	

Chapitre II : Généralités sur les réseaux électriques

II.1- Introduction	15
II.2- Structure générale des réseaux	15
II.2.1- Réseau de transport et d'interconnexion	15
II.2.2- Réseau de répartition	17
II.2.3- Réseau de distribution	17
II.3- Structure topologiques des réseaux de transport	19
II.3.1- Réseaux maillées	19
II.3.2- Réseau en antenne	19
II.4- Postes de transformations HT/MT	20
II.4.1- Partie haute tension	20
II.4.2- Partie moyenne tension	23
II.5- Réseau moyen tension	23
II.5.1- Structure des réseaux MT aériens	23
II.5.2- Structure des réseaux MT souterrains	24
II.6- Equipement en lignes et câbles	28
II.6.1- Câbles souterrains	28
II.6.2- Lignes aériennes	29
II.6.2.1- Equipements des lignes aériennes (MT) en conducteur nus sur isolateurs rigides	29
II.6.2.2- Equipement des lignes aériennes (MT) en conducteurs nus sur isolateurs suspendus	32

II.6.2.3- Equipement des lignes aériennes en conducteurs isolés	34
II.7- Les postes de transformations	37
II.7.1- Fonctions	38
II.7.2- Les technologies	39
II.7.3- Différents type de postes électriques.....	39
II.7.4- Les différents éléments.....	40
II.7.5. Constitution d'un poste de transformation	41
II.7.5.1- Jeu de barre.....	41
II.7.5.2- Les sectionneurs	42
II.7.5.3- Disjoncteurs.....	43
II.8- Les transformateurs	47
II.8.1- Transformateur de mesure.....	47
II.8.2- Transformateur d'isolement	49
II.9- Les problèmes engendrés	49
Conclusion	

Chapitre III : Etude des défauts et moyens de protections dans les réseaux électriques.

III.1- Introduction.....	51
III.2- Défauts électriques.....	51
III.2.1- Définition d'un défaut.....	51
III.2.2- Caractère des défauts	51
III.2.2.1- Défauts momentanés	51
III.2.2.2- Défauts permanents.....	51
III.3- Les causes des défauts	51
III.3.1- Origine externe.....	52
III.3.2- Origine interne	52
III.4- Différents types de défaut	52

III.4.1- Courts-circuits	52
III.4.2 Surintensités	52
III.4.3- Surtensions	53
III.4.4- Les déséquilibres.....	53
III.5- Conséquences des défauts.....	53
III.5.1- Echauffement	53
III.5.2- Exploitation du disjoncteur	54
III.5.3- Effets électrodynamiques	54
III.5.4- Perturbations dans les lignes de télécommunication.....	54
III.5.5- Effet de la chute de tension	54
III.6- Calcul de courant de court-circuit.....	54
III.6.1- Intensité des courants des courts-circuits.....	54
III.6.2- Calcul des impédances	55
III.6.2.1- Impédance du réseau HT ramenée en MT	55
III.6.2.2- Impédance du transformateur HT/MT	56
III.6.2.3- Impédance du réseau MT	56
III.6.2.4- Impédance des lignes et des câbles	57
III.6.3- Les composantes symétriques	61
III.6.3.1- Définition des composantes symétriques	61
III.6.3.2- Définition et propriétés de l'opérateur «a	62
III.6.3.3- Décomposition d'un système triphasé quelconque formé de trois vecteurs \vec{I}_1, \vec{I}_2 et \vec{I}_3	63
III.6.3.4- Expression des composantes symétriques	63
III.6.4- Analyse du défaut.....	63
III.6.5- Elimination des défauts	71
III.6.5.1- Détection des défauts	72
III.6.5.2- Identification de l'ouvrage atteint	72

III.6.5.3- Commande des organes de coupures	73
III.6.5.4- Sensibilité des protections.....	73
III.6.5.5- Contraintes supplémentaires pour les protections.....	73
III.6.5.6- Fiabilité des protections	74
III.6.6- Protection des réseaux MT.....	74
III.6.7- Organisation du système de protection	74
III.6.7.1- Objectif du système de protection	74
III.6.7.2- Qualités des systèmes de protections	74
III.6.7.3- La sensibilité	75
III.6.7.4- La sélectivité	75
III.6.7.5- La rapidité	75
III.6.7.6- La fiabilité.....	75
III.6.7.7- La simplicité.....	75
III.6.8- Organisation des protections.....	76
III.6.9- Protection des départs MT des postes HT/MT	79
III.6.9.1- Protection contre les défauts entre phases.....	80
III.6.9.2- Protection contre les défauts entre phase et la terre	80
III.6.10- Réenclenchement automatique	81
III.6.11- Protection des lignes	82
III.6.12- Appareils de protection	82
III.6.12.1- Disjoncteurs	82
III.6.12.2- Les sectionneurs.....	83
III.6.12.3- Parafoudres.....	84
III.6.12.4- Les interrupteurs	84
III.6.13- Technique de protection dans les creux de tension.....	85
III.6.14- Relais.....	85
III.6.14.1- Classification.....	85

III.6.14.2- Constitution.....	85
III.6.15- Coupes circuits à fusibles.....	86
III.6.15.1- Caractéristiques.....	86
III.6.15.2- Différents types de coupes circuits	86
Conclusion	
Chapitre IV : Calcul de chute de tension dans les réseaux électriques	
IV.1- Introduction.....	87
IV.2- Le plan de tension.....	87
IV.2.1- L'écoulement de tension.....	87
IV.2.2- Chute de tension sur une ligne à haute tension	87
IV.2.3- Seuil de chute de tension	89
IV.3- Pertes d'énergie électrique.....	89
IV.3.1- Pertes par effet Joule.....	89
IV.3.2- Pertes dans les transformateurs.....	89
IV.4- Calcul de chute de tension	91
IV.4.1- Chute de tension absolue	92
IV.4.2- Chute de tension relative.....	92
IV.4.3- Calcul de chute de tension après compensation.....	93
IV.5- Calcul de la chute de tension par les méthodes classiques	93
IV.5.1- Méthode générale (méthode des quadripôles	93
IV.5.2- Méthode des moments électriques.....	97
IV.5.2.1- Expression de la chute de tension relative	97
IV.5.2.2- Moment électrique d'une charge	98
IV.5.2.3- Moment électrique (M_1) d'une ligne	98
IV.5.3- Méthodes de séparation des puissances actives et réactives.....	98
IV.4.3.1- Méthodes par approximations successives	98
IV.4.3.2- Formules directes.....	100

IV.4.3.3- Méthodes simplifiée.....	100
IV.6- Calcul des constantes linéiques.....	102
IV.6.1- Cas des câbles sous terrains	102
IV.6.2- Cas des lignes aériennes	103
IV.7-Application de la méthode des moments électriques pour le départ BOUZEGUENE.....	105
Conclusion	

ChapitreV: Presentation du programme de calcul utilisé CARAT

V.1- Introduction	110
V.2- Organigramme de resolution.....	111
V.3- Organigramme du logiciel.....	112
V.4- Capacité du model	113
V.5- Méthodes de calcul.....	113
V.5.1- Calculs preliminaries.....	113
V.5.2- Calcul d'un schéma radial à l'état sain	114
V.5.3- Recherche d'un schéma secours.....	115
V.5.4- Calcul des transits et des tensions	115
V.6- Format des données	116
V.6.1- Carte titre (code 0)	116
V.6.2- Carte à parameters (code 1).....	117
V.6.3- Cartes branches (code 2)	117
V.6.4- Cartes charges (code 3)	118
V.6.5- Cartes charges (code 4)	118
V.6.6- Cartes compensation (code 6)	119
V.6.7- Cartes cout unitaire et parameters	119
V.7- Lecture des données	120
V.8- Stylisation.....	120
V.8.1- Définition	120

V.8.2- Regle de bonne pratique pour la stylisation du réseau.....	121
---	-----

Chapitre VI : Application

VI.1- Introduction.....	123
VI.2- Données globales	123
VI.3- Consignes d'exploitation	127
VI.4- Collecte des données.....	130
VI.4.1- Carractéristiques physiques	130
VI.4.2- Les departs HTA du poste FREHA 60/30 kV	131
VI.4.3- Longueur des departs MT	132
VI.4.4- Carracteristiques des conducteurs.....	132
VI.4.5- Nombre de postes MT/BT mis en service	133
VI.5- Données dynamiques du réseau.....	133
VI.5.1- Données de charge	134
VI.5.2- Répartition de la charge	135
VI.5.3- Evolution de la charge	136
VI.6- Hypothèses de l'étude.....	137
VI.6.1- Supports utilizes.....	138
VI.6.2- Données économiques	138
VI.7- Solutions proposes	139
VI.7.1- Première variante	139
VI.7.2- Deuième variante	144
VI.7.3- Troisième variante	147

Conclusion générale

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

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.

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

L'objectif de ce mémoire de fin d'étude est :

La restructuration du réseau moyenne tension 30Kv D'Azazga. Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de la qualité de service rendu à la clientèle, à savoir :

- Constance de fréquence.
- Pureté de l'onde.
- Equilibre des tensions polyphasées.
- Constance de la tension.
- Continuité de service.

Les exigences présentées à la qualité de l'énergie électrique ne sont pas toujours satisfaites, vu que ces réseaux sont tout le temps affectés de perturbations qui peuvent mettre en cause la pérennité du matériel et la qualité de service rendu.

Parmi ces perturbations, on cite à titre d'exemple :

- Les chutes de tension.
- Les dépassements de limite thermique des différents éléments du réseau.

Vu l'extension de la zone industrielle (AZAZGA) et le souci permanent d'une meilleure desserte des clients, une restructuration du réseau électrique moyen tension s'impose pour réduire la durée d'interruption, diminuer au maximum les chutes de tension et rendre minimales les pertes en énergie électrique.

Pour cela, on doit mettre en œuvre un ensemble de moyens pour établir un meilleur schéma d'exploitation, ce qui nécessite des investissements dont il faut chercher à minimiser le coût.

Nous avons alors jugé utile de subdiviser notre travail en six chapitres :

- Le premier chapitre traite des généralités sur les moyens de production de l'énergie électrique.
- Le deuxième est consacré à des généralités sur les réseaux électriques.
- Le troisième est consacré à l'étude des défauts et moyens de protection.
- Dans le quatrième chapitre, on présente les différentes méthodes de calcul de chutes de tension.
- Et dans le cinquième chapitre, une présentation du logiciel utilisé « CARAT ».
- Le dernier chapitre qui est une application de l'étude.

Enfin, nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre I

GENERALITES SUR LES MOYENS DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

I.1. Introduction [1]

L'électricité est le premier facteur pour bâtir une civilisation basée sur des pionniers tel que la technologie, l'informatique et d'autres domaines.

Et par ses lettres de noblesses, son utilité et son efficacité, elle est devenue l'élément de référence et le critère fondamental pour mesurer le développement d'un pays.

La SONELGAZ a pour mission d'assurer en permanence la fourniture d'énergie électrique aux usagers dans des conditions optimales en ce qui concerne la qualité de service, le cout et la sécurité d'alimentation.

Pour atteindre ces objectifs, la SONELGAZ doit assurer la production, le transport, la distribution, l'ingeniering et des travaux de réalisation, de gestion et d'exploitation de certains projets de l'électricité et de gaz sur le territoire national.

La société national SONELGAZ est le produit de l'ancienne société publique de l'électricité et du gaz de l'Algérie en 1968, elle avait le monopole de la gestion de l'énergie électrique dans notre pays jusqu'en 2002. Après la promulgation de la loi sur l'électricité et le gaz, tout investisseur a le droit de produire et de commercialiser l'énergie électrique.

I.2. Les centrales électriques

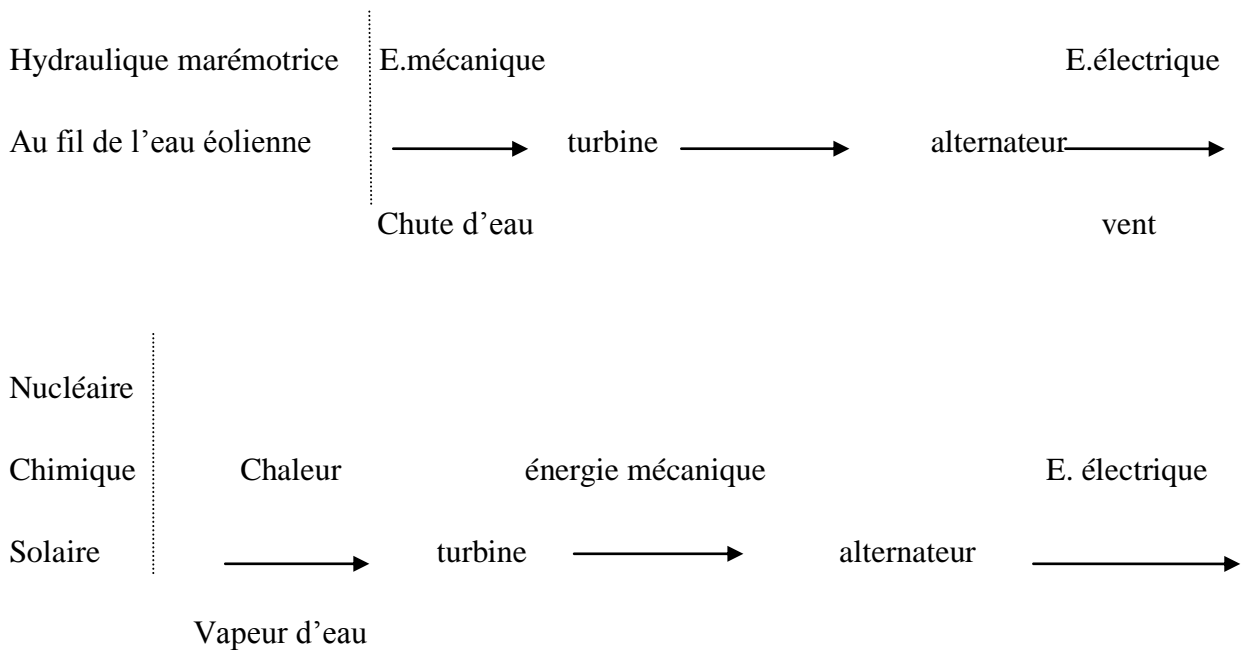
Une centrale électrique est le point de départ de notre consommation électrique. Il existe de nombreuses centrales différentes :

1) Il y a 4 types de centrales :

- le thermique classique.
- le thermique nucléaire.
- Hydraulique.
- l'éolienne.

2) Les sources d'énergie sont respectivement :

- les énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon,...).
- l'uranium
- l'eau.
- le vent



3) Toutes les centrales possèdent une turbine actionnée par l'eau (vapeur ou liquide) sauf l'éolienne.

4) Les centrales thermiques sont en tout points semblables sauf au niveau de la chaudière. L'eau chaude est fabriquée par une flamme pour les classiques et par fission de l'uranium pour les nucléaires.

5) L'alternateur, l'élément commun à toutes les centrales; doit être en rotation pour produire de l'énergie électrique.

6) Dans les éoliennes, la turbine est remplacée par les pales.

Toutes les centrales ont un élément commun : l'alternateur. Celui-ci doit être en rotation pour produire de l'énergie électrique.

Les centrales solaires fonctionnent sans alternateur mais ne fabriquent pas la même sorte de tension. La tension produite est continue et n'est pas utilisable par nos appareils électriques, il faut la transformer auparavant.

I.2.1. Turbines à gaz

I.2.1.1. Principe de fonctionnement

Dans sa forme la plus simple et la plus répandue, une turbine à gaz (aussi appelée turbine à combustion) est composée de trois éléments :

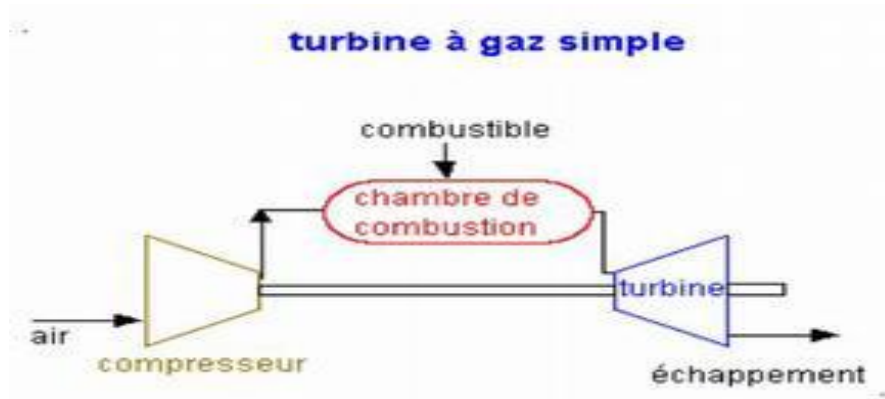


Fig. I.1

1. Un compresseur

Centrifuge ou plus généralement axial, qui a pour rôle de comprimer de l'air ambiant une pression comprise aujourd'hui entre 10 et 30 Bars environ.

Le compresseur est multi étagé, avec parfois une réfrigération intermédiaire destinée à réduire le travail consommé. Les rotors axiaux sont constitués d'un empilage de disques, soit montés sur un noyau central, soit assemblés en tambour sur leur périphérie. Les matériaux utilisés vont des alliages d'aluminium ou de titane pour les premiers étages aux alliages d'acier et aux alliages réfractaires pour les derniers étages, qui peuvent supporter des températures atteignant 500°C.

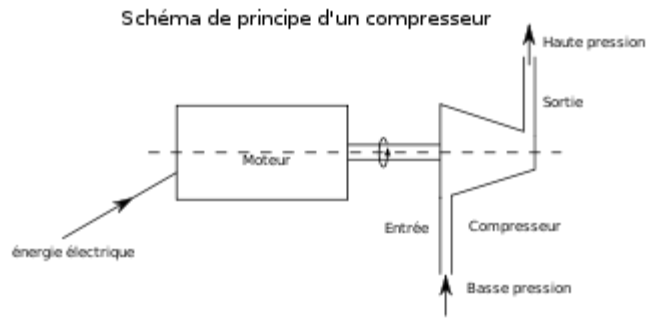


Fig. I.2

2. Une chambre de combustion

Dans laquelle un combustible gazeux ou liquide est injecté sous pression, puis brûlé avec l'air comprimé, avec un fort excès d'air afin de limiter la température des gaz d'échappement, elle est normalement construite en alliage réfractaire, elle doit satisfaire des contraintes sévères à savoir :

- Assurer une combustion complète du combustible.
- Réduire les émissions de polluants.
- Minimiser la perte de charge (qui représente un surcroît de compression).
- Assurer une bonne stabilité de la température d'entrée turbine.
- Occuper un volume aussi réduit que possible tout en permettant un bon refroidissement des parois.

Dans la partie gauche, arrive l'air comprimé qui sort du compresseur. Il se scinde en deux courants, l'un qui assure le refroidissement des parois, l'autre qui pénètre directement dans la chambre de combustion, où il sert de comburant au combustible injecté en partie centrale. Compte tenu du faible excès d'air local, la flamme atteint une haute température (jusqu'à 2500 K) dans la zone primaire, par des trous disposés à la périphérie des tubes de flamme, l'air extérieur revient se mélanger aux gaz brûlés dans la zone transitoire ; où la température redescend autour de 2000K, puis dans la zone de dilution, où l'on cherche à réaliser un flux de gaz de température aussi stable que possible pour éviter les risques de surchauffe locale ou momentanée.

Dans les chambres à barillet de tubes de flammes, six à douze tubes de ce type sont montés en parallèle autour de la turbine à gaz. Ils sont interconnectés de manière à équilibrer les pressions et permettre la propagation de l'allumage.

Deux autres types de chambre existent :

- Les chambres à silos : dans ce cas, les chambres, séparées de l'axe, sont de taille beaucoup plus importante, ce qui permet de mieux maîtriser la combustion, notamment en ce qui concerne les émissions de polluants (NO_x).
- Les chambres annulaires : la chambre comporte une seule enceinte ; annulaire, le carburant étant injecté en de nombreux points. On peut ainsi obtenir une flamme plus courte et un meilleur rendement de combustion.

3. Une turbine

Généralement axiale, dans laquelle sont détendus les gaz qui sortent de la chambre de combustion. Sous cette forme, la turbine à gaz constitue un moteur à combustion interne à flux continu. On notera que le terme de turbine à gaz provient de l'état du fluide de travail, qui reste toujours gazeux, et non du combustible utilisé, qui peut être aussi bien gazeux que liquide (les turbines à gaz utilisent généralement du gaz naturel ou des distillats légers comme le fioul domestique).

Dans les turbines à gaz à cycle ouvert, les principales contraintes technologiques se situent au niveau des premiers étages de la turbine de détente, qui sont soumis au flux des gaz d'échappement à très haute température.

Les pièces les plus exposées sont en particulier les aubes du rotor, qui sont très difficiles à refroidir et, de plus, particulièrement sensibles à l'abrasion. Il importe donc d'utiliser un combustible très propre (absence de particules et de composants chimiques susceptibles de former des acides), et de limiter la température en fonction des caractéristiques mécaniques des aubes.

Les matériaux utilisés pour les aubes de la turbine sont des alliages réfractaires à base de Nickel ou de Cobalt, et on envisage de recourir à des céramiques dans l'avenir. Comme le rendement du cycle est lui-même une fonction croissante de la température, d'importants développements technologiques ont été consacrés à la mise au point, d'une part de systèmes de

refroidissement efficace des aubages, et d'autre part de matériaux résistant aux températures élevées. Depuis un demi-siècle, on a ainsi pu relever progressivement (d'environ 20°C par an) le niveau de température d'entrée dans la turbine, pour atteindre aujourd'hui 1300 à 1500°C.

Les premières turbines à gaz ont été fabriquées au début du XX^e siècle, en France par la Société Anonyme des Turbomoteurs à Paris, et en Suisse par la Société Brown Boveri à Neuchâtel. Le travail net produit par ces machines est égal à la différence entre le travail utile fourni par la turbine et le travail nécessaire pour comprimer l'air.

Dans les premières réalisations, il était très faible, et ce n'est qu'à partir des années 30 que les applications industrielles ont vraiment commencé à se développer, grâce à l'amélioration des performances des compresseurs et des turbines, essentiellement due aux progrès réalisés dans la compréhension des écoulements gazeux, qui se poursuivent encore aujourd'hui grâce à la modélisation tridimensionnelle.

I.2.1.2. Avantages des turbines à gaz

Depuis une quinzaine d'années, les turbines à gaz connaissent un très fort développement dans de nombreuses applications : transport aérien, production d'électricité, cogénération entraînement de machines (compresseurs et pompes); propulsion maritime, ou elles font une percée croissante. Comme arguments en leur faveur, mentionnons leur faible encombrement, leur excellent rapport puissance / poids, leur bon rendement, et leurs faibles émissions de polluants.

Parmi les autres avantages que présentent les turbines à gaz, il faut citer :

- Les mise en route est très rapide : alors qu'il faut jusqu'à 24 h pour démarrer certaines centrales à vapeur, une turbine à gaz atteint son régime nominal en 15 à 20 mn, et la puissance peut être modulée très rapidement entre la pleine charge et 20 à 30% de cette valeur.
- Les équipements auxiliaires sont petits et bon marché, et il n'y a besoin d'eau pour refroidir le cycle, puisque les gaz d'échappement sont rejetés dans l'atmosphère. De plus, les délais de construction sur site sont réduits, du fait que la machine est assemblée en usine.

I.2.1.3. Inconvénients des turbines à gaz

- Fonctionnement coûte cher : pétrole, gaz...
- Pollution atmosphérique.
- Sources d'énergie non renouvelable.

I.2.2. Centrale thermique à flamme (vapeur)

Une centrale thermique à flamme produit de l'électricité. En brûlant un combustible (charbon, gaz ou fioul) dans une chaudière qui produit de la vapeur. Cette vapeur actionne une turbine qui entraîne un alternateur

I.2.2.1. Disposition de la centrale

a) Générateur de vapeur

L'eau circule dans les tubes tapissant les parois de la chambre de combustion et se transforme en vapeur sous l'action de la chaleur dégagée par le combustible.

b) Turbines

L'eau chimiquement pure circule sous forte pression dans tubes du générateur de vapeur (163 Bars) et se transforme en vapeur à une température de 565°C.

Cette vapeur surchauffée et à haute pression se détend dans la turbine haute pression .puis elle retourne dans un réchauffeur. Pour aller ensuite dans les turbines moyennes et basses pressions ou elle se détend. A la sortie des turbines, la vapeur à très basse pression se condense pour se retrouvera l'état liquide dans les condenseurs. Cette eau est injectée ensuite dans le réservoir du générateur de vapeur, et le cycle recommence toujours avec la même eau.

Les centrales thermiques possèdent un grand nombre d'auxiliaires qui sont indispensables pour un fonctionnement optimal de la centrale thermique et dont la consommation d'énergie est loin d'être négligeable.

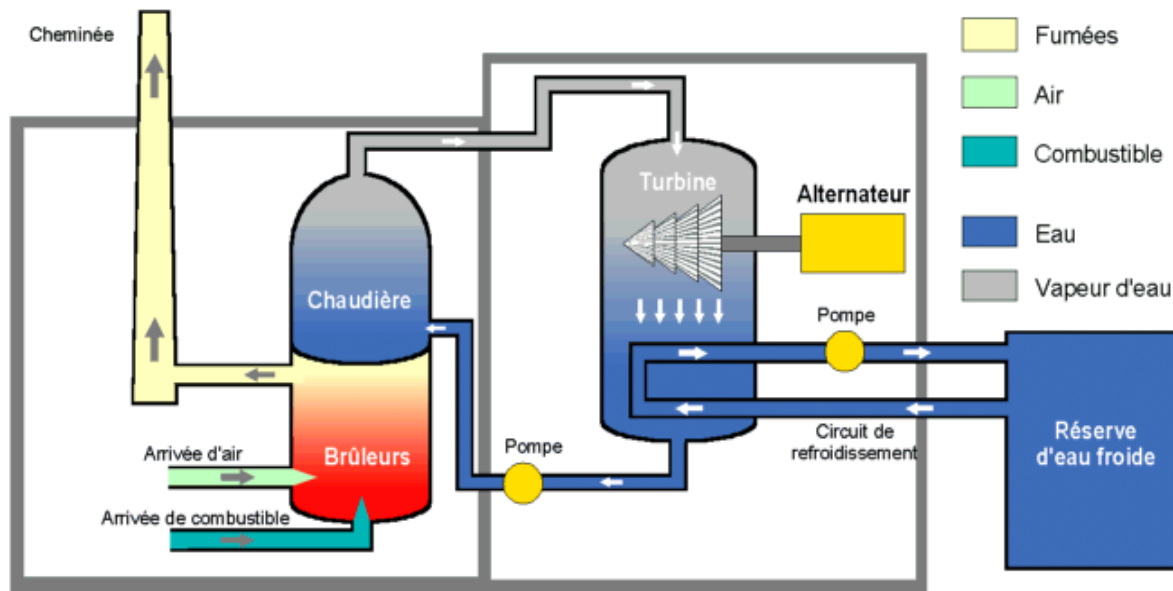


Fig.I.3 : Schéma de fonctionnement d'une centrale thermique à flamme.

I.2.2.2. Avantages des centrales thermiques à flamme

- Construction rapide
- Technique bien connue.
- On peut l'installer presque partout
- Bonne production.
- Système d'appoint lorsque la demande est forte.
- Faible coût de construction.

I.2.2.3. Inconvénients des centrales thermiques à flamme

- Source d'énergie non renouvelable.
- Pollution : poussière et atmosphérique.
- Pluie acide et gaz à effet de serre.
- Coût de production parfois très élevé.
- Conséquences à long terme sont majeures pour l'environnement.

I.2.3. Centrales hydrauliques

I.2.3.1. Principe de fonctionnement

Nombreux sont ceux qui savent que l'eau est une source propre d'énergie. L'utilisation de celle-ci pour produire de l'électricité n'a ni de pertes toxiques ni de pollution émise dans l'atmosphère. Cependant, la construction des barrages change la nature et a des répercussions sur le paysage, aussi bien que sur la qualité aquatique et terrestre de la vie et de l'eau. C'est pourquoi, tous les projets hydroélectriques de développement sont précédés par une évolution des incidences sur l'environnement des équipements et d'une définition des mesures nécessaires pour réduire au minimum les effets. Il y a trois types de centrales hydroélectriques :

- Les centrales de haute chute ($h > 300$ m).
- De moyenne chute ($50 < h < 300$ m).
- De basse chute ($h < 50$ m).

Une centrale hydraulique utilise l'énergie hydraulique qui est une énergie fournie par une masse d'eau en mouvement. Un barrage retient une grande quantité et reprend l'eau sous la forme d'un lac de retenue.

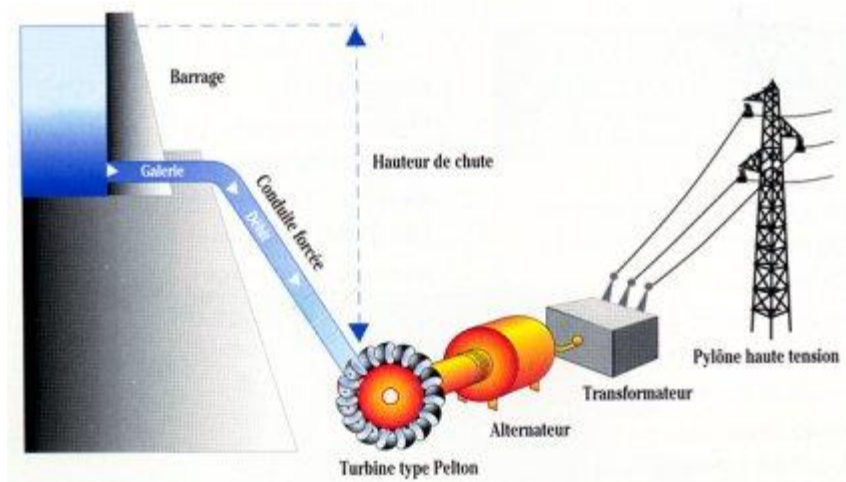


Fig.I.4 : Schéma de fonctionnement d'une centrale hydraulique

I.2.3.2. Avantages des centrales hydrauliques

- Une grande production d'électricité.

- Faible coût de production pendant plusieurs années.
- Énergie propre : peu de pollution atmosphérique.
- Source d'énergie renouvelable, l'eau.

I.2.3.3. Inconvénients des centrales hydrauliques

- Délai de construction assez grand.
- Inondation de grands territoires.
- Parfois loin des grands centres : Donc grandes lignes de transports.
- Impact sur les populations et l'environnement

I.2.4. Centrales diesel

Le moteur diesel actionne directement l'alternateur. L'énergie chimique du diesel est changée en énergie mécanique de rotation qui est changée en énergie électrique par l'alternateur.

A noter : il n'y a pas de turbine.



Fig.I.5 : centrales diesel

I.2.4.1. Avantages des centrales diesel

- Construction facile.
- Idéal pour région isolée, là où le transport d'électricité est impossible ou trop coûteux.

I.2.4.2. Inconvénients des centrales diesel

- Fonctionnement coûteux : entretien du moteur et prix du diesel.
- Pollution atmosphérique.
- Source d'énergie non renouvelable.

I.2.5. Centrales thermiques nucléaires

I.2.5.1. Principe de fonctionnement

Comme toute matière (solide, liquide ou gazeuse), l'uranium et le plutonium, sont constituées de milliards de particules minuscules appelées atomes.

Chaque atome possède un noyau. C'est en cassant en deux les noyaux d'atomes d'uranium et de plutonium que l'on obtient de l'énergie nucléaire. La chaleur dégagée permet de produire de l'électricité. Voici les différentes étapes pour fabriquer de l'électricité.

- Le traitement du combustible.
- production de l'électricité.
- Le retraitement du combustible.

Avec l'Uranium enrichi, on fabrique des pastilles cylindriques d'environ 10 grammes. Elles sont enfilées bout à bout dans des tubes de 4m de long appelés des crayons. Ces crayons sont insérés dans ce que l'on appelle un assemblage de combustible. 264 crayons forment un assemblage et il faut 193 assemblages pour remplir la cuve d'un réacteur. Celle-ci fait 12m de profondeur. C'est là, au cœur du réacteur, que l'on va provoquer la réaction nucléaire, c'est-à-dire la fission de milliards de noyau d'atomes d'uranium.

Sous l'impact d'un neutron le noyau d'uranium se scinde en deux fragments et libère deux ou trois neutrons avec de la chaleur. Ces neutrons vont provoquer à leur tour la fission de nouveaux atomes, ainsi de suite c'est la réaction en chaîne.



Fig.I.6 : Centrale thermique

I.2.6. Centrale éolienne

I.2.6.1. Principe de fonctionnement

Les éoliennes, celles qui produisent de l'électricité, sont aussi appelées des aérogénérateurs. Ces derniers sont installés à l'unité pour fournir du courant à un seul foyer.

Elles sont regroupées en très grand nombre dans des endroits favorables à leur implantation, c'est-à-dire suffisamment vastes et venteux.

Le vent fait tourner les pales du rotor de l'éolienne reliées à une génératrice d'électricité. L'énergie mécanique récupérée dépend de la densité de l'air, de la surface balayée par le rotor et de la vitesse du vent. Le vent étant plus soutenu en hauteur qu'au sol, il est plus avantageux d'utiliser des tours hautes.



Fig.I.7 : Centrales éoliennes

I.2.6.2. Types d'éolienne

- Eolienne à axe horizontal : C'est une éolienne de forme classique, ou les pales sont placées sur une tour effilée ou un pylône de diamètre assez important.
- Eolienne à axe vertical : Le rotor n'a que 2 ou 3 pales, ce qui donne à cette éolienne une forme d'oignon. Son avantage est de ne pas être nécessairement placé dans l'axe du vent, mais son inconvénient est de ne pas pouvoir démarrer toute seule.

I.2.7. Centrale solaire photovoltaïque

I.2.7.1. Principe de fonctionnement

Le soleil nous apporte une source d'énergie considérable sous forme de chaleur et de lumière. Seule une infime partie de son rayonnement atteint notre planète. A l'heure actuelle, nous utilisons l'énergie du soleil pour produire du courant.

Une photopile est essentiellement composée de silicium que l'on a traité pour faciliter la production d'électricité. Elles permettent en effet la transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique.

Son principe de fonctionnement est simple : il consiste à convertir l'énergie cinétique des photons (particules de lumière composant du rayonnement solaire) en énergie électrique.

La cellule photovoltaïque est une jonction p-n, c'est-à-dire une diode. La jonction consiste en la superposition de 2 régions de silicium différemment dopées. La première (n) est caractérisée par une conduction électronique ; dans la seconde (p), la conduction est assurée par l'absence d'électrons qu'on appelle des trous. Cette jonction a pour caractéristique de transformer les photons de la lumière solaire en courant électrique.



Fig.I.8 : Centrale photovoltaïque

I.2.8. Centrale marémotrice

Marée : Mouvement d'avant en arrière de la mer provenant de l'attraction exercée par la lune et le soleil sur les océans et sur la terre.

L'usine marémotrice fonctionne sur le même principe que les moulins à marées. Des turbines actionnant des alternateurs (par les marées) produisent de l'électricité.



Fig.I.9 : Centrale marémotrice

I.2.8.1. Avantages

- 100% renouvelable.
- Non polluante.
- Silencieuse.
- Coût nul du combustible.
- Disponible à n'importe quel climat et époque de l'année.

I.2.8.2. Inconvénients

- Impact sur le paysage côtier.
- Modifier les horaires des marées.
- Dépend de l'amplitude des marées.
- Transfert d'énergie coûteux.
- Effet négatif sur la faune et la flore.
- Énergie limitée.
- Accès fermé à l'estuaire (barrage).

Conclusion

Après la production de cette énergie électrique il faut la transporter vers les zones de consommation c'est le rôle des réseaux électriques.

Chapitre II

GENERALITES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES

II.1. Introduction

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elle dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs. Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production transport consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

II.2. Structure générale des réseaux [2] [3]

Pour réaliser la liaison entre les centrales de production d'électricité et les centres de consommation, il est nécessaire de réaliser des lignes aériennes et des canalisations souterraines. Les lignes sont raccordées à des nœuds appelés postes. Ces points, particulièrement importants comportent habituellement des transformateurs avec des dispositifs de contrôle, de réglage, et de protection. Les lignes qui relient les nœuds constituent les branches, ces dernières suivant le cas, disposent d'antennes ou de mailles. Les compagnies d'électricité divisent leurs réseaux en trois grandes catégories :

- Réseau de transport et d'interconnexion.
- Réseau de répartition.
- Réseau de distribution.

II.2.1 Réseau de transport et d'interconnexion

Ce réseau est constitué de lignes à très haute tension 400 kV et a une double mission :

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

Les dispatchings sont des centres de décision qui ont pour mission d'assurer l'alimentation de la clientèle dans les meilleures conditions de qualité, de sécurité et de prix de revient. Ils doivent être renseignés à tout instant sur la puissance transportée, la tension et la fréquence en des points bien déterminés du réseau, sur la charge des transformateurs et la production des centrales.

L'interconnexion des réseaux présente principalement trois avantages :

a) La stabilité

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

b) La continuité de service

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

c) Economie

Lorsque les réseaux sont reliés, on peut répartir la charge entre différentes centrales afin de minimiser le coût de fonctionnement global : on peut arrêter une centrale et faire fonctionner les autres à leur rendement maximum. L'inconvénient principal de l'interconnexion provient de la nécessité d'une même fréquence pour toutes les centrales interconnectées et des relations très rigides qui relient les tensions de tous les points du réseau. Toute variation de ces grandeurs sera répercutée en tout point du dispositif, et tout incident susceptible de perturber une partie du réseau, pourra déséquilibrer l'ensemble.

II.2.2. Réseau de répartition

Ce réseau qui comporte des lignes à haute tension (ligne HT entre 30 kV à 60 kV) joue le rôle d'intermédiaire entre le réseau de transport et le réseau de distribution. Il doit être en mesure de transiter plusieurs dizaines de (MW) sur quelques dizaines de kilomètres. Ce réseau doit être particulièrement fiable ; aussi ses mailles sont beaucoup plus serrées que celles du réseau du transit.

