

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION :</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES</b>	
I-1-Production de l'énergie électrique.....	2
I-2-les différentes centrales électriques.....	2
I-2-1-Centrale hydroélectrique.....	2
I-2-2- Centrale thermique .....	3
I-2-3-Centrale nucléaire .....	4
I-2-4-Centrales à énergie renouvelable .....	5
I-2-5-Choix des sites .....	5
I-3-différents types de réseaux électriques.....	6
I-3-1-Réseaux d'interconnexion et de transport. ....	6
I-3-2-Réseaux de répartitions .....	7
I-3-3-Réseaux de distribution .....	7
I-3-3-1-Réseau de distribution moyenne tension (HTA) .....	7
I-3-3-1-1-Réseaux souterrains moyenne tension (HTA) .....	7
I-3-3-1-2-Réseaux aériens moyenne tension (HTA).....	7
I-3-3-2-réseaux de distribution basse tension.....	7
I-4-différentes structures de réseaux.....	8
I-4-1-La structure maillée.....	8
I-4-2-La structure bouclée .....	8
I-4-3-La structure radiale.....	9
I-4-3-1-Alimentation en antenne .....	9
I-4-3-2-Alimentation en coupure d'artère .....	10
I-5-les différents postes sur les réseaux moyens tension (HTA).....	10
I-5-1-Le poste HTB/HTA.....	10
I-5-2-Le poste HTA/HTA.....	11
I-5-3-Le poste HTA/BT .....	12
I-5-4-Le poste de livraison aux abonnés HTB ou HTA .....	12
I-6-organisation du système de protection.....	13
I-6-1-Objectif du système de protection .....	13
I-6-2-Qualités du système de protection.....	13

I-6-3-Organisation des protections .....	13
I-6-4-Choix du régime du neutre .....	14
I-6-5- Protection des jeux de barres.....	14
I-7- protection des transformateurs dans les postes HTA.....	14
I-7-1- Protection de la cuve des transformateurs.....	14
I-7-2- Protection par relais BUCHHOLZ.....	15
I-7-3-Protection contre les surcharges .....	16
I-7-3-1- Protection différentielle.....	16
I-7-3-2-Protection par mesure de température .....	17
I-7-3-3-Protection par fusibles MT et combinés interrupteurs-fusibles.....	18
I-8- protection des départs HTA des postes.....	18
I-8-1- Protection contre les défauts entre phases.....	19
I-8-2- Protection contre les défauts entre phases et la terre.....	20
I-9-appareillage de protection.....	21
I-9-1-Les éclateurs et les parafoudres .....	21
I-9-1-1-Les éclateurs... .....	21
I-9-1-2-Les parafoudres .....	22
I-9-1-2-1-règles d'installation d'un parafoudre.....	23
I-9-1-3-Fusible moyenne tension.....	24
I-9-2-Protection par disjoncteur.....	25
I-9-2-1-Définition.....	25
I-9-2-2-Caractéristiques d'un disjoncteur .....	25
I-9-2-3-Types de disjoncteurs .....	26
I-9-3-Protection par relais .....	26
I-9-3-1-Définition .....	26
I-9-3-2-Types de relais.....	26
I-9-3-2-1-Relais de tension .....	26
I-9-3-2-2-Relais d'intensité .....	26

## CHAPITRE II : METHODES DE CALCUL DES CHUTES DE TENSION

II-1-Méthode générale (théorie des quadripôles) .....	27
II-1-1-Cas des lignes aériennes .....	27
II-1-1-1- Ligne à constantes réparties.....	27
II-1-1-2-Approximation de la ligne par des impédances localisées .....	27
II-1-1-2-1-Schéma en $\pi$ .....	28
II-1-1-2-1-1-Diagramme vectoriel d'une ligne courte schématisée en $\pi$ .....	30
II-1-1-2-2-Le schéma en T.....	30
II-1-1-2-2-1-Diagramme vectoriel d'une ligne courte schématisée en $T$ .....	31
II-1-1-3-Cas des lignes de longueurs inférieures à 20km (très courtes).....	31
II-1-1-3-1- Diagramme vectoriel d'une lignes de longueurs inférieures à 20km.....	32
II-1-1-3-2-Expression de la chute de tension .....	32
II-1-1-3-3-Chute de tension en phase et en quadrature .....	33
II-1-2- Cas des câbles souterrains .....	33
II-2-Méthode de séparation des puissances active et réactive.....	36
II-2-1-Méthode de calcul par approximation successive.....	36
II-2-2-Formules directes.....	38
II-2-3-Méthode simplifiée .....	39
II-3-Méthode des moments électriques .....	40
II-3-1-Chute de tension absolue.....	40
II-3-2-Chute de tension relative.....	40
II-4-Calcul des constantes linéiques .....	43
II-4-1-Cas de câbles souterrains .....	44
II-4-1-1-Résistance linéique.....	44
II-4-1-2-Capacité linéique .....	44
II-4-1-3-Réactance linéique.....	45
II-4-2-cas des lignes aériennes.....	45
II-4-2-1-Résistance linéique .....	45
II-4-2-2-Capacité linéique .....	45
II-4-2-3-Réactance linéique .....	46

II-5-calcul des puissances .....	46
----------------------------------	----

### **CHAPITRE III : PRESENTATION DU PROGRAMME DE CALCUL UTILISE « CARAT »**

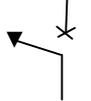
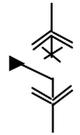
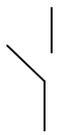
III-1-Introduction .....	47
III-2- Organigramme de résolution.....	48
III-3- Organigramme du logiciel .....	49
III-4- Méthode de calcul .....	50
III-4-1- Calculs préliminaires .....	50
III-4-2- Calcul d'un schéma radial à l'état sain .....	50
III-4-3- Recherche d'un schéma de secours .....	51
III-4-4- Calcule des transits de tensions.....	51
III-5- format des données .....	52
III-5-1- Carte titre .....	52
III-5-2- Carte à paramètres.....	52
III-5-3- Cartes branches (ou liaisons) .....	52
III-5-4- Cartes charge .....	52
III-5-5- Cartes charge.....	53
III-5-6- Cartes compensation .....	53
III-5-7- Cartes coût unitaire et paramètres.. ..	53
III-6- lecture des données.....	54
III-7-stylisation. ....	54
III-7-1-définition .....	54
III-7-2- Règles de bonne pratique pour la stylisation du réseau .....	54

### **CHAPITRE IV : DIAGNOSTIQUE DU RESEAU ACTUEL**

IV-1-Données globales. ....	56
IV-1-1-Présentation du réseau actuel .....	56
IV-1-2-Consignes d'exploitation du poste de TIZI MEDDEN.....	59
IV-1-2-1-Schéma normal d'exploitation .....	60
IV-1-2-2-Schéma de secours .....	60

IV-1-3-Collecte des données.....	60
IV-1-3-1-Données physiques du réseau.....	61
IV-1-3-1-1-Caractéristiques du PS de TIZI MEDDEN .....	61
IV-1-3-1-2- Le nombre de transformateurs HTA /BT sur le réseau HTA alimenté par le poste de TIZI MEDDEN .....	62
IV-1-3-1-3-Les longueurs des départs issus du PS 60/30kV de TIZI MEDDEN.....	62
IV-1-3-2-Donnée dynamiques du réseau .....	63
IV-1-3-2-1-Données de charge .....	63
IV-1-3-2-2-Répartition de la charge.....	64
IV-1-3-3-Evolution de la charge .....	65
IV-2-Application de la méthode des moments .....	65
IV-3-L'état actuel du réseau.....	68
<b>CHAPITRE V : RESTRUCTURATION DU RESEAU</b>	
V-1- Les solutions envisageables.....	70
V-1-1-Soulager le départ.....	70
V-1-2-Création d'un nouveau PS OUADHIAS.....	70
V-2- Les départs du PS OUADHIAS .....	70
V-3- Etude de la solution envisagée envisagée.....	71
V-4- Evolution de la charge pour l'année 2014 des postes concernés .....	72
V-5- Etude des solutions adéquates .....	72
V-6-Evolution des charges des départs des postes OUADHIAS et T/MEDDEN entre 2014 et 2020 .....	74
V-6-1-Pour le PS OUADHIAS .....	75
V-6-2-Pour le PS T/MEDDEN .....	75
V-6-3- Pour le PS SOUK EL DJEMAA .....	76
V-6-4- Pour le THT OUED-AISSI .....	76
V-6-5- Pour le PS DBK .....	77
<b>CONCLUSION GENERALE:</b> .....	79

## 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.

## NOMENCLATURE

$\frac{\Delta U}{U} \Big _{(\text{seg1})}$	: Chute de tension relative de segment (1)
MW	: Mégawatt.
kW	: Kilowatt.
kV	: Kilovolt.
km	: Kilomètre.
$\Omega/\text{km}$	: Ohm par kilomètre.
A	: Ampère.
KVA	: Kilovoltampère.
MVA	: Mégavoltampère.
THT	: Très haute tension.
HT (HTB)	: Haute tension
MT (HTA)	: Moyenne tension.
BT	: Basse tension
I <sub>ap</sub>	: Courant appelé
I <sub>lt</sub>	: 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
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

---

# Introduction

---

Clicours.COM

A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable, il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue.

Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines (centrales électriques) capables de produire de l'électricité en grande quantité. Une fois le courant produit, il doit être amené jusqu'au consommateur .

Dans un pays, le Transport et la Distribution Publique assurent le transit de l'énergie électrique entre les points de production et les points de consommation, par l'intermédiaire des réseaux électriques, ces réseaux électriques sont constitués par l'ensemble des équipements destinés à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité depuis les centrales de génération jusqu'aux maisons de campagne les plus éloignées

L'énergie électrique est transportée en haute tension, voire très haute tension pour limiter les pertes joules (les pertes étant proportionnelles au carré de l'intensité) puis progressivement abaissée au niveau de la tension de l'utilisateur final.