II.2.3. Réseau de distribution

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

- Les lignes moyennes tensions alimentées par des postes HT/MT fournissent de l'énergie électrique, soit directement aux consommateurs importants, soit aux différents postes MT/BT.
- Des lignes basses tensions qui alimentent les usages, soit en monophasé 220 V, soit en triphasé 380V. La liaison entre les sources d'énergie (centrales) et les centres de consommation est illustrée par le schéma ci-dessous (FigII.1) :

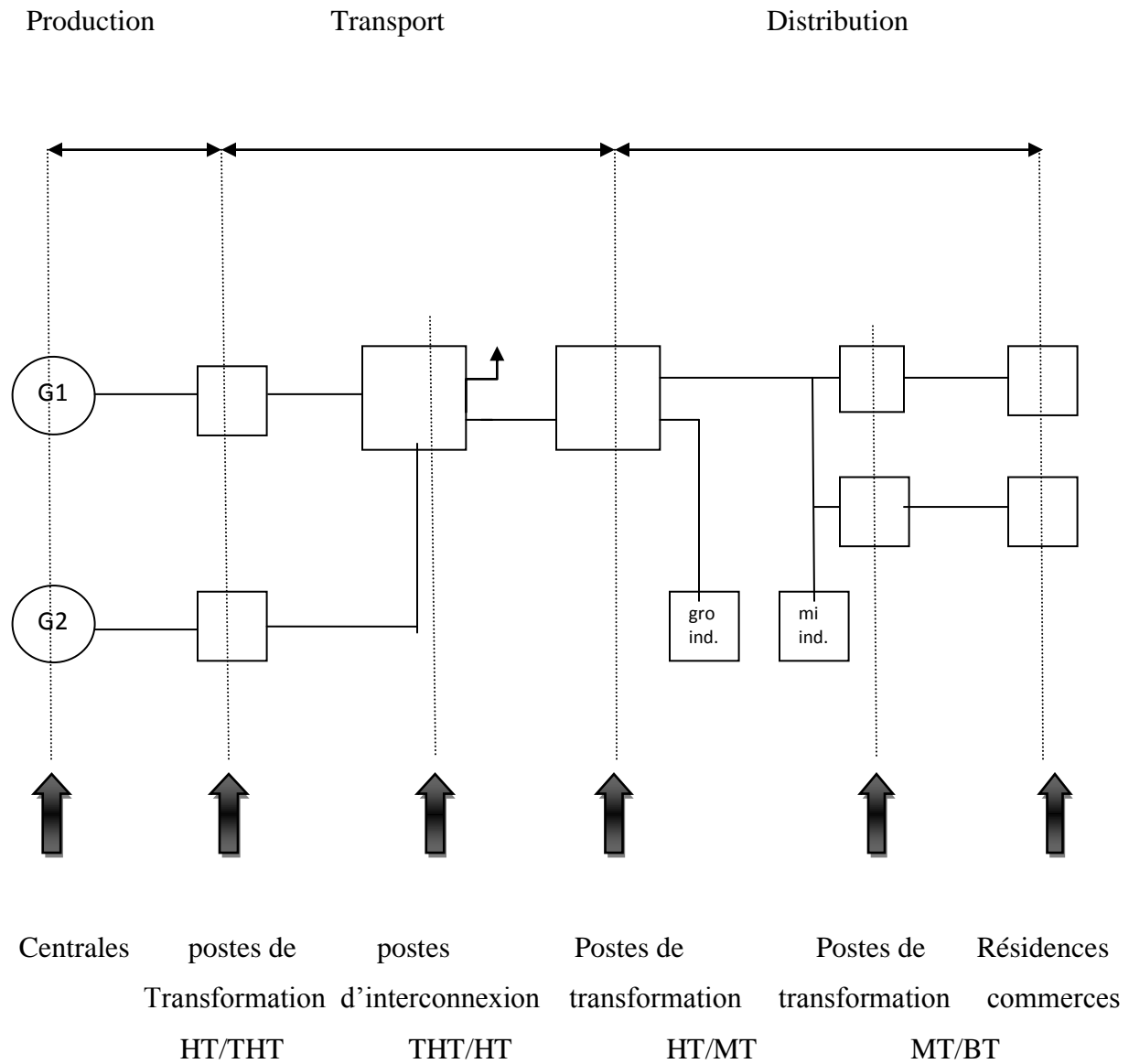


Fig.II-1.

II.3. Structures topologiques des réseaux de transport [3]

II.3.1. Réseaux maillés Fig. II-2

Les réseaux maillés sont des réseaux où des liaisons forment des boucles réalisant une structure aux mailles d'un filet. Généralement la structure d'un réseau de transport est donc maillée, les jouant un rôle d'interconnexion entre les centrales.

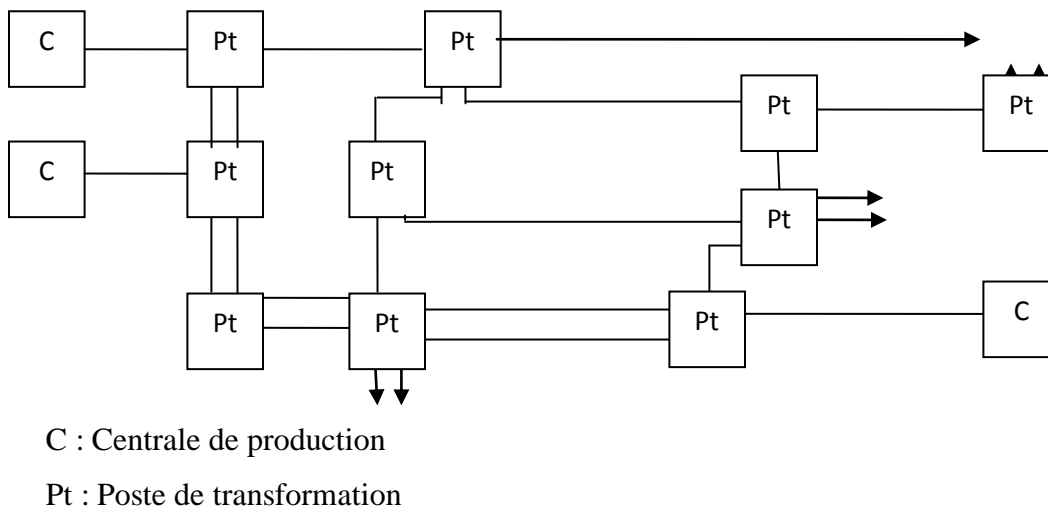
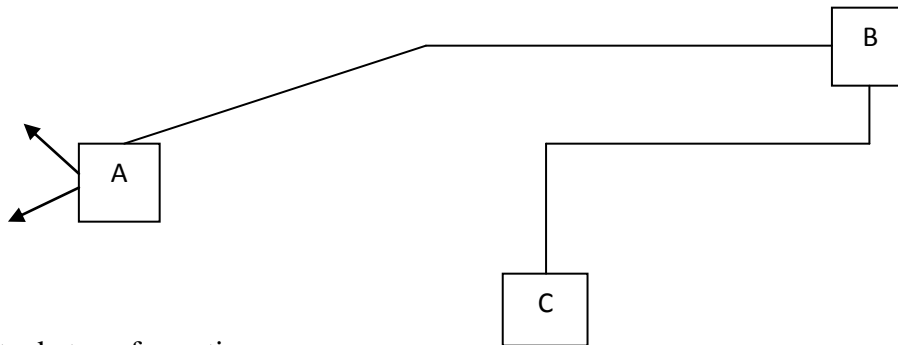


Fig.II-2 : Représentation d'un réseau de transport maille.

II.3.2. Réseau en antenne (Fig.II-3)

L'alimentation en antenne est un cas particulier et simplifié d'un réseau radial. Parfois utilisé dans les réseaux HT et THT. Un poste en antenne est alimenté par une ligne simple issue d'un poste source. Le secours peut être assuré, soit par une seconde liaison issue du même poste d'origine, soit par une ligne appuyée sur un autre poste source. Mais non bouclé électriquement.



A : Poste de transformation

B, C : Poste source

Fig.II-3. Schéma de principe d'une alimentation en antenne.

II.4. Postes de transformation HT/MT [4]

II.4.1. Partie haute tension

Les schémas de principe à l'état final sont de deux types :

- Postes HT/MT pour réseau aérien à moyenne tension.
- Postes HT/MT pour réseau souterrain à moyenne tension.

Dans la première période d'exploitation d'un poste, l'alimentation peut se faire en antenne en raison de la charge et des possibilités d'apport d'un réseau MT adjacent. Un schéma provisoire est admissible dans le cas d'une dérivation ou d'une antenne HT et pour alimenter une charge MT d'importance réduite. Un ensemble de cabines mobiles constituant une réserve dans ce cas devra être prévue. Si l'on accepte d'autre part de faire ouvrir pour des défauts sur le transformateur, les disjoncteurs placés aux extrémités de dorsale HT, le disjoncteur de ce transformateur peut être remplacé par un interrupteur. Dans ce cas une mise à la terre rapide d'une phase (court-circuit monophasé) ou une télé protection sera prévue.

Les postes HT/MT doivent pouvoir débiter la puissance maximale appelée prévue, même dans le cas de simple incident transformateur. Il est admis alors que les transformateurs pouvaient être

surchargés de vingt pour-cent (20%) pendant deux heures à une température ambiante de 40°C (tableau II-1).

Les caractéristiques principales des transformateurs HT/MT (tableau II-2) doivent être en relation avec le réseau alimenté, aux plans des puissances appelées maximales, de tenue des réseaux MT au court-circuit et du réglage de tension.

De même les caractéristiques principales des disjoncteurs dans les postes HT/MT devront satisfaire les contraintes.

Tension des Réseaux HT et MT (kV)	Puissance (MVA)	Tension de Court-circuit UCK%	Couplage	Rapport de Transformation
60/10	20	12,5	YN/d11	60/10,5
	30			
60/30	20	12,5	YN/yn0	60/31,5
	30			
220/10	30	12,5	YN/d11	220/10,5
220/30	30	12,5	YN/yn0	220/31,5
220/30	60	15,3	YN/yn0	220/31,5

Tableau (II-1) : Caractéristiques des transformateurs HT/MT.

Type de réseau	Section du conducteur (mm ²)	Nombre de sortie MT (N)	Puissance installée- Solution possibles			
			Solution 1		Solution 2	
			N*P (MVA)	Rapport (kV/kV)	N*P (MVA)	Rapport (kV /kV)
Aérien ou Mixte	93,3 Al ou 70 Cu	8	2 x 30	60/31,5	2 x 30	220/31,5
		16	2 x 60	220/31,5	–	–
Souterrain 10kV	120 Cu	16-24-32	2 x30	60/10,5	3 x 30	220/10,5
Cabine	120 Cu	4	20	60/10,5	-	–
Mobile	93,3 Al	4 à 16	20	60/31,5	30	220/31,5
	70 Cu					

Tableau (II.2) : Taille des transformateurs par niveau de tension.

II-4.2. Partie moyenne tension

- La partie moyenne tension des postes HT/MT alimentant un réseau aérien est à deux demi-jeux de barres sectionnables par interrupteur en charge motorisé.
- Le nombre de départs pour ce type de réseau sera de 8 à 16 en fonction de la puissance maximale appelée à terme de la zone alimentée.
- La partie MT des postes HT/MT alimentant les réseaux souterrains est de type intérieure jusqu'à quatre jeux de barres commutables par disjoncteur.
- Le nombre de départs pour ce type de réseau sera de 16,24 ou 32.
- Les cellules seront en général sous enveloppe métallique. Les disjoncteurs seront débroschages et interchangeables. Il conviendra de préférer l'équipement en disjoncteur à maintenance réduite.
- Les postes sources HT/MT peuvent être constitués d'un étage HT plus complexe avec deux jeux de barres.

II.5. Réseau moyenne tension [4]**II.5.1. Structure des réseaux MT aériens**

La structure des réseaux est arborescente à deux ordres de lignes : dorsales et dérivations. Des sous dérivations peuvent être utilisés pour alimenter des charges isolées ou pour grouper sous même interrupteur aérien un ensemble de postes MT/BT. Cette structure est destinée à desservir des zones à faible densité de charge est exploitée en radial. D'une façon générale le bouclage entre réseaux voisins ne doit pas être recherché sauf pour des contraintes d'exploitation justifiées. Des interrupteurs automatiques seront installés à l'endroit de dérivation pour permettre l'élimination de la dérivation en défaut. Leur installation se fera suivant l'importance, et la probabilité d'incident sur la dérivation.

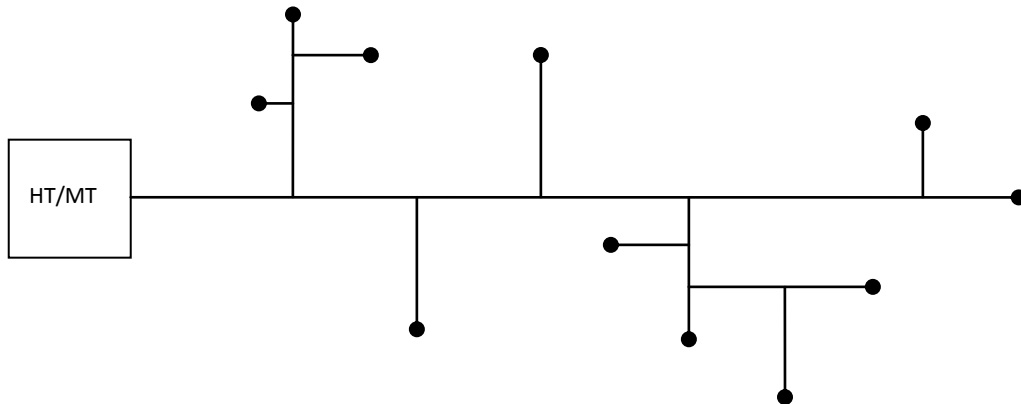


Fig.II-9 : Structure arborescente du réseau aérien.

II.5.2. Structure des réseaux MT souterrains

La structure des réseaux souterrains est à un seul type de lignes : les dorsales. Ces réseaux, par leur constitution (faible longueur et forte section des conducteurs) sont le siège de chute de tension réduite. De ce fait, et en tenant compte de l'importance des incidents (charge coupée et durée d'interruption plus élevée qu'en réseau aérien), il sera prévu une réalimentation soit par les réseaux voisins, soit par un câble de secours.

II.5.2.1. Structures utilisables en réseaux souterrains

a) Structure maillée

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

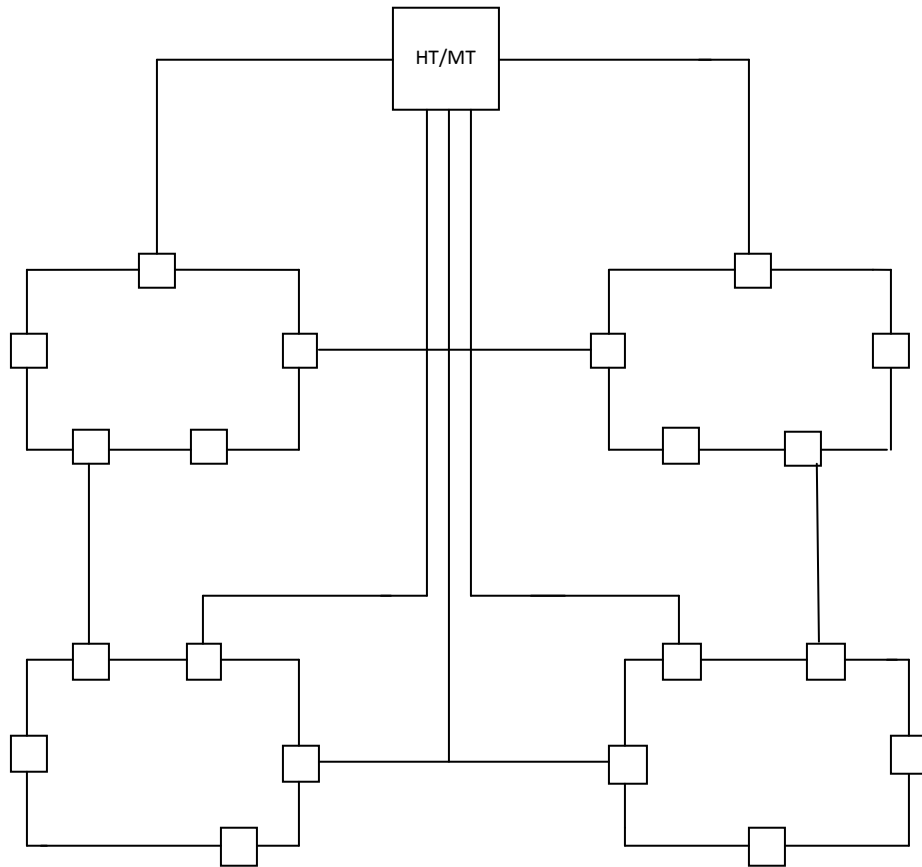


Fig. II-4 : Schémas de structure maille.

b) Structure à artère source à source

Les câbles sont issus de deux sources distinctes. Cette structure est cependant utilisée dans le cas de postes HT/MT où la puissance ne peut être garantie. Cette solution limite la charge à la moitié de la capacité des câbles de distribution. Le secours dans cette structure est assuré par les câbles contigus durant leur première exploitation. Cette structure peut se développer dès que la charge croît vers un cas particulier de la structure en fuseau avec un câble de secours et une liaison par un câble entre les différents points d'ouverture. Ce câble est installé pour éviter la limitation des courants à des seuils très inférieurs aux capacités thermiques des conducteurs. L'utilisation d'un deuxième câble de secours n'est pas justifiée même en cas d'incidents affectant

simultanément les deux câbles. Le gain en énergie non distribuée qu'il procure est minime par rapport au coût d'un deuxième câble de secours.

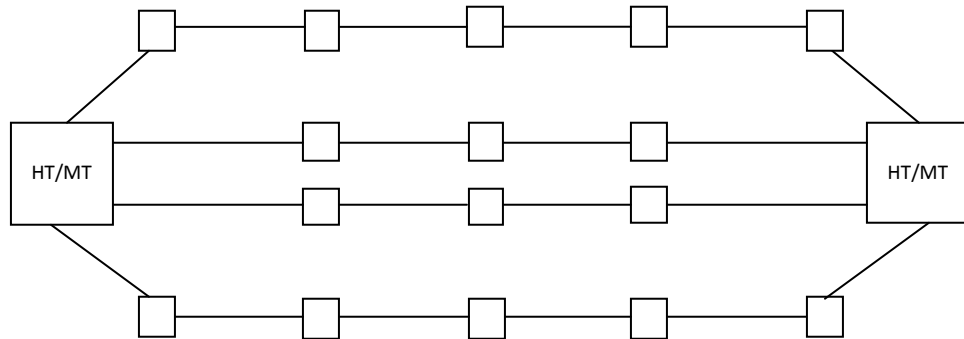


Fig.II-5 : Schémas de structure source a source

c) Structure en épi

Chaque câble de distribution est rabattu à son extrémité au câble de secours. Ce point de connexion est en général un poste de distribution publique alimentée soit par le câble de distribution, soit par le câble de secours. Cette structure permet une meilleure utilisation des câbles par rapport aux deux structures précédentes.

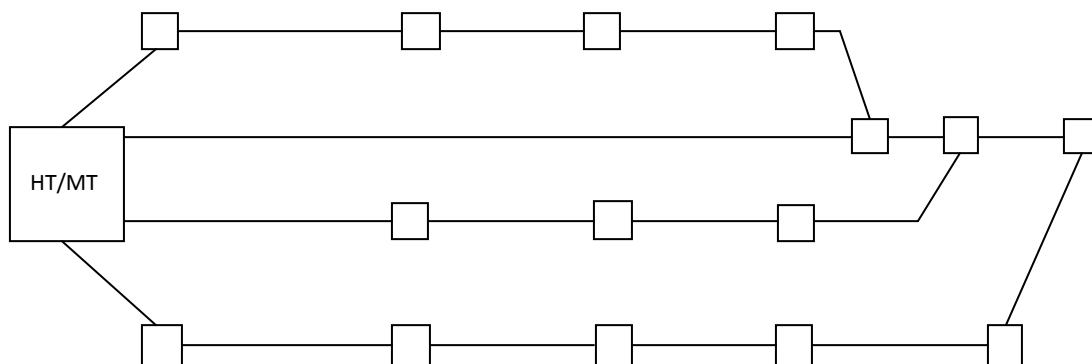


Fig.II-6 : Schéma de structure en EPI.

d) Structure en fuseau

Elle est considérée comme l'aboutissement de l'évolution de la structure en épi pour laquelle tous les câbles de distribution aboutissent en un point unique qui permet de secourir chacun de ces dernières et contribue à une reprise rapide de service par la diminution des durées d'interruption (Localisation précise du point de reprise). Elle s'intègre bien dans les réseaux existant et permet une pose progressive des câbles en particulier celle des câbles de secours.

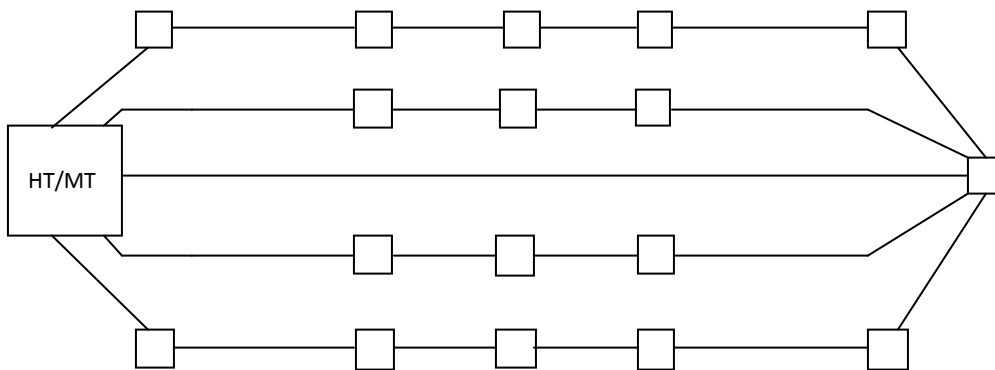


Fig.II-7 : Schéma de structure fuseau.

e) Structure en double dérivation

Elle permet une grande sécurité d'alimentation et une reprise automatique du service. Cependant cette structure n'est utilisée qu'en cas de nécessité d'une fiabilité d'alimentation de très haut niveau pouvant justifier son coût élevé.

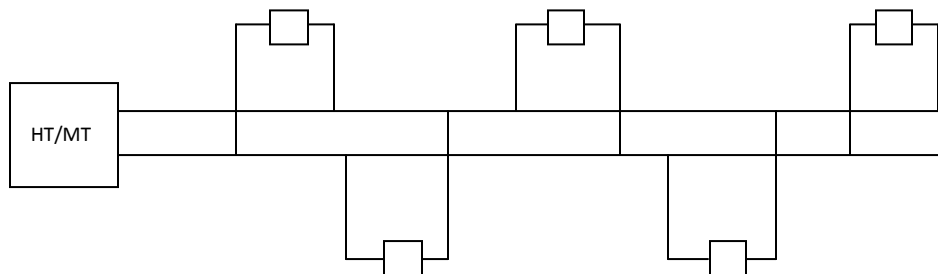


Fig.II-8 : Schéma de structure double dérivation.

II.6. Equipement en lignes et câbles [5]

II.6.1. Câbles sous terrains

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

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

- **Câbles sous plomb isolés au papier imprègne**

Les premiers câbles à champ radial utilisés furent les câbles unipolaires pour les grosses et faibles sections, les câbles tri plombs tri gaines constitués par trois câbles unipolaires assemblés sous une armure commune. Ces deux types de câbles nécessitaient des accessoires unipolaires.

Lorsque la technique des accessoires fut définitivement mise au point, on leur substitua, tout au moins pour les sections inférieures ou égales à 150 mm^2 , les câbles tripolaires à surface métallisée qui présentent par rapport aux deux précédents l'avantage d'une bonne mise à la terre de leur gaine de plomb non isolé. La nécessité d'installer les câbles unipolaires non armés dans des caniveaux les rend vulnérables et leur pose est onéreuse.

- **Câble à isolation synthétique**

Les câbles utilisés actuellement en MT sont tous des types unipolaires et réservés pour les liaisons courtes. Deux sortes d'isolants peuvent être utilisées :

- Des thermoplastiques (polyéthylène PE, polychlorure PCV).
- Des élastomères admettent des températures de fonctionnement élevées (90°) et assurent aux câbles une intensité admissible supérieure.

II.6.2. Lignes aériennes

II.6.2.1. Equipements des lignes aériennes (MT) en conducteurs nus sur isolateurs rigides

Cette technique convient pour les lignes secondaires (petites dérivations, antennes terminales) équipées de conducteurs de faibles sections. Les avantages liés à cette technique sont :

- Réduction du coût de construction des ouvrages.
- Etude simple (pas de profil en long).
- Grande fiabilité de dépannage.
- Rigidité d'étude et de construction, donc d'adaptation du réseau aux charges.

a) Conducteurs : Les conducteurs utilisés sont :

- Câbles (34.4 mm) en alliage d'aluminium.
- Câble (54.6 mm) en alliage d'aluminium.
- Câble (37.7 mm) en AL acier, exceptionnellement en zone à contraintes particulières (vent violent, givre...)

b) Supports :

- En alignement : béton classe « A » ou bien bois classe « C » ou « D »
- Aux angles et ancrages : béton classe « A » ou « B » bois assemblé. Les supports seront déclassés de (10ù) en cas d'utilisation d'armement en nappe.

c) Portées : Limitée à : 100 m pour AGS 34.4 mm.

130 m pour AGS 54.6 mm.

d) Armement : On donnera la préférence aux dispositions suivantes :

- En nappe ; angle maximal (30°).
- En triangle, de telle sorte qu'il n'y aura pas de conducteurs superposés ; angle maximal (20°)

e) Isolateurs :

Bien que d'un prix de revient légèrement supérieur en verre recuite, on utilisera les isolateurs en verre trempé (VHT 20T) qui offrent une meilleure garantie de tenue aux avaries mécaniques, thermiques, électriques.

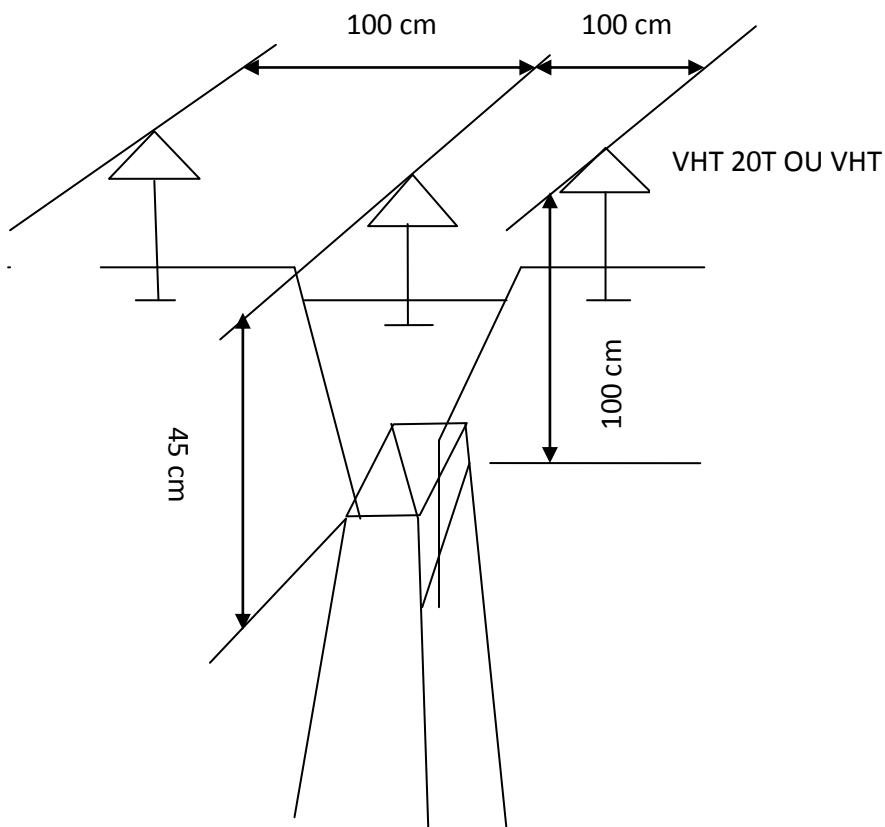


Fig.II-10 : Armement en nappe (Angle $\leq 30^\circ$)

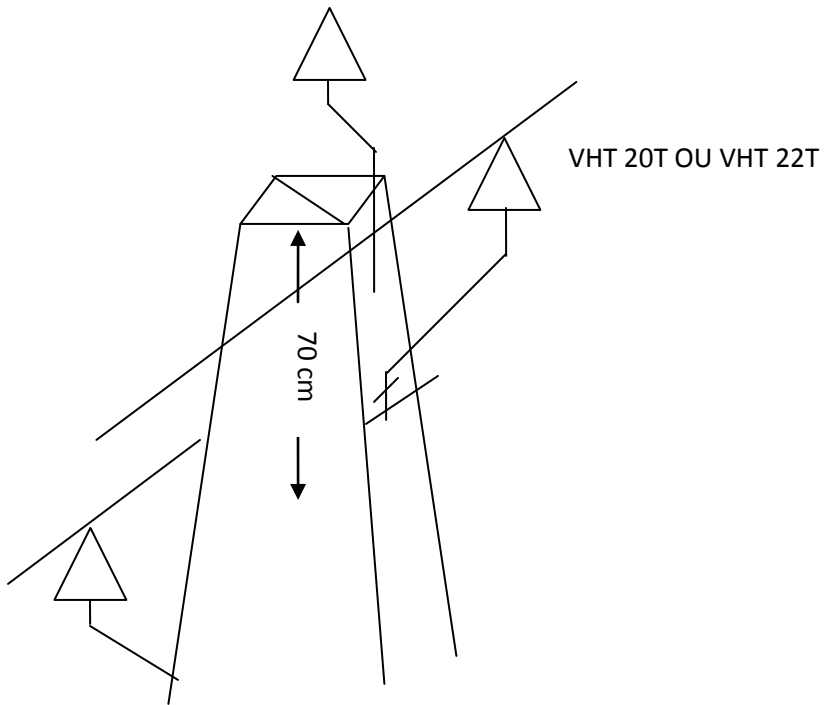
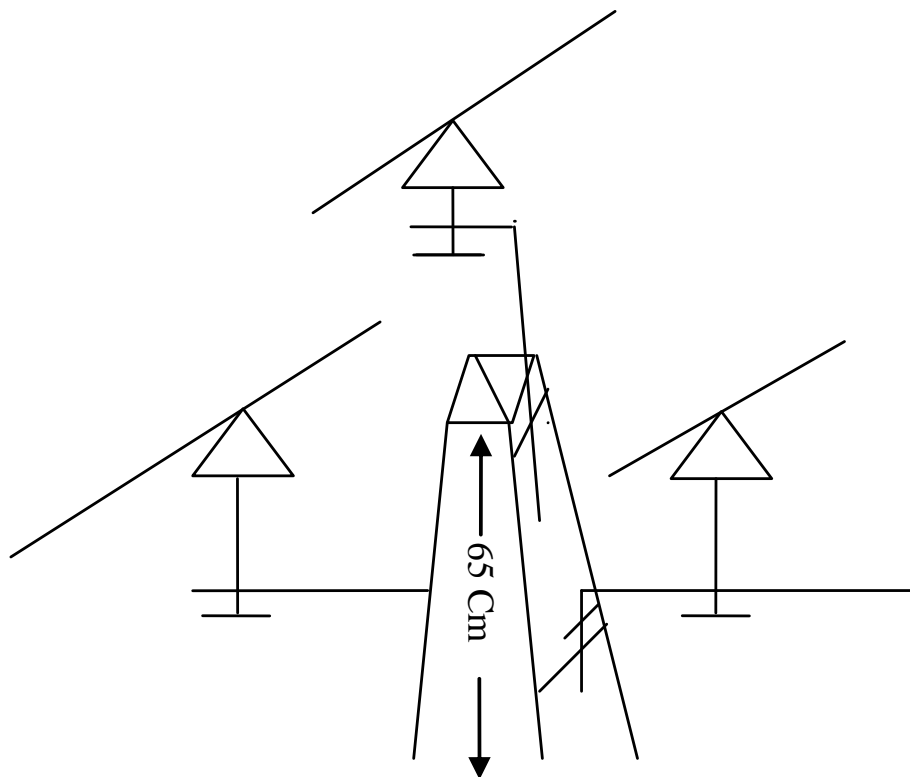
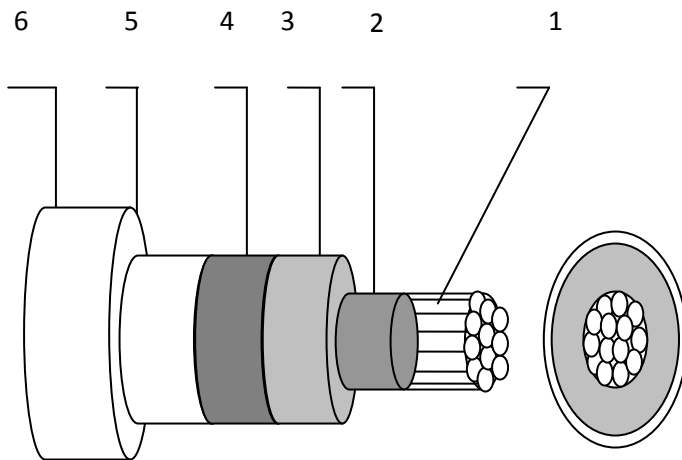


Fig.II-11 : Armement en triangle (Angle $\leq 30^\circ$).





1 -Arme câblée circulaire en cuivre ou en aluminium.

2-cran semi conducteur.

3- Isolation : polyéthylène réticulé Chimiquement (PRC) ou éthylène-Propylène (EPR).

4-Ecran semi-conducteur.

5- Ecran métallique : 1 ou 2 rubans de cuivre.

6- Gaine de protection en polychlorure de vinyle.

**Fig.II-12 : Câble unipolaire à isolation élastomère ou équivalent.
(Polyéthylène réticulé chimiquement ou caoutchouc éthylène propylène).**

II.6.2.2. Equipement des lignes aériennes (MT) en conducteurs nus sur isolateurs suspendus

Cette technique est préconisée pour la construction des lignes d'ossatures ou dérivations importantes, pour lesquelles on cherche une grande fiabilité. Pour ces lignes, on recommande :

- D'éviter au maximum les angles.
- D'éviter des portées exceptionnellement grandes.
- De rechercher une répartition des supports aussi régulière que possible.

Conducteurs :

Ils sont normalement en alliage d'Aluminium et utilisés de la façon suivante :

<u>Sections</u>	<u>Portées moyennes</u>	<u>Portées maximales</u>
AGS 75.5mm ²	155m	300m
AGS 148mm ²	175m	400m

Exceptionnellement le câble (AGS 228mm²) peut être admis. Si le relief impose des portées supérieures aux portées maximales indiquées, elles sont dissociées du reste de la ligne et ancrées sur des supports indépendants, par phase.

Supports :

- Poteaux simples : béton armé ou précontraint type « R » éventuellement bois classe « D » ou « E ».
- Portiques : béton ou bois (écartement normalisé).
- Supports indépendants, par phase, pour grande portée : en béton classe « C ».

Armement

En aucun cas, on doit mettre en place d'armement dont la résistance mécanique est supérieure à celle du support, tant en flexion qu'en torsion.

- Armement d'alignement :
- Armement en nappe voûte.
- Armement alterné avec bis et décalage des phases.
- Armement en nappe verticale avec bis et décalage des phases.
- Portique d'alignement.
- Armement d'angle souple : L'angle souple n'est utilisable que pour un angle inférieur ou égal à (30°). Il existe différents armements :

- Armement nappe voûte pour un angle ($\alpha \leq 10^\circ$).
- Armement triangle pour un angle ($\alpha \leq 30^\circ$).
- Portique dont l'écartement est égal à celui des phases extrêmes pour un angle ($\alpha \leq 30^\circ$).
- Armement d'ancrage et d'arrêt pour un angle ($\alpha \leq 30^\circ$).

Pour double encrage il y a : armement triangle et portique avec dispositif de rotation de la poutre.

Pour arrêt il y a : armement triangle.

- Portique avec dispositif de rotation de la poutre.
- Armement en nappe dans le cas de dérivation.
- Utilisation d'un support par conducteur.

II.6.2.3. Equipement des lignes aériennes en conducteurs isolés

En raison de leurs prix élevés, les lignes aériennes MT en conducteurs isolés doivent être préférées aux lignes en conducteurs nus que lorsque des conditions locales ou des circonstances particulières démontrent l'intérêt, par exemple :

- Zone givrée.
- Région boisée.
- Pénétration dans les petites villes.
- Chantier de construction.
- Zone en cours d'urbanisation.

Conducteurs : Ils sont constitués par :

- Un câble porteur en acier de (50mm^2) de section, isolé au polychlorure de vinyle.
- Trois conducteurs de phase unipolaires torsadés autour du porteur, comportant une âme en aluminium, une isolation en polyéthylène réticulée chimiquement, un écran équipotentielle ruban de cuivre et une gaine extérieure.
- Des parcours souterrains de courtes longueurs peuvent être réalisés avec le même câble moyennant une protection mécanique complémentaire (fourreau ou caniveau).

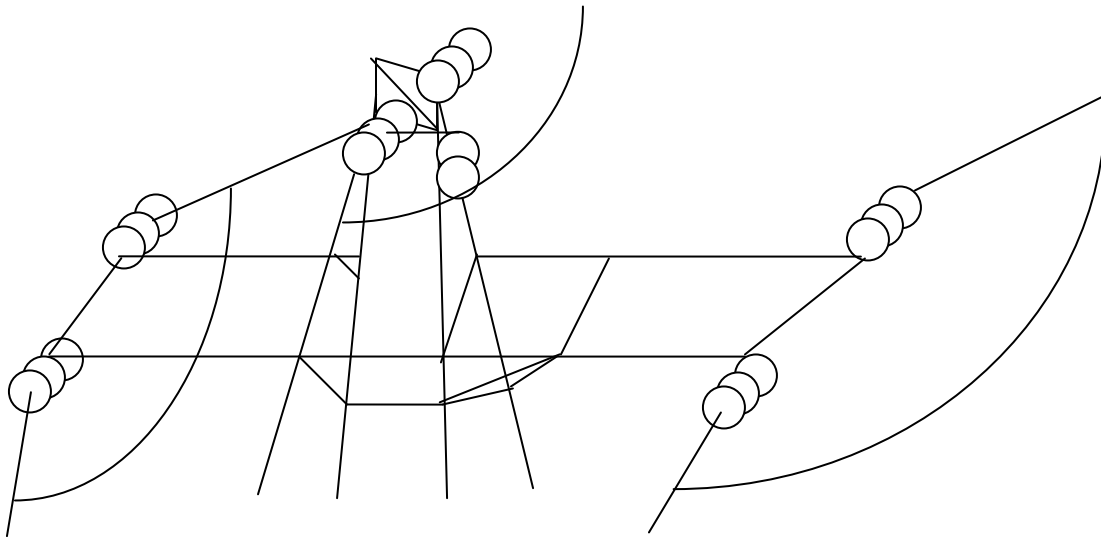


Fig.II-13 : Armement d'ancrage en triangle.

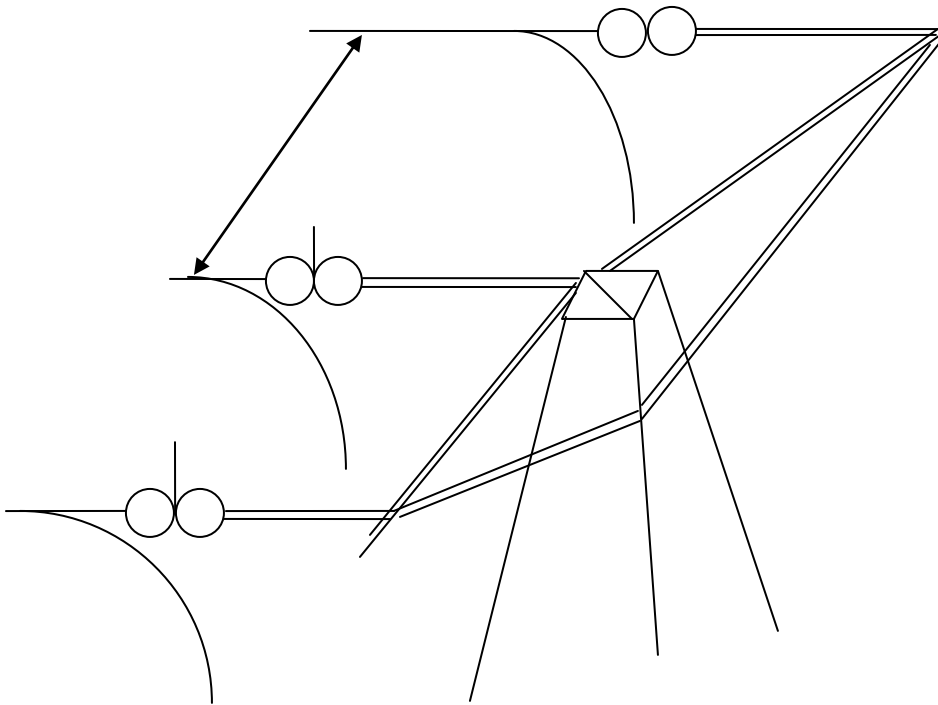


Fig.II-14 : Armement d'arrêt.

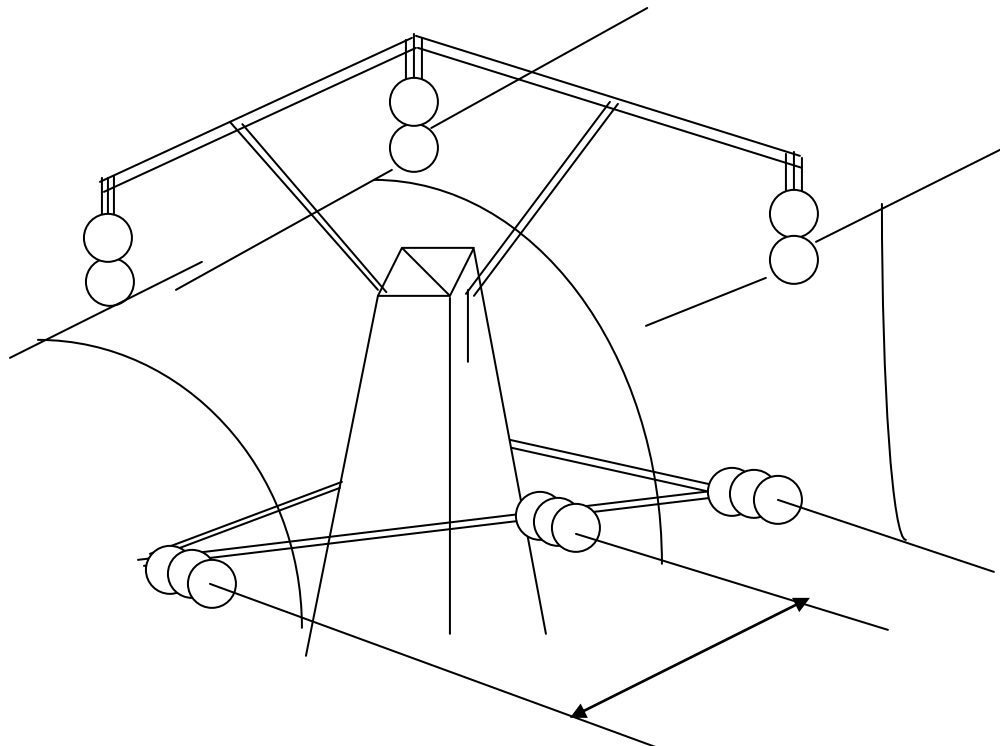


Fig.II-15 : Armement de dérivation.

II.7. Les postes de transformations [6]

Un poste électrique est une partie d'un réseau électrique, située en un même lieu, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électrique, des bâtiments, et, éventuellement, des transformateurs. Un poste électrique est donc un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels). Les postes électriques se trouvent donc aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution. Dans les autres langues, on parle généralement de substation (sous-station).

Les postes électriques ont trois fonctions principales :

- Le raccordement d'un tiers au réseau d'électricité (aussi bien consommateur que producteur type centrale nucléaire)
- L'interconnexion entre les différentes lignes électriques (assurer la répartition de l'électricité entre les différentes lignes issues du poste)
- La transformation de l'énergie en différents niveaux de tension

Pour la transmission de l'énergie électrique, il est économiquement intéressant d'augmenter la tension, car cela limite les déperditions d'énergie par effet Joule. En effet, à puissance délivrée constante, plus la tension est élevée et plus l'intensité passant dans les câbles est faible, donc moins d'échauffement, ce qui permet entre autres de réduire la section des câbles, d'où une économie considérable. Les niveaux utilisés pour les transmissions à grande distance sont généralement entre 400 kV et 800 kV, qualifiés de très haute tension (dénomination actuelle : haute tension B). La tension est ensuite réduite pour une consommation à un niveau de tension usuel, en Europe 230 V, en Amérique 110 V.

Prenons l'exemple typique d'une centrale nucléaire. L'électricité va être produite par la centrale, puis va transiter par :

- Le poste d'évacuation de la centrale (la tension va passer d'environ 20 kV à 400 kV pour être injecté sur le réseau de transport d'électricité)
- Plusieurs postes d'interconnexion 400 kV (trajet de plusieurs centaines de km)
- Un poste de transformation 400 / 225 kV
- Un poste de transformation 225 / 63 kV ou 225 / 90 kV (après un trajet de quelques centaines de km en 225 kV)
- Plusieurs postes d'interconnexion 63 kV ou 90 kV (trajet de plusieurs dizaines de km)
- Le poste final d'une grosse usine raccordée en 63 kV ou 90 kV
- Certains postes de transformation permettent de transformer la tension directement de 400 kV à 63 kV ou 90 kV

Dans le cas d'un particulier, l'électricité devra transiter par un poste source, qui est un poste de transformation 63 / 20 kV, pour être alors injectée sur le réseau de distribution. Certains postes

sources sont équipés de transformateurs 225 / 20 kV et même 400 / 20 kV. Ensuite la tension est une nouvelle fois modifiée par un transformateur 20 kV / 400 V avant d'arriver chez un particulier.

II.7.1. Fonctions

- Élévation de la tension.
- Diminution de la tension.
- Protection (disjoncteurs).
- Isolement (sectionneurs).
- Sécurité (mise à la terre).
- Mesure de courant et tension (réducteurs de mesure).
- Conversion du signal électrique : du courant alternatif au courant continu ou vice versa.

II.7.2. Les technologies

Il existe deux technologies principales pour les postes électriques haute tension :

- La technologie isolée dans l'air, dite aussi conventionnelle. Dans ce cas, les conducteurs électriques hautes tensions sont séparés par une distance d'air qui en assure l'isolation. Ces postes peuvent être réalisés en extérieur, ou bien en bâtiment. Cette variante permet de réduire les dimensions des postes, les équipements haute tension, notamment les isolateurs, étant à l'abri des intempéries et de la pollution.
- La technologie à isolation gazeuse, dite aussi blindée. Dans ce cas, les conducteurs électriques sont encapsulés dans une enveloppe métallique remplie d'un gaz, l'hexafluorure de soufre (SF_6), dont les propriétés diélectriques très supérieures à celles de l'air permettent de réduire les distances d'isolation.

La technologie dite blindée possède des avantages techniques par rapport à la technologie dite conventionnelle : compacité, fiabilité, maintenance réduite. Cependant son coût de fabrication représente un investissement supérieur à celui de la technologie conventionnelle. Une analyse du coût du cycle de vie, en intégrant les aspects de coût du terrain, investissement, fiabilité, maintenance (détection de fuite) et finalement recyclage du gaz SF_6 et démantèlement peut montrer qu'elle est moins chère. Mais les conclusions de ce genre d'analyse sont fortement dépendantes du coût du terrain à l'endroit où le poste est implanté.

II.7.3. Différents types de postes électriques

Il existe plusieurs types de postes électriques :

- Postes de sortie de centrale : le but de ces postes est de raccorder une centrale de production de l'énergie au réseau ;
- Postes d'interconnexion : le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques

- Postes élévateurs : le but est d'augmenter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur ;
- Postes de distribution : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.

L'aspect des postes électriques varie fortement suivant leurs fonctions. Les postes peuvent être en surface à l'intérieur d'une enceinte, souterrains, dans des bâtiments qu'ils desservent.

II.7.4. Les différents éléments

On distingue parfois les éléments d'un poste en "éléments primaires" (les équipements haute tension) et "éléments secondaires" (équipements basse tension)

Parmi les équipements primaires, on peut citer :

- Transformateur électrique.
- Autotransformateur électrique.
- Disjoncteur à haute tension.
- Sectionneur.
- Sectionneur de mise à la terre.
- Parafoudre.
- Transformateur de courant.
- Transformateur de tension.
- Combiné de mesure (courant + tension).
- Jeu de barres.
- Batterie de condensateurs.

Parmi les éléments secondaires on peut citer :

- Relais de protection.

- Equipements de surveillance.
- Equipements de contrôle.
- Système de télé conduite.
- Comptage d'énergie.
- Alimentations auxiliaires.
- Equipements de télécommunication.
- Consignateur d'état.

II.7.5. Constitution d'un poste de transformation

II.7.5.1. Jeu de barre [7]

Dans la distribution électrique un jeu de barres désigne un conducteur de cuivre ou d'aluminium qui conduit de l'électricité dans un tableau électrique, à l'intérieur de l'appareillage électrique ou dans un poste électrique.

Le terme officiel est barre omnibus, mais il n'est guère employé. Selon la définition donnée par la commission électrotechnique internationale, il s'agit d'un conducteur de faible impédance auquel peuvent être reliés plusieurs circuits électriques en des points séparés.

La section conductrice est un paramètre important pour déterminer le courant maximum qui peut traverser un jeu de barres. On trouve des jeux de barres de petites sections (10mm^2), mais les postes à haute tension utilisent des tubes métalliques d'un diamètre allant jusqu'à 120 mm et d'une section allant jusqu'à $1\,000\text{mm}^2$ comme jeu de barres.

Les jeux de barres sont soit des barres plates, soit des tubes creux, car ces formes permettent de dissiper efficacement les pertes grâce à un bon ratio entre leur surface dissipatrice et leur surface conductrice. L'effet de peau rend inefficace des jeux de barres de plus de 8 ou 10 mm d'épaisseur à 50-60 Hz, les tubes creux épais ou les barres plates sont les plus courantes

dans des applications à fort courant. Ces tubes ayant une rigidité meilleure que les barres ou tiges, on les utilise fréquemment dans des postes de grande dimension.

Un jeu de barres peut être supporté par des isolateurs ou bien complètement enrobé d'isolant.

On doit protéger les jeux de barres d'un contact accidentel soit en les plaçant dans une enceinte métallique fermée, soit en les plaçant à une hauteur hors d'atteinte.

✚ En HT, on utilise principalement deux technologies pour les jeux de barres :

- Jeux de barres dits posés, consistant en des tubes reposant sur des isolateurs.
- Jeux de barres dits tendus, consistant en des conducteurs flexibles suspendus par des chaînes d'isolateurs à des structures métalliques dites portiques.

✚ En MT, on utilise des barres rectangulaires. Soit les appareillages sont connectés directement sur les barres soit les appareillages sont raccordés au moyen de conducteurs électrique (câble ou file isolé). Pour effectuer le raccordement à l'appareillage ou au câble, les barres sont munies de dispositifs de connexion (trou, borne, etc.).

II.7.5.2. Les sectionneurs [8]

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

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

II.7.5.3. Disjoncteurs

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

Les disjoncteurs les plus répandus sont :

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

a) Disjoncteurs à l'huile

Se composent essentiellement d'une cuve contenant de l'huile isolant, de bornes d'entrée en porcelaine à l'extrémité desquelles se trouvent les fixes, et d'un contact mobile actionné par déplacement d'une tige isolante. Le courant d'une phase pénètre par l'une des bornes d'entrée, traverse le premier contact fixe, le contact mobile puis le second contact fixe et sort par la deuxième borne appelée traversée.

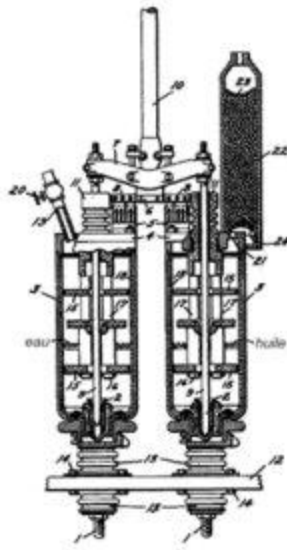


Fig.II-16 : Disjoncteur à l'huile.

b) Disjoncteurs à air comprimé

Provoquent l'extinction de l'arc en soufflant de l'air à vitesse supersonique entre les contacts qui se séparent. L'air est conservé dans des réservoirs à une pression de l'ordre de 3 MPa, grâce à un compresseur situé dans le poste de transformation. L'ouverture de ces disjoncteurs peut se faire dans un délai compris entre 3 et 6 cycles sous une tension de 362 kV et un courant de 40 kA. Le bruit produit lors de l'ouverture nécessite parfois des mesures d'insonorisation dans les régions résidentielles.



Fig.II-17 : Disjoncteur à air comprimé.

c) Disjoncteurs au SF₆

L'hexafluorure de soufre est un gaz inerte, incolore et ininflammable. Son pouvoir extingueur à l'arc est dix fois supérieur à celui de l'air. En plus, ils permettent une grande économie d'espace tout en étant plus silencieux que les disjoncteurs à air comprimée. Les disjoncteurs au SF₆ sont alors considérés de haute qualité. Ce type de disjoncteur est utilisé lorsqu'il faut réduire les dimensions du disjoncteur.



Fig.II-18 : Disjoncteur au SF₆.

d) Disjoncteurs à vide

Fonctionnent sur un principe différent de celui des autres disjoncteurs l'absence d'un gaz évite le problème d'ionisation lors de l'ouverture des contacts. Ces disjoncteurs sont scellés hermétiquement de sorte qu'ils n'occasionnent aucun problème de contamination ni de bruit. Leur tension de rupture est limitée une valeur de 30 kV environ. Pour des tensions plus élevées, on monte plusieurs modules en série.



Fig.II-19 : Disjoncteur à vide.

II.8. Les transformateurs

Un transformateur électrique est un convertisseur permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme. Il effectue cette transformation avec un excellent rendement.

II.8.1. Transformateur de mesure

-Transformateur de courant TC [9]

Cet appareil comporte deux circuits, un primaire et un secondaire, et un circuit magnétique. Il délivre un signal secondaire de même nature que la grandeur primaire à mesurer ; c'est une source de courant. Bien qu'il ne soit pas linéaire et que sa plage d'utilisation soit limitée par les phénomènes de saturation magnétique, aujourd'hui c'est le type d'appareil le plus employé en THT.

Un TC peut comporter plusieurs secondaires, chacun d'eux étant dédié à une fonction précise, mesure ou protection.

- Secondaire « mesure » : Sa plage de précision est étroite. Elle est généralement limitée à des courants inférieurs au courant primaire assigné.
- Secondaire « protection » : Dans ce cas la plage de précision est très large. Elle atteint très souvent une à vingt fois le courant primaire assigné.

Il existe deux types de transformateurs de courant :

- Les transformateurs de type primaire bobiné; utilisés pour les courants de faible intensité.
- Les transformateurs de type primaire à barres; utilisés pour les courants supérieurs à 100 A, le primaire ne comporte qu'un tour de câble où la barre conduisant le courant, le courant passe dans la fenêtre d'un circuit magnétique toroïdale, sur le tore l'enroulement secondaire est bobiné très soigneusement.

-Transformateur de tension TT [7]

Ce transformateur est l'un des moyens pour mesurer des tensions alternatives élevées. Il s'agit d'un transformateur qui a la particularité d'avoir un rapport de transformation étalonné avec précision, mais prévu pour ne délivrer qu'une très faible charge au secondaire, correspondant à un voltmètre. Le rapport de transformation permet de mesurer des tensions primaires s'exprimant en kilovolt (kV). On le rencontre en MT et HT.

-Transformateur de puissance TP [10]

Le transformateur de puissance reçoit l'énergie électrique de l'alternateur et élève la tension en vue du transport ; le bobinage primaire sera donc à la même tension que l'alternateur tandis que la tension du secondaire dépendra de la ligne utilisée pour le transport.

On trouve sur les réseaux électriques deux types de transformateurs de puissance :

- ❖ Les autotransformateurs qui n'ont pas d'isolement entre le primaire et le secondaire. Ils ont un rapport de transformation fixe quand ils sont en service, mais qui peut être chargé si l'autotransformateur est mis hors service.

- ❖ Les transformateurs avec régleurs en charge sont capables de charger leur rapport de transformation quand ils sont en service. Ils sont utilisés pour maintenir une tension constante au secondaire (la tension la plus basse) et jouent un rôle important dans le maintien de la tension.

II.8.2. Transformateur d'isolement [7]

Le transformateur d'isolement est uniquement destiné à créer un isolement électrique entre plusieurs circuits pour des raisons bien souvent de sécurité ou de résolution de problèmes techniques. Tous les transformateurs à enroulement primaire isolé du (des) secondaire(s) devraient être considérés comme des transformateurs d'isolement ; toutefois, en pratique, ce nom désigne des transformateurs dont la tension de sortie a la même valeur efficace que celle de l'entrée.

Le transformateur d'isolement comporte deux enroulements presque identiques au primaire et au secondaire :

- Le nombre de spires du secondaire est souvent très légèrement supérieur au nombre de spires du primaire afin de compenser la faible chute de tension en fonctionnement.
- Les sections de fil au primaire et au secondaire sont identiques car l'intensité des courants est la même.

Les problèmes engendrés

L'implantation d'un poste électrique est loin de poser les problèmes environnementaux suscités par l'implantation d'une centrale électrique ou d'une ligne à haute tension.

Les problèmes engendrés sont essentiellement :

L'esthétisme : les postes électriques utilisant une technologie à isolation dans l'air sont fortement déconseillés en zone urbaine de par la surface nécessaire pour implanter les différentes parties qui doivent être isolées entre elles et pour des raisons de sécurité. On préférera des postes à isolation gazeuse installés en bâtiment solution idéale en zone urbaine voir en ville en sous sol, sinon en espace ouvert la surface est réduite au maximum (4 à 6 fois moins que pour un isolement en technologie en espace libre).

Conclusion

Dans ce chapitre, on a donné quelques généralités sur les réseaux électriques notamment leur structure.

Chapitre III

ETUDE DES DEFAUTS ET MOYENS DE PROTECTION DANS LES RESEAUX ELECTRIQUES

III.1. Introduction [3]

Toute installation électrique, qui a été prévue pour une intensité bien déterminée peut être le siège de perturbations accidentelles dues à des causes non prévisibles : coup de foudre, court-circuit, etc. Ces perturbations peuvent être dangereuses pour le personnel et pour le matériel, il y a lieu donc de prévoir des moyens de protection appropriés.

III.2. Défauts électriques [13]

III.2.1. Définition d'un défaut

C'est la modification accidentelle affectant le fonctionnement normal d'un processus, ou d'un circuit électrique.

III.2.2. Caractère des défauts [3]

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

III.2.2.1. Défauts momentanés

Ce sont ceux qui disparaissent d'eux même au bout d'un temps variable mais relativement restreint. Si leur disparition se produit sans mise hors tension du réseau, ils sont dits « auto-extincteurs », c'est le cas des amorçages. Si leur disparition nécessite la mise hors tension du réseau, ils sont dits fugitifs ou « semi-permanent », c'est dans le cas des contacts de branches, d'oiseaux avec les conducteurs.

III.2.2.2. Défauts permanents

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

III.3. Les causes des défauts [14]

Les causes aptes à déclencher des défauts dans les réseaux sont nombreuses et peuvent avoir pour origines :

III.3.1. Origine externe

Des événements indépendants du réseau, par exemple, l'origine mécanique qui est le cas de la rupture d'un support, d'un conducteur ou d'un isolateur sur une ligne aérienne et l'amorçage dû aux contacts de branches, de brindilles ou même d'oiseaux avec les conducteurs, ainsi que l'origine atmosphérique qui est le cas de la foudre qui s'abat sur une ligne aérienne ou sur un poste, aussi les amorçages qui résultent des dépôts conducteurs accumulateurs sur les isolateurs et les travaux de terrassements ; ou glissements de terrains qui entraînent systématiquement des défauts permanents sur les câbles souterrains.

III.3.2. Origine interne

Des phénomènes propres au réseau, car ils prennent naissance dans les réseaux eux-mêmes sans être justifiés par aucune cause extérieure. Les isolants subissent des dégradations conduisant à des défauts d'isolement qui se traduisent par des courts-circuits, aussi des surtensions dues à des phénomènes de résonance, perforation d'une isolation interne de transformateur d'un poste par fatigue diélectrique.

III.4. Différents types de défauts [13]

Les différents types de défauts sont : les courts-circuits, les surintensités, les surtensions, et les déséquilibres.

III.4.1. Courts circuits

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

Sur les réseaux MT, les courts-circuits sont dus en général à des contacts accidentels entre phases ou entre phase et terre, à une fausse manœuvre, ou à un défaut d'isolement.

III.4.2. Surintensités

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

Leurs origines sont les surcharges et les courts-circuits.

On a deux types de surcharges :

- Surcharges normales : Elles se produisent lors de la mise sous tension des moteurs, des transformateurs et des appareils électriques divers.

- Surcharges anormales : Les appareils de grande puissance causent des échauffements lents nuisibles aux installations.

III.4.3. Surtensions

La surtension est le passage de la tension nominale à une valeur supérieure à la normale. Elle survient suite aux différentes manœuvres sur les organes de coupure, les coups de foudre et contact accidentel avec une installation de tension supérieure. Les surtensions sont dangereuses dans les réseaux, car elles soumettent les isolants à des contraintes qui risquent de les détériorer.

III.4.4. Les déséquilibres

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

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

III.5. Conséquences des défauts [14]

En général, la présence d'un défaut sur un réseau provoque des surintensités, des chutes de tension et des déséquilibres des tensions et des courants des phases.

Ces phénomènes, dont l'importance dépend de la constitution du réseau, de la nature du défaut (entre phases ou entre phase et terre) et de l'emplacement de celui-ci, entraînent toute une série de conséquences que nous passerons en revue :

III.5.1. Echauffement

Les échauffements dus au courant de court-circuit sont particulièrement à craindre pour les câbles souterrains, pour lesquels les échanges calorifiques avec l'extérieur sont assez limités. Une densité de 100A/mm^2 provoque un accroissement d'environ 100°C/s .

Lors du claquage d'un câble souterrain, Les arcs électriques provoqués peuvent entraîner sa fusion sur des longueurs de plusieurs décimètres, si le défaut n'est pas éliminé rapidement.

III.5.2. Explosion de disjoncteur

La valeur importante atteinte par les courants de court-circuit peut provoquer l'explosion de disjoncteur, particulièrement ceux du type ancien placé sur des réseaux MT alimentés par les transformateurs HT/MT de grande puissance.

III.5.3. Effets électrodynamiques

A chaque passage d'un courant très intense dans les conducteurs, ceux-ci s'attirent ou se repoussent avec une force proportionnelle au carré du courant et inversement proportionnelle à leur distance ($F=KI^2/d$) ; ces efforts provoquent la déformation des jeux de barres et des connexions ; par des ruptures de supports isolateurs et même parfois des avaries considérables survenant aux enroulements des bobines de réactances et des transformateurs, si ceux-ci n'ont pas la rigidité suffisante.

III.5.4. Perturbations dans les lignes de télécommunications

Considérons une ligne de transport d'énergie qui emprunte un trajet parallèle à celui des lignes de télécommunication aériennes ou souterraines. En cas de défaut entre une phase de la ligne et la terre, le triple de la composante homopolaire des courants $3I_0$, qui circule dans le sol induit une f.e.m proportionnelle à I_0 dans le circuit constitué par le sol et la ligne de télécommunication dans le cas où cette dernière est mise à la terre ou mal isolée en l'un de ses points, une tension apparaît à l'extrémité de cette ligne et lorsque la composante homopolaire des courants de court-circuit est suffisamment intense, cette tension peut atteindre des valeurs dangereuses pour le personnel et l'installation électrique.

III.5.5. Effet de la chute de tension

Les courants de court-circuit, traversant les différents éléments du réseau, provoquent des chutes de tension qui risquent de causer le décrochage des machines synchrones ou asynchrones et de porter atteinte à la stabilité du réseau.

III.6. Calcul de courant de court-circuit

III.6.1. Intensité des courants des courts-circuits

L'intensité d'un courant de court-circuit dans un réseau monophasé se définit

Simplement par application de la loi d'Ohm $|I| = \frac{|V|}{|Z|}$

V : Etant la tension de la source.

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

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

III.6.2. Calcul des impédances

Le calcul des courants de défaut passe par la détermination des impédances directe, inverse et homopolaire équivalentes vues du point de défaut. Elles sont obtenues par la réduction du schéma global d'impédance de tout le matériel constituant le circuit électrique.

Le calcul de différentes impédances existant entre le départ 220 kV et le point de défaut qui se trouve sur le départ MT (30 kV) s'effectue comme suit :

III.6.2.1. Impédance du réseau HT ramenée en MT

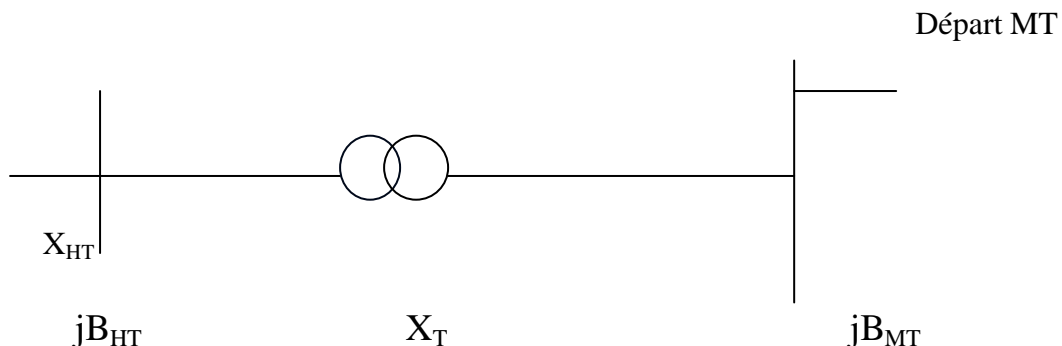


Figure III.1 : Impédance du réseau HT ramené en MT.

$$X_{HT} = \frac{U_n^2}{S_{cc}} \quad U_n(\text{kV}) \quad S_{cc}(\text{MVA})$$

Avec : U_n : Tension composée du réseau MT.

S_{cc} : Puissance de court-circuit coté HT.

III.6.2.2. Impédance du transformateur HT/MT

Pour les gros transformateurs, la résistance est négligeable devant la réactance. Donc l'impédance est égale à la réactance.

$$X_T = \frac{U_{cc} \text{ } \%}{100} \frac{U^2 (kV)}{S_n (MVA)}$$

Avec : U_{cc} (%) : Tension de court-circuit du transformateur.

U_{nt} : Tension nominale secondaire du transformateur.

S_n : Puissance nominale du transformateur.

Le tableau suivant donne la tension de court-circuit en fonction des puissances pour des tensions d'un réseau HT/MT données.

Tension des Réseaux HT et MT (kV)	Puissance (MVA)	Tension de Court-circuit (%)	Couplage	Rapport de Transformation n
60 /10	20	12,5	Y_N/d_{11}	60/10,5
	30			
60 /30	20	12 ,5	Y_N/Y_{n0}	60/31 ,5
	30			
	40			
220/10	30	12 ,5	Y_N/d_{11}	220 /10 ,5
220 /30	20	12,5	Y_N/Y_{n0}	220 /31 ,5
	30			
	40			
	60	15,3		

III.6.2.3. Impédance du réseau MT

La résistance de la ligne R est égale à R_0L

La résistance de la ligne X est égale à X_0L .

Avec : $\left\{ \begin{array}{l} R_0 : \text{résistance linéaire de la ligne en } \Omega / \text{km.} \\ X_0 : \text{réactance linéaire de la ligne en } \Omega / \text{km.} \\ L : \text{longueur de la ligne en km.} \end{array} \right.$

Le tableau ci-dessous donne la résistance et le courant limite thermique en fonction de la section et de la nature du conducteur.

Nature	Section (mm ²)	R 20°C (Ω /km)	R 50°C (Ω /km)	I _{LT} (A)
Cuivre	30	0.627	0.701	109
	50	0.379	0.424	180
	70	0.269	0.300	210
	95	0.194	0.217	250
	120	0.157	0.176	300
	146	0.126	0.141	340
	185	0.099	0.111	400
Aluminium	25	1.200	1.345	78
	35	0.868	0.973	95
	50	0.641	0.918	114
	70	0.443	0.497	142
	95	0.320	0.359	172
	120	0.253	0.284	198
	150	0.206	0.231	225
	185	0.164	0.184	245
	240	0.125	0.140	305

III.6.2.4. Impédances des lignes et de câble

Les lignes et les câbles utilisés dans les réseaux de distribution possèdent une résistance souvent non négligeable devant leur réactance.

Ces éléments sont passifs, présentent au passage d'un courant équilibré une impédance dont la valeur est indépendante de l'ordre de succession des phases. En conséquence les impédances directe et inverse de ces éléments sont identiques ($Z_d = Z_i$).

➤ **Impédances des lignes aériennes**

• **Impédance directe ou inverse**

Pour une ligne triphasée, la mesure de cette impédance \bar{Z}_d ou \bar{Z}_i s'effectue comme suit :

- On court-circuite les extrémités de la ligne.
- On applique successivement une tension composée entre phases prises deux à deux.
- On mesure les courants I_x correspondant à chacun des trois circuits. Soit I la moyenne des I_x .

L'impédance directe ou inverse a pour valeur : $Z_d = V_0 / 2I$

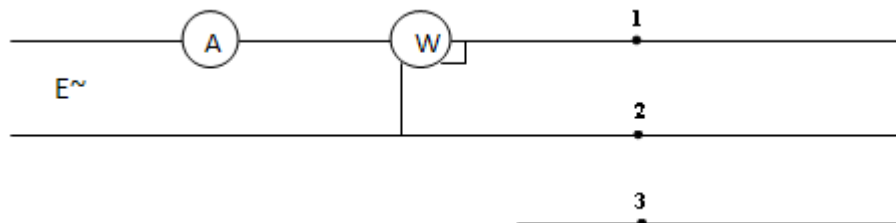


Figure III.2 : schéma du montage pour la mesure de Z_d ou Z_i

Z_d est de dénominateur égal à $2I$ car le circuit sur lequel on effectue les mesures représente deux fois la longueur d'un conducteur de phase.

En ajoutant un wattmètre au circuit dont on cherche à déterminer l'impédance, on peut déduire :

- Sa résistance :
$$R = \frac{P}{2I^2}$$

- Sa réactance :
$$L\omega = \sqrt{Z_d^2 - R^2}$$

L'expression de l'impédance directe ou inverse est égale à :

$$Z_d = Z_i = R + j\omega \left(0.5 + 4.6 \log \frac{D}{r} \right) 10^{-4} \quad (\text{H/km})$$

Ou r : Rayon du conducteur de la ligne.

D : Position relative de ces conducteurs dans l'espace.

- **Impédance homopolaire**

L'impédance $Z_0 = V/I_0$ d'une ligne triphasée se mesure en réalisant le montage de la figure III.3.

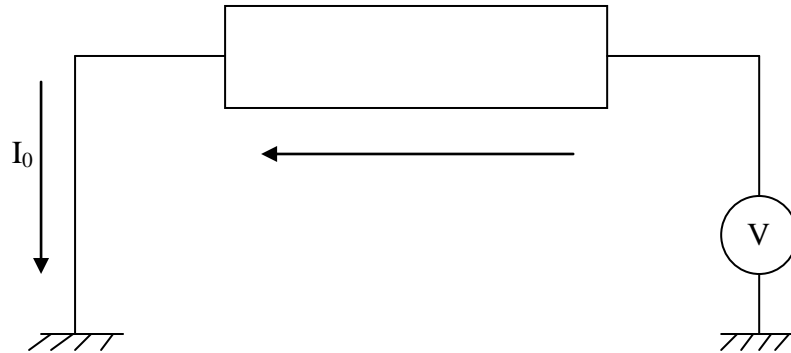


Figure III.3.

$$d'' = \frac{0.522}{\sqrt{\sigma\omega}}$$

Cette impédance par phase peut être déterminée par la formule de CARSON

$$Z_0 = R + 3 \left(\frac{\pi\omega}{2} + j4.6\omega \log \frac{d''}{\sqrt{r'D^2}} \right) 10^{-4} \quad (\Omega / \text{km})$$

$$r' = 0.779 r$$

Avec r' : Le rayon géométrique équivalent d'un conducteur cylindrique homogène.

$$d'' = 0.522 / \sqrt{\sigma \cdot \omega} \quad (\text{cm})$$

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

σ (C.G.S) : La conductibilité du sol dont la valeur dépend de la nature du terrain.

La partie réelle de l'impédance homopolaire Z_0 est de valeur :

$R + \left(\frac{3}{2} \right) \pi \omega 10^{-4} = R + 0.15$, représente la résistance totale du circuit ligne /sol, R : étant la résistance du conducteur métallique et le 0.15 est la valeur de la résistance du sol.

Pour les calculs de courant de court-circuit, on peut supposer en première approximation l'impédance homopolaire est égale à trois fois l'impédance directe ou inverse.

$$Z_{06} \cong 3Z_i \cong 3Z_d \cong 1.2 \quad \Omega / \text{km}$$

➤ Impédance des câbles souterrains

• Impédance directe ou inverse

Les fabricants de câble définissent dans leur catalogue une expression appelée facteur d'impédance f_1 . A partir de la résistance en courant continu $R_c = \rho(1/S)$ d'un conducteur de câble, le facteur d'impédance permet le calcul de l'impédance directe par la relation :

$$Z_d = f_1 \cdot R_c \quad \text{généralement, } Z_d = Z_i \approx 0.1 \, \Omega / \text{km}.$$

• Impédance homopolaire

L'impédance homopolaire d'un câble se mesure comme celle d'une ligne aérienne. Elle est très compliquée à déterminer car il n'existe pas de formules simples qui permettent, connaissant l'impédance directe d'un câble, d'en déduire son impédance homopolaire. Sa valeur dépend de cas d'espèces :

➤ Câble tripolaire sous enveloppe unique

Pour un câble à armure non magnétique, son impédance homopolaire se calcul par la formule suivante :

$$Z_0 = R + 3jL_{CP}\omega + 3R_p(1 - K) \quad (\Omega / \text{km})$$

$$L_{CP} + \left(4.6 \log \frac{r_m}{\sqrt[3]{r'D^2}} \right) 10^{-4} \quad (\text{H/km})$$

$$K = \frac{R'_p}{R''_p + jL'\omega}$$

$$R'_p = R_p + R_{T1} + R_{T2}$$

$$R''_p = R_p + R_s$$

$$\text{Donc : } R''_p = R'_p + R_s = R_p + R_{T1} + R_{T2} + R_s$$

Avec R_s : La résistance du sol, elle est en fonction de la longueur du câble.

$$L' = 4.6 \log \frac{3.3}{\gamma \alpha r_m} 10^{-4} \quad (\text{H/km})$$

Avec R : Résistance d'un conducteur.

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

r' : Rayon géométrique équivalent d'un conducteur.