Les réseaux électriques ont aussi pour fonction d'interconnecter les centres de production tels que les centrales hydrauliques, thermiques... avec les centres de consommation (villes, usines...), mais ces derniers sont soumis à plusieurs contraintes (agressions de la nature, l'exploitation anarchique de l'homme et l'accroissement de la consommation ), d'où l'importance de la maintenance et de la restructuration .

La région des OUHADIAS est alimenté actuellement par un départ sortant du poste de TIZI MEDDEN, le réseau HTA de cette région est victime ces derniers temps de chutes de tensions dues à l'augmentation de la demande(surcharge) et à la longueur des départs. A cet effet SONELGAZ a prévu une restructuration dans cette région, ce qui permettra de soulager le réseau HTA 30KV et de rendre meilleure la qualité du service.

Notre étude vise à diminuer les chutes de tension, minimiser les pertes d'énergie électrique et réduire le temps de coupure.

Notre travail est reparti ainsi :

- Ø **Chapitre I** : Généralités sur les réseaux électriques ;
- Ø **Chapitre II** : Méthodes de calcul des chutes de tension ;
- Ø **Chapitre III** : Présentation du logiciel de calcul CARAT ;
- Ø **Chapitre IV** : Diagnostique du réseau actuel ;
- Ø **Chapitre V** : Restructuration du réseau.

A la fin nous donnerons une conclusion générale .

---

---

# ***CHAPITRE I :***

## ***GENERALITES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES***

---

---

## I-1-PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE :

L'énergie électrique est au cœur de notre société moderne qui serait bien en peine si elle devait s'en passer, elle joue un rôle primordial dans le développement économique. Cette énergie est non stockable, elle doit être produite à l'instant même où elle est consommée. Cette production se heurte à des difficultés, car le producteur doit pouvoir satisfaire les demandes de la clientèle à toute heure, au prix le plus bas possible du kilowattheure.

Dans notre pays ces services sont assurés par trois directions principales du groupe SONELGAZ à savoir :

- SPE (société de Production de l'électricité);
- GRTE (gestionnaire de réseau de transport de l'électricité) ;
- SD (société de distribution) qui a pour rôle d'alimenter ses clients avec deux niveaux de tension, BTA et HTA.

Malgré que l'énergie électrique n'est pas stockable, son acheminement jusqu'au consommateur est en revanche facile à réaliser, cela se fait par des câbles ou conducteurs aériens, tout en précisant que ce transport est assez coûteux que ce soit par les équipements du réseau, ou par les pertes d'énergie sur les lignes, ce qui influe de manière négative sur le prix du kilowattheure .

## I-2-LES DIFFERENTES CENTRALES ELECTRIQUES : [1]

Il existe plusieurs types de centrales électriques, elles ont en commun le principe de production de l'énergie, par contre les sources de cette dernière diffèrent.

### I-2-1-Centrale hydroélectrique :

Ces centrales sont construites aux bords des rivières ou bien aux pieds des barrages, l'eau sous pression fait tourner des turbines (turbine PELETON, turbine KAPLAN), qui à leur tour font tourner des alternateurs. D'après la hauteur de la chute d'eau, on distingue :

- § Les centrales de basse chute  $10 \leq h \leq 30$ m ;
- § Les centrales de moyenne chute  $30 \leq h \leq 120$ m ;
- § Les centrales de haute chute  $h \geq 120$ m.