D : Distance entre conducteurs

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

$$\gamma = 1.781, \alpha = \sqrt{4\pi\sigma\omega}$$

avec σ : conductibilité

Dans le cas d'un câble à armure magnétique, il est préférable de déterminer Z_0 expérimentalement.

➤ câble unipolaire sous enveloppe individuelle

Dans ce type de câble, l'impédance homopolaire se calcule par la formule :

$$Z_0 = R + j\omega L_{CP} + R_p(1 - K) \quad (\Omega / \text{km})$$

$$L_{CP} = \left(4.6 \log \frac{r_m}{r'} \right) 10^{-4} \quad (\text{H/km})$$

$$K = \frac{R'_p}{3} \frac{1}{R'' + jL'\omega}$$

$$R''_p = \frac{R'_p}{3} + R_s$$

$$L' = 4.6 \log \frac{3.3}{\gamma \alpha^3 \sqrt{r_m} D^2} 10^{-4}$$

III.6.3. Les composantes symétriques

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

III.6.3.1. Définition des composantes symétriques

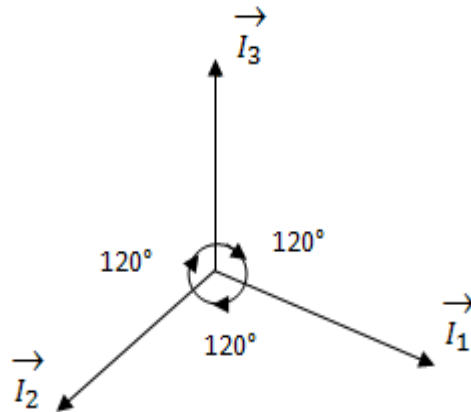
On considère le système triphasé sinusoïdal équilibré suivant :

a-Système direct

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

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

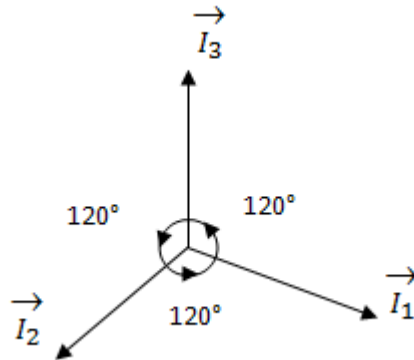
$$I_3 = I \sqrt{2} \cos(\omega t + \frac{4\pi}{3})$$

**b-Système inverse**

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

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

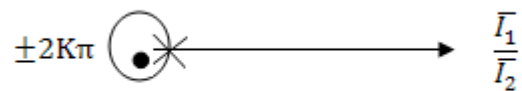
$$I_3 = I \sqrt{2} \cos(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$

**c-Système homopolaire**

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

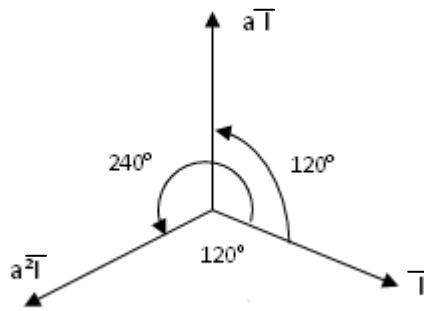
$$I_2 = I \sqrt{2} \cos \omega t$$

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

**III.6.3.2. Définition et propriétés de l'opérateur « a »**

Le principe de la méthode des composantes symétrique, consiste à ramener un système de trois vecteurs quelconque à trois systèmes de vecteurs symétriques.

Pour simplifier cette opération, on fait appel à un nouvel opérateur appelé « a »



Un déphasage avant (ou arrière) de 360° fait coïncider le vecteur $a^3 I$ avec le vecteur I , ce qui permet d'écrire : $a^3 I = I$ ou $a^3 = 1$.

III.6.3.3. Décomposition d'un système triphasé quelconque formé de trois vecteurs I_1 , I_2 et I_3

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

On écrit :

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = \bar{I}_{d1} + \bar{I}_{i1} + \bar{I}_{01} = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0 \\ \bar{I}_2 = \bar{I}_{d2} + \bar{I}_{i2} + \bar{I}_{02} = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i + \bar{I}_0 \\ \bar{I}_3 = \bar{I}_{d3} + \bar{I}_{i3} + \bar{I}_{03} = a \bar{I}_d + a^2 \bar{I}_i + \bar{I}_0 \end{cases}$$

$$\text{Avec : } \bar{I}_{d1} = \bar{I}_d \quad \bar{I}_{i1} = \bar{I}_i \quad \bar{I}_{01} = \bar{I}_0$$

III.6.3.4. Expression des composantes symétriques

$$\begin{cases} \bar{I}_0 = \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3) \\ \bar{I}_d = \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + a \bar{I}_2 + a^2 \bar{I}_3) \\ \bar{I}_i = \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + a^2 \bar{I}_2 + a \bar{I}_3) \end{cases}$$

III.6.4. Analyse du défaut

Le but du calcul des défauts est l'augmentation de la fiabilité des réseaux électriques. Les défauts sont divisés en deux groupes :

- Les défauts transversaux.

- Les défauts longitudinaux.

1- Défauts transversaux : Sont les différentes formes de court circuit.

2- Défauts longitudinaux : Sont les coupures des conducteurs de phases qu'on appelle régime de phases incomplet.

Calcul des défauts asymétriques : Le calcul de ces défauts est basé sur les composantes symétriques, on remplace un système triphasé déséquilibré par trois systèmes équilibrés appelés : système direct, inverse et homopolaire.

$$\begin{cases} \bar{A} = \bar{A}_d + \bar{A}_i + \bar{A}_0. \\ \bar{B} = \bar{B}_d + \bar{B}_i + \bar{B}_0. \\ \bar{C} = \bar{C}_d + \bar{C}_i + \bar{C}_0. \end{cases} \quad (1)$$

Sachant les valeurs (A, B, C), on détermine les trois composantes symétriques.

Pour cette raison, exprimons \bar{B}_d , \bar{B}_i , \bar{C}_d et \bar{C}_i par \bar{A}_d et \bar{A}_i .

$$\begin{cases} \bar{B}_d = a^2 \bar{A}_d. \\ \bar{B}_i = a \bar{A}_i \\ \bar{C}_d = a \bar{A}_d \end{cases}$$

$$\bar{A}_0 = \bar{B}_0 = \bar{C}_0.$$

$$\begin{cases} \bar{A} = \bar{A}_d + \bar{A}_i + \bar{A}_0. \\ \bar{B} = a^2 \bar{A}_d + a \bar{A}_i + \bar{A}_0. \\ \bar{C} = a \bar{A}_d + a^2 \bar{A}_i + \bar{A}_0. \end{cases} \quad (2)$$

$$\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} = (1 + a^2 + a) \bar{A}_d + (1 + a^2 + a) \bar{A}_i + 3 \bar{A}_0.$$

$$\bar{A}_0 = \frac{1}{3}(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \quad \text{Où} \quad a = e^{j120} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

$$|a| = 1.$$

$$\begin{cases} \bar{A} = \bar{A}_d + \bar{A}_i + \bar{A}_0. \\ \bar{A}(\bar{B} = a^2 \bar{A}_d + a \bar{A}_i + \bar{A}_0) \\ \bar{A}(\bar{C} = a \bar{A}_d + a^2 \bar{A}_i + \bar{A}_0) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{A}_d = \frac{1}{3}(\bar{A} + a\bar{B} + a^2\bar{C}) \\ \bar{A}_i = \frac{1}{3}(\bar{A} + a^2\bar{B} + a\bar{C}) \\ \bar{A}_0 = \frac{1}{3}(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \end{cases} \quad (3)$$

Par exemple, dans le cas des calculs des courants lors d'application, les tensions déséquilibrées et les paramètres d'un circuit donné, on remplace les tensions déséquilibrées par leurs trois composantes symétriques des courants en utilisant (3) et (2) : on détermine les courants déséquilibrés correspondants ou tensions déséquilibrées.

$$\begin{cases} \bar{I}_d = \frac{\bar{U}_d}{\bar{Z}_d} \\ \bar{I}_i = \frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_i} \\ \bar{I}_0 = \frac{\bar{U}_0}{\bar{Z}_0} \end{cases} \quad \text{D'après (3).}$$

Puis d'après (2), on détermine les courants de phases :

$$\begin{cases} \bar{I}_A = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0. \\ \bar{I}_B = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i + \bar{I}_0. \\ \bar{I}_C = a \bar{I}_d + a^2 \bar{I}_i + \bar{I}_0. \end{cases}$$

$\bar{Z}_i, \bar{Z}_d, \bar{Z}_0$: Sont des impédances de trios systèmes symétriques.

\bar{Z}_d : Est une impédance usuelle.

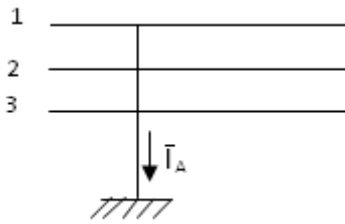
\bar{Z}_i : Est l'impédance d'un système inverse.

Si la partie du réseau électrique considérée n'est pas un élément tournant, $\bar{Z}_i = \bar{Z}_d$ car cette impédance ne dépend pas de l'ordre de changement de l'alternance de phases.

\bar{Z}_0 : Impédance homopolaire n'a qu'une valeur finie que si le neutre du réseau est mis à la terre.

Si le neutre est isolé de la terre, l'impédance homopolaire à une valeur infiniment grande.

1. Court circuit monophasé



$$\begin{cases} \bar{E}_d = \bar{Z}_d \bar{I}_d + \bar{U}_d & (1) \\ 0 = \bar{Z}_i \bar{I}_i + \bar{U}_i & (2) \\ 0 = \bar{Z}_0 \bar{I}_0 + \bar{U}_0 & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_A = 0 & (4) \\ \bar{I}_B = 0 & (5) \\ \bar{I}_C = 0 & (6) \end{cases}$$

(5) et (6) d'après (3)

$$\bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_0 = \frac{1}{3} \bar{I}_A$$

$$(4) \rightarrow \bar{U}_A = \bar{U}_d + \bar{U}_i + \bar{U}_0 = 0$$

$$\bar{E}_d - \bar{Z}_d \bar{I}_d - \bar{Z}_i \bar{I}_i - \bar{Z}_0 \bar{I}_0 = 0$$

$$\bar{E}_d = (\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0) \bar{I}_d$$

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

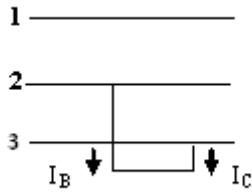
$$\bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_0 = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0}$$

$$\begin{cases} \bar{I}_A = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0 = 3\bar{I}_d = \frac{3\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0} \\ \bar{I}_B = a^2 \bar{I}_d + a\bar{I}_i + \bar{I}_0 = \bar{I}_d(a^2 + a + 1) = 0 \\ \bar{I}_C = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_d = \bar{E}_d - \bar{Z}_d \bar{I}_d = \bar{E}_d - \bar{E}_d \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0} = \bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i + \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0} \\ \bar{U}_i = -\bar{Z}_i \bar{I}_i = -\bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0} \\ \bar{U}_0 = -\bar{Z}_0 \bar{I}_0 = -\bar{E}_d \frac{\bar{Z}_0}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_A = \bar{U}_d + \bar{U}_i + \bar{U}_0 = 0 \\ \bar{U}_B = a^2 \bar{U}_d + a\bar{U}_i + \bar{U}_0 \\ \bar{U}_C = a\bar{U}_d + a^2 \bar{U}_i + \bar{U}_0 \end{cases}$$

2. Court circuit biphasé sans contact avec la terre



$$\begin{cases} \bar{I}_1 = 0 \\ \bar{U}_2 = \bar{U}_3 \end{cases}$$

$$(3) \rightarrow \bar{I}_1 = 0 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0$$

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

$$\bar{Z}_0 = \infty, \bar{I}_0, \bar{U}_0 = 0$$

$$(4) \rightarrow a^2 \bar{U}_d + a\bar{U}_i + \bar{U}_0 = a\bar{U}_d + a^2 \bar{U}_i + \bar{U}_0$$

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

$$\bar{U}_d = \bar{U}_i \quad (6)$$

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

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

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

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

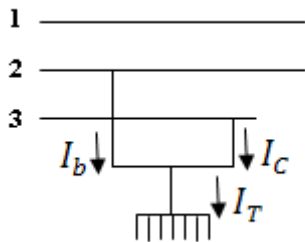
Sachant les composantes des courants on calcule les courants des phases.

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_A = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0 = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} - \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} = 0 \\ \bar{I}_B = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i = (a^2 - a) \bar{I}_d = -j\sqrt{3} \bar{I}_d = -j \frac{\sqrt{3} \bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \\ \bar{I}_C = (a^2 - a) \bar{I}_d = j \frac{\sqrt{3} \bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \end{array} \right.$$

$$(6) \rightarrow \bar{U}_d = \bar{U}_i = -\bar{Z}_i \bar{I}_i = \bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{U}_A = \bar{U}_d + \bar{U}_i = 2\bar{U}_d = \bar{E}_d \frac{2\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \\ \bar{U}_B = a^2 \bar{U}_d + a \bar{U}_i = (a^2 + a) \bar{U}_d = -\bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \\ \bar{U}_C = \bar{U}_B = -\bar{E}_d \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \end{array} \right.$$

3. Court circuit biphase ayant contact avec la terre



$$\begin{cases} \bar{I}_1 = 0 & (1) \\ \bar{U}_2 = 0 & (2) \\ \bar{U}_3 = 0 & (3) \end{cases}$$

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

$$\begin{cases} \bar{U}_0 = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_3) = \frac{1}{3}\bar{U}_1 \\ \bar{U}_d = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + a\bar{U}_2 + a^2\bar{U}_3) = \frac{1}{3}\bar{U}_1 \\ \bar{U}_i = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + a^2\bar{U}_2 + a\bar{U}_3) = \frac{1}{3}\bar{U}_1 \end{cases}$$

$$\bar{U}_d = \bar{U}_i = \bar{U}_0 = \frac{1}{3}\bar{U}_1$$

$$(1) \rightarrow \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0$$

$$\frac{\bar{E}_d - \bar{U}_d}{\bar{Z}_d} - \frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_i} - \frac{\bar{U}_0}{\bar{Z}_0} = 0$$

$$\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d} = \bar{U}_d \left(\frac{1}{\bar{Z}_d} + \frac{1}{\bar{Z}_i} + \frac{1}{\bar{Z}_0} \right)$$

$$\bar{U}_d = \frac{\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d}}{\frac{1}{\bar{Z}_d} + \frac{1}{\bar{Z}_i} + \frac{1}{\bar{Z}_0}} = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}}$$

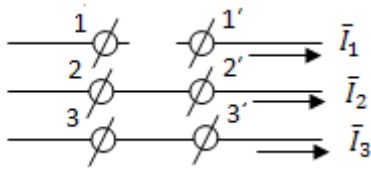
$$\bar{U}_d = \bar{U}_i = \bar{U}_0 = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}}$$

$$\begin{cases} \bar{U}_A = \bar{U}_d + \bar{U}_i + \bar{U}_0 = 3\bar{U}_d = \frac{3\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}} \\ \bar{U}_B = a^2\bar{U}_d + a\bar{U}_i + \bar{U}_0 = \bar{U}_d(a^2 + a + 1) = 0 \\ \bar{U}_C = 0 \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_d = \frac{\bar{E}_d - \bar{U}_d}{\bar{Z}_d} = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d} \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}} \right) \\ \bar{I}_i = -\frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_i} = -\frac{\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_i}}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}} \\ \bar{I}_0 = -\frac{\bar{U}_0}{\bar{Z}_0} = -\frac{\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_i}}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0 \\ \bar{I}_2 = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i + \bar{I}_0 \\ \bar{I}_3 = a \bar{I}_d + a^2 \bar{I}_i + \bar{I}_0 \end{array} \right.$$

4. Coupure sur une phase



$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{E}_d = \bar{Z}_d \bar{I}_d + \bar{U}_d \quad (1) \\ 0 = \bar{Z}_i \bar{I}_i + \bar{U}_i \quad (2) \\ 0 = \bar{Z}_0 \bar{I}_0 + \bar{U}_0 \quad (3) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_1 = 0 \quad (4) \\ \bar{U}_{22} = 0 \quad (5) \\ \bar{U}_{33} = 0 \quad (6) \end{array} \right.$$

(5) et (6) d'après (3):

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

$$(4) \rightarrow \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0 = 0$$

$$\frac{\bar{E}_d - \bar{I}_d}{\bar{Z}_d} - \frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_i} - \frac{\bar{U}_0}{\bar{Z}_0} = 0$$

$$\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d} = \bar{U}_d \left(\frac{1}{\bar{Z}_d} + \frac{1}{\bar{Z}_i} + \frac{1}{\bar{Z}_0} \right)$$

$$\bar{U}_d = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}}$$

$$\bar{U}_d = \bar{U}_i = \bar{U}_0 = \frac{\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{U}_{11} = \bar{U}_d + \bar{U}_0 + \bar{U}_i = 3\bar{U}_d = \frac{3\bar{E}_d}{1 + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_i} + \frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_0}} \\ \bar{U}_{22} = a^2\bar{U}_d + a\bar{U}_i + \bar{U}_0 = \bar{U}_d(a^2 + a + 1) = 0 \\ \bar{U}_{33} = 0 \end{array} \right.$$

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

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

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0 \\ \bar{I}_2 = a^2\bar{I}_d + a\bar{I}_i + \bar{I}_0 \\ \bar{I}_3 = a\bar{I}_d + a^2\bar{I}_i + \bar{I}_0 \end{array} \right.$$

III.6.5. Elimination des défauts [3]

Pour remplir leur rôle, les protections doivent :

- Détecter la présence du défaut.
- Identifier l'ouvrage atteint.
- Commander les organes de coupure.

III.6.5.1. Détection des défauts

Les détecteurs contrôlent en permanence l'état électrique du réseau en surveillant un certain nombre de paramètres électriques (courant, tension, fréquence, etc.) Elles peuvent également surveiller la pression d'un fluide ou une température. Les grandeurs électriques évoluent notamment dans un domaine fixé par les règles générales d'exploitation du réseau.

III.6.5.2. Identification de l'ouvrage atteint

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

Les différentes protections mises en œuvre pour satisfaire cette exigence sont :

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

La (fig.1) montre le cas de deux protections « P1 » et « P2 » sollicitées simultanément par un même défaut. Si « P1 » fonctionne en un temps « t1 », « P2 » en un temps « t2 » la sélectivité de fonctionnement entre « P1 » et « P2 » exige que : $t2 \geq t1 + S$

Où « S » est l'intervalle de sélectivité, il doit tenir compte du temps d'ouverture du disjoncteur « D1 ».

La conception des réseaux MT répond à des considérations que celles des réseaux THT et HT. La perte d'un seul ouvrage peut conduire à une interruption de fourniture d'énergie. La réalimentation de la clientèle nécessite alors des manœuvres manuelles ou automatiques. Néanmoins, pour limiter ces interruptions et faciliter l'identification de l'ouvrage atteint et par suite, permettre une reprise de service rapide, la sélectivité d'élimination des défauts est également une exigence très forte.

III.6.5.3. Commande des organes de coupure

Après détection du défaut et identification de l'ouvrage atteint, la protection élabore un ordre de sortie qui sert à commander l'ouverture du disjoncteur « D » associé à cet ouvrage.

La protection est réalisée par trois éléments fondamentaux.

- Des capteurs réducteurs de mesure (TC, TT) fournissent des grandeurs électriques utilisables par les protections, qui sont l'image de celles sollicitant le réseau à protéger.
- Un équipement de protection, comportant des fonctions de mesure, des logiques de traitement et de décision.
- Un disjoncteur « D » qui commande l'ouverture et la fermeture du circuit.

III.6.5.4. Sensibilité des protections

Les protections doivent fonctionner dans un domaine très étendu de courant de court-circuit entre :

- Le courant maximal qui est fixé par le dimensionnement des installations et qui est parfaitement connu.
- Un courant nominal dont la valeur est très difficile à apprécier et qui correspond à un court circuit se produisant dans les conditions exceptionnelles (schéma d'exploitation particulier, période de faible charge).

Il arrive que le courant minimal de court-circuit soit inférieur au courant nominal. Dans ce cas, il faut avoir recours à des protections spécifiques.

III.6.5.5. Contraintes supplémentaires pour les protections

Les protections ne doivent pas limiter le fonctionnement normal du réseau, en particulier :

- Elles ne doivent pas limiter la souplesse d'utilisation du réseau à protéger.
- Elles doivent rester stables en présence de phénomènes tels que :
 - Manœuvres d'exploitation.
 - Variations admissibles de tension ou de fréquence.
 - Présence de surcharge et de déséquilibre entrant dans les marges de fonctionnement normal du réseau.
 - Présence d'oscillations résultant du régime transitoire des machines.
 - Sous l'influence d'une anomalie de circuit de mesure.

III.6.5.6. Fiabilité des protections

La fiabilité des protections est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect, elle est la combinaison de :

- La sureté : qui est la probabilité de ne pas avoir de défaut de fonctionnement.
- La sureté : qui est la probabilité de ne pas avoir un fonctionnement intempestif.

a) Protection à un fonctionnement correct

Lorsqu'elle émet une réponse à un défaut sur un réseau en tout point conforme à ce qui est attendu.

b) Protection à un défaut incorrect

Elle comporte deux aspects :

- Défaut de fonctionnement lorsqu'une protection qui aurait dû fonctionner n'a pas fonctionné.
- Le fonctionnement intempestif, qui est un fonctionnement non justifié, soit en absence de défaut, soit en présence d'un défaut pour lequel la protection n'aurait dû pas fonctionner.

II.6.6. Protection des réseaux MT

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

III.6.7. Organisation du système de protection

III.6.7.1. Objectifs du système de protection

Ce système doit répondre aux objectifs suivants :

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

III.6.7.2. Qualités des systèmes de protection

Pour accomplir leur rôle, les protections doivent présenter les qualités suivantes :

III.6.7.3. La sensibilité

Qui est l'aptitude des protections à détecter les défauts.

Les détecteurs contrôlent en permanence l'état électrique du réseau en surveillant certains nombres de paramètres (courant, tension, fréquence...). Ils peuvent également surveiller la pression d'un fluide ou une température.

III.6.7.4. La sélectivité

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

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

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

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

III.6.7.5. La rapidité

C'est le temps de réponse des appareils de coupure, il doit être le plus réduit possible. Ce paramètre permet de minimiser les conséquences des courts-circuits.

III.6.7.6. La fiabilité

Qui est l'aptitude des protections à éviter un déclenchement inconvenant et assurer un bon fonctionnement d'un système en cas de défaut.

III.6.7.7. La simplicité

Pour faciliter la mise en œuvre et la manœuvre. En plus, les systèmes de protection doivent être conçus pour :

- Eliminer les défauts en séparant les éléments défectueux par l'organe de coupure aval le plus proche.
- Eliminer un défaut par une protection en amont quand une protection aval est défaillante.
- Prévoir éventuellement une protection de secours.
- Prévoir des protections spécifiques pour certains matériels, par exemple : les transformateurs.

-Permettent les modifications temporaires du fonctionnement pour effectuer certaines opérations : travaux sous tension

III.6.8. Organisation des protections

L'implantation des protections doit être conçue pour

- Eliminer les défauts en séparant les éléments défectueux par l'organe de coupure aval le plus proche.
- Eliminer un défaut par une protection en amont quand une protection aval est défaillante.
- Prévoir éventuellement des protections de secours.
- Prévoir des protections spécifiques pour certains matériels, par exemple : le transformateur.
- Permettre les modifications temporaires du fonctionnement pour effectuer certaines opérations : travaux sous tension, mise en parallèle des transformateurs.

a) Protection des jeux de barres

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

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

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

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

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

Cette solution est applicable pourvu que l'énergie s'écoule toujours dans le même sens et que l'on puisse distinguer sans ambiguïté les arrivées et les départs.

- **Principe de protection à maximum de courant**

Ce relais est branché aux phases par l'intermédiaire de trois transformateurs de courant TC (un par phase). Ceux-ci assurent l'isolement de l'adaptation du courant au circuit de protection.

Le courant image (recueilli sur le TC) est redressé et transformé en tension par l'insertion d'une résistance. Donc le détecteur aura trois entrées de tension qui vont l'alimenter. Dès que la valeur crête d'un signal dépasse la référence, le détecteur, qui est aussi un comparateur, démarre la temporisation au terme de laquelle les ordres seront exécutés :

- Alarme deuxième stade (signalisations et sonneries en salle de commandes).
- Signalisation vers l'EMS (enregistreur de manœuvres et de signalisation).
- Déclenchement du disjoncteur.

- **Principe de la protection à maximum de tension**

Le relais utilisé est à temps constant ; il est raccordé au jeu de barres par trois transformateurs de tension (montés au secondaire en série). La tension est redressée et comparée à une valeur de référence. Si elle dépasse le seuil, le détecteur commande la temporisation au terme de laquelle il y aura :

- Une alarme deuxième stade (signalisations et sonneries en salle de commande).
- Signalisation vers EMS.

- **Principe de la protection à minimum de tension**

Une chute de tension faible n'est dangereuse que par l'échauffement que provoque l'augmentation du courant qui en résulte. Les grandeurs d'entrée du relais sont prises à travers des transformateurs de tension.

Un circuit est chargé de détecter le minimum de tension. Il est suivi d'un détecteur qui bascule dès que la valeur crête la plus petite descend en dessous de la référence affichée et pendant un certain temps : alarme premier stade (signalisations et sonneries).

b) Protection des transformateurs HT/MT

Les transformateurs HT/MT sont généralement protégés par deux protections à maximum de courant : la première, coté MT, est une protection contre les surcharges des

transformateurs et constitue un secours vis-à-vis des défauts polyphasés sur les lignes MT. La deuxième, coté HT, est protection à maximum de courant à deux seuils :

- Le premier seuil, temporisé vis-à-vis des départs HT/MT, réagit aux défauts dans le transformateur et sur les lignes MT.
- Le deuxième seuil, réglé à un courant très élevé, réagit lors des courts-circuits sur le primaire du transformateur.

- **Protection de la cuve des transformateurs**

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

- Les courants engendrés par les tensions induites dans les enveloppes métalliques des câbles de contrôle.
- Les courants de retour par le sol, si la cuve est mal isolée et le circuit de terre de poste.

- **Protection interne du transformateur**

Dans un transformateur, les défauts électriques dus à un mauvais isolement entre l'enroulement primaire et secondaire ou entre un enroulement et le noyau ou la cuve, se traduisent par les arcs entraînant la décomposition de l'huile et la formation de bulles gazeuses inflammables. La détection de ces bulles est assurée par le relais buchholz.

Le relais buchholz est un petit réservoir cylindrique intercalé dans la conduite reliant la partie supérieure de la cuve du transformateur au réservoir d'huile appelé conservateur ou compensateur, placé à un niveau plus élevé et en relation avec l'air libre.

Les bulles gazeuses ont tendance à monter par la conduite pour venir crever à la surface d'huile après avoir traversé le dispositif buchholz. Cette protection est sensible à tous les défauts internes quelque soit leurs formes, leurs importances et les parties atteintes.

F1, F2 sont des flotteurs pouvant pivoter autour d'un axe, capables par basculement de fermer le circuit de commande. R1, R2 sont des robinets destinés au prélèvement des gaz dégagés et à la vidange.

- **Protection différentielle**

Pour les transformateurs dont la puissance est supérieure ou égale à 600MVA, on utilisera une protection différentielle avec circuit de maintien.

La protection différentielle consiste à comparer phase par phase les courants du transformateur HT/MT à protéger, en utilisant un montage sensible à la différence des courants à l'entrée et la sortie du transformateur. On doit tenir compte du rapport de transformation. Cette protection est auto sélective, c'est-à-dire qu'elle est sensible seulement au défaut de l'élément qu'elle protège, c'est pourquoi elle est instantanée.

- **Protection thermique de la cuve**

Cette protection permet de détecter une défaillance de réfrigération d'huile du transformateur, arrêt de circulation d'huile ou des aéroréfrigérants. Son fonctionnement est basé sur la mesure de la température de l'huile contenue dans la cuve du transformateur. Elle assure la fermeture des contacts d'alarme et puis des contacts de déclenchement du disjoncteur.

III.6.9. Protection des départs MT des postes HT/MT

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

- L'intervention rapide en cas de défaut polyphasé afin de séparer le réseau incident du réseau sain sans détérioration des équipements.
- L'intervention sélective pour éliminer l'élément défectueux sans mettre hors tension les éléments sains.

III.6.9.1. Protection contre les défauts entre phases

La protection contre les défauts entre phases est assurée par deux relais à maximum d'intensité, sensibles aux courants de deux phases. La protection contre les courants polyphasés sera à deux seuils de réglage et temporisation à temps constant.

Le réglage du premier seuil (I_{r1}) sera :

$$\text{Ou:} \quad I(r_1) \leq K \cdot I_{LT} \quad \text{si } 0,85 \cdot I(B) > K \cdot I_{LT}$$

$$I(r_1) \leq 0,85 \cdot I(B) \quad \text{si } 0,85 \cdot I(B) < K \cdot I_{LT}$$

Les termes utilisés ont les significations suivantes:

I_{LT} : courant limite thermique de la ligne.

$I(B)$: courant de court-circuit biphasé à l'extrémité de la ligne.

K : le coefficient de surcharge admissible sur les conducteurs (valeur typique $K=1,2$).

Le second seuil à maximum de courant (I_{r2}) devra éliminer rapidement les courts-circuits d'un courant élevé, et il devra être réglé pour les valeurs suffisamment élevées pour être insensible aux défauts sur le réseau BT.

Dans les conditions les plus défavorables (puissance des transformateurs MT/BT élevées, impédance de la ligne MT négligeable), le courant de court-circuit en aval du transformateur MT/BT ramené au primaire sera :

$$I_{cc} = P_2 * 100 / (1,73 * V_{n2} * V_{cc})$$

Si on veut se ménager une marge de sécurité appropriée, la valeur de réglage sera :

$$I(r_2) = 1,3 * I_{cc}$$

Ou : P_2 : puissance maximale du transformateur MT/BT installé sur la ligne.

V_{n2} : tension nominale du transformateur coté MT.

V_{cc} : tension de court-circuit du transformateur MT/BT (en pour cent).

Dans tous les cas la valeur de réglage devra être :

$$I(r_1) \geq 2 * I(r_1).$$

III.6.9.2. Protection contre les défauts entre phases et la terre

Elle est assurée par une protection à maximum de courant résiduel. Ce courant est obtenu soit à partir de l'étoile formée par les secondaires des trois transformateurs de courant, soit par le noyau d'un tore quand le câble en sortie de cellule est tripolaire.

Afin de permettre à cette protection de détecter les valeurs maximales des résistances de défaut à la terre, il convient de lui donner la plus grande sensibilité possible.

Ce réglage doit cependant garder la protection insensible au courant capacitif mis en jeu sur les liaisons saines quand un défaut monophasé affecte une liaison adjacente. Le courant capacitif est de l'ordre de (9,81A/100km) pour les lignes aériennes en 30kV, et de 16A/10km pour les câbles souterrains en 10kV. Remarquons de plus que chacun des transformateurs raccordés sur la ligne considérée est équivalent à 500m de ligne aérienne.

Le courant de réglage à prendre en compte sera :

$$I(r_0) = K * I(0) \quad \text{avec } K=1,5$$

I (0): courant monophasé (phase- terre).

Le coefficient « K » tient compte :

- Du faux rendement homopolaire.
- De l'erreur de rapport du « TC ».
- D'un coefficient de sécurité.

Le temps d'intervention de la protection sera de 0,3 seconde, identique à celui adopté pour la protection des défauts entre phases. Cette temporisation permet de plus l'auto-extinction de certains défauts à la terre.

III.6.10. Réenclenchement automatique [13]

La plupart des défauts de ligne MT sont fugitifs ou semi-permanents. Cette particularité donne l'avantage à l'installation de dispositif de réenclenchement automatique sur les lignes aériennes. Afin de coordonner le fonctionnement de l'ensemble, les réenclenchements seront de deux types : « rapide et lent ».

Ainsi le « rapide » permet de maintenir pratiquement en service l'alimentation des usagers par le cycle « déclenchement- réenclenchement » en des temps imperceptibles pour une grande partie des usagers (0,2 seconde). Quand au premier réenclenchement lent, bien qu'il donne lieu à des interruptions de service, il permet cependant de limiter la durée à quelques dizaines de secondes (20 secondes). Le réenclenchement lent est justifié lorsque des dispositifs de sélection automatique des tronçons de lignes en avarie sont disposés sur la dorsale et sur des dérivations.

Le deuxième réenclenchement lent sert à réalimenter la ligne MT résiduelle saine, après que le dispositif de sélection a isolé le tronçon en avarie. Signalons que les départs en câble ne disposent pas de réenclenchement automatique, les défauts sont presque toujours permanents.

III.6.11. Protection des lignes

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

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

- La protection sélective, permettant le déclenchement en premier le relais le plus proche du défaut.

- Intervention de la protection différentielle, qui se base sur le principe de la comparaison des signaux au début et la fin de la ligne en régime de défaut.

III.6.12. Appareils de protection [3]

Les principaux appareils de protection sont :

- Les disjoncteurs.
- Les sectionneurs.
- Les interrupteurs.
- Les parafoudres.
- Les coupes circuit à fusible.

III.6.12.1. Disjoncteurs

Le disjoncteur est appareil capable d'interrompre des courants importants, qu'ils s'agissent des courants nominaux ou des courants de défaut. Il peut être donc utilisé comme un gros interrupteur, commandé sur place par un bouton poussoir ou télécommandé. De plus, le disjoncteur ouvre un circuit automatiquement dès que le courant qui le traverse dépasse une valeur prédéterminée. Quand, il sert à interrompre les forts courants de court-circuit, il joue le même rôle qu'un fusible, mais d'un fonctionnement plus sûr et on n'a pas besoin de le remplacer après chaque interruption.

Différents types de disjoncteurs

Les disjoncteurs les plus répandus sont :

- Disjoncteurs à air comprimé.
- Disjoncteur à huile.
- Disjoncteurs au « SF₆ ».
- Disjoncteurs à vide.

III.6.12.2. Les sectionneurs [13]

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

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

Types de sectionneurs

- **Sectionneurs haute tension**

Cet appareil est souvent muni de fusible, il est alors appelé sectionneurs porte- fusible. Certains sectionneurs comportent aussi des contacts à précoupure permettant de couper la commande des organes de puissance afin d'éviter une manœuvre en charge.

- **Sectionneurs haute tension**

La fonction principale d'un sectionneur haute tension est de pouvoir séparer afin de permettre à un opérateur d'effectuer une opération de maintenance sur cet élément sans risque.

- **Sectionneurs de mise à la terre**

Les sectionneurs HT et BT de forte puissance sont dotés de systèmes de mise à la terre. Il s'agit d'un organe de sécurité, dont le but est de fixer le potentiel d'une installation préalablement mise hors tension, pour permettre l'intervention humaine en toute sécurité sur une installation.

III.6.12.3. Parafoudres

Les parafoudres sont des appareils de protection contre les surtensions. Ils sont destinés à protéger les appareils et les installations contre les coups de foudres directs ou indirects.

- **Différents types d'appareils**

- a) **Parafoudre à expulsion**

Appareil comportant un ou plusieurs éclateurs et un dispositif d'extinction de l'arc par expulsion de gaz ionisé, d'où coupure du courant d'écoulement.

b) Parafoudre à résistances variables

Appareil comportant un ou plusieurs éclateurs et une résistance variable permettant de couper rapidement le courant d'écoulement à la terre.

c) Eclateur simple

L'appareil comporte deux électrodes séparées par un certain intervalle d'air réglable, l'une des électrodes est reliée à la terre. Cet appareil est simple, bon marché, mais l'arc ne s'éteint que pour de très faibles valeurs du courant de fuite. D'où la nécessité de couper le courant par un disjoncteur à réenclenchement automatique pour éviter une interruption de service. Ce type d'éclateur est déconseillé pour la THT, car son amorçage crée un arc difficile à interrompre, c'est un appareil médiocre.

III.6.12.4. Les interrupteurs [3]

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

Différents types d'interrupteurs

Les interrupteurs les plus fréquemment utilisés sont :

- Interrupteur aérien à ouverture automatique à creux de tension (IACT).
- Interrupteurs aérien à commande mécanique (IACM).
- Interrupteur aérien télécommandé (IAT).

III.6.13. Technique de protection dans le creux de tension [13]

Cette technique se base sur la détection de la présence ou l'absence de la tension de ligne et sur le cycle de réenclenchement automatique du disjoncteur de départ MT.

La sélection des défauts reste confiée aux protections de départs. La fonction de l'appareil consiste à sélectionner la dérivation en défaut et son élimination de ce dernier par l'ouverture de l'interrupteur au moment de l'absence de tension.

III.6.14. Relais [3]

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....

III.6.14.1. Classification

Les relais sont classés suivant :

- La grandeur contrôlée : relais d'intensité, relais de tension,
- La fonction : protection et démarrage,...
- Le temps de réponse : action instantanée ou retardée (relais temporisé).
- L'élément moteur : relais électromagnétique, thermique, magnétothermique,...
- La protection assurée : relais à maximum d'intensité, à minimum de tension,...

III.6.14.2. Constitution

Un relais comporte en général les éléments principaux suivants :

- Élément moteur : fourni de travail.
- Élément frein : retarde l'action du relais.
- Élément de travail : constitué par les contacts.
- Élément de retour à zéro.
- Une ossature : portant les différents organes et un boîtier pour les protéger.

III.6.15. Coupes circuits à fusible

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

III.6.15.1. Caractéristiques [13]

Un fusible est caractérisé par :

- L'intensité nominale (I_n) : grandeur que peut supporter le fusible en régime normal.
- L'intensité limite de fusion : c'est l'intensité qui permet d'attendre la température de fusion.

- Pouvoir de coupure : qui peut atteindre 1000MVA en MT.

III.6.15.2. Différents types de coupe-circuit

a) Coupe circuit à fusion libre

L'arc se développe librement à l'intérieur d'une poignée isolante. La coupure de l'arc est réalisée par l'allongement de l'arc, la longueur du fil de fusible devra être supérieure à la longueur de l'arc pour avoir une extinction et une coupure de l'arc.

b) Coupe circuit à expulsion

La coupure est réalisée par soufflage de l'arc.

c) Coupe circuit à fusion enfermée

On distingue deux types :

- Coupe circuit à fusion à liquide extincteur.
- Coupe circuit à fusion enfermée à matière pulvérulente.

Conclusion

Le choix du système de protection dépend du dimensionnement des éléments consécutifs du réseau du fait de la rapidité, de la sélectivité et de la sensibilité de ses relais, ces derniers doivent être réglés de façon judicieuse.

Chapitre IV

CALCUL DE CHUTE DE TENSION DANS LES RESEAUX ELECTRIQUES

VI.1. Introduction

La gestion du réseau électrique ne consiste pas seulement à faire en sorte que les transits soient inférieurs aux capacités de transport de chaque ouvrage du réseau.

Il faut également surveiller plusieurs paramètres techniques, dont le niveau de tension : la tension électrique doit rester dans une plage autorisée en tout point du réseau, dans toutes les situations de production et de consommation prévisibles. En effet, la tension peut localement être dégradée, par exemple les jours de forte consommation (dans ce cas, les transits à travers les lignes du réseau RTE sont importants, ce qui provoque une chute de tension dans ces lignes).

VI.2. Le « plan de tension » [6]

Pour que la tension reste à chaque instant dans une plage acceptable pour les matériels, des dispositifs de réglage automatique de la tension sont répartis sur le réseau de transport. Ils agissent principalement sur les groupes de production, qui peuvent réguler la tension au point du réseau où ils sont raccordés. Ces dispositifs sont importants pour la sûreté de fonctionnement du système électrique, car ils évitent l'apparition de phénomènes tels que les écroulements de tension. Pour fournir une tension supérieure à la tension minimale autorisée en tout point du réseau, même en bout de ligne, les groupes de production élèvent la tension à un niveau supérieur à la tension nominale. Le plan de tension sur le réseau à 400 000 volts est défini en temps réel par RTE, qui fixe les tensions à maintenir en un certain nombre de points dits « points pilotes », de manière à éviter les écroulements de tension.

VI.2.1. L'écroulement de tension

Lorsque la tension baisse, les dispositifs de régulation entrent automatiquement en action et agissent sur les groupes de production pour relever la tension. Ces dispositifs ont une action limitée, qui peut être insuffisante en cas d'avarie de groupes de production.

VI.2.2. Chutes de tension sur une ligne à haute tension

La problématique des chutes de tension sur une ligne à haute tension peut se résumer ainsi : la tension étant fixe à une extrémité de la ligne, comment maintenir en bout de ligne une tension aussi constante que possible, et ceci quel que soit le courant traversant la ligne. Si le problème des chutes de tension existe aussi bien en basse tension, il peut être crucial sur les lignes à haute tension du fait de leur longueur. On verra également plus bas qu'à vide (en

l'absence de courant), un phénomène paradoxal se produit sur les lignes à haute tension : la tension en extrémité de ligne est plus élevée qu'en entrée !

a) À vide

Si l'on considère le modèle en π lorsque le courant de sortie est nul, on remarque que le condensateur de sortie est alors en série (c'est-à-dire traversé par exactement la même intensité) avec la résistance et l'inductance de ligne.

$$\text{On peut écrire : } \frac{\bar{U}_e}{\bar{Z}_L + \bar{Z}_R + \bar{Z}_C} = \frac{\bar{U}_s}{\bar{Z}_C}, \quad \text{soit : } \bar{U}_e = \bar{U}_s + \frac{\bar{Z}_L + \bar{Z}_R}{\bar{Z}_C} \bar{U}_s$$

$$\text{d'où l'on tire : } \frac{\bar{U}_e - \bar{U}_s}{\bar{U}_s} = \bar{Y}_C \bar{Z}_C = RC\omega - jLC\omega^2.$$

Pour une ligne aérienne, nous avons vu que $R < L\omega$, donc le deuxième terme est prédominant, ce qui conduit à une tension de sortie supérieure de quelques pour cent à la tension d'entrée. Ce phénomène est appelé effet Ferranti.

b) En charge

La f.é.m. d'un alternateur est constante et égale à la somme vectorielle de la résistance interne fois le courant qui la traverse plus l'impédance interne fois le même courant plus la somme (résistance et impédance) de la ligne fois le courant plus la tension aux bornes de la charge qui est en parallèle avec la capacité de la ligne.

Puisque la ligne en charge présente un aspect inductif, alors la formule sera:

$$U_e = (r + jL\omega)I + (R + jL\omega)I + U_s, \quad \text{soit : } U_e = (r + R)I + j(l\omega + L\omega)I + U_s.$$

Si l'intensité appelée I augmente les deux termes $(r + R)I$ et $j(l\omega + L\omega)I$ augmentent donc \bar{U}_s diminue à l'extrémité de la ligne. Pour y remédier, il y a deux possibilités : soit demander aux groupes de fournir plus de réactif soit insérer les batteries de condensateurs dans le réseau ou bien les deux solutions à la fois. L'ajout de la batterie de condensateur diminue le vecteur $jI\omega$ inductif puisqu'elle impose un vecteur capacitif $\frac{-j}{C\omega}$ opposé au vecteur inductif ce qui augmente le vecteur U_s .

IV.2.3. Seuils des chutes de tension

Pour les réseaux à construire, les valeurs des chutes de tensions maximales par rapport à la tension nominale du réseau sont fixées lors de l'étude comme indiqué selon le tableau suivant :

Type de réseau	$\Delta U \%$
Réseaux souterrains	3
Réseaux éclairage public	
Réseaux aériens	5
Démarrage des moteurs (cas des pompes)	10

IV.3. Pertes d'énergie électrique [11]

IV.3.1. Pertes par effet Joule :

L'expression générale donnant les pertes par effet JOULE dans une ligne triphasée de longueur L est :

$$\Delta P = 3 r \int I^2(l) dl$$

On aura $\Delta P = 3 K r I^2 L$

Avec

$$K = \begin{cases} 1 & \text{pour charge concentrée à l'extrémité de la ligne} \\ 1/3 & \text{pour une distribution uniforme de charge} \\ 8/15 & \text{pour une distribution triangulaire de la charge} \end{cases}$$

IV.3.2. Pertes dans les transformateurs

Les pertes dans les transformateurs se distinguent en pertes à vide (perte fer) et pertes dues à la charge (perte cuivre).

On peut voir les pertes relatives à la puissance nominale P_r dans les transformateurs MT/BT dans le tableau qui suit.

PUISSANCE KVA	PERTES VIDE (W)		PERTES DUES A LA CHARGE (w)	
	10 kV	30 kV	10 kV	30 kV
50	190	250	1100	1450
100	320	425	1750	2340
160	460	600	2350	3330
250	650	900	3250	4230
400	930	1300	4600	6210
630	1300	1800	6500	8820

Pour avoir les pertes réelles dans les transformateurs : $\Delta P = P_r (P/P_n)^2$

En particulier, on peut exprimer éventuellement les pertes en fonction du courant de départ, tout comme les chutes de tensions. Dans le cas le plus intéressant de la charge, nous avons les relations suivantes :

- Charge concentrée a l'extrémité de la ligne (Modele utilisé)

$$I(l) = I_0$$

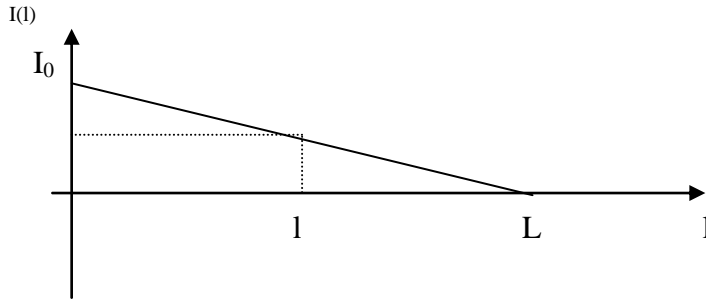


$$\Delta P = 3r \int_0^L (I_0)^2 dl$$

$$\Delta P = 3r(I_0)^2 L$$

- Distribution uniforme de la charge

$$I(l) = I_0 - \frac{I_0}{L} l$$



$$\Delta P = 3r \int_0^L \left(I_0 - \frac{I_0}{L} l \right)^2 dl$$

$$\Delta P = \frac{1}{3} (3r(I_0)^2 L)$$

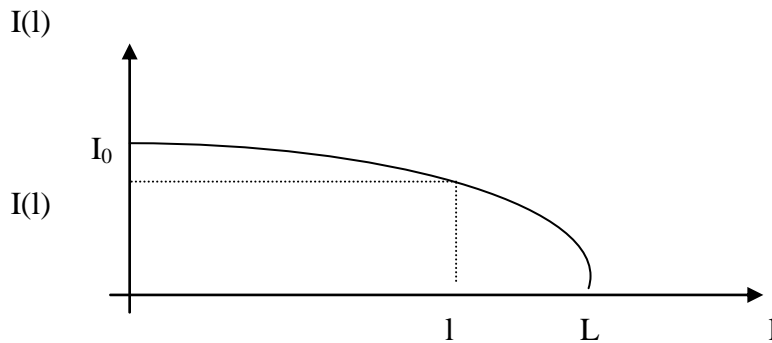
-Distribution triangulaire de la charge

$$I(l) = I_0 - \left(\frac{l}{L} \right)^2 I_0$$

$$\Delta P = 3r \int_0^L \left(I_0 - \left(\frac{l}{L} \right)^2 I_0 \right)^2 dl$$

$$\Delta P = \frac{8}{15} (3r(I_0)^2 L)$$

$$P_J = K(3r(I_0)^2 L)$$



On remarque que la plus haute intensité de courant est toujours enregistrée sur le tronçon de tête de départ.

IV.4. Calcul de chute de tension [11]

Les calculs des chutes de tension dans un réseau de distribution sont effectués par une méthode déterministe.

IV.4.1. Chute de tension absolue

La chute de tension à l'extrémité d'une ligne triphasée équilibrée de longueur L s'exprime par la relation :

$$\Delta U = \sqrt{3} \int Z i(l) dl$$

On aura pour les trois cas de distribution de charge qu'on a vu l'expression suivante :

$$\Delta U = K Z L I_0$$

Avec :

$$K = \begin{cases} 1 & : \text{ pour } I(l) = I_0 \quad (\text{charge concentrée à l'extrémité de la ligne}) \\ 1/2 & : \text{ pour } I(l) = I_0 - I_0 \frac{l}{L} \quad (\text{charge uniformément distribuée}) \\ 1/3 & : \text{ pour } I(l) = I_0 - I_0 \frac{l^2}{L^2} \quad (\text{distribution triangulaire de charge}) \end{cases}$$

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

L = Longueur de la ligne

I_0 = courant en tête de départ

IV.4.2. Chute de tension relative

La chute de tension relative s'exprime en % de la tension nominale, on obtient donc :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{100 \sqrt{3} K Z L I_0}{U} U (r \cos \varphi + x \sin \varphi)$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta U}{U} &= \frac{100 \sqrt{3} K L I_0}{U^2} U (r \cos \varphi + x \sin \varphi) \\ &= 100 K \left(\frac{r P + x Q}{U^2} \right) L \end{aligned}$$

Ou $P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$: Puissance active

$Q = \sqrt{3} U I \sin \varphi$: Puissance réactive

$$\frac{\Delta U}{U} = 100 K . P . L \frac{r + x \tan \varphi}{U^2}$$

On a : $M = K.P.L$: Moment électrique de la charge P

$$M_1 = \frac{1}{100} \frac{U^2}{(r+x \tan \varphi)} \quad (Mw.Kw)$$

C'est le moment électrique d'une ligne donnant $\frac{\Delta U}{U} = 1 \%$

$$\text{On aura } \frac{\Delta U}{U} = \frac{M}{M_1}$$

IV.4.3. Calcul de la chute de tension après compensation

Pour réduire la chute de tension, on installe une batterie de condensateur de puissance réactive Q_C inférieur à la puissance réactive du réseau Q ($Q > Q_C$)

$$\begin{aligned} \text{Donc: } \left[\frac{\Delta U}{U} \frac{0}{0} \right]_C &= 100[rP + x(Q - Q_C)] \frac{L}{U^2} \\ &= 100[rP + (xQ - xQ_C)] \frac{L}{U^2} \quad (1) \\ &= 100 \left[\frac{(rP + xQ)L}{U^2} \right] - \frac{100 * Q_C L}{U^2} \\ &= \frac{\Delta U}{U} \frac{0}{0} - \frac{xQ_C L}{10U^2} \end{aligned}$$

L : La longueur de ligne entre tête du départ et le point d'installation de la batterie de condensateurs sur le réseau.

x : Réactance de la ligne (ohm/km)

Q_C : Puissance réactive de la batterie à installer (KVAR)

U : Tension nominale du réseau (kV)

IV.5. Calcul de chute de tension par les méthodes classiques [12]

IV.5.1. Méthode générale (Méthode des quadripôles)

Cette méthode s'applique dans les cas des lignes où la longueur est de l'ordre de 600 km.

En souterrain, l'existence de la capacité crée un courant capacitif, qui modifie la valeur de la chute de tension. Considérons une ligne de distribution, représentée par un schéma

unifilaire.

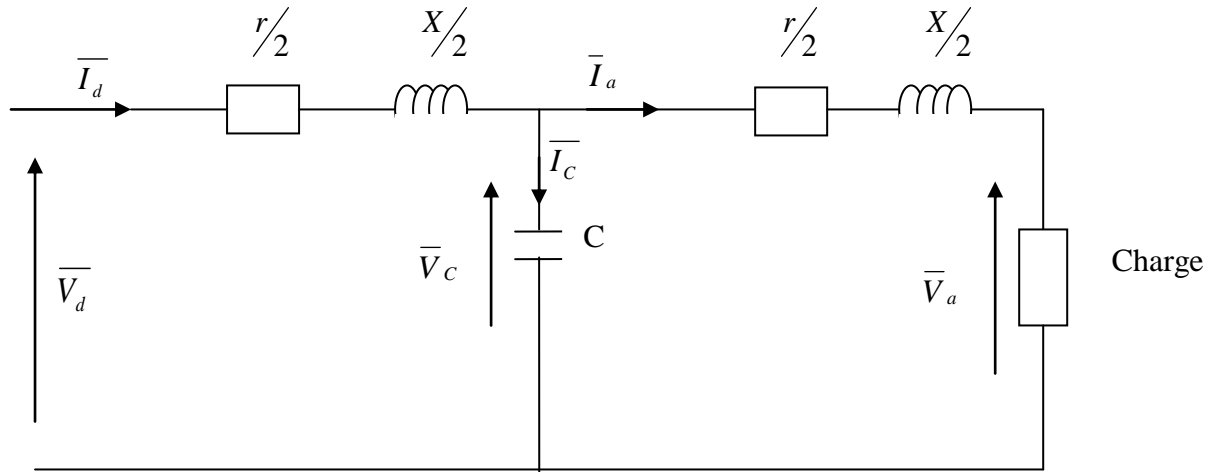


Figure IV.1 : Schéma unifilaire de la ligne en T.

r : Résistance linéique (Ω/Km).

X : Réactance linéique (Ω/Km).

\bar{V}_d : Tension simple à l'entrée de la ligne.

\bar{V}_a : Tension simple au niveau de la charge.

\bar{V}_c : Tension simple au niveau de la capacité.

On écrit les équations du quadripôle suivant (IV.1) :

$$\bar{V}_c = \bar{V}_a + l \left[\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right] \bar{I}_a.$$

$$\bar{I}_d = \bar{I}_c + \bar{I}_a.$$

$$\bar{V}_d = \bar{V}_c + l \left[\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right] \bar{I}_d.$$

(IV.1)

A partir de ces équations, on trace le diagramme de la ligne en T représenté par la figure suivante :

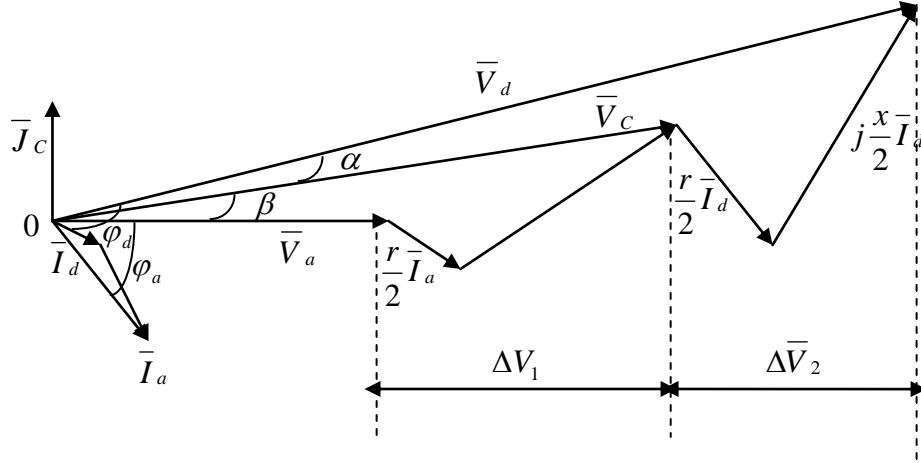


Figure IV.2 : Diagramme de la ligne en T.

D'où les équations :

$$\begin{aligned}\bar{V}_c^{\angle\beta} &= \bar{V}_a^{\angle 0} + l \left[\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right] \bar{I}_a^{\angle\varphi_a} \\ \bar{V}_d^{\angle\alpha+\beta} &= \bar{V}_c^{\angle\beta} + l \left[\frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right] \bar{I}_d^{\angle\varphi_d-(\alpha+\beta)} \\ \bar{I}_d^{\angle\varphi_d-(\alpha+\beta)} &= \bar{I}_c^{\angle\frac{\pi}{2}+\beta} + \bar{I}_a^{\angle\varphi_a}\end{aligned}\tag{IV.2}$$

Avec :

φ_a et φ_d sont des angles négatifs, on aura les équations suivantes :

$$\begin{aligned}\bar{V}_c^{\angle\beta} &= V_a + lX \left[\frac{r}{2} + \frac{jx}{2} \right] [I_a \cos \varphi_a + j I_a \sin \varphi_a] \\ &= \left[V_a + l \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a \right] + j \left[l \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a \right]\end{aligned}\tag{IV.3}$$

• **Module de \bar{V}_c**

$$|\bar{V}_c| = \sqrt{\left(V_a + l \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a \right)^2 + \left(l \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a \right)^2}\tag{IV.4}$$

- Déphasage de \bar{V}_c

$$\beta = \arctg \frac{l \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a}{V_a + l \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a} \quad (\text{IV.5})$$

- Calcul de \bar{I}_d

$$\bar{I}_d^{\angle \varphi_d - (\alpha + \beta)} = \bar{I}_c^{\angle \frac{\pi}{2} + \beta} + \bar{I}_a^{\angle \varphi_a} \quad (\text{IV.6})$$

Si on néglige l'angle α on aura :

$$\begin{aligned} \bar{I}_d^{\angle \varphi_d - \beta} &= \bar{I}_c^{\angle \frac{\pi}{2} + \beta} + \bar{I}_a^{\angle \varphi_a} \\ &= j l C w \bar{V}_c^{\angle \beta} + \bar{I}_a^{\varphi_a} \\ &= j l C w [V_c \cos \beta + j V_c \sin \beta] + I_a [\cos \varphi_a + j \sin \varphi_a] \\ &= [I_a \cos \varphi_a - l C w V_c \sin \beta] + j [l C w V_c \cos \beta + I_a \sin \varphi_a] \end{aligned} \quad (\text{IV.7})$$

- Déphasage de \bar{I}_d

$$\varphi_d = \text{Arctg} \frac{l C w V_c \cos \beta + I_a \sin \varphi_a}{I_a \cos \varphi_a - l C w V_c \sin \beta} + \beta \quad (\text{IV.8})$$

- Module de \bar{I}_d

$$|\bar{I}_d| = \sqrt{(I_a \cos \varphi_a - l C w V_c \sin \beta)^2 + (l C w V_c \cos \beta + I_a \sin \varphi_a)^2} \quad (\text{IV.9})$$

- La chute de tension en monophasé est donnée par

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad (\text{IV.10})$$

$$\Delta V_1 = l \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a + l \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a$$

$$\Delta V_2 = l \frac{r}{2} I_d \cos \varphi_d + l \frac{x}{2} I_d \sin \varphi_d$$

$$\Delta V = I_a \left[\frac{r}{2} \cos \varphi_a + \frac{x}{2} \sin \varphi_a \right] + I_d \left[\frac{r}{2} \cos \varphi_d + \frac{x}{2} \sin \varphi_d \right]$$

En triphasé, la chute de tension relative :

$$\frac{\Delta U}{U} \left(\frac{\%}{0} \right) = \frac{\sqrt{3} l 100 \left[(I_a \cos \varphi_a + I_d \cos \varphi_d) \frac{r}{2} + (I_a \sin \varphi_d + I_d \sin \varphi_d) \frac{x}{2} \right]}{U} \quad (\text{IV.11})$$

IV.5.2. Méthode des moments électriques [3]

$$\text{On a : } \Delta U = K_v \sqrt{3} (R I \cos \Phi + X I \sin \Phi) l \quad (\text{IV.12})$$

Ou : r est la résistance linéique (Ω / km)

$X = L\omega$ est la réactance linéique (Ω / km)

l est la longueur de la ligne (km)

Φ est le déphasage entre la tension et le courant avec :

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

$$\Delta U = K_v \sqrt{3} I \cos \Phi (r + X \tan \Phi) l$$

$$P = \sqrt{3} U I \cos \Phi$$

$$\text{On aura:} \quad \Delta U = K_v \frac{P}{U} (r + X \tan \Phi) l \quad (\text{IV.13})$$

$$\text{D'ou:} \quad \frac{\Delta U}{U} = K_v \frac{P}{U^2} (r + X \tan \Phi) l$$

IV.5.2.1. Expression de la chute de tension relative

$$\text{En BT :} \quad \frac{\Delta U}{U} = 10^5 \frac{P}{U^2} K_v (r + X \tan \Phi) l \quad \text{en pourcentage.} \quad (\text{IV.14})$$

Ou : P en KW

l en km

$$\text{En MT :} \quad \frac{\Delta U}{U} = 10^2 \frac{P}{U^2} K_v (r + X \tan \Phi) l \quad \text{en pourcentage.} \quad (\text{IV.15})$$

Ou : P en (MW)

U en (kV).

IV.5.2.2. Moment électrique d'une charge

$M = P * l$ est le moment électrique d'une charge "P" situé à une distance "l" de la source.

IV.5.2.3. Moment électrique (M_1) d'une ligne

M_1 est le moment électrique d'une charge donnant une chute de tension relative de (1%).

Il est donné par la relation suivante :

$$M_1 = \frac{1}{100 K_v} \frac{U^2}{r + X \tan \phi} \quad \text{en MT} \quad (\text{IV.16})$$

$$M_1 = \frac{1}{10^5 K_v} \frac{U^2}{r + X \tan \phi} \quad \text{en BT}$$

On peut déterminer " M_1 " pour les diagrammes des figures qui suivent avec " $\tan \phi$ " varie de 0 à 1 ou $\cos \phi$ varie de 0,7 à 1. La chute de tension relative d'une charge de moment " M " alimentée par une ligne électrique de moment " M_1 " est telle que :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{M}{M_1} \quad (\text{IV.17})$$

IV.5.3. Méthodes de séparation des puissances actives et réactives

Cette méthode est utile dans le cas où la longueur de la ligne est de quelques dizaines de Kilomètres.

On représente la ligne à étudier par son schéma équivalent en π .

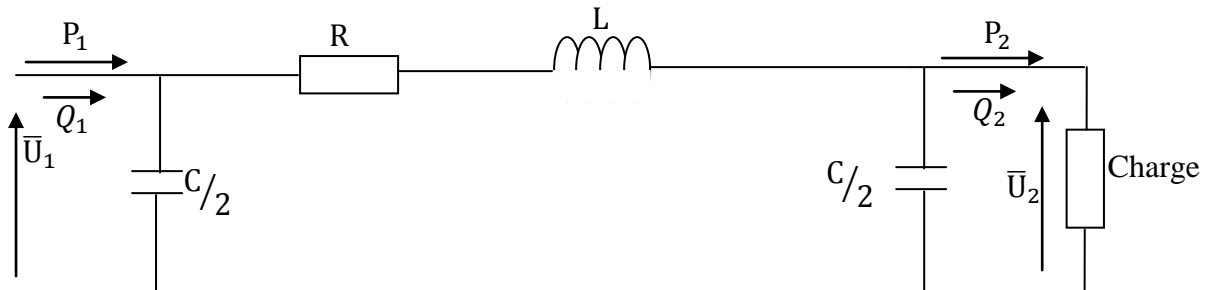


Figure IV.3 Schéma en π d'une ligne courte ou moyenne

IV.5.3.1. Méthode par approximations successives

Soit P_2 et Q_2 les puissances actives et réactives triphasées à l'extrémité réceptrice (2).

Soit \bar{U}_2 la tension composée de la ligne en (2) et ϕ_2 le déphasage entre \bar{U}_2 et \bar{I}_2

On a :

$$\begin{aligned}
P_2 &= \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2 \\
Q_2 &= \sqrt{3} U_2 I_2 \sin \varphi_2 \\
S_2 &= \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{3} U_2 I_2
\end{aligned} \tag{IV.18}$$

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

$$\begin{aligned}
P_1 &= P_2 + P \\
Q_1 &= Q_2 - q_2 - q_1 + q
\end{aligned}$$

Avec :

$$P = R [P_2^2 + (Q_2 - q_2)^2] \frac{1}{U_2^2} \quad (\text{Pertes actives}) \tag{IV.19}$$

$$\begin{cases} q_2 = \frac{Cw}{2} U_2^2 \\ q_1 = \frac{Cw}{2} U_1^2 \end{cases} \quad (\text{Production réactives}) \tag{IV.20}$$

$$q = l w \left[\frac{P_2^2 + (Q_2 - q_2)^2}{U_1^2} \right] \quad (\text{pertes réactives dans l'inductance}) \tag{IV.21}$$

Puisque U_1 est inconnue, on remplace U_1 par U_2 dans l'expression de q_1 on calcule ensuite P_1 , Q_1 puis S_1 sachant que pour les câbles souterrains ou pour les lignes dépassant 200 à 300 Km où on considère la capacité et l'inductance on a :

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{S_1 I_2}{S_2 I_1} \tag{IV.22}$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{U_1 I_1}{U_2 I_2} \quad \text{On tire} \quad U_1 = \frac{S_1 U_2 I_2}{S_2 I_1}$$

On remplace l'expression de U_1 dans l'expression de q_1 pour avoir une valeur plus précise de Q_1 donc successivement de S_1 et de U_1 mais généralement ce n'est pas nécessaire.

Remarque

Dans les cas où la conductance G est nulle et la capacité négligeable, on peut écrire :

$$\frac{S_1}{S_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \tag{IV.23}$$

Le courant \bar{I}_1 est obtenu par la relation suivante :

$$\text{On écrit : } \bar{I}_1 = \bar{I}_2 + jcw\bar{V}_2 \tag{IV.24}$$

Par contre, si c'est l'état en (1) qui est connu.

On écrit :

$$P_2 = P_1 - P$$

$$Q_2 = Q_1 + q_1 + q_2 - q$$

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

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

Avec :

$$P = \left[\frac{P_1^2 + (Q_1 + q_1)^2}{U_1^2} \right] \cdot R \quad (\text{Pertes actives}) \quad (\text{IV.25})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = \frac{CW}{2} U_1^2 \\ q_2 = \frac{CW}{2} U_2^2 \end{array} \right. \quad (\text{Pertes réactives dans les capacités}) \quad (\text{IV.26})$$

$$q = lw \left[\frac{P_1^2 + (Q_1 + q_1)^2}{U_2^2} \right] \quad (\text{Pertes réactives dans l'inductance}) \quad (\text{IV.27})$$

On calcule P_1 , Q_1 puis S_2 en remplaçant U_2 par U_1 dans l'expression q_2 puis on tire U_2 par :

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{S_1 I_2}{S_2 I_1} \quad (I_1 \neq I_2)$$

Et dans le cas où $I_1 = I_2$ (c et G négligeable)

$$\frac{S_2}{S_1} \approx \frac{U_2}{U_1}$$

Le courant I_2 est donné par :

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_1 - jcw \bar{V}_2 \quad (\text{IV.28})$$

IV.5.3.2. Formules directes

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

Les équations du schéma monophasé équivalent en π sont présentées ci-dessous :

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_1 \left[1 - \frac{LCW^2}{2} + j \frac{RCW}{2} \right] - \bar{I}_1 [R + jLw] \quad (\text{IV.29})$$

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

En module, on aura :

$$V_2^2 = \left[V_1 - V_1 \frac{LCW^2}{2} - RI_1 \cos \varphi_1 - Lw I_1 \sin \varphi_1 \right]^2 + \left[\frac{RCW}{2} V_1 - Lw I_1 \cos \varphi_1 + RI_1 \sin \varphi_1 \right]^2$$

En posant :

$$P_1 = 3 V_1 I_1 \cos \varphi_1$$

$$Q_1 = 3 V_1 I_1 \sin \varphi_1$$

$$P_1 = 3 R I_1^2 \quad (\text{Pertes actives triphasées})$$

$$q = 3 L w I_1^2 \quad (\text{Pertes réactives triphasées})$$

$$q_1 = 3 \frac{c w}{2} V_1^2 \quad (\text{Pertes réactives triphasé})$$

On obtient :

$$U_2 = \sqrt{U_1^2 - R(2P_1 - P) - Lw(2Q_1 + 2q_1 - q_1) + cw(R^2 + L^2 w^2)(Q_1 + \frac{q_1}{2})} \quad (\text{IV.30})$$

De même à partir de l'équation de :

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_2 \left[1 - \frac{Lc w^2}{2} + j \frac{Rc w}{2} \right] + \bar{I}_2 (R + jLw) \quad (\text{IV.31})$$

On obtient :

$$U_1 = \sqrt{U_2^2 - R(2P_2 + P_2) + Lw(2Q_2 - 2q_2 + q_2) - cw(R^2 + L^2 w^2) \left(Q_2 - \frac{q_2}{2} \right)} \quad (\text{IV.32})$$

Remarque

On peut négliger cw pour des longueurs ne dépassant pas une certaine de kilomètres.

IV.5.3.3. Méthodes simplifiées

La méthode précédente est complexe ; pour avoir une valeur approchée de la chute de tension dans les lignes, on applique la méthode suivante :

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

$$Q_1 = Q_2 + Lw \left[\frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} \right] - cw U^2 \quad (\text{IV.33})$$

$$P_1 = P_2 + R \left[\frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} \right] \approx P_2$$

Cette dernière approximation est valable pour les lignes hautes tension où les pertes actives sont faibles.

Inversement on a :

$$Q_2 = Q_1 - Lw \left[\frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} \right] + cwU^2 \quad (\text{IV.34})$$

$$P_2 = P_1 - R \left[\frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} \right] \approx P_1$$

On calcule en suite:

$$Q_m = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (\text{IV.35})$$

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

Avec:

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

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{R P_m + L w Q_m}{U^2} \quad (\text{IV.36})$$

IV.6. Application de la méthode des moments électriques pour le départ BOUZGUENE [15]

En se référant au schéma d'exploitation, état actuelle 2009, aux fichiers de données et de charge de ce départ dans l'annexe; on calculera en chaque nœud les chutes de tension, les pertes par effet Joule et la puissance totale consommée par ce départ.

Etat actuel du départ de BOUZEGUENE

Noeud1	Noeud2	Capacité	Courant	PCT	V-Noeud2	DV%	ΔP (KW)
444H1C12	444E110	27 0.	270.	100.00	29683.	.06	9.09
444E110	444J850	270.	270.	100.00	28049.0	5.56	575.50
444J850	444E1	270.	270.	100.00	27711.	6.70	119.22
444E1	444E3	27 0.	270.	100.00	27437.	7.62	96.66
444E3	444J851	270.	256.	94.80	26404.	11.10	344.89
444J851	444E548	270.	256.	94.80	26387.	11.15	5.61
444E548	444E27	190.	249.	131.30	26309.	11.42	29.27
444E27	444E29	270.	24.	8.81	26257.	11.59	1.60
444E29	444E44	270.	5.	1.86	26254.	11.60	.02
444E44	444J973	190.	5.	2.65	26254.	11.60	.00
444J973	444E45	190.	5.	2.65	26244.	11.64	.07
444E45	444E723	140.	4.	2.84	26242.	11.64	.01

444 ^E 723	444E764	140	3.	2.24	26239.	11.65	.02
444 ^E 764	44J944	140	2.	1.50	26239.	11.65	.00
444J944	444E864	140	2.	1.20	26235.	11.67	.01
444E864	444P516	140	1.	.75	26234.	11.67	.00
444E864	444P675	140.	1.	.75	26233.	11.67	.00
444E764	446P291	140.	1.	.75	26239.	11.65	.00
444E723	444P261	140.	1.	.60	26242.	11.64	.00
444E45	444P105	190.	1.	.55	26243.	11.64	.00

Commentaire

D'après les résultats obtenus, des chutes de tension relatives et des pertes de puissance pour chaque nœud du départ de BOUZGUENE, on constate qu'elles coïncident parfaitement avec les résultats déjà trouvés par le calcul CARAT pour le même calcul et même départ.

D'après les résultats qui sont illustrés dans le tableau précédent, nous remarquons que :

- Le réseau MT de la région d'AZAZGA a de chute de tension excessive puisque celle-ci dépasse la limite fixée par la SONELGAZ qui est de 10% pour l'aérien.
- Les courants dans les conducteurs dépassent leur limite thermique qui est de :
 - 140 A pour les conducteurs de section 34.4 mm².
 - 190 A pour les conducteurs de section 54.6 mm².
 - 270 A pour les conducteurs de section 93.3 mm².

Conclusion

Après avoir étudié le comportement du réseau MT de la région AZAZGA dans sa structure actuelle. Nous proposons la restructuration de ce dernier en déchargeant le poste FREHA par la création d'un nouveau poste CHAOUFA et soulageant le départ de BOUZEGUENE par le départ de MEKLA.

Chapitre V

PRESENTATION DU PROGRAMME DE CALCUL UTILISE "CARAT"

V.1.Introduction

CARAT est l'abréviation de : « Calcul automatique d'un réseau arborescent ».