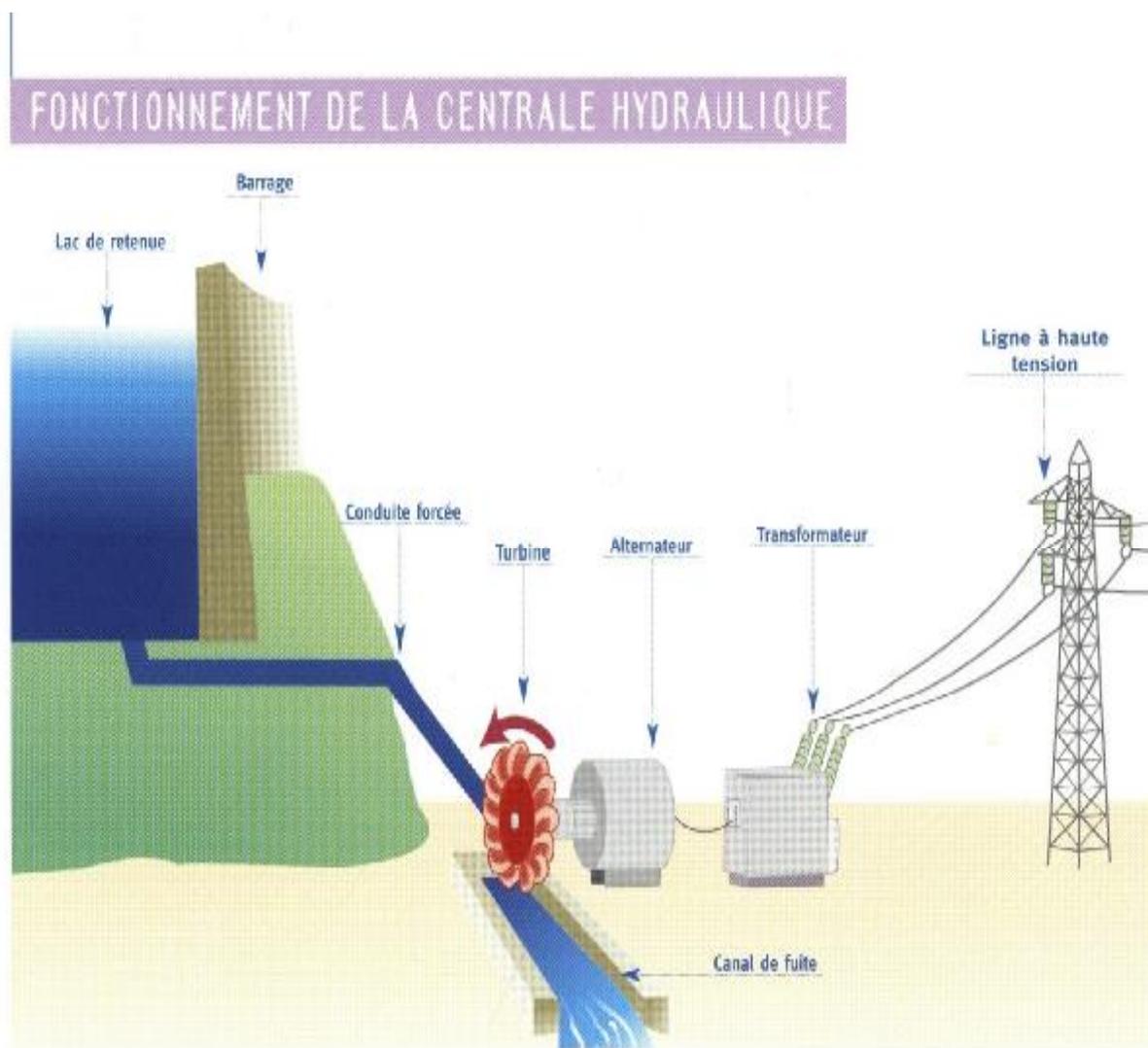


Figure I-1 : Schéma d'une centrale hydroélectrique [2].

### I-2-2- Centrale thermique :

La chaleur produite dans la chaudière par la combustion du charbon, gaz ou autre, vaporise de l'eau. Cette vapeur d'eau est alors transportée sous haute pression et sous haute température vers une turbine. Sous la pression, les pales de la turbine se mettent à tourner. L'énergie thermique est donc transformée en énergie mécanique. Celle-ci sera, par la suite, transformée à son tour en énergie électrique via un alternateur. A la sortie de la turbine, la vapeur est retransformée en eau (condensation) au contact de parois froides pour être renvoyée dans la chaudière où le cycle recommence.

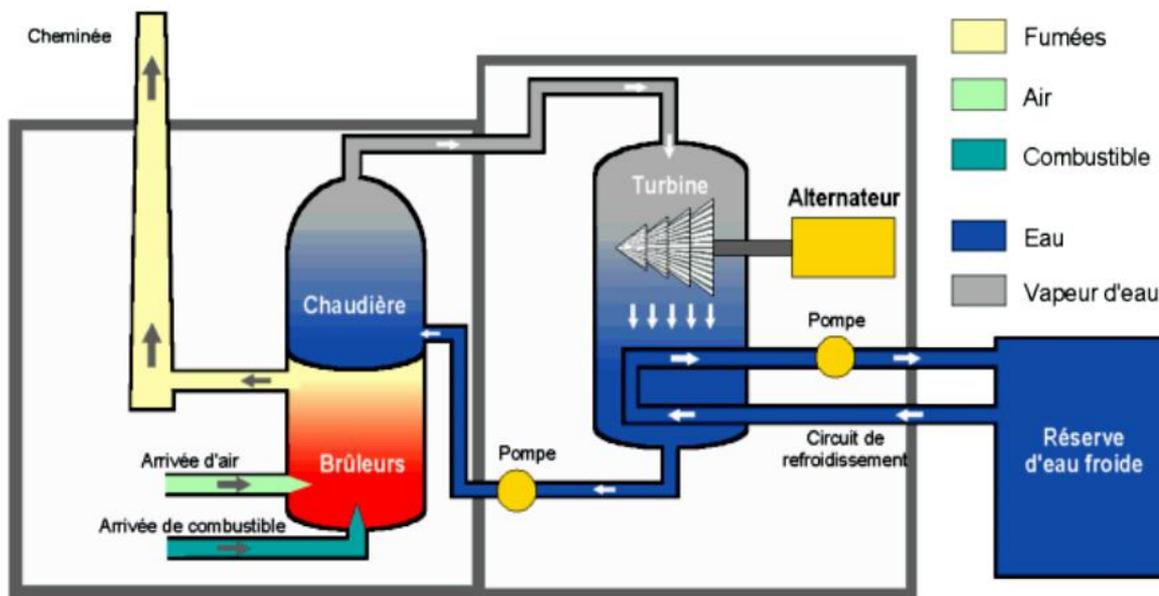


Figure I-2 : Schéma d'une centrale thermique [2].

**I-2-3-Centrale nucléaire :**

Le mode de fonctionnement est identique au précédent si ce n'est que la chaleur est produite par des réactions de fission au cœur du réacteur. En fait la différence est que cette source de chaleur nécessite impérativement un confinement (isolation totale du milieu extérieur) pour éviter un contact, entre le circuit primaire et le circuit secondaire, qui contaminerait toute la centrale en éléments radioactifs.

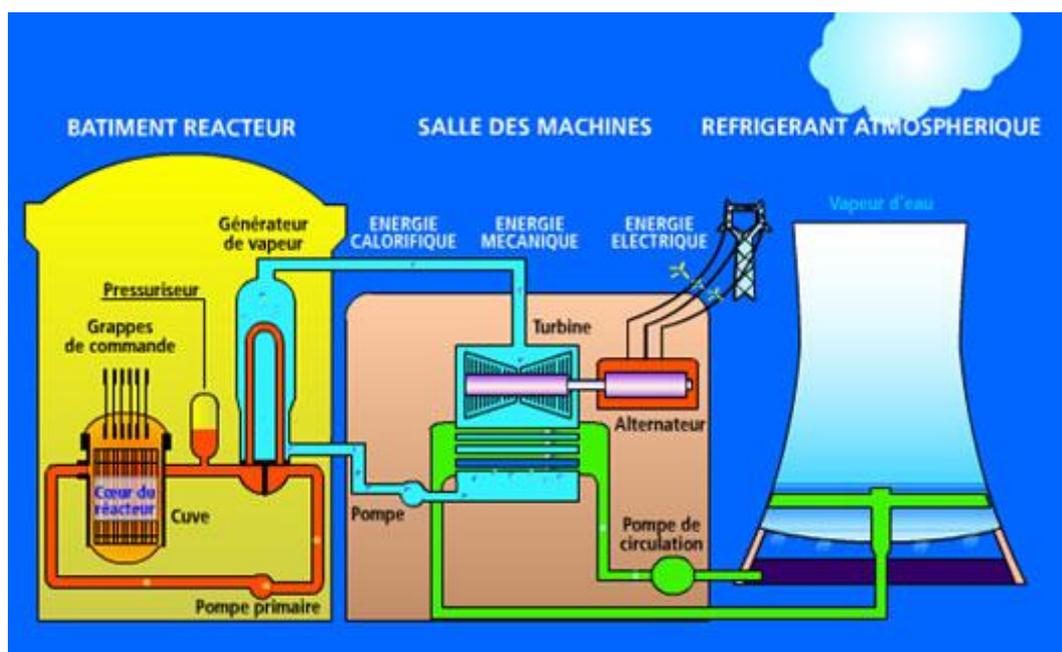


Figure I-3 : Schéma d'une centrale nucléaire [2].

### I-2-4-Centrales à énergie renouvelable :

- § Centrales solaires : ces centrales utilisent l'énergie du rayonnement solaire, soit en la captant avec des panneaux photovoltaïques ou bien des héliostats qui réfléchissent le rayonnement afin de chauffer de l'eau qui circule dans des conduites, produisant ainsi de la vapeur qui va actionner des turbines.
- § Centrales éoliennes : ces centrales captent la force du vent à l'aide d'hélices qui vont entraîner à leur tour des alternateurs.
- § Centrales à marée motrice : les turbines sont entraînées par des courants d'eau.