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

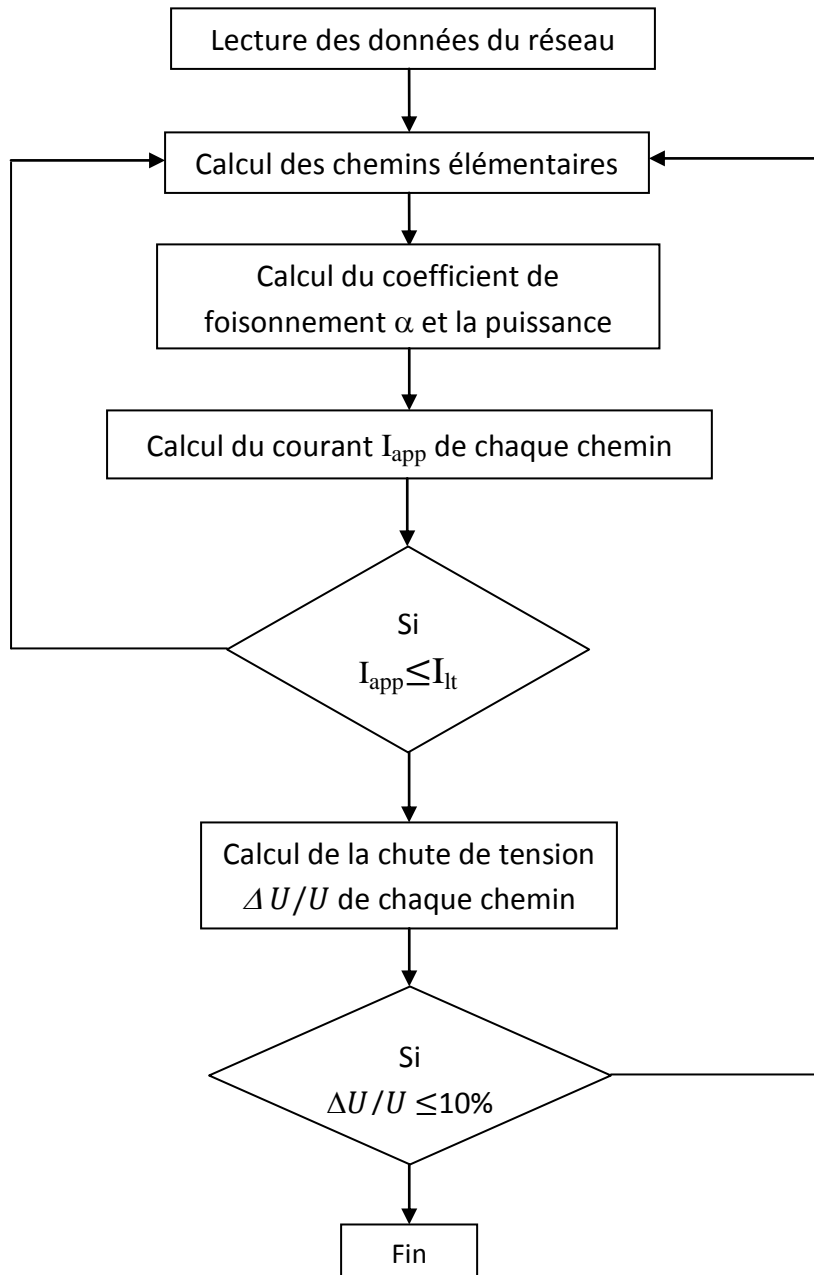
De plus si, un tel schéma existe, appelé aussi état sain, le modèle calcule une solution dite de « secours » pour les cas d'incidents demandés. Pour cette solution, le CARAT peut faire appel à des injections réservées aux cas d'incidents. Cette version permet en plus de calculer les espérances de l'énergie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

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

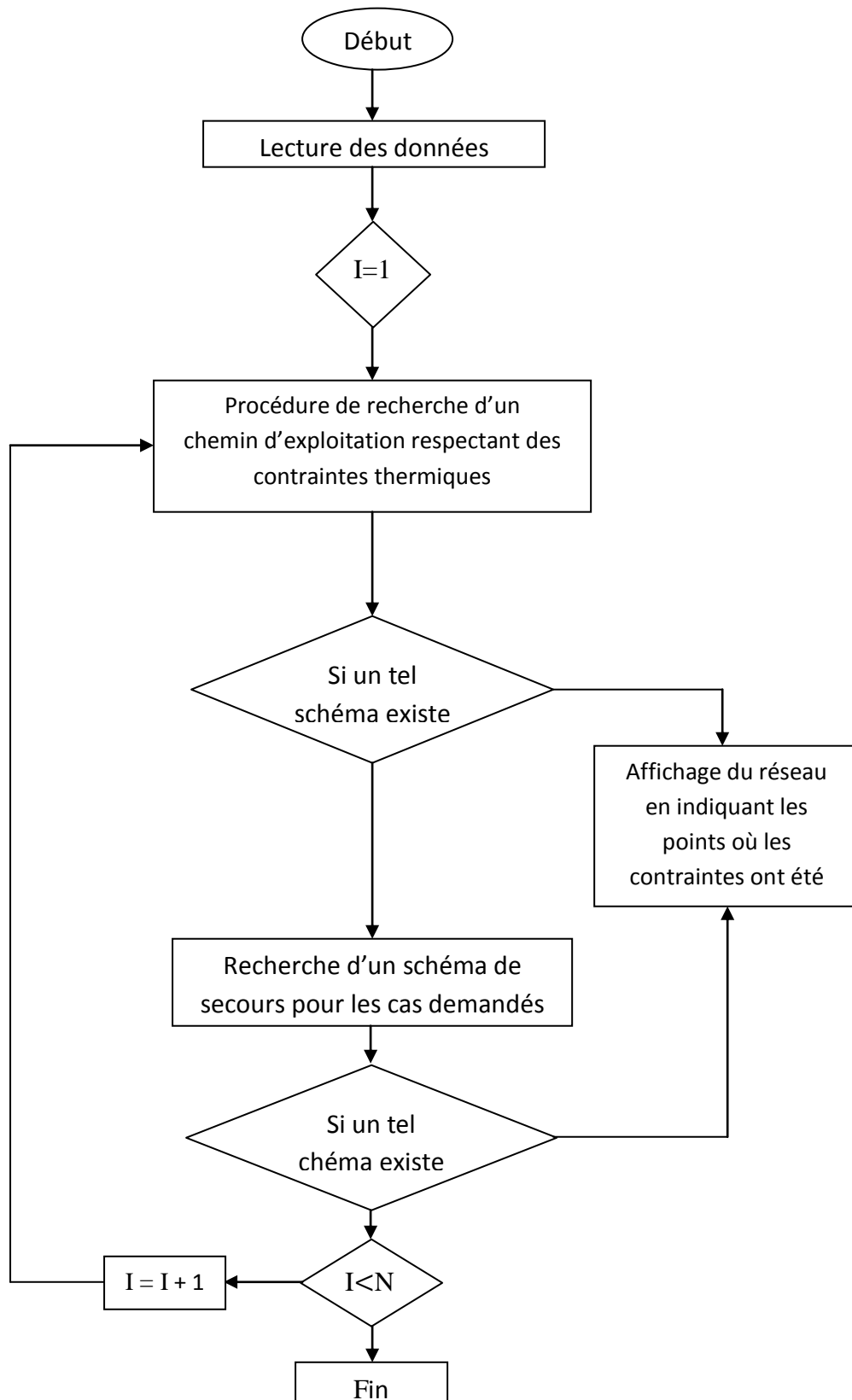
Le programme se termine à l'année pour laquelle un schéma d'exploitation respectant les contraintes à l'état sain n'a pu être trouvé.

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

V.2. Organigramme de résolution



V.3.Organigramme du logiciel



V.4.Capacité du modèle

Le modèle est doté de :

- 15 injecteurs
- 15 injecteurs de secours
- 20 paliers de charge
- 600 nœuds
- 800 branches ou arcs
- 1000 éléments
- 100 feuilles (départ injecteur)
- 15 connexions à un nœud

Ce modèle est équipé d'un menu convivial qui permet à l'utilisateur de :

- Faire une saisie selon un format précis
- Choisir le nœud où il souhaite installer les moyens de compensation
- Procéder à des délestages en automatique ou en manuel
- Faire le calcul de l'énergie en défaillance et la valorisation des filières d'investissement pour les lignes, les transformateurs et les batteries de condensateur.

V.5. Méthode de calcul

Le réseau est représenté par un graphe où les nœuds représentent les jeux de barres tandis que les branches(ou arcs) représentent les lignes et les câbles.

V.5.1. Calculs préliminaires

Après lecture et vérification des données, le programme construit une matrice topologique du réseau (max 15 connexions en un nœud) et vérifie si tous les nœuds sont connectés à au moins un injecteur (test de connexité).

V.5.2. Calcul d'un schéma radial à l'état sain

Avant la recherche d'un schéma arborescent proprement dit, le programme affiche des priorités sur les arcs en antenne et interdit les arcs à capacité zéro. Partant des injections, le programme alimente les nœuds étape par étape. Parmi les différentes connexions possibles on choisira :

- Un arc prioritaire ou à défaut
- Un arc partant d'un nœud alimenté qui a la plus grande réserve de courant et de tension

Cela signifie que pour chaque nouvelle alimentation possible, nous calculons la charge au nouveau nœud alimenté, nécessaire pour atteindre une contrainte. L'investissement pour lequel cette charge est la plus grande sera retenue comme arc suivant à ajouter au schéma d'exploitation. Si on ne trouve pas d'arc respectant les contraintes et si l'utilisateur l'admet, une ou plusieurs branches du schéma déjà construites seront retirées et l'on prend le processus de construction suivant le principe d'une recherche arborescente.

Ce processus se traduit jusqu'à:

- a) L'obtention d'une solution complète (tous les nœuds alimentés et contraintes respectées)

Ou

- b) L'équipement de toutes les possibilités de la recherche arborescente ou du temps calcul alloué. Dans ces cas, le programme essaie de compléter le meilleur schéma partiel déjà trouvé admettant des dépassements de contraintes éventuels. Nous obtiendrons alors un schéma exploitation ne respectant pas certaines contraintes ou présentant des nœuds non alimentés.

En suite, on imprime les branches du réseau radial trouvé, le transit sur les branches et les tensions aux nœuds. Ce schéma sera donc :

-Un schéma complet « surcharge » ou certaines contraintes ne sont pas respectées (elles sont indiquées par ***).

Ou

-Un schéma partiel présentant des îlots de nœuds non alimentés. Ces derniers seront imprimés séparément

V.5.3. Recherche d'un schéma secours

Lorsque pour un palier de charge déterminé, un schéma radial a été trouvé à « l'état sain » (sous déclenchement), le modèle vérifie successivement les déclenchements pour ce même palier de charge. Un schéma de « secours », pour le déclenchement d'une branche se calcule comme suit :

- a) Du schéma obtenu à l'état sein, on retire la branche à déclencher ainsi que tous les arcs alimentés à travers cette branche.
- b) Le schéma d'exploitation partiel ainsi obtenu sera complété, sans faire usage à la branche à déclencher, suivant les principes exposés au paragraphe (V.5.3) si dessous.
- c) Par ailleurs, lors du calcul d'un schéma de secours, les contraintes de courant et de tension peuvent être moins sévères que pour l'état sain. Après examen de tous les déclenchements demandés, le programme cherche un schéma radial à l'état sain pour le palier de charge suivant si un tel schéma ne peut être trouvé, le programme s'arrête.

V.5.4. Calcul des transits et des tensions

-Le programme s'applique à des réseaux à plan de tension unique.

-Les injecteurs (sauf injecteurs de secours) sont considérés comme des sources à capacités déterminées, sans résistance interne. Leur tension sera la tension nominale du réseau quelle que soit la puissance fournie.

-La chute de tension maximum admise est identique pour tous les nœuds (sauf pour les injecteurs de secours). Elle peut toute fois être différente pour l'état sain et pour le schéma de secours.

-Pour le calcul du schéma secours, on peut admettre un pourcentage de surcharge des arcs.

-Les unités employées sont :

a- Pour les transits → Ampères.

b- Pour les tensions →Volts.

c- Pour les charges Ampères.

d- Pour la résistance (R) et la réactance (X) des câbles et lignes →Ohms.

Le programme admet un $\cos\varphi$ moyen pour tout le réseau. A l'aide de cette valeur, une résistance équivalente sera calculée pour chaque branche suivant la formule :

$$R_{eq} = \sqrt{3}(R \cos \varphi + X \sin \varphi).$$

Les chutes de tension seront calculées comme suit :

$$\Delta V = I * R_{eq}.$$

Ou I : est le courant qui transite dans la branche.

R_{eq} : la résistance équivalente.

V.6. Format des données

La mise en œuvre du programme « CARAT » s'effectue en introduisant les données collectées et traitées dans le micro-ordinateur en tenant compte du format qui est le suivant :

V.6.1. Carte titre « code 0 »

Ce titre sera imprimé en tête de listing de sortie.

V.6.2. Carte à paramètres " code 1 "

- Année de début de l'étude.
- Tension nominale du réseau étudié.
- Tension nominale en % admise à l'état sain.
- Surcharge admise en cas d'incident.
- Cosinus phi (φ) moyen du réseau (facteur de puissance).

V-6.3 Cartes branches (ou liaison) "Code 2"

- Nom du nœud amont
 - Nom du nœud aval
 - Année de renforcement
 - Année de suppression
 - Déclenchement de l'arc
 - Capacité linéique de l'arc en [Ampères]
 - Résistance linéique de l'arc en [Ohm/km]
 - Réactance linéique de l'arc en [Ohm/km]
 - Longueur de l'arc en [km]
 - Existence du disjoncteur au nœud amont
 - Existence du disjoncteur au nœud aval
- Les injecteurs seront représentés comme étant des arcs partant du nœud fictif INJECT, avec la capacité de l'injecteur en question et avec résistance, impédance et longueur nulle. Le nœud INJECT donc le nom du nœud amont de tous les injecteurs.

- Les transformateurs HT/MT donc, sont codés par le nœud amont.
- Le nœud aval étant le jeu de barres MT alimenté par le transformateur. Seule la capacité de ce dernier est prise en compte.

V-6.4 Cartes charge "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.
- Son taux d'accroissement.
- En outre, chaque composante peut soit s'ajouter à la charge existante en un nœud. Soit remplacer cette charge ou seulement modifier son taux d'accroissement.
- Année initiale (composante charge)
- Valeur de la composante charge.

V-6.5 Cartes charges: "Code 4"

Ces cartes permettent de décrire une charge en indiquant sa valeur année par année. Neuf valeurs annuelles successives de la charge en un nœud peuvent être décrites dans une carte. Plusieurs cartes de ce type peuvent être utilisées pour définir la charge en un nœud. Si plusieurs valeurs sont rencontrées dans la même année pour un nœud, ces charges sont cumulées.

Lorsque, pour un nœud dont les charges sont indiquées dans les cartes code 4, une description des charges a déjà été donnée dans les cartes du code 3, les valeurs annuelles de la carte code 4 s'ajoute à la charge existante donnée par les cartes code 3.

- Nom du nœud de charge
- Année de la première valeur de charge.
- Valeur de la charge sur neuf années.

V-6.6 Cartes compensation "Code 6"

- Carte investissement condensateurs
- Nom du nœud
- Valeur de la composante. [KVAR]
- Année d'investissement
- Année de suppression

V-6.7 Cartes cout unitaire et paramètres "Code 7"

- 1^{er} ligne :
- Cout poste source
 - Cout des lignes
 - Cout du compensateur dont la puissance
 - Cout de la défaillanc
 - Cout du kW (perte)
 - Nombre d'heures d'utilisation des pertes
 - Taux d'actualisation
 - Consommation spécifique
 - Cout en CDA de la thermie

- Durée de vie des postes et des compensateurs
- Durée de vie des lignes et des câbles
- Cout de maintenance exprimé en % du cout d'investissement

2^{ème} ligne : cout en k DA des postes de distribution publique.

V-7 Lecture des données

D'après la lecture des données, si celles-ci sont sans erreurs, le programme donne le schéma d'exploitation de l'année demandée tout en faisant ressortir pour chaque arc :

- Le nom du nœud amont et aval
- La capacité minimale de l'arc
- Le courant J en Ampère
- Le courant en [%] de la capacité minimale
- La tension au nœud aval

- La chute de tension au nœud aval en pourcentage (%) de la tension nominale
- Les pertes de puissance sur l'arc exprimée en KW
- Les pertes sont données par : $3RI^2$ avec, R : résistance de l'arc

Si les contraintes en courant et en tension ne sont pas respectées, l'attention de l'utilisateur est attirée par des (***) imprimées en marge du fichier résultat à droite.

V-8 Stylisation

V-8.1 Définition

La stylisation consiste à synthétiser le réseau de façon à faciliter la tâche

Au programme de calcul et elle s'applique le plus souvent sur les réseaux les plus étendus.

Pour permettre le calcul par un modèle mathématique sur ordinateur, il est généralement nécessaire de procéder à certaines simplifications dans la présentation du réseau afin d'en réduire la taille.

Si ces simplifications sont effectuées judicieusement, elles n'ont d'ailleurs aucune influence sur les résultats de l'étude de planification et facilite le travail. Il est donc conseillé de styliser le réseau même s'il n'existe aucune contrainte de taille du modèle utilisé.

V-8.2 Règles de bonne pratique pour la stylisation du réseau

Les règles mentionnées ci-dessous donnent un aperçu général des différentes phases pour simplifier la présentation du réseau sans influence pour autant les résultats de l'étude de planification.

1. Elimination des antennes de moindre importance. Ces dernières sont ramenées à leurs points d'origine. Elimination des boucles locales sans importance, celles-ci aussi seront

ramenées à leurs points d'origine, tout en maintenant le point d'ouverture. Les nœuds qui comportent plus de deux liaisons seront maintenus.

2. Sur les liaisons entre les postes qui sont déjà maintenus, on retiendra encore un nœud supplémentaire, de référence situé dans le centre de gravité de la charge, ou l'endroit d'une modification de section. On fera attention de ne pas transférer la charge d'un départ sur un autre.
3. Les nœuds présentant un consommateur important, seront également maintenus dans la mesure qu'ils ne font pas un double emploi avec les déjà retenus.
4. On procédera à la distribution de la charge.
 - Comme mentionnée plus haut, les antennes et les boucles éliminées seront ramenées à leurs origines.

-
- Les nœuds avec plus de deux liaisons n'auront que leurs charges propres plus la charge supplémentaire due à des antennes ou des boucles éliminées.
 - Sur les nœuds intermédiaires retenus, on concentrera toute la charge située entre les nœuds d'étoilement.
5. On effectuera le contrôle suivant :
- Existe-t-il des nœuds avec une forte concentration de charge ? Si cela est le cas et s'il ne s'agit pas d'une charge locale individuelle, il y a lieu de scinder le nœud en deux nœuds judicieusement choisis.
 - Existe-t-il des nœuds intermédiaires (c'est-à-dire avec un nombre de liaisons égale à deux (2) avec une faible charge) ? Si oui, ces nœuds deviennent être éliminés et la charge se répartie sur les nœuds voisins.

Chapitre VI

APPLICATION

VI.1 Introduction

Le but de cette étude est d'examiner la situation actuelle du réseau MT 30 kV de la région d'AZAZGA, afin de proposer selon un développement à moyen terme (2011-2021) des solutions adéquates qui obéissent aux exigences du guide technique de distribution, de la qualité de service et d'un investissement minimal. Ceci nous amène à prendre plusieurs décisions, à savoir :

- 1- Report éventuel de charge entre les postes HTB/HTA limitrophes.
- 2- Restructuration du réseau.
- 3- Utilisation optimale du poste source par la création de nouveaux départs.
- 4- Augmentation de puissance des transformateurs HTB/HTA.
- 5- Création de nouvelles injections HTB/HTA pour assurer une puissance garantie des postes sources existants.
- 6- Installation de batterie de condensateurs.

VI.2. Données globales

Présentation du réseau actuel :

Pour une exploitation meilleure, le centre de TIZI OUZOU est subdivisé en cinq agences qui sont :

- Tizi ouzou.
- Tigzirt.
- Azazga.
- Larbaa Nath Irathen (LNI).
- Draa El Mizane (DEM).

Le réseau électrique MT 30Kv de la direction de distribution de Tizi-Ouzou est desservi par six postes sources HT/MT :

- Poste THT Oued Aissi : 220/60/30kV.
- Poste Fréha : 60/30kV.
- Poste Tizi Medden : 60/30kV.
- Poste Boukhalfa : 60/30kV.

- Poste souk El Djemaa (SED) :60/30 kV.
- Poste DBK : 60/30 kV.

a) Poste THT de Oued Aissi 220 /60 /30 kV

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

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

L'autre alimente quatre départs qui sont :

- Sempac
- SNLB
- Zone industrielle(Zone1)
- Naftal

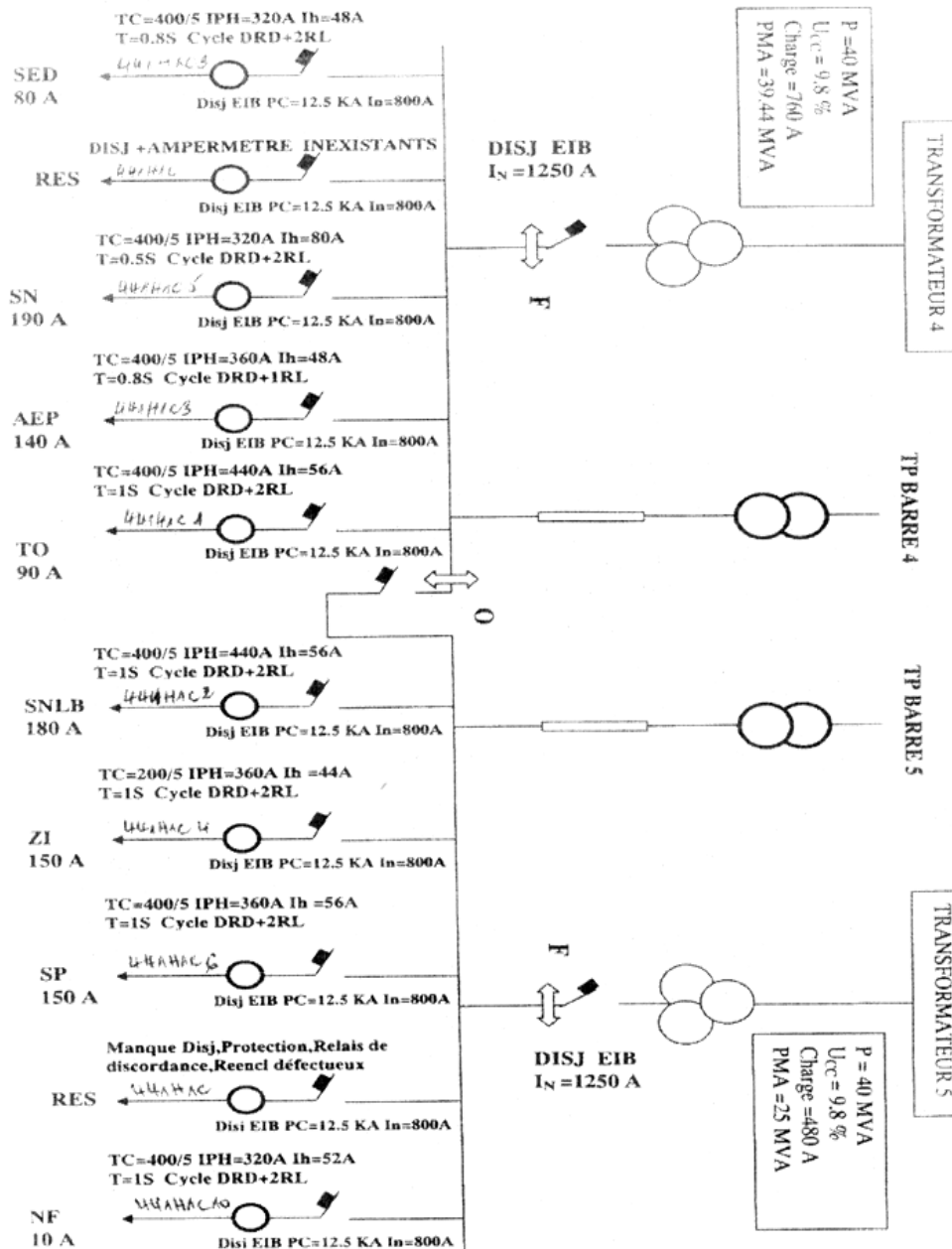


Figure V.1 : Schéma du poste THT Oued Aissi

b) Poste source de FREHA 60/30 kV

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

- Azeffoune
- Briqueterie
- Mekla

L'autre alimente trois départs qui sont :

- ENEL
- Bouzeguene
- Azazga

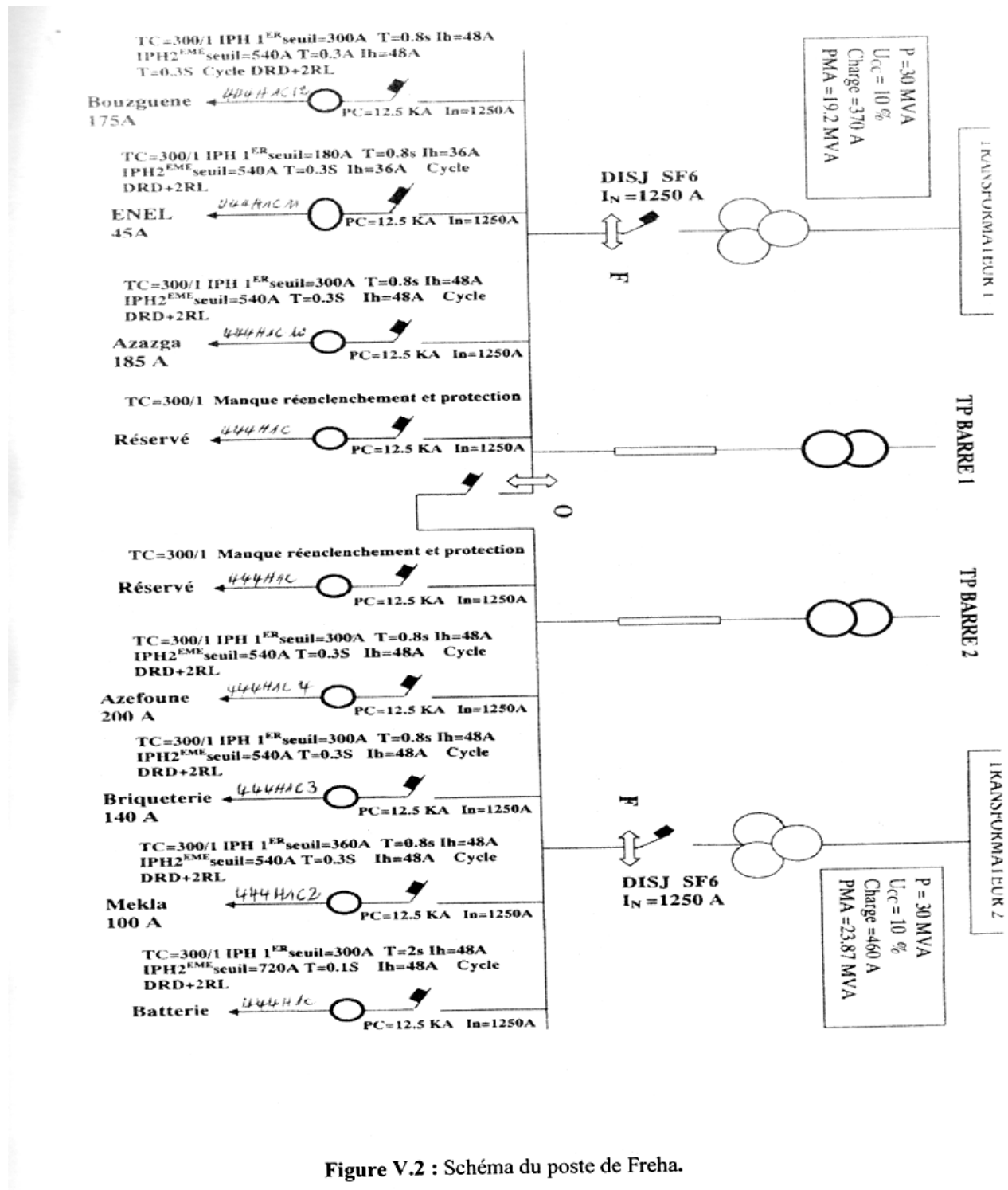


Figure V.2 : Schéma du poste de Freha.

VI.3. Consignes d'exploitation

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

Poste source FREHA 60/30 kV**a) Départ 30 kV AZAZGA**

- Limite thermique du départ : 270 A.
- Le courant de pointe : 190 A.

Schéma normal d'exploitation

- Fermé au PS FREHA.
- Ouvert au poste 227 coté tr 090 avec départ AEH.
- Ouvert à l'IACM J989 avec départ AZAZGA.
- Ouvert à l'IACM J 999 avec départ AEH.

b) Départ 30kV BOUZGUENE

- Limite thermique du départ : 270 A.
- Le courant de pointe : 235 A.

Schéma normal d'exploitation

- Fermé au PS FREHA.
- Ouvert au poste 163 coté tronçon 001 avec départ ENEL.
- Ouvert au poste 227 coté tr .090 avec départ AEH.
- Ouvert à l'IACM J989 avec départ AZAZGA.
- Ouvert à l'IACM J999 avec départ AEH.

c) Départ 30Kv de MEKLA

- Limite thermique : 270 A
- Le courant de pointe : 145 A

Schéma normal d'exploitation

- Fermé au poste source FREHA.
- Ouvert à l'IACM J901 (Départ Briquetrie).
- Ouvert à l'IACM J971 Inter STE AEH départ AEH.

d) Départ 30Kv ENEL

- Limite thermique : 270 A.

- Le courant de pointe : 145 A.

Schéma normal d'exploitation

- Fermé au PS FREHA.
- Ouvert au poste 163 coté tronçon 001.

e) Départ 30 kV AZEFOUN

- Limite thermique : 270 A.
- Le courant de pointe : 190 A.

Schéma normal d'exploitation

- Fermé au PS FREHA.
- Ouvert au poste 122 coté tronçon 096 (avec départ Briquetrie).
- Ouvert au poste 67 coté tronçon 014 (avec départ Briquetrie).
- Ouvert à l'IACM J1011.
- Fermé aux IACM J 939 & J 995 (STE TIGZIRT).

f) Départ 30 kV BRIQUETRIE

- Limite thermique : 270 A.
- Le courant de pointe : 160 A.

Schéma normal d'exploitation

- Fermé au PS FREHA.
- Ouvert au poste 122 coté tronçon 096 avec départ 30 kV Azefoune.
- Ouvert au poste 18 coté tronçon 022 avec départ 30 kV Azazga.
- Ouvert au poste 50 coté tronçon 019 (STE TIGZIRT).
- Ouvert au poste 240 coté tronçon 020 (SNLB).
- Ouvert au poste 67 coté tronçon 014 (Départ AZEFOUNE).
- Ouvert à l'IACM J 901 (MEKLA).
- Ouvert au poste 579 coté tronçon 082.

Postes sources mises en service

Poste source	Type	Niveau de tension (kV)	Puissance (MVA)
DRAA BEN KHDDA	HT/MT	60/30	2×30
OUAD AISSI	THT/HT/MT	220/60/30	2×40
FREHA	HT/MT	60/30	2×40
SOUK EL DJEMMAA	HT/MT	60/30	2×40
TIZI MEDDEN	HT/MT	60/30	2×40

Tableau VI.1 : Postes sources mises en service**VI.4. Collecte des données**

Afin de proposer une bonne solution de restructuration du réseau actuel de la région d'AZAZGA, il est impératif d'avoir une parfaite connaissance des caractéristiques des éléments le constituant.

VI.4.1. Caractéristiques physique

Les caractéristiques physiques consistent à relever :

- La résistance linéique en Ω/km qui dépend de la nature du conducteur et sa section.
- La longueur des éléments de la ligne en km.
- La capacité de transit de chaque élément.
- La réactance linéique en Ω/km .
- La capacité des jeux de barres MT.
- Les sections.

- Nombre de postes par type.

L'étude de ce réseau révèle qu'il est à structure bouclée. La majorité des conducteurs le constituant sont en Almélec pour l'aérien, et en Aluminium pour le souterrain, et les sections les plus répandues sont : 93.3mm^2 - 34.4mm^2 - 54.6mm^2 pour l'aérien et 70mm^2 - 120mm^2 pour le souterrain.

Les divers paramètres concernant les données physiques ont été relevés en nous conformant aux tableaux des caractéristiques électriques des conducteurs, fiches du réseau, et à la carte schématique mise à jour le 31 décembre 2009.

VI.4.2. Les départs HTA de poste FREHA 60/30 kV

Départs	Code GDO	Longueur (km)		Pointe hiver (A)	Nombre de poste			Localités alimentées
		MTA	MTS	2008	DP	LIV	MX	
BOUZGUENE	444H1C12	184.165	0.182	270	173	31	03	Bouzugue, Illoula Ifigha et Idjeur
AZAZGA	444H1C10	130.407	10.334	205	129	41	06	Azazga, Freha, Zekri, Yakourenet Akerrou
ENEL	444H1C11	0.490	0.045	60	0	02	0	Enel Freha
BRIQUETTERIE	444H1C3	128.536	4.084	170	99	69	04	Mekla, Forage AEP Freha, Oued Rabta, Guendoul, Tamba et Timizart
AZEFOUN	444H1C4	224.223	2.116	205	179	41	01	Taboudoucht, El Mardjen, Azefoun, Aghrib, Ait chafaa
MEKLA	444H1C2	60.924	0.877	150	55	18	0	Mecla, Souamaa, une partie d'AEH (Imsouhal, Ait Yahia)

Tableau VI.2 : Les départs HTA de poste FREHA 60/30 kV

VI.4.3. Longueur des départs MT

Poste source	Tension kV	Puissance MVA	Départs	Longueur (km)		Total (km)
				MTA	MTS	
Fréha	30	2x40	Azazga	130.407	10.334	140,741
			Bouzguène	184.165	0,182	184,347

Tableau VI.3. Longueur des départs MT**VI.4.4. Caractéristiques des conducteurs**

NATURE	SECTION (mm ²)	r à 20°C (Ω/km)	r + x tan φ (Ω/km)	I lt (A)
ALMELEC	34.4	0.958	1.133	140
	54.6	0.603	0.778	190
	93.3	0.357	0.532	270
ALUMINIUM	70	0.269	0.267	250
	120	0.157	0.226	

Tableau VI.4 : Caractéristiques des conducteurs.

VI.4.5. Nombre de poste MT/BT mis en service

Départs	Nombre de postes			Total
	DP	LIV	MX	
BOUZGUENE	173	31	03	207
AZAZGA	129	41	06	176
ENEL	0	02	0	02
BRIQUETTERIE	99	69	04	172
AZEFOUN	179	41	01	221
MEKLA	55	18	0	73

Tableau VI.5 : Nombre de poste

- Nombre de poste MT/BT à distribution publique : 635
- Nombre de poste MT/BT livraison : 202
- Nombre de poste MT/BT mixtes : 14

VI.5. Données dynamique du réseau

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

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

VI.5.1. Données de charge

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

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

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

Le courant maximum transité sur chaque départ appelé aussi courant appelé est résumé dans le tableau ci-dessous :

Poste source		Départs	Mesure hiver 2009[A] (cas défavorable) « courant appelé »
F R E H A	J B ₁	BRIQUETTERIE	160
		AZEFOUNE	190
		MEKLA	145
	J B ₂	BOUZGUENE	235
		AZAZGA	190
		ENEL	60

Tableau VI.6 : Courant de pointe.

VI.5.2. Répartition de la charge

Le calcul de la charge sur chaque départ consiste à sommer les courants calculés à partir des PMD pour les postes abonnés et les PI pour les postes de distribution publique, et les deux dans le cas des postes mixtes avec :

PMD : Puissance mise à disposition.

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

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

PI : Puissance installée pour chaque poste DP.

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} U}$$

Poste source		Départs	P _{ins} [kVA]	PMD [kW]	Charge [A]
F R E H A	J B ₁	BRIQUETTERIE	10050	9736	401.59
		AZEFOUNE	22033	7500	584.39
		MEKLA	8060	2990	219.04
	J B ₂	BOUZGUENE	23090	3930	528.39
		AZAZGA	26816	6470	654.42
		ENEL	0	4000	85.53

Tableau VI.7 : Puissance de poste.

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

La distribution la plus utilisée est liée proportionnellement à la puissance installée des postes MT/BT.

$$I_{app} = \alpha \cdot \Sigma I$$

$$\alpha = \frac{I_{app}}{\Sigma I}$$

I_{app} : Courant de pointe.

I : Courant des différent postes DP, AB et MX.

α : Coefficient de foisonnement.

Départs	I_{app} (A)	P_{app} (kVA)	P_{ins} (kVA)	I (A)	Coef de foisonnement α
BOUZGUENE	235	12210.95		528.39	0.45
AZAZGA	190	9872.68		654.42	0.30
ENEL	60	3117.69		85.53	0.78
BRIQUETTERIE	160	8313.84		401.59	0.42
AZEFOUN	190	9872.68		584.39	0.33
MEKLA	145	7534.42		219.04	0.68

Tableau VI.8 : Charge des départs

VI.5.3. Evolution de la charge

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

Le taux d'évolution est déterminé après analyse des projets d'urbanisation et consultation des services responsables (APC, DUCH, etc.....).

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

On a deux types d'accroissement :

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

En général, on adopte l'approche suivante :

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

En général, l'évolution de la charge réalisée sur le poste suit une loi exponentielle de la forme :

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

$$X = (P_n/P_0)^{1/n}$$

P_0 : Puissance à l'année initiale.

P_n : Puissance après n années.

X : Taux d'évolution.

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

VI.6. Hypothèses de l'étude

Les hypothèses prises en considération dans cette étude sont les suivantes :

Chute de tension admissible état sain :

- 6% pour le réseau MT souterrain.
- 10% pour le réseau MT aérien.

Chute de tension admissible état incident :

- 10% pour le réseau MT souterrain.
- 12% pour le réseau MT aérien.

- Taux d'accroissement : 4% de 2008 à 2012 ; 03% après 2012.

- Facteur de puissance $\cos\phi=0.9$.

- Tension aux jeux de barres MT : 30kV.

Le fonctionnement du réseau est examiné en situation de pointes hiver. Les prévisions des charges sont établies sur la base des responsabilités de pointe réalisée en 2007 et tiennent compte des prévisions calculées (accroissement en profondeur et en surface).

Le réseau de base considéré dans l'étude est le réseau moyenne tension 30 kV

VI.6.1. Supports utilisés

- Cartes schématiques.
- Bases de données GDO mise à jour Mai 2008.
- Cartes d'état major de la DR.
- Bilans années 2004-2006-2007.

VI.6.2. Données économiques

- Prix unitaire réseau HTA/A / 2088 KDA/KM.
- Prix unitaire réseau HTA/S : 3784 KDA/KM.
- Prix cellule HTA : 3628 KDA.

VI.7. Solutions proposées

VI.7.1. Première variante

Cette variante consiste à décharger le poste source de FREHA sur le poste source de CHAOUFA qui comprend un seul départ : BOUBHIR (BOUZEGUENE 2), ce dernier est injecté entre deux nœuds E61 et E63.

C'est ainsi que le départ de BOUZEGUENE sera soulagé en éliminant toute une partie qui va de J818 jusqu'au poste source CHAOUFA.

a) Départ BOUZEGUENE 30 kV issu du poste HT/MT FREHA

N° Poste	Nature	Section [mm ²]
516	DP	34.4
675	DP	34.4
291	DP	34.4
261	AB	34.4
15	DPC	34.4
258	DP	54.6
606	DP	34.4
259	DP	54.6
391	DP	34.4
256	DP	54.6
271	AB	34.4
61	DP	34.4
257	DP	54.6
254	DP	54.6
272	DP	34.4
253	DP	54.6
591	DP	34.4
255	DP	54.6
250	DP	54.6
251	DP	54.6
249	DP	34.4
326	DP	34.4
325	DP	34.4
328	DP	34.4
327	DP	34.4
406	DP	54.6
57	DP	54.6
405	DP	34.4
597	AB	93.3
663	AB	34.4
598	AB	34.4
297	DP	54.6
286	DP	34.4
294	DP	34.4
293	DP	54.6
03	AB	34.4
389	DP	34.4
315	DP	34.4
274	DP	34.4
279	DP	34.4
280	DP	34.4
109	AB	54.6
110	ABC	54.6
577	AB	34.4
593	DP	34.4
530	DP	34.4
16	DP	34.4

Calcul de charge

Noeud1	Noeud2	Capacité	Courant	PCT	V-Noeud2	DV%	ΔP (KW)
444H1C12	-444E110	270.	63.	23.36	29696.	.01	.33
444E110	-444J850	270.	63.	23.36	29314.	1.30	31.41
444J850	-444E1	270.	63.	23.36	29235.	1.56	6.51
444E1	-444E3	270.	63.	23.36	29171.	1.78	5.28
444E3	-444J851	270.	51.	18.84	28966.	2.47	13.62
444J851	-444E548	270.	51.	18.84	28963.	2.48	.22
444E548	-444E27	190.	45.	23.80	28949.	2.53	.96
444E27	-444E29	270.	4.	1.62	28939.	2.56	.05
444E29	-444E44	270.	4.	1.62	28936.	2.57	.02
444E44	-444J973	190.	4.	2.30	28936.	2.57	.00
444J973	-444E45	190.	4.	2.30	28927.	2.60	.06
444E45	-444E723	140.	3.	2.47	28926.	2.61	.01
444E723	-444E764	140.	3.	1.95	28923.	2.62	.01
444E764	-444J944	140.	2.	1.30	28923.	2.62	.00
444J944	-444E864	140.	2.	1.30	28919.	2.63	.01
444E864	-444P516	140.	1.	.65	28919.	2.63	.00
444E864	-444P675	140.	1.	.65	28918.	2.63	.00
444E764	-446P291	140.	1.	.65	28923.	2.62	.00
444E723	-444P261	140.	1.	.52	28926.	2.61	.00
444E45	-444P105	190.	1.	.48	28927.	2.60	.00

444E27 -444E634	270.	41.	15.13	28915.	2.64	1.79
444E634 -444E5	270.	38.	13.91	28875.	2.78	1.94
444E5 -444E46	270.	4.	1.35	28875.	2.78	.00
444E46 -444P15	140.	4.	2.60	28873.	2.79	.01
444E5 -444J860	190.	34.	17.85	28874.	2.78	.06
444J860 -444E6	140.	34.	24.22	28842.	2.89	1.76
444E6 -444E674	190.	33.	17.37	28833.	2.92	.48
444E674 -444E525	190.	32.	16.89	28794.	3.05	1.86
444E525 -444E7	140.	32.	22.59	28783.	3.09	.56
444E7 -444E8	190.	31.	16.17	28760.	3.16	1.04
444E8 -444E673	190.	30.	15.69	28735.	3.25	1.15
444E673 -444E9	190.	29.	15.21	28722.	3.29	.55
444E9 -444E675	190.	25.	13.29	28703.	3.36	.73
444E675 -444E10	190.	24.	12.81	28690.	3.40	.46
444E10 -444E11	190.	23.	12.33	28687.	3.41	.13
444E11 -444J985	270.	23.	8.34	28686.	3.41	.01
444J985 -444E676	270.	23.	8.34	28677.	3.44	.27
444E676 -444E12	270.	21.	7.80	28669.	3.47	.22
444E12 -444J828	270.	17.	6.25	28668.	3.47	.01
444J828 -444E16	270.	17.	6.25	28633.	3.59	.77
444E16 -444E17	190.	16.	8.40	28594.	3.72	.94
444E17 -444E19	190.	14.	7.15	28584.	3.76	.20
444E19 -444E26	190.	8.	4.17	28579.	3.77	.06

444E26 -444J879	190.	6.	3.41	28579.	3.77	.00
444J879 -444E638	190.	6.	3.41	28578.	3.78	.01
444E638 -444E23	190.	6.	2.93	28576.	3.78	.01
444E23 -444E24	190.	5.	2.69	28574.	3.79	.02
444E24 -444J978	190.	4.	1.92	28574.	3.79	.00
444J978 -444E733	190.	4.	1.92	28574.	3.79	.00
444E733 -444E25	190.	3.	1.44	28568.	3.81	.02
444E25 -444E793	190.	2.	.96	28568.	3.81	.00
444E793 -444P258	190.	1.	.48	28567.	3.81	.00
444E793 -444P606	140.	1.	.65	28566.	3.82	.00
444E25 -444P259	190.	1.	.48	28568.	3.81	.00
444E733 -444J915	140.	1.	.65	28574.	3.79	.00
444J915 -444P391	140.	1.	.65	28572.	3.80	.00
444E24 -444P256	190.	1.	.77	28574.	3.79	.00
444E23 -444P271	140.	0.	.33	28576.	3.78	.00
444E638 -444P61	140.	1.	.65	28578.	3.78	.00
444E26 -444P257	190.	1.	.77	28578.	3.78	.00
444E19 -444J987	270.	6.	2.09	28584.	3.76	.00
444J987 -444E20	270.	6.	2.09	28580.	3.77	.03
444E20 -444E21	270.	5.	1.76	28578.	3.78	.01
444E21 -444E677	190.	3.	1.54	28578.	3.78	.00
444E677 -444P254	190.	1.	.77	28577.	3.78	.00
444E677 -444P272	140.	1.	1.04	28577.	3.78	.00

444E21 -444E796	190.	2.	.96	28575.	3.79	.01
444E796 -444E22	190.	1.	.48	28573.	3.79	.00
444E22 -444P253	190.	1.	.48	28573.	3.80	.00
444E796 -444P591	140.	1.	.65	28575.	3.79	.00
444E20 -444P255	190.	1.	.48	28580.	3.77	.00
444E17 -444J986	190.	2.	1.25	28594.	3.72	.00
444J986 -444E18	190.	2.	1.25	28591.	3.74	.01
444E18 -444P250	190.	1.	.48	28590.	3.74	.00
444E18 -444P251	190.	1.	.77	28589.	3.74	.00
444E16 -444P249	140.	1.	.65	28633.	3.59	.00
444E12 -444J955	190.	4.	2.21	28669.	3.47	.00
444J955 -444E13	190.	4.	2.21	28668.	3.48	.01
444E13 -444E15	190.	2.	1.25	28662.	3.50	.02
444E15 -444J957	140.	1.	.65	28662.	3.50	.00
444J957 -444P326	140.	1.	.65	28659.	3.51	.00
444E15 -444P325	190.	1.	.77	28660.	3.50	.00
444E13 -444J956	140.	2.	1.30	28668.	3.48	.00
444J956 -444E14	140.	2.	1.30	28666.	3.48	.01
444E14 -444J952	140.	1.	.65	28666.	3.48	.00
444J952 -444P328	140.	1.	.65	28665.	3.49	.00
444E14 -444P327	140.	1.	.65	28665.	3.48	.00
444E676 -444P406	140.	1.	1.04	28677.	3.45	.00
444E11 -444P56	190.	1.	.48	28686.	3.41	.00

444E10 -444P57	190.	1.	.48	28690.	3.40	.00
444E675 -444P405	140.	1.	.65	28703.	3.36	.00
444E9 -444E775	190.	4.	1.92	28719.	3.30	.02
444E775 -444J988	270.	2.	.81	28719.	3.30	.00
444J988 -444E781	270.	2.	.81	28717.	3.31	.01
444E781 -444E865	270.	1.	.54	28715.	3.32	.00
444E865 -444P597	270.	1.	.27	28715.	3.32	.00
444E865 -444P663	140.	1.	.52	28715.	3.32	.00
444E781 -444P598	140.	1.	.52	28717.	3.31	.00
444E775 -444P297	190.	1.	.77	28719.	3.30	.00
444E673 -444P286	140.	1.	.65	28734.	3.25	.00
444E8 -444P294	140.	1.	.65	28760.	3.16	.00
444E7 -444P293	190.	1.	.48	28782.	3.09	.00
444E525 -444P3	140.	0.	.33	28794.	3.05	.00
444E674 -444P389	140.	1.	.65	28832.	2.92	.00
444E6 -444P315	140.	1.	.65	28842.	2.89	.00
444E634 -444J829	270.	3.	1.22	28913.	2.65	.01
444J829 -444E635	270.	3.	1.22	28913.	2.65	.00
444E635 -444E711	140.	2.	1.30	28911.	2.66	.00
444E711 -444P274	140.	1.	.65	28911.	2.66	.00
444E711 -444P279	140.	1.	.65	28911.	2.66	.00
444E635 -444P280	140.	1.	1.04	28913.	2.65	.00
444E548 -444J903	190.	6.	2.97	28961.	2.49	.02

444J903 -444E28	190.	6.	2.97	28960.	2.49	.00
444E28 -444P109	190.	1.	.58	28960.	2.49	.00
444E28 -444P110	190.	5.	2.40	28955.	2.51	.04
444E3 -444J873	153.	11.	7.51	29163.	1.81	.14
444J873 -444E4	118.	11.	9.73	29161.	1.81	.04
444E4 -444E521	140.	3.	2.47	29156.	1.83	.03
444E521 -444E741	140.	3.	1.82	29151.	1.85	.02
444E741 -444P577	140.	1.	.78	29151.	1.85	.00
444E741 -444P593	140.	1.	1.04	29149.	1.86	.01
444E521 -444P530	140.	1.	.65	29156.	1.83	.00
444E4 -444E633	118.	8.	6.80	29159.	1.82	.03
444E633 -444E539	118.	4.	3.24	29158.	1.83	.01
444E539 -444E2	118.	3.	2.47	29156.	1.83	.01
444E2 -444P16	140.	1.	1.04	29156.	1.83	.00
444E2 -444P195	118.	1.	1.24	29156.	1.83	.00
444E539 -444P194	140.	1.	.65	29158.	1.83	.00
444E633 -444J908	140.	4.	3.00	29159.	1.82	.00
444J908 -444E807	140.	4.	3.00	29151.	1.85	.05
444E807 -444E643	140.	3.	2.34	29143.	1.88	.05
444E643 -444E644	140.	2.	1.69	29142.	1.88	.00
444E644 -444P393	140.	1.	1.04	29142.	1.88	.00
444E644 -444P394	140.	1.	.65	29142.	1.88	.00
444E643 -444P99	140.	1.	.65	29142.	1.88	.00

444E807 -444P601	140.	1.	.65	29151.	1.85	.00
444E3 -444J882	118.	1.	.62	29171.	1.78	.00
444J882 -444P79	140.	1.	.52	29171.	1.78	.00

b) Départ BOUBHIR (BOUZGUENE 2) 30 kV issu du poste HT/MT CHAOUFA

N° Poste	Nature	Section [mm ²]
111	ABC	54.6
390	DP	54.6
76	DP	34.4
659	DP	34.4
75	DP	34.4
25	DPC	93.3
35	DP	34.4
291	DP	54.6
292	DP	34.4
278	DP	34.4
685	DP	34.4
47	DP	34.4
176	DP	54.6
177	DP	54.6
620	DP	34.4
173	DP	34.4
179	DP	54.6
619	DP	34.4
203	DP	54.6
174	DP	54.6
178	DP	34.4
175	DP	54.6
101	MX	34.4
583	AB	34.4

470	AB	34.4
202	DP	54.6
615	DP	34.4
112	DP	34.4
155	DPC	34.4
346	ABC	48.3
30	DP	93.3
493	DP	34.4
380	DP	34.4
196	MXC	34.4
37	DP	54.6
31	DP	54.6
609	DP	34.4
199	DP	34.4
312	DP	54.6
198	AB	34.4
221	DP	54.6
349	DP	34.6
222	DP	54.6
348	DP	93.3
596	DP	93.3
223	DP	54.6
224	DP	54.6
226	DP	93.3
578	AB	34.4
595	DP	93.3
225	DP	54.6
220	DP	34.4
479	DP	34.4
480	DP	34.4
563	AB	34.4
211	AB	54.6
219	DP	54.6

197	AB	34.4
01	DP	34.4
478	DP	34.4
43	DP	54.6
311	DP	93.3
458	DP	34.4
362	DP	34.4
53	DP	54.6
364	DP	54.6
457	DP	93.3
456	DP	34.4
508	DP	34.4
154	DP	54.6
54	DP	54.6
95	DP	34.4

Longueur du départ : 62.8210 km

Calcul de charge

Noeud1	Noeud2	Capacité	Courant	PCT	V-Noeud2	DV%	ΔP (KW)
444H2C4	-444EXXX	270.	91.	33.69	28804.	3.02	106.37
444EXXX	-444E61	190.	42.	22.36	28796.	3.04	.49
444E61	-444E60	190.	35.	18.47	28781.	3.09	.81
444E60	-444E53	190.	33.	17.51	28758.	3.17	1.16
444E53	-444J818	190.	14.	7.44	28749.	3.20	.19
444J818	-444E52	190.	14.	7.44	28728.	3.27	.45
444E52	-444E50	190.	13.	6.67	28674.	3.45	1.01

444E50 -444J1123	190.	8.	4.46	28674.	3.45	.00
444J1123 -444E49	190.	8.	4.46	28670.	3.47	.05
444E49 -444E48	190.	8.	3.98	28662.	3.49	.09
444E48 -444E47	270.	5.	1.96	28661.	3.50	.01
444E47 -444J904	190.	5.	2.78	28661.	3.50	.00
444J904 -444E522	190.	5.	2.78	28661.	3.50	.00
444E522 -444E523	190.	3.	1.54	28659.	3.50	.01
444E523 -444E693	190.	2.	1.06	28659.	3.51	.00
444E693 -444P111	190.	1.	.58	28659.	3.51	.00
444E693 -444P390	190.	1.	.48	28659.	3.51	.00
444E523 -444P76	140.	1.	.65	28658.	3.51	.00
444E522 -444P659	140.	1.	1.04	28660.	3.50	.00
444E522 -444P75	140.	1.	.65	28660.	3.50	.00
444E48 -444P25	270.	2.	.84	28662.	3.49	.00
444E49 -444P35	140.	1.	.65	28670.	3.47	.00
444E50 -444J859	190.	4.	2.21	28674.	3.45	.00
444J859 -444E636	190.	4.	2.21	28673.	3.46	.00
444E636 -444E51	190.	2.	.96	28671.	3.47	.01
444E51 -444P291	190.	1.	.48	28671.	3.47	.00
444E51 -444P292	140.	1.	.65	28671.	3.47	.00
444E636 -444E866	140.	2.	1.69	28673.	3.46	.00
444E866 -444P278	140.	1.	.65	28672.	3.46	.00
444E866 -444P685	140.	1.	1.04	28673.	3.46	.00

444E52	-444P47	140.	1.	1.04	28726.	3.28	.00
444E53	-444J992	190.	19.	10.08	28757.	3.17	.02
444J992	-444E543	190.	19.	10.08	28752.	3.19	.15
444E543	-444E54	190.	11.	5.95	28747.	3.21	.09
444E54	-444E57	190.	8.	4.22	28744.	3.22	.03
444E57	-444E802	190.	7.	3.74	28743.	3.22	.01
444E802	-444E58	190.	6.	3.26	28741.	3.23	.02
444E58	-444E803	190.	4.	2.02	28740.	3.23	.01
444E803	-444E59	190.	2.	1.25	28740.	3.23	.00
444E59	-444P176	190.	1.	.48	28739.	3.23	.00
444E59	-444P177	190.	1.	.77	28739.	3.23	.00
444E803	-444P620	140.	1.	1.04	28740.	3.23	.00
444E58	-444P173	140.	1.	.65	28740.	3.23	.00
444E58	-444P179	190.	1.	.77	28741.	3.23	.00
444E802	-444P619	140.	1.	.65	28743.	3.22	.00
444E57	-444P203	190.	1.	.48	28744.	3.22	.00
444E54	-444J993	190.	3.	1.73	28747.	3.21	.00
444J993	-444E55	190.	3.	1.73	28745.	3.22	.01
444E55	-444E56	190.	2.	1.25	28744.	3.22	.00
444E56	-444P174	190.	1.	.48	28743.	3.22	.00
444E56	-444P178	140.	1.	1.04	28743.	3.22	.00
444E55	-444P175	190.	1.	.48	28744.	3.22	.00
444E543	-444J857	140.	8.	5.60	28752.	3.19	.00

444J857 -444E710	140.	8.	5.60	28736.	3.24	.19
444E710 -444E536	140.	7.	5.08	28736.	3.25	.01
444E536 -444P101	140.	6.	4.56	28732.	3.26	.03
444E536 -444P583	140.	1.	.52	28736.	3.25	.00
444E710 -444P470	140.	1.	.52	28736.	3.24	.00
444E60 -444J918	190.	2.	.96	28781.	3.09	.00
444J918 -444E805	190.	2.	.96	28781.	3.10	.00
444E805 -444P202	190.	1.	.48	28781.	3.10	.00
444E805 -444P615	140.	1.	.65	28781.	3.10	.00
444E61 -444P112	140.	1.	.65	28796.	3.04	.00
444E61 -444P155	140.	6.	4.62	28795.	3.05	.01
444P155 -444P346	230.	1.	.32	28795.	3.05	.00
444EXXX -444E63	190.	48.	25.52	28795.	3.05	.64
444E63 -444J884	190.	47.	24.76	28795.	3.05	.04
444J884 -444J934	190.	47.	24.76	28794.	3.05	.04
444J934 -444E64	190.	47.	24.76	28778.	3.11	1.17
444E64 -444J1121	190.	46.	23.99	28771.	3.13	.45
444J1121 -444E65	190.	46.	23.99	28766.	3.15	.35
444E65 -444E660	190.	44.	23.22	28730.	3.27	2.39
444E660 -444E678	190.	42.	21.97	28706.	3.35	1.48
444E678 -444E66	190.	41.	21.49	28698.	3.37	.51
444E66 -444E67	190.	40.	21.01	28687.	3.41	.68
444E67 -444E659	190.	38.	20.25	28676.	3.45	.61

444E659 -444E679	190.	38.	19.77	28657.	3.51	1.08
444E679 -444E68	190.	36.	19.00	28622.	3.63	1.89
444E68 -444E513	190.	35.	18.52	28582.	3.77	2.15
444E513 -444E69	190.	34.	18.04	28571.	3.80	.56
444E69 -444J912	190.	14.	7.63	28569.	3.81	.04
444J912 -444E703	190.	14.	7.63	28567.	3.81	.04
444E703 -444E70	270.	14.	5.20	28564.	3.82	.06
444E70 -444E71	270.	12.	4.52	28557.	3.85	.11
444E71 -444E72	270.	10.	3.65	28552.	3.86	.06
444E72 -444E73	270.	9.	3.31	28552.	3.87	.00
444E73 -444E668	270.	3.	1.22	28552.	3.87	.00
444E668 -444E726	270.	2.	.88	28551.	3.87	.00
444E726 -444P30	270.	1.	.54	28551.	3.87	.00
444E726 -444P493	140.	1.	.65	28551.	3.87	.00
444E668 -444P380	140.	1.	.65	28551.	3.87	.00
444E73 -444P196	140.	6.	4.04	28551.	3.87	.01
444E72 -444P37	190.	1.	.48	28552.	3.87	.00
444E71 -444P31	190.	1.	.77	28557.	3.85	.00
444E71 -444P609	140.	1.	.65	28557.	3.85	.00
444E70 -444P199	140.	1.	.65	28563.	3.83	.00
444E70 -444P312	190.	1.	.48	28563.	3.83	.00
444E703 -444J911	140.	0.	.33	28567.	3.81	.00
444J911 -444P198	140.	0.	.33	28567.	3.82	.00

444E69	-444J980	70.	20.	7.33	28570.	3.80	.01
444J980	-444E757	270.	20.	7.33	28569.	3.81	.03
444E757	-444E402	270.	19.	6.99	28562.	3.83	.16
444E402	-444E74	270.	17.	6.45	28549.	3.88	.30
444E74	-444E547	270.	13.	4.69	28545.	3.89	.07
444E547	-444E76	270.	13.	4.69	28528.	3.94	.27
444E76	-444E77	270.	11.	4.15	28525.	3.96	.05
444E77	-444E78	190.	3.	1.44	28524.	3.96	.00
444E78	-444J981	190.	2.	.96	28524.	3.96	.00
444J981	-444E657	190.	2.	.96	28522.	3.97	.00
444E657	-444P221	190.	1.	.48	28522.	3.97	.00
444E657	-444P349	140.	1.	.65	28522.	3.97	.00
444E78	-444P222	190.	1.	.48	28524.	3.96	.00
444E77	-444E80	270.	8.	3.14	28515.	3.99	.11
444E80	-444E81	190.	5.	2.69	28513.	4.00	.02
444E81	-444E82	190.	4.	2.21	28511.	4.00	.01
444E82	-444E746	270.	2.	.68	28509.	4.01	.01
444E746	-444P348	270.	1.	.34	28508.	4.01	.00
444E746	-444P596	270.	1.	.34	28509.	4.01	.00
444E82	-444P223	190.	1.	.77	28510.	4.01	.00
444E82	-444P224	190.	1.	.48	28511.	4.00	.00
444E81	-444P226	270.	1.	.34	28512.	4.00	.00
444E80	-444J856	190.	3.	1.78	28514.	3.99	.00

444J856 -444E541	190.	3.	1.78	28513.	4.00	.00
444E541 -444E747	140.	2.	1.37	28513.	4.00	.00
444E747 -444P578	140.	0.	.33	28513.	4.00	.00
444E747 -444P595	270.	1.	.54	28512.	4.00	.00
444E541 -444P225	190.	1.	.77	28513.	4.00	.00
444E76 -444P220	140.	1.	1.04	28528.	3.95	.00
444E74 -444E664	190.	5.	2.49	28549.	3.88	.00
444E664 -444E75	140.	4.	3.06	28549.	3.88	.00
444E75 -444E390	190.	3.	1.78	28547.	3.88	.01
444E390 -444E762	140.	3.	2.08	28547.	3.88	.00
444E762 -444J942	140.	2.	1.30	28547.	3.88	.00
444J942 -444E763	140.	2.	1.30	28543.	3.89	.01
444E763 -444P479	140.	1.	.65	28542.	3.90	.00
444E763 -444P480	140.	1.	.65	28543.	3.90	.00
444E762 -444P563	140.	1.	.78	28547.	3.88	.00
444E390 -444P211	190.	0.	.24	28547.	3.88	.00
444E75 -444P219	190.	1.	.48	28549.	3.88	.00
444E664 -444P197	140.	0.	.33	28549.	3.88	.00
444E402 -444P1	140.	1.	1.04	28562.	3.83	.00
444E757 -444P478	140.	1.	.65	28569.	3.81	.00
444E513 -444P43	190.	1.	.48	28581.	3.77	.00
444E68 -444P311	270.	1.	.34	28621.	3.63	.00
444E679 -444P458	140.	1.	1.04	28657.	3.51	.00

444E659 -444P362	140.	1.	.65	28676.	3.45	.00
444E67 -444P53	190.	1.	.77	28687.	3.41	.00
444E66 -444P364	190.	1.	.48	28698.	3.37	.00
444E678 -444P457	270.	1.	.34	28706.	3.35	.00
444E660 -444E680	140.	2.	1.69	28729.	3.27	.00
444E680 -444P456	140.	1.	.65	28728.	3.27	.00
444E680 -444P508	140.	1.	1.04	28728.	3.27	.00
444E65 -444P154	190.	1.	.77	28766.	3.15	.00
444E64 -444P54	190.	1.	.77	28777.	3.11	.00
444E63 -444P95	140.	1.	1.04	28795.	3.05	.00

VI.7.2. Deuxième variante

Afin d'éviter le problème de surcharge pour le nouveau départ (BOUBHIR : BOUZEGUENE2), on propose de partager la charge de ce dernier sur le départ de MEKLA tel qu'on crée une liaison électrique entre p134 et p424 en ouvrant au niveau du j949.

N° du poste	Nature	Section [mm ²]
424	DP	34.4
611	DP	34.4
423	DP	34.4
421	DP	34.4
422	DP	34.4
420	DP	34.4
613	DP	34.4
425	DP	34.4
427	DP	34.4
429	DP	34.4
430	DP	34.4

428	DP	34.4
426	DP	34.4
419	DP	34.4
418	DP	34.4
417	DP	34.4
103	AB	34.4
108	AB	54.6
13	ABC	54.6
347	DP	34.4
166	DP	54.6
630	DP	34.4
245	DP	54.6
246	DP	54.6
244	DP	34.4
633	DP	93.3
556	DP	34.4
243	DP	34.4
242	DP	34.4
310	ABC	54.6
567	AB	93.3
614	DP	34.4
240	DP	54.6
241	DP	34.4
239	DP	54.6
353	DP	34.4
352	DP	34.4
363	DP	34.4
351	DP	34.4
505	DP	34.4
235	DP	34.4
506	AB	34.4
350	DP	34.4
60	DP	34.4

236	DP	34.4
201	DP	34.4
673	DP	34.4
24	AB	34.4
467	DP	34.4
468	DP	34.4
52	DP	34.4
237	DP	54.6
469	DP	34.4
182	DP	54.6
59	DP	54.6
181	DP	54.6
124	DP	34.4
180	DP	54.6
186	AB	34.4
167	AB	34.4
204	DP	54.6
121	DP	34.4
170	AB	34.4
205	DP	54.6
27	AB	34.4
55	AB	34.4
146	DP	34.4
207	DP	54.6
206	DP	54.6
126	DP	34.4
157	DP	34.4
507	DP	93.3
164	DP	54.6
283	AB	54.6
295	AB	34.4
165	DP	54.6
547	MXC	34.4

670	AB	34.4
102	AB	34.4

VI.7.3. Troisième variante

Pour soulager le poste de FREHA, on crée un nouveau départ IDJEUR injecté entre E139 et E134 en ouvrant au niveau du J928.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif principal de notre étude est la restructuration du réseau moyenne tension de la région AZAZGA dans le but de faciliter la détection des défauts et d'assurer les conditions nécessaires pour son fonctionnement :

- Des chutes de tension admissibles.
- Les possibilités techniques et pratiques de secours en cas de défaut sur un départ.

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

Nous avons d'abord fait un diagnostic de l'état actuel du réseau collectant les données nécessaires aux calculs de charge et de chute de tension. Cette étape nous a permis d'avoir une meilleure connaissance des problèmes qui touchent ce réseau, tel que la surcharge de quelques départs importants.

Après ce la, nous avons retenus trois variantes :

- La première : consiste à la création d'un nouveau poste CHAOUFA qui comprend le départ BOUBHIR d'une manière à soulager le poste de FREHA.
- La deuxième : consiste à créer une liaison électrique entre P134 et P424 et faire une ouverture au niveau de J949 cela nous a permis de partager la charge entre le départ de BOUZEGUENE et celui de MEKLA.
- La troisième consiste à créer un nouveau départ IDJEUR qui est injecté entre E139 et E134 et faire une ouverture au niveau de J928, cela dans le but de soulager le poste source de FREHA.

Ce travail nous a permis d'enrichir les connaissances acquises pendant notre formation. Enfin, nous espérons que ce travail fera l'objet d'une réalisation concrète.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- [1] Document SONEGGAZ. Institut de formation en électricité et gaz(IFE)G)
Ecole technique de BLIDA. Préparé par : M^r HADJ DJILANI.
- [2] F.MILSANT. « **Transformation, réseau électriques** » (Machines électriques).
Edition BRTI, 1993.
- [3] K. FERHANI, M. ADANE, D. AMRENDI. « **Restructuration du réseau électrique moyenne tension 30 kV du centre de TIZI-OUZOU** ». Mémoire d'ingénieur. UMMTO 1999.
- [4] Etude des réseaux moyenne tension « **guide technique de la SONEGGAZ** ». SONEGGAZ DISTRIBUTION CENTRE, DIRECTION TECHNIQUES ELECTRICITE (SDC/DTE).
- [5] E.N.M, LA PEROLLIERE, EDF/GDF « **Lignes aériennes** ». Edition 1980.
- [6] Jens-Louis Isaak, Dispositions constructives pour la réalisation par des tiers de postes de Distribution Publique HTA/BT en immeuble, 2007.
http://www.sicae-oise.fr/upload/ref_tech_95.pdf
- [7] Lien internet :
- http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_%C3%A9lectrique
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Transformateur_%C3%A9lectrique
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Jeu_de_barres
- [8] THEODOR WILDI « **électrotechnique** » Edition 4, Edition De Boeck, 2005, France.

- [9] Cahier technique n°164 « **transformateur de courant pour la HT** » Edition 1992.
- [10] H. BOYER, M.NORBERT, R. PHILIPPE, « **Construction du matériel électrique** », tome 4, Edition Péladan-Le Cannellier, 1967, France.
- [11] JAQUES CLADE « **technique de l'ingénieur D4II** ». D61, D68, D69, D70, D673. 1990
- [12] S. KHEMRI, B. MAOUEL « **Dimensionnement, protection numérique et mise en service d'une installation électrique et de son réseau de distribution** ». Mémoire d'ingénieur. UMMTO 2009.
- [13] M.ADIL, A.NAIT DJOUD « **Restructuration du réseau 30kV de TIGZIRT** » Mémoire d'ingénieur. UMMTO 2009.
- [14] K.HAMOUIMECHE, A. HADDAR, M.HAMAZ « **Restructuration du réseau électrique moyenne tension 30kV de la zone industrielle ROUIBA-REGHAIA** » 2000.
- [15] Notice d'utilisation du programme CARAT (SONELGAZ).

ANNEXE

Fichier de données

```

0 0 0          ETUDE SCHEMA DIRECTEUR T-OUZOU  AZAZGA IP=205A
1 20082008    29700 90.00 90.00 30.00 30.00  800 8760 0.900   20 0.5 121
2 222222
2 INJECT      00 444H1C10 0    0    0 0 0 800.0 0.000 0.000 0.000
2 444H1C10    00 444E201 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 1.270      0
0 0
2 444E201     00 444E199 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.660      0
0 0
2 444E199     00 444E198 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.410      0
0 0
2 444E198     00 444E196 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.175      0
0 0
2 444E196     00 444E857 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.400      0
0 0
2 444E857     00 444E195 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.691      0
0 0
2 444E195     00 444J822 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.218      0
0 0
2 444J822     00 444E194 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.338      0
0 0
2 444E194     00 444E183 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.350      0
0 0
2 444E183     00 444E180 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.294      0
0 0
2 444E180     00 444E179 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.488      0
0 0
2 444E179     00 444E177 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.193      0
0 0
2 444E177     00 444E178 0    0    0 0 0 140.0 0.958 0.350 0.158      0
0 0
2 444E178     00 444E718 0    0    0 0 0 190.0 0.603 0.350 0.176      0
0 0
2 444E718     00 444P483 0    0    0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.026      0
0 0
2 444P483     00 444P288 0    0    0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.155      0
0 0
2 444P288     00 444P588 0    0    0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.619      0
0 0
2 444P588     00 444P589 0    0    0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.252      0
0 0
2 444P589     00 444P93  0    0    0 0 0 198.0 0.284 0.100 0.134      0
0 0
2 444P91      00 444P93  0    0    0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.316      0
0 0
2 444P372     00 444P91  0    0    0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.643      0
0 0
2 444E178     00 444P62  1    0    0 0 0 190.0 0.603 0.350 0.027      0
0 0
2 444E178     00 444P62  1    0    0 0 0 230.0 0.300 0.100 0.036      0
0 0
2 444E177     00 444J1100 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 2.928      0
0 0
2 444J1100    00 444P378 0    0    0 0 0 270.0 0.357 0.350 0.028      0
0 0

```

2	444P378	00	444E174	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.444	0
0	0												
2	444E174	00	444E515	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.922	0
0	0												
2	444E515	00	444E171	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.591	0
0	0												
2	444E171	00	444E531	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.218	0
0	0												
2	444E531	00	444P20	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.118	0
0	0												
2	444P20	00	444E862	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.416	0
0	0												
2	444E862	00	444E167	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.689	0
0	0												
2	444E167	00	444E164	0	0	0	0	0	200.0	0.472	0.350	0.229	0
0	0												
2	444E164	00	444E166	1	0	0	0	0	200.0	0.472	0.350	0.603	0
0	0												
2	444E164	00	444E166	1	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.280	0
0	0												
2	444E166	00	444E163	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.322	0
0	0												
2	444E163	00	444E111	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.389	0
0	0												
2	444E111	00	444E112	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.154	0
0	0												
2	444E112	00	444J928	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.267	0
0	0												
2	444J928	00	444E113	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.124	0
0	0												
2	444E113	00	444E114	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.165	0
0	0												
2	444E114	00	444E115	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.374	0
0	0												
2	444E115	00	444E855	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.146	0
0	0												
2	444E855	00	444E117	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.869	0
0	0												
2	444E117	00	444E118	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.090	0
0	0												
2	444E118	00	444P331	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.078	0
0	0												
2	444E118	00	444P332	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.049	0
0	0												
2	444E117	00	444E699	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.342	0

2	444J960	00	444E123	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.281	0
0	0												
2	444E123	00	444J870	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.028	0
0	0												
2	444J870	00	444E126	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.342	0
0	0												
2	444E126	00	444E125	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.191	0
0	0												
2	444E125	00	444P399	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	444E125	00	444P404	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.933	0
0	0												
2	444E126	00	444E127	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.523	0
0	0												
2	444E127	00	444E128	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.132	0
0	0												
2	444E128	00	444E129	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.452	0
0	0												
2	444E129	00	444E130	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.156	0
0	0												
2	444E130	00	444E694	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.575	0
0	0												
2	444E694	00	444E131	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.368	0
0	0												
2	444E131	00	444J940	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.012	0
0	0												
2	444J940	00	444E133	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.843	0
0	0												
2	444E133	00	444E134	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.111	0
0	0												
2	444E134	00	444E135	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.148	0
0	0												
2	444E135	00	444E503	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.032	0
0	0												
2	444E503	00	444P216	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.135	0
0	0												
2	444E503	00	444P531	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.196	0
0	0												
2	444E135	00	444P215	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.208	0
0	0												
2	444E134	00	444J997	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.025	0
0	0												
2	444J997	00	444J835	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.340	0
0	0												
2	444J835	00	444E692	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.377	0

2	444E129	00	444P407	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.048	0
0	0												
2	444E128	00	444P398	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.353	0
0	0												
2	444E127	00	444P306	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.045	0
0	0												
2	444E123	00	444J943	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.074	0
0	0												
2	444J943	00	444E143	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.497	0
0	0												
2	444E143	00	444E144	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.475	0
0	0												
2	444E144	00	444E145	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.476	0
0	0												
2	444E145	00	444E147	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.111	0
0	0												
2	444E147	00	444E149	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.073	0
0	0												
2	444E149	00	444E150	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.459	0
0	0												
2	444E150	00	444J931	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.580	0
0	0												
2	444J931	00	444E698	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.486	0
0	0												
2	444E698	00	444E151	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.404	0
0	0												
2	444E151	00	444E153	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.520	0
0	0												
2	444E153	00	444E154	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.518	0
0	0												
2	444E154	00	444E155	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.657	0
0	0												
2	444E155	00	444J929	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.045	0
0	0												
2	444J929	00	444E632	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.845	0
0	0												
2	444E632	00	444J886	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.028	0
0	0												
2	444J886	00	444E631	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	2.151	0
0	0												
2	444E631	00	444E162	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.172	0
0	0												
2	444E162	00	444J983	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.016	0
0	0												
2	444J983	00	444P231	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.494	0

2	444E507	00	444J891	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.031	0
0	0												
2	444J891	00	444E529	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.221	0
0	0												
2	444E529	00	444P544	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.025	0
0	0												
2	444E529	00	444P550	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.586	0
0	0												
2	444E161	00	444E507	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.376	0
0	0												
2	444E161	00	444P232	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.521	0
0	0												
2	444E506	00	444E161	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.386	0
0	0												
2	444E506	00	444E754	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.110	0
0	0												
2	444E754	00	444E834	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.018	0
0	0												
2	444E834	00	444J982	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.128	0
0	0												
2	444E159	00	444J982	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.025	0
0	0												
2	444E159	00	444P71	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.185	0
0	0												
2	444E158	00	444E159	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.957	0
0	0												
2	444E158	00	444P72	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.302	0
0	0												
2	444E157	00	444E158	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.658	0
0	0												
2	444E157	00	444P445	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.125	0
0	0												
2	444E527	00	444E157	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.024	0
0	0												
2	444E527	00	444P548	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.271	0
0	0												
2	444J924	00	444E527	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	2.724	0
0	0												
2	444E834	00	444P644	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.018	0
0	0												
2	444E754	00	444P603	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0
0	0												
2	444E754	00	444P603	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.075	0
0	0												
2	444E506	00	444J868	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.040	0

2	444E505	00	444E504	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.755	0
0	0												
2	444E504	00	444P527	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.082	0
0	0												
2	444E504	00	444P529	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.449	0
0	0												
2	444E505	00	444P528	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.092	0
0	0												
2	444E245	00	444P89	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.185	0
0	0												
2	444E816	00	444E867	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.163	0
0	0												
2	444E867	00	444P617	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.048	0
0	0												
2	444E867	00	444P665	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.090	0
0	0												
2	444E696	00	444P551	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	444E835	00	444P643	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.068	0
0	0												
2	444E631	00	444P230	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.442	0
0	0												
2	444E632	00	444P385	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.542	0
0	0												
2	444E155	00	444P373	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.187	0
0	0												
2	444E154	00	444J930	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.018	0
0	0												
2	444J930	00	444E156	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.868	0
0	0												
2	444E156	00	444P376	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.198	0
0	0												
2	444E156	00	444P377	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.156	0
0	0												
2	444E153	00	444P381	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.826	0
0	0												
2	444E151	00	444J905	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.007	0
0	0												
2	444J905	00	444E152	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.518	0
0	0												
2	444E152	00	444P374	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.048	0
0	0												
2	444E152	00	444P375	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0
0	0												
2	444E698	00	444J877	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.030	0</

2	444E148	00	444P356	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.919	0
0	0												
2	444E148	00	444P357	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.147	0
0	0												
2	444E145	00	444P358	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.269	0
0	0												
2	444E145	00	444P359	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.687	0
0	0												
2	444E144	00	444P360	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.237	0
0	0												
2	444E143	00	444P361	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0
0	0												
2	444E122	00	444P28	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.060	0
0	0												
2	444E122	00	444P28	1	0	0	0	0	180.0	0.404	0.100	0.451	0
0	0												
2	444E121	00	444P104	0	0	0	0	0	153.0	0.650	0.350	0.182	0
0	0												
2	444E120	00	444E860	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.213	0
0	0												
2	444E860	00	444E508	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.030	0
0	0												
2	444E508	00	444P212	1	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.188	0
0	0												
2	444E508	00	444P212	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.030	0
0	0												
2	444E508	00	444P542	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.033	0
0	0												
2	444E860	00	444P650	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.157	0
0	0												
2	444E119	00	444P29	0	0	0	0	0	118.0	1.010	0.350	0.084	0
0	0												
2	444E699	00	444J898	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.013	0
0	0												
2	444J898	00	444E734	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.066	0
0	0												
2	444E734	00	444E700	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.248	0
0	0												
2	444E700	00	444P187	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.860	0
0	0												
2	444E700	00	444P188	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.035	0
0	0												
2	444E734	00	444P403	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.025	0
0	0												
2	444E855	00	444J831	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.026	0