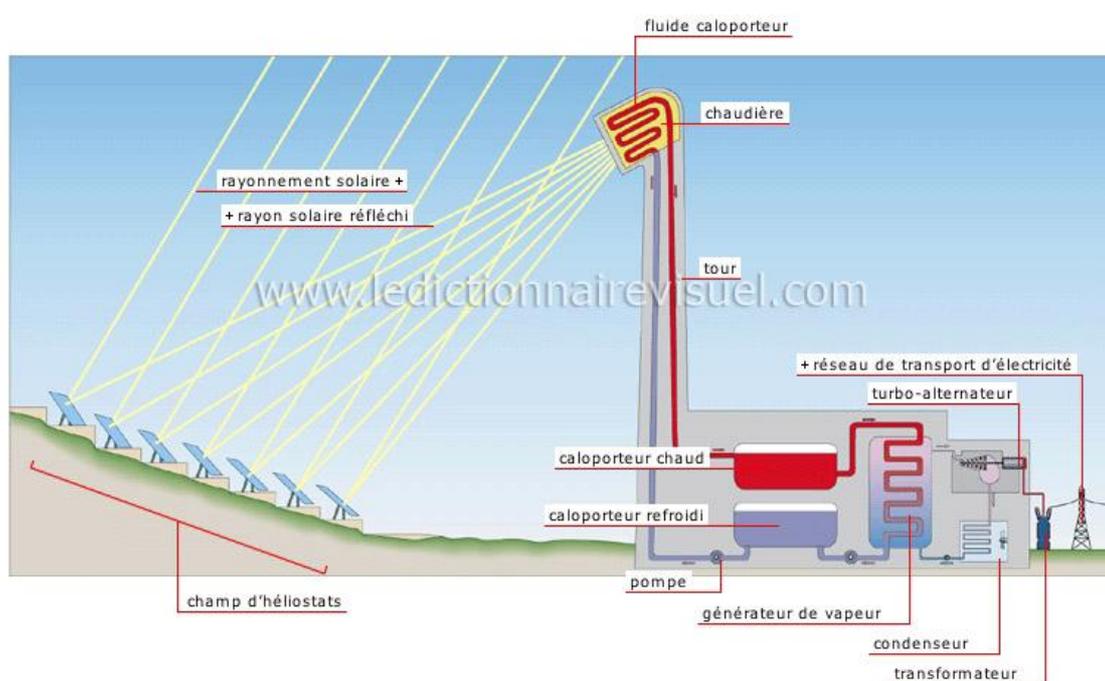


Figure I-4 : Exemple de centrale à énergie renouvelable [2] .

### I-2-5-Choix des sites :

Afin de limiter les pertes d'énergie dues à la longueur des lignes, la solution idéale est d'installer les centrales électriques le plus près possible des centres de consommations, ce qui n'est pas facilement réalisable pour les raisons suivantes :

- Les centrales hydroélectriques sont souvent installées dans les régions montagneuses ou sur les bords des rivières à gros débit.
- Les centrales thermiques doivent être installées près des sites d'approvisionnement en combustible, tel que : les raffineries, les grands ports et les rivières très navigables

- Les centrales nucléaires sont installées loin des agglomérations, pour des raisons de sécurité .

**I-3-DIFFERENTS TYPES DE RESEAUX ELECTRIQUES : [3]**

Les réseaux électriques sont un élément primordial dans l'étude de la production de l'énergie électrique, ils constituent le pont qui fait la liaison entre les centrales de production et le consommateur. Leur construction nécessite des études bien précises afin d'optimiser leur fonctionnement, la figure (I-5) illustre le parcours de l'énergie électrique.

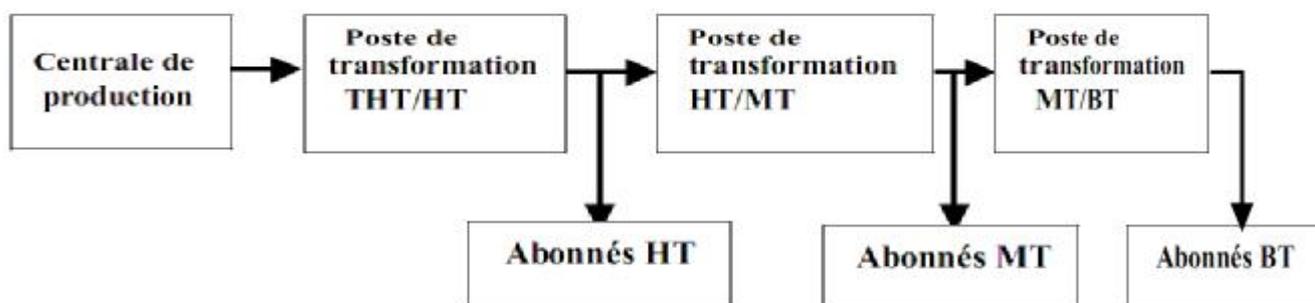


Figure I-5 : Schéma simplifié d'un réseau électrique.

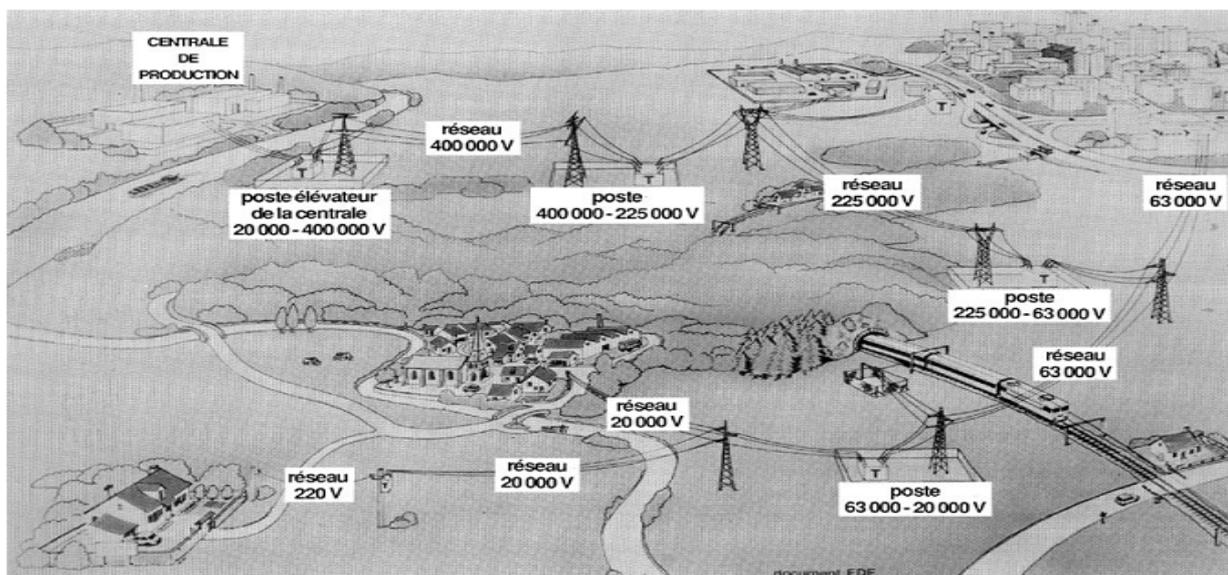


Figure I-6 : Schéma illustré d'un réseau électrique [2].

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

Ces réseaux sont capables de transporter l'énergie électrique sur de grandes distances. Ils comprennent les centrales de production, les postes de transformation et les lignes dont les

longueurs peuvent atteindre des milliers de kilomètres, par exemple 20 000km pour un réseau de 400kv, leurs fonctions principales sont :

- L'acheminement de l'électricité des centrales de production aux grandes zones de consommation.
- L'interconnexion nationale qui gère la répartition de l'offre en orientant la production en fonction de la répartition géographique et temporelle de la demande.
- L'interconnexion internationale pour gérer des flux d'énergie entre les pays en fonction de la demande et des pics de consommation.

### **I-3-2-Réseaux de répartitions : [4]**

Le rôle de ces réseaux est la répartition régionale, c'est-à-dire l'acheminement de l'énergie électrique du réseau de transport, vers les centres de consommation finale. Ils comprennent les éléments intermédiaires entre le réseau de transport et le réseau de distribution (lignes et postes de transformation), la structure la plus adéquate pour ce type de réseaux est la structure bouclée.

### **I-3-3-Réseaux de distribution :**

C'est le réseau qui permet la distribution de l'énergie électrique aux consommateurs, il peut être aérien ou souterrain, moyenne ou basse tension.

#### **I-3-3-1-Réseau de distribution moyenne tension (HTA) :**

Ces réseaux sont alimentés par les postes HTA ou HTB, ils alimentent à leur tour les réseaux HTA, BT. On distingue les types suivants :

##### **I-3-3-1-1-Réseaux souterrains moyenne tension (HTA) :**

Avec une structure à un seul ordre de ligne, ces réseaux sont exploités en boucle ouverte permettant la continuité de l'alimentation en cas d'incident.

##### **I-3-3-1-2-Réseaux aériens moyenne tension (HTA) :**

Ces réseaux sont à structure arborescente, les départs de ses lignes sont protégés par des disjoncteurs.

##### **I-3-3-2-réseaux de distribution basse tension :**

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

## I-4-DIFFERENTES STRUCTURES DE RESEAUX :

### I-4-1-la structure maillée :

C'est La structure la plus appropriée pour les réseaux d'interconnexion et de transport, car elle permet d'assurer la continuité du transport même en cas d'éventuel défaut. Dans cette structure, les branches du réseau forment des mailles, (figure 1-7).

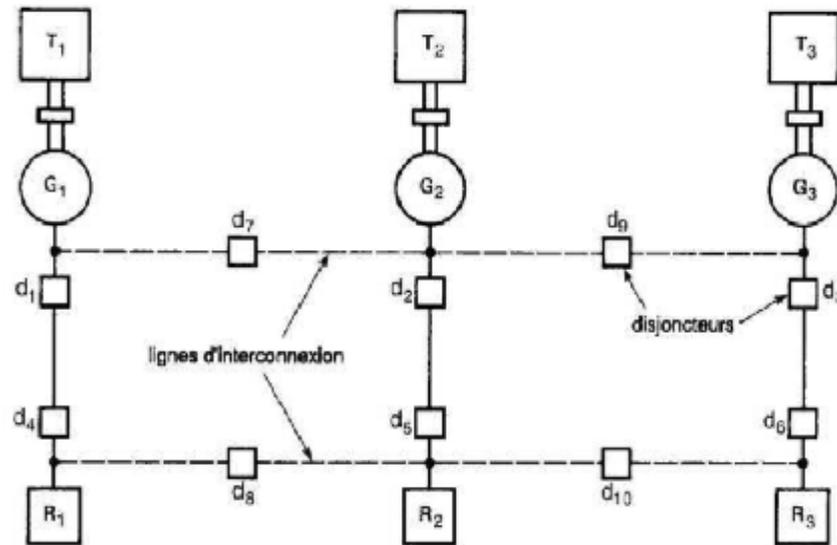


Figure I-7 : Schéma d'un réseau maillé.[5]