2	444E111	00	444J989	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.354	0
0	0												
2	444J989	00	444J1120	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.567	0
0	0												
2	444E163	00	444P81	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.035	0
0	0												
2	444E166	00	444P313	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.078	0
0	0												
2	444E164	00	444J854	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.150	0
0	0												
2	444J854	00	444E537	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.041	0
0	0												
2	444E537	00	444P107	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.074	0
0	0												
2	444E537	00	444P666	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.329	0
0	0												
2	444E537	00	444P666	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.249	0
0	0												
2	444P666	00	444P575	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.241	0
0	0												
2	444P575	00	444P481	0	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.222	0
0	0												
2	444P481	00	444P482	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.207	0
0	0												
2	444E164	00	444P368	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.278	0
0	0												
2	444E167	00	444J979	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.134	0
0	0												
2	444J979	00	444E532	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.137	0
0	0												
2	444E532	00	444E168	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.315	0
0	0												
2	444E168	00	444E169	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.315	0
0	0												
2	444E169	00	444J947	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.033	0
0	0												
2	444J947	00	444E854	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.126	0
0	0												
2	444E854	00	444E707	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.211	0
0	0												
2	444E707	00	444E695	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0
0	0												
2	444E695	00	444E743	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.321	0
0	0												
2	444E743	00	444E745	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.261	0

2	444E854	00	444P653	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.032	0
0	0												
2	444E854	00	444P653	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.012	0
0	0												
2	444E169	00	444P42	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.299	0
0	0												
2	444E168	00	444P262	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.024	0
0	0												
2	444E168	00	444P379	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.414	0
0	0												
2	444E532	00	444P290	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.211	0
0	0												
2	444E862	00	444P682	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.037	0
0	0												
2	444P682	00	444P568	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.024	0
0	0												
2	444P566	00	444P568	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.096	0
0	0												
2	444P566	00	444P568	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.268	0
0	0												
2	444E531	00	444P582	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.015	0
0	0												
2	444E531	00	444P582	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.036	0
0	0												
2	444P582	00	444P80	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.281	0
0	0												
2	444P582	00	444P80	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.130	0
0	0												
2	444P80	00	444P137	0	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.268	0
0	0												
2	444E171	00	444J977	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.036	0
0	0												
2	444J977	00	444E842	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.015	0
0	0												
2	444E842	00	444E688	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.025	0
0	0												
2	444E688	00	444E516	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.425	0
0	0												
2	444E516	00	444E172	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.231	0
0	0												
2	444E172	00	444E173	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.370	0
0	0												
2	444E173	00	444E840	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.205	0
0	0												
2	444E840	00	444P214	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.071	0

2	444E842	00	444P668	0	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.142	0
0	0												
2	444E515	00	444P569	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.183	0
0	0												
2	444E174	00	444J966	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.054	0
0	0												
2	444J966	00	444E175	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.236	0
0	0												
2	444E175	00	444E176	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.046	0
0	0												
2	444E176	00	444P299	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.106	0
0	0												
2	444E176	00	444P451	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.017	0
0	0												
2	444E175	00	444P268	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.010	0
0	0												
2	444E175	00	444P268	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.025	0
0	0												
2	444E179	00	444P34	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.103	0
0	0												
2	444E180	00	444J869	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.019	0
0	0												
2	444J869	00	444E181	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.166	0
0	0												
2	444E181	00	444J883	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.554	0
0	0												
2	444J883	00	444E689	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.025	0
0	0												
2	444E689	00	444E182	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.112	0
0	0												
2	444E182	00	444P499	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.499	0
0	0												
2	444E182	00	444P500	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.079	0
0	0												
2	444E689	00	444P450	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.029	0
0	0												
2	444E181	00	444P9	0	0	0	0	0	153.0	0.650	0.350	0.298	0
0	0												
2	444E183	00	444J921	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.241	0
0	0												
2	444J921	00	444J890	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.100	0
0	0												
2	444J890	00	444E186	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.405	0
0	0												
2	444E186	00	444E510	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.616	0

2	444P648	00	444P566	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.139	0
0	0												
2	444P648	00	444P566	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.047	0
0	0												
2	444E186	00	444E535	0	0	0	0	0	118.0	1.010	0.350	0.050	0
0	0												
2	444E535	00	444P143	0	0	0	0	0	118.0	1.010	0.350	0.177	0
0	0												
2	444E535	00	444P281	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.001	0
0	0												
2	444E186	00	444E852	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.234	0
0	0												
2	444E852	00	444E731	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.303	0
0	0												
2	444E731	00	444E185	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.744	0
0	0												
2	444E185	00	444E187	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.226	0
0	0												
2	444E187	00	444E192	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.247	0
0	0												
2	444E192	00	444E188	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.806	0
0	0												
2	444E188	00	444E190	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.131	0
0	0												
2	444E190	00	444P141	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.094	0
0	0												
2	444E190	00	444P142	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.442	0
0	0												
2	444E188	00	444E193	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.019	0
0	0												
2	444E193	00	444E189	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.722	0
0	0												
2	444E189	00	444J927	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.020	0
0	0												
2	444J927	00	444E191	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.245	0
0	0												
2	444E191	00	444E392	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.604	0
0	0												
2	444E392	00	444E799	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.341	0
0	0												
2	444E799	00	444P397	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.141	0
0	0												
2	444E799	00	444P410	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.658	0
0	0												
2	444E392	00	444J867	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.060	0

2	444J894	00	444P562	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.990	0
0	0												
2	444E395	00	444P553	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.147	0
0	0												
2	444E394	00	444P554	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.301	0
0	0												
2	444E393	00	444P559	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.454	0
0	0												
2	444E809	00	444P635	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.008	0
0	0												
2	444E191	00	444P396	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.021	0
0	0												
2	444E189	00	444P395	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.207	0
0	0												
2	444E193	00	444P36	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.132	0
0	0												
2	444E192	00	444P370	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.035	0
0	0												
2	444E187	00	444P144	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.022	0
0	0												
2	444E185	00	444P369	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.430	0
0	0												
2	444E731	00	444P472	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.164	0
0	0												
2	444E852	00	444P671	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.043	0
0	0												
2	444E194	00	444J919	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.112	0
0	0												
2	444J919	00	444P138	1	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.027	0
0	0												
2	444J919	00	444P138	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.100	0
0	0												
2	444P138	00	444P372	0	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.255	0
0	0												
2	444E195	00	444P10	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.530	0
0	0												
2	444E857	00	444J832	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.041	0
0	0												
2	444J832	00	444P652	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.040	0
0	0												
2	444J832	00	444P652	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.240	0
0	0												
2	444E196	00	444J864	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.012	0
0	0												
2	444J864	00	444E732	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.010	0

2	444J893	00	444E200	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.257	0
0	0												
2	444E200	00	444E242	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.447	0
0	0												
2	444E242	00	444E797	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.394	0
0	0												
2	444E797	00	444E728	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.360	0
0	0												
2	444E728	00	444E841	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.150	0
0	0												
2	444E841	00	444P471	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.065	0
0	0												
2	444E841	00	444P658	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.082	0
0	0												
2	444E841	00	444P658	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.024	0
0	0												
2	444E728	00	444P464	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.363	0
0	0												
2	444E797	00	444P618	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.065	0
0	0												
2	444E797	00	444P618	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.022	0
0	0												
2	444E242	00	444P465	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.195	0
0	0												
2	444E200	00	444P209	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.110	0
0	0												
2	444E201	00	444P18	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.501	0
0	0												
2	444P18	00	444E202	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.835	0
0	0												
2	444E202	00	444E203	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.259	0
0	0												
2	444E203	00	444P19	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.007	0
0	0												
2	444E203	00	444P238	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.025	0
0	0												
2	444E203	00	444P238	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.030	0
0	0												
2	444P238	00	444P579	0	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.405	0
0	0												
2	444E202	00	444E204	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.420	0
0	0												
2	444E204	00	444E205	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.062	0
0	0												
2	444E205	00	444E206	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.357	0

[illegible]

3 444P404 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P216 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P531 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P215 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P329 2008A0.388118 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P229 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P513 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P322 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P323 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P324 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P228 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P496 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P495 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P227 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P286 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P213 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P476 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P58 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P477 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P475 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P407 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P398 2008A0.388118 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P306 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P231 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P233 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P549 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P544 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P550 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0

3 444P232	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P71	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P72	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P445	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P548	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P644	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P603	2008A1.540149	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P527	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P529	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P528	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P89	2008A0.308030	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P617	2008A0.308030	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P665	2008A0.246424	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P551	2008A0.492848	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P643	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P230	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P385	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P373	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P376	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P377	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P381	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P374	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P375	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P367	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P354	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P355	2008A0.308030	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P356	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P357	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					

3 444P358 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P359 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P360 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P361 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P28 2008A0.739272 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P104 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P212 2008A2.833874 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P542 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P650 2008A0.739272 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P29 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P187 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P188 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P403 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P654 2008A0.739272 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P371 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P314 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P46 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P22 2008A2.464238 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P81 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P313 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P107 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P666 2008A1.540149 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P575 2008A3.881176 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P481 2008A2.464238 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P482 2008A1.540149 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P368 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P590 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P594 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0

3 444P161 2008A0.739272 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P162 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P330 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P653 2008A1.232119 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P42 2008A6.160596 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P262 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P379 2008A3.942782 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P290 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P682 2008A3.881176 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P568 2008A1.540149 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P582 2008A2.464238 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P80 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P137 2008A3.881176 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P214 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P657 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P39 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P247 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P570 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P449 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P668 2008A2.464238 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P569 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P299 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P451 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P268 2008A0.739272 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P34 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P499 2008A0.308030 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P500 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P450 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0

3 444P9	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P648	2008A1.232119	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P566	2008A6.160596	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P143	2008A1.232119	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P281	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P141	2008A0.308030	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P142	2008A0.308030	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P397	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P410	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P562	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P553	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P554	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P559	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P635	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P396	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P395	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P36	2008A0.739272	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P370	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P144	2008A1.971391	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P369	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P472	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P671	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P138	2008A3.881176	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P10	2008A0.985695	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P652	2008A4.620447	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P153	2008A2.464238	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P87	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P145	2008A0.616060	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					

3 444P471 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P658 2008A3.080298 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P464 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P618 2008A1.232119 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P465 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P209 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P18 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P19 2008A0.616060 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P238 2008A1.971391 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P82 2008A3.018692 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P90 2008A2.464238 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P106 2008A1.540149 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P208 2008A1.232119 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P41 2008A1.540149 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P581 2008A2.464238 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P580 2008A3.881176 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P304 2008A1.540149 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P366 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P305 2008A0.985695 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P579 2008A2.464238 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P63 2008A0.492848 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0

0 0 0		ETUDE		SCHEMA		DIRECTEUR		T-OUZOU		AZEFOUNE		IP=190A	
1	20102010	29700	90.00	90.00	30.00	30.00	800	8760	0.900	20	0.5	121	
2	222222												
2	INJECT	00	444H1C4	0	0	0	0	0	800.0	0.000	0.000	0.000	
2	444H1C4	00	444E214	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	4.396	0
0	0												
2	444E214	00	444E209	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.026	0
0	0												
2	444E209	00	444J1140	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.878	0
0	0												
2	444J1140	00	444P122	1	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.020	0
0	0												
2	444J1140	00	444P122	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.109	0
0	0												
2	444E209	00	444J885	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.190	0
0	0												
2	444J885	00	444E210	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.034	0
0	0												
2	444E210	00	444E211	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.065	0
0	0												
2	444E211	00	444E212	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.379	0
0	0												
2	444E212	00	444E213	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.243	0
0	0												
2	444E213	00	444P452	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.015	0
0	0												
2	444E213	00	444P453	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.242	0
0	0												
2	444E212	00	444P234	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.052	0
0	0												
2	444E212	00	444P234	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.047	0
0	0												
2	444P234	00	444P264	0	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.016	0
0	0												
2	444E211	00	444P491	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.336	0
0	0												
2	444E210	00	444P217	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.142	0
0	0												
2	444E214	00	444E215	1	0	0	0	0	118.0	1.010	0.350	0.676	0
0	0												
2	444E214	00	444E215	1	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.501	0
0	0												
2	444E215	00	444E217	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.204	0
0	0												
2	444E217	00	444E224	0	0	0	0	0	270.0				

2	444E226	00	444E227	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.166	0
0	0												
2	444E227	00	444E228	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.486	0
0	0												
2	444E228	00	444E230	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.030	0
0	0												
2	444E230	00	444J932	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.038	0
0	0												
2	444J932	00	444E234	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.121	0
0	0												
2	444E234	00	444E235	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.641	0
0	0												
2	444E235	00	444E233	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.606	0
0	0												
2	444E233	00	444E238	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.200	0
0	0												
2	444E238	00	444E236	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.350	0
0	0												
2	444E236	00	444E237	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.934	0
0	0												
2	444E237	00	444E239	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.371	0
0	0												
2	444E239	00	444P337	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	444E239	00	447E629	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.000	0
0	0												
2	447E629	00	447E628	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.000	0
0	0												
2	447E628	00	447P130	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.148	0
0	0												
2	447E628	00	447P81	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.379	0
0	0												
2	447E629	00	447P87	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.446	0
0	0												
2	444E237	00	444P338	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.105	0
0	0												
2	444E236	00	444P440	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0
0	0												
2	444E238	00	444J897	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.016	0
0	0												
2	444J897	00	444E240	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.759	0
0	0												
2	444E240	00	444E241	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.266	0
0	0												
2	444E241	00	444E229	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.683	0

2	444E235	00	444P434	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.232	0
0	0												
2	444E234	00	444P433	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0
0	0												
2	444E230	00	444J935	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.028	0
0	0												
2	444J935	00	444E826	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.730	0
0	0												
2	444E826	00	444E715	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.477	0
0	0												
2	444E715	00	444E231	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.172	0
0	0												
2	444E231	00	444E232	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.163	0
0	0												
2	444E232	00	444E479	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.394	0
0	0												
2	444E479	00	444J872	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.048	0
0	0												
2	444J872	00	444E720	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.510	0
0	0												
2	444E720	00	444E714	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.544	0
0	0												
2	444E714	00	444E517	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.456	0
0	0												
2	444E517	00	444E480	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.811	0
0	0												
2	444E480	00	444E483	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	2.138	0
0	0												
2	444E483	00	444P560	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.079	0
0	0												
2	444E483	00	444P561	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.180	0
0	0												
2	444E480	00	444E639	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.245	0
0	0												
2	444E639	00	444E481	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.284	0
0	0												
2	444E481	00	444E482	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.580	0
0	0												
2	444E482	00	444E396	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.110	0
0	0												
2	444E396	00	444P518	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.099	0
0	0												
2	444E396	00	444P519	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.045	0
0	0												
2	444E482	00	444P520	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.401	0

2	444E479	00	444P85	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.168	0
0	0												
2	444E232	00	444P86	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.463	0
0	0												
2	444E231	00	444P94	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.245	0
0	0												
2	444E715	00	444P522	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.119	0
0	0												
2	444E826	00	444P640	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.016	0
0	0												
2	444E228	00	444P68	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.013	0
0	0												
2	444E228	00	444P84	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.463	0
0	0												
2	444E227	00	444P432	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.083	0
0	0												
2	444E226	00	444P431	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0
0	0												
2	444E512	00	444P526	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.251	0
0	0												
2	444P67	00	444E624	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.756	0
0	0												
2	444E624	00	444E613	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.873	0
0	0												
2	444E613	00	444E625	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.981	0
0	0												
2	444E625	00	444E628	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.186	0
0	0												
2	444E628	00	444E681	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.066	0
0	0												
2	444E681	00	444P2	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.044	0
0	0												
2	444E681	00	444P441	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.066	0
0	0												
2	444E628	00	444J939	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.834	0
0	0												
2	444J939	00	447E118	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.847	0
0	0												
2	447E118	00	447E119	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.107	0
0	0												
2	447E119	00	447E116	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	2.405	0
0	0												
2	447E116	00	447E121	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.791	0
0	0												
2	447E121	00	447J918	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.384	0
0	0												
2	447J918	00	447E129	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.773	0
0	0												
2	447E129	00	447E130	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.773	0
0	0												
2	447E130	00	447P19	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0
0	0												
2	447E130	00	447P3	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.178	0
0	0												
2	447E129	00	447E136	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.135	0
0	0												

2	447E136	00	447E137	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.863	0
0	0												
2	447E137	00	447E138	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.222	0
0	0												
2	447E138	00	447E320	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.110	0
0	0												
2	447E320	00	447E588	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.500	0
0	0												
2	447E588	00	447E141	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.320	0
0	0												
2	447E141	00	447J915	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.500	0
0	0												
2	447J915	00	447E147	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.967	0
0	0												
2	447E147	00	447E154	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.016	0
0	0												
2	447E154	00	447E156	0	0	0	3	0	190.0	0.603	0.350	2.956	0
0	0												
2	447E156	00	447E166	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.407	0
0	0												
2	447E166	00	447E167	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.624	0
0	0												
2	447E167	00	447E168	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.138	0
0	0												
2	447E168	00	447E170	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.881	0
0	0												
2	447E170	00	447E171	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.067	0
0	0												
2	447E171	00	447J879	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0
0	0												
2	447J879	00	447E593	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.920	0
0	0												
2	447E593	00	447E172	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.121	0
0	0												
2	447E172	00	447P504	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.075	0
0	0												
2	447E172	00	447P505	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.194	0
0	0												
2	447E593	00	447P497	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	447E171	00	447P95	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.010	0
0	0												
2	447E170	00	447J972	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.011	0
0	0												
2	447J972	00	447E179	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.672	0</

2	447E182	00	447E687	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.346	0
0	0												
2	447E687	00	447E183	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.333	0
0	0												
2	447E183	00	447J807	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.015	0
0	0												
2	447J807	00	447E731	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.209	0
0	0												
2	447E731	00	447E184	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.440	0
0	0												
2	447E184	00	447E659	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.076	0
0	0												
2	447E659	00	447P154	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.608	0
0	0												
2	447E659	00	447P508	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.070	0
0	0												
2	447E184	00	447P507	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.369	0
0	0												
2	447E731	00	447P284	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.041	0
0	0												
2	447E183	00	447P389	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.205	0
0	0												
2	447E687	00	447P243	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.282	0
0	0												
2	447E182	00	447P176	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.195	0
0	0												
2	447E181	00	447P174	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.168	0
0	0												
2	447E180	00	447P172	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.177	0
0	0												
2	447E173	00	447J911	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.039	0
0	0												
2	447J911	00	447E174	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0
0	0												
2	447E174	00	447P171	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.058	0
0	0												
2	447E174	00	447P586	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.555	0
0	0												
2	447E179	00	447J924	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.017	0
0	0												
2	447J924	00	447E175	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.726	0
0	0												
2	447E175	00	447E314	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.657	0
0	0												
2	447E314	00	447E187	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.953	0

2	447E187	00	447E686	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.566	0
0	0												
2	447E686	00	447E185	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.220	0
0	0												
2	447E185	00	447E186	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.283	0
0	0												
2	447E186	00	447E188	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.573	0
0	0												
2	447E188	00	447E189	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.678	0
0	0												
2	447E189	00	447E191	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.102	0
0	0												
2	447E191	00	447P281	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.157	0
0	0												
2	447E191	00	447P282	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.607	0
0	0												
2	447E189	00	447P280	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.995	0
0	0												
2	447E188	00	447P279	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.272	0
0	0												
2	447E186	00	447P276	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.198	0
0	0												
2	447E185	00	447P275	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.289	0
0	0												
2	447E686	00	447E688	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.123	0
0	0												
2	447E688	00	447P156	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.024	0
0	0												
2	447E688	00	447P84	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.055	0
0	0												
2	447E314	00	447E315	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0
0	0												
2	447E315	00	447P36	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.670	0
0	0												
2	447E315	00	447P37	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	2.603	0
0	0												
2	447E175	00	447J869	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.022	0
0	0												
2	447J869	00	447E176	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.416	0
0	0												
2	447E176	00	447J870	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.019	0
0	0												
2	447J870	00	447E177	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.610	0
0	0												
2	447E177	00	447E178	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.105	0

2	447E161	00	447P401	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.970	0
0	0												
2	447E689	00	447P273	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.587	0
0	0												
2	447E160	00	447P485	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.205	0
0	0												
2	447E712	00	447P265	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0
0	0												
2	447E159	00	447P199	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.049	0
0	0												
2	447E157	00	447J908	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0
0	0												
2	447J908	00	447E158	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.161	0
0	0												
2	447E158	00	447P479	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.564	0
0	0												
2	447E158	00	447P480	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0
0	0												
2	447E154	00	447J889	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.028	0
0	0												
2	447J889	00	447E155	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.268	0
0	0												
2	447E155	00	447P466	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.156	0
0	0												
2	447E155	00	447P556	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.732	0
0	0												
2	447E147	00	447J947	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.017	0
0	0												
2	447J947	00	447E148	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.077	0
0	0												
2	447E148	00	447E586	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.178	0
0	0												
2	447E586	00	447E587	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0
0	0												
2	447E587	00	447E153	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.568	0
0	0												
2	447E153	00	447E152	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.266	0
0	0												
2	447E152	00	447P477	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.772	0
0	0												
2	447E152	00	447P478	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.167	0
0	0												
2	447E153	00	447P472	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.042	0
0	0												
2	447E587	00	447P471	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.556	0

2	447E149	00	447P467	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.278	0
0	0												
2	447E149	00	447P468	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.114	0
0	0												
2	447E294	00	447P546	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.712	0
0	0												
2	447E294	00	447P546	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.045	0
0	0												
2	447E293	00	447J1012	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.064	0
0	0												
2	447J1012	00	447E683	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0
0	0												
2	447E683	00	447P134	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.120	0
0	0												
2	447E683	00	447P134	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.070	0
0	0												
2	447E683	00	447P180	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.028	0
0	0												
2	447E664	00	447P232	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.110	0
0	0												
2	447E664	00	447P232	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.170	0
0	0												
2	447E141	00	447J997	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.160	0
0	0												
2	447J997	00	447E142	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.028	0
0	0												
2	447E142	00	447E583	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.132	0
0	0												
2	447E583	00	447E143	0	0	0	0	0	153.0	0.650	0.350	0.234	0
0	0												
2	447E143	00	447E721	0	0	0	0	0	153.0	0.650	0.350	0.110	0
0	0												
2	447E721	00	447P262	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.140	0
0	0												
2	447E721	00	447P7	0	0	0	0	0	153.0	0.650	0.350	0.075	0
0	0												
2	447E143	00	447P126	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.496	0
0	0												
2	447E583	00	447P124	0	0	0	0	0	118.0	1.010	0.350	0.222	0
0	0												
2	447E142	00	447P55	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0
0	0												
2	447E142	00	447P55	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.050	0
0	0												
2	447E588	00	447J861	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.075	0

2	447E600	00	447E601	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.509	0
0	0												
2	447E601	00	447E730	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.080	0
0	0												
2	447E730	00	447P182	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.070	0
0	0												
2	447E730	00	447P255	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.506	0
0	0												
2	447E730	00	447P255	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.032	0
0	0												
2	447E601	00	447P57	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.010	0
0	0												
2	447E601	00	447P57	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.020	0
0	0												
2	447E601	00	447P70	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.370	0
0	0												
2	447E601	00	447P70	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.020	0
0	0												
2	447E600	00	447P469	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0
0	0												
2	447E320	00	447J973	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.020	0
0	0												
2	447J973	00	447E295	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	447E295	00	447P110	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.220	0
0	0												
2	447E295	00	447P140	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.070	0
0	0												
2	447E295	00	447P22	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.010	0
0	0												
2	447E295	00	447P261	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.800	0
0	0												
2	447E138	00	447E324	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.400	0
0	0												
2	447E324	00	447P244	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.102	0
0	0												
2	447E324	00	447P245	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.045	0
0	0												
2	447E324	00	447P79	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.032	0
0	0												
2	447E324	00	447P80	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.150	0
0	0												
2	447E137	00	447P4	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.107	0
0	0												
2	447E136	00	447J913	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.200	0
0	0												
2	447J913	00	447E644	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	447E644	00	447P18	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	447E644	00	447P212	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.205	0
0	0												
2	447E644	00	447P212	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.025	0
0	0												
2	447E121	00	447J993	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.262	0
0	0												

2	447J993	00	447J859	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.192	0
0	0												
2	447J859	00	447E122	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.170	0
0	0												
2	447E122	00	447E123	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.271	0
0	0												
2	447E123	00	447E124	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.393	0
0	0												
2	447E124	00	447E125	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.130	0
0	0												
2	447E125	00	447J942	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.011	0
0	0												
2	447J942	00	447E126	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.350	0
0	0												
2	447E126	00	447E127	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.067	0
0	0												
2	447E127	00	447E705	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.766	0
0	0												
2	447E705	00	447E128	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.150	0
0	0												
2	447E128	00	447P188	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.534	0
0	0												
2	447E128	00	447P510	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.840	0
0	0												
2	447E705	00	447P72	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.047	0
0	0												
2	447E127	00	447J996	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.020	0
0	0												
2	447J996	00	447E704	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.125	0
0	0												
2	447E704	00	447P189	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.211	0
0	0												
2	447E704	00	447P71	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.595	0
0	0												
2	447E126	00	447P160	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.389	0
0	0												
2	447E125	00	447J974	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.430	0
0	0												
2	447J974	00	447E296	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.080	0
0	0												
2	447E296	00	447P111	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.072	0
0	0												
2	447E296	00	447P88	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.120	0
0	0												
2	447E124	00	447P400	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0

2	447E135	00	447E134	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.151	0
0	0												
2	447E134	00	447E623	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.900	0
0	0												
2	447E623	00	447E133	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.911	0
0	0												
2	447E133	00	447E132	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.692	0
0	0												
2	447E132	00	447E140	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0
0	0												
2	447E140	00	447P441	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.193	0
0	0												
2	447E140	00	447P442	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.011	0
0	0												
2	447E132	00	447P539	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.209	0
0	0												
2	447E133	00	447P540	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.795	0
0	0												
2	447E623	00	447P127	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.600	0
0	0												
2	447E134	00	447P551	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.324	0
0	0												
2	447E135	00	447P541	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.592	0
0	0												
2	447E585	00	447P552	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0
0	0												
2	447E119	00	447J909	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.011	0
0	0												
2	447J909	00	447P159	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.317	0
0	0												
2	447E118	00	447P167	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.524	0
0	0												
2	447E115	00	447E118	0	0	0	0	0	200.0	0.472	0.350	1.909	0
0	0												
2	444E625	00	444J994	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.012	0
0	0												
2	444J994	00	444E626	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.916	0
0	0												
2	444E626	00	444E627	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.205	0
0	0												
2	444E627	00	444P183	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.202	0
0	0												
2	444E627	00	444P184	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.310	0
0	0												
2	444E626	00	444P185	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.173	0

2	444E618	00	444J995	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.282	0
0	0												
2	444J995	00	447E643	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.804	0
0	0												
2	447E643	00	447J998	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.751	0
0	0												
2	447J998	00	447E112	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.165	0
0	0												
2	447E112	00	447E106	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.901	0
0	0												
2	447E106	00	447E105	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.100	0
0	0												
2	447E105	00	447E104	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.022	0
0	0												
2	447E104	00	447E102	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.245	0
0	0												
2	447E102	00	447E95	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.886	0
0	0												
2	447E95	00	447J881	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.009	0
0	0												
2	447J881	00	447E96	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.124	0
0	0												
2	447E96	00	447E97	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.245	0
0	0												
2	447E97	00	447J867	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.216	0
0	0												
2	447J867	00	447E98	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.217	0
0	0												
2	447E98	00	447E99	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.678	0
0	0												
2	447E99	00	447E100	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.329	0
0	0												
2	447E100	00	447E101	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.457	0
0	0												
2	447E101	00	447P494	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.014	0
0	0												
2	447E101	00	447P703	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.443	0
0	0												
2	447E100	00	447P493	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.461	0
0	0												
2	447E99	00	447P702	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.028	0
0	0												
2	447E98	00	447P656	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.414	0
0	0												
2	447E97	00	447P657	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.058	0
0	0												
2	447E96	00	447P611	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.274	0
0	0												
2	447E95	00	447J935	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	2.848	0
0	0												
2	447J935	00	447E94	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.102	0
0	0												
2	447E94	00	447E93	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.623	0
0	0												
2	447E93	00	447J912	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.095	0
0	0												

2	447J912	00	447E92	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.010	0
0	0												
2	447E92	00	447E87	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.185	0
0	0												
2	447E87	00	447E85	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.081	0
0	0												
2	447E85	00	447E86	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.019	0
0	0												
2	447E86	00	447P332	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.431	0
0	0												
2	447E86	00	447P580	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.504	0
0	0												
2	447E85	00	447J961	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.400	0
0	0												
2	447E87	00	447J986	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.012	0
0	0												
2	447J986	00	447E626	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.500	0
0	0												
2	447E626	00	447E88	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.445	0
0	0												
2	447E88	00	447E89	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.641	0
0	0												
2	447E89	00	447E330	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.600	0
0	0												
2	447E330	00	447E670	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.400	0
0	0												
2	447E670	00	447E706	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.400	0
0	0												
2	447E706	00	447P240	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	2.750	0
0	0												
2	447E706	00	447P83	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.060	0
0	0												
2	447E670	00	447E739	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.712	0
0	0												
2	447E739	00	447P123	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.058	0
0	0												
2	447E739	00	447P814	0	0	0	0	0	300.0	0.176	0.100	0.874	0
0	0												
2	447E330	00	447P66	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.537	0
0	0												
2	447E89	00	447P330	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.296	0
0	0												
2	447E88	00	447J840	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.045	0
0	0												
2	447J840	00	447E90	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.986	0
0	0												
2	447E90	00	447E91	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	1.048	0
0	0												
2	447E91	00	447P722	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.189	0
0	0												
2	447E91	00	447P723	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.359	0
0	0												
2	447E90	00	447P726	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.356	0
0	0												
2	447E626	00	447P82	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.330	0
0	0												

2	447E92	00	447P56	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.281	0
0	0												
2	447E93	00	447P630	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0
0	0												
2	447E94	00	447P331	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.369	0
0	0												
2	447E102	00	447J1003	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.080	0
0	0												
2	447J1003	00	447E580	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.105	0
0	0												
2	447E580	00	447E656	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.040	0
0	0												
2	447E656	00	447P132	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.170	0
0	0												
2	447E656	00	447P69	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.025	0
0	0												
2	447E656	00	447P69	1	0	0	0	0	198.0	0.284	0.100	0.145	0
0	0												
2	447E580	00	447P782	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.108	0
0	0												
2	447E104	00	447J976	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.100	0
0	0												
2	447J976	00	447P564	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.050	0
0	0												
2	447J976	00	447P564	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.050	0
0	0												
2	447E105	00	447P64	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.226	0
0	0												
2	447E106	00	447J936	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.015	0
0	0												
2	447J936	00	447E107	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.392	0
0	0												
2	447E107	00	447E715	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.227	0
0	0												
2	447E715	00	447P235	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.280	0
0	0												
2	447E715	00	447P65	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.178	0
0	0												
2	447E107	00	447J885	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.008	0
0	0												
2	447J885	00	447E108	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.663	0
0	0												
2	447E108	00	447E109	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.518	0
0	0												
2	447E109	00	447P458	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.104	0

2	447E110	00	447P579	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.256	0
0	0												
2	447E112	00	447E728	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.154	0
0	0												
2	447E728	00	447P333	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.479	0
0	0												
2	447E728	00	447P67	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.132	0
0	0												
2	447E643	00	447P170	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	444E618	00	444P192	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.178	0
0	0												
2	444E617	00	444J858	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.053	0
0	0												
2	444J858	00	444E619	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.860	0
0	0												
2	444E619	00	444E620	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.609	0
0	0												
2	444E620	00	444E621	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.507	0
0	0												
2	444E621	00	444E622	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.366	0
0	0												
2	444E622	00	444E623	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.295	0
0	0												
2	444E623	00	444P190	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.537	0
0	0												
2	444E623	00	444P191	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.035	0
0	0												
2	444E622	00	447P186	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	1.808	0
0	0												
2	444E621	00	444P586	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.611	0
0	0												
2	444E620	00	444P289	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.611	0
0	0												
2	444E619	00	444P193	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.037	0
0	0												
2	444E615	00	444J948	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.102	0
0	0												
2	444J948	00	444E701	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.451	0
0	0												
2	444E701	00	444E616	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.667	0
0	0												
2	444E616	00	444P334	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	1.375	0
0	0												
2	444E616	00	444P335	0	0	0	0	0	190.0	0.603	0.350	0.080	0</

2	444E721	00	444P576	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.060	0
0	0												
2	444E702	00	444E768	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.193	0
0	0												
2	444E768	00	444P525	1	0	0	0	0	230.0	0.300	0.100	0.055	0
0	0												
2	444E768	00	444P525	1	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.140	0
0	0												
2	444E768	00	444P98	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.067	0
0	0												
2	444E769	00	444P45	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.150	0
0	0												
2	444E614	00	444P486	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.521	0
0	0												
2	444E624	00	444J1000	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.154	0
0	0												
2	444J1000	00	444E719	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	444E719	00	444P307	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.030	0
0	0												
2	444E719	00	444P524	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.072	0
0	0												
2	444J1161	00	444P67	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.015	0
0	0												
2	444E224	00	444E682	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.136	0
0	0												
2	444E682	00	444P301	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.044	0
0	0												
2	444E682	00	444P70	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.045	0
0	0												
2	444E217	00	444J896	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.016	0
0	0												
2	444J896	00	444E218	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.414	0
0	0												
2	444E218	00	444E219	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.187	0
0	0												
2	444E219	00	444E220	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.944	0
0	0												
2	444E220	00	444E221	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.312	0
0	0												
2	444E221	00	444E222	0	0	0	0	0	140.0	0.958	0.350	0.320	0
0	0												
2	444E222	00	444J892	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.760	0
0	0												
2	444J892	00	444E646	0	0	0	0	0	270.0	0.357	0.350	0.035	0</

[illegible]

3 444P338	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P440	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P438	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P439	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P437	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P436	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P435	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P434	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P433	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P560	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P561	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P518	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P519	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P520	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P521	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P555	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P571	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P523	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P302	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P85	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P86	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P94	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P522	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P640	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P68	2010A1.814416	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P84	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P432	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P431	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					

3 444P526	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P2	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P441	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P19	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P3	2010A0.290307	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P504	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P505	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P497	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P95	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P154	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P508	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P507	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P284	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P389	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P243	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P176	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P174	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P172	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P171	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P586	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P264	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P277	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P278	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P281	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P282	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P280	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P279	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P276	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					

3 447P275	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P156	2010A1.451533	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P84	2010A0.580613	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P36	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P37	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P162	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P514	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P515	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P242	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P516	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P513	2010A0.870920	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P96	2010A2.322453	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P496	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P484	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P483	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P489	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P266	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P482	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P8	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P9	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P401	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P273	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P485	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P265	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P199	2010A2.322453	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P479	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P480	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P466	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					

3 447P556 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P477 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P478 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P472 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P471 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P470 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P467 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P468 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P546 2010A1.451533 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P134 2010A1.814416 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P180 2010A0.457233 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P232 2010A2.903066 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P262 2010A0.580613 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P7 2010A2.903066 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P126 2010A0.580613 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P124 2010A0.580613 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P55 2010A3.338526 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P21 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P566 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P182 2010A0.870920 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P255 2010A1.814416 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P57 2010A2.322453 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P70 2010A2.903066 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P469 2010A1.161226 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P110 2010A0.580613 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P140 2010A0.870920 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P22 2010A0.580613 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P261 2010A0.580613 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0

3 447P244	2010A0.870920	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P245	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P79	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P80	2010A0.870920	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P4	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P18	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P212	2010A3.628832	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P188	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P510	2010A0.290307	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P72	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P189	2010A0.362883	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P71	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P160	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P111	2010A0.580613	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P88	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P400	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P187	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P20	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P441	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P442	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P539	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P540	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P127	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P551	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P541	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P552	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P159	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P167	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					

3 444P183 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P184 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 444P185 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P494 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P703 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P493 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P702 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P656 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P657 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P611 2010A1.161226 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P332 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P580 2010A3.628832 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P240 2010A1.161226 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P83 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P123 2010A0.362883 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P814 2010A1.814416 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P66 2010A1.161226 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P330 2010A1.161226 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P722 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P723 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P726 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P82 2010A0.580613 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P56 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P630 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P331 2010A0.725766 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P132 2010A0.580613 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P69 2010A2.903066 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
3 447P782 2010A1.161226 0A0.000000 0	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0

3 447P564	2010A0.870920	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P64	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P235	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P65	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P458	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P461	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P598	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P602	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P579	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P333	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P67	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P170	2010A0.580613	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P192	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P190	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P191	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 447P186	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P586	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P289	2010A0.580613	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P193	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P334	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P335	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P572	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P576	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P525	2010A1.451533	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P98	2010A0.580613	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P45	2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P486	2010A0.580613	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					
3 444P307	2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000	0					

3 444P524 2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P301 2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P70 2010A0.870920	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P152 2010A2.322453	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P459 2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P460 2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P628 2010A0.580613	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P454 2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P455 2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P461 2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P462 2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P309 2010A1.161226	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P463 2010A0.725766	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					
3 444P5 2010A1.451533	4	0A0.000000	0	0A0.000000	0
0A0.000000 0					

Résumé

L'objectif de ce mémoire est la restructuration du réseau moyenne tension 30kV D'Azazga. Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de la qualité de service rendu à la clientèle, à savoir : constance de fréquence, pureté de l'onde, équilibre des tensions polyphasées, constance de la tension, continuité de service.

Ce travail se décompose en six chapitres :

Le premier chapitre traite des généralités sur les moyens de production de l'énergie électrique. Le deuxième est consacré à des généralités sur les réseaux électriques. Le troisième est consacré à l'étude des défauts et moyens de protection. Dans le quatrième chapitre, on présente les différentes méthodes de calcul de chutes de tension. Et dans le cinquième chapitre, une présentation du logiciel utilisé « CARAT ». Le dernier chapitre qui est une application de l'étude.