### I-4-2-la structure bouclée :

C'est une structure comprenant des boucles fermées, chaque boucle comprend un certain nombre de source. L'avantage que présente cette structure c'est que l'énergie peut transiter de chemins différents, ce qui assure la continuité de l'alimentation en cas de défaut sur l'une des lignes (figure I-8).

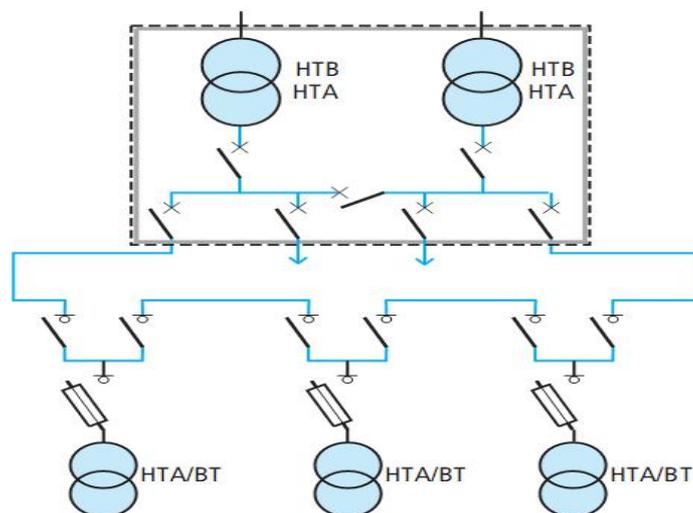


Figure I-8 : Schéma d'un réseau bouclé. [6]

**I-4-3-la structure radiale :**

C'est une structure unifilaire arborescente, chaque départ se sépare en plusieurs ramifications à la manière des branches d'arbre, l'origine de cette structure est le poste de transformation (figure I-9).

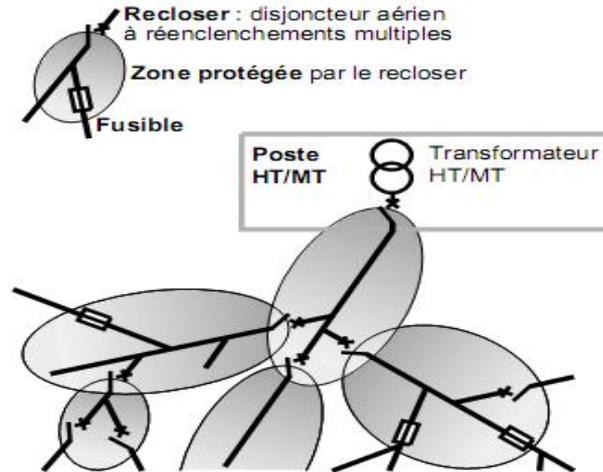


Figure I-9 : Schéma d'un réseau radial.[7]

Pour cette structure on distingue deux types d'alimentation :

**1-4-3-1-alimentation en antenne :**

Ce type est adapté lorsque les exigences de la continuité d'alimentation sont faibles (figure I-10) .

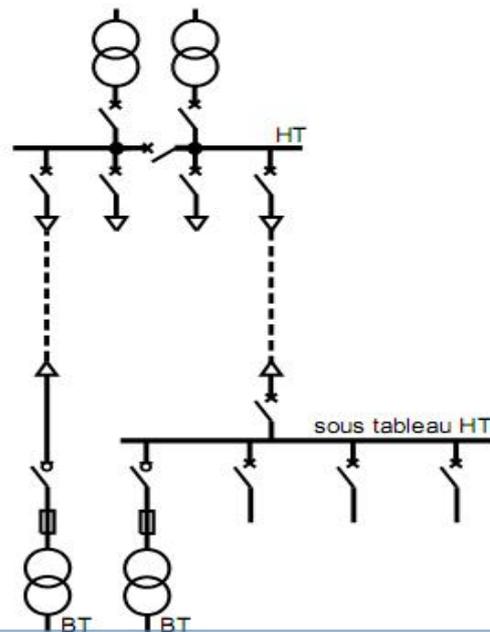


Figure I-10 : Schéma d'un réseau en antenne.[4]



### 1-4-3-2-alimentation en coupure d'artère :

C'est un cas particulier du réseau radial, où il existe que la ligne principale sur laquelle sont raccordés les différents postes.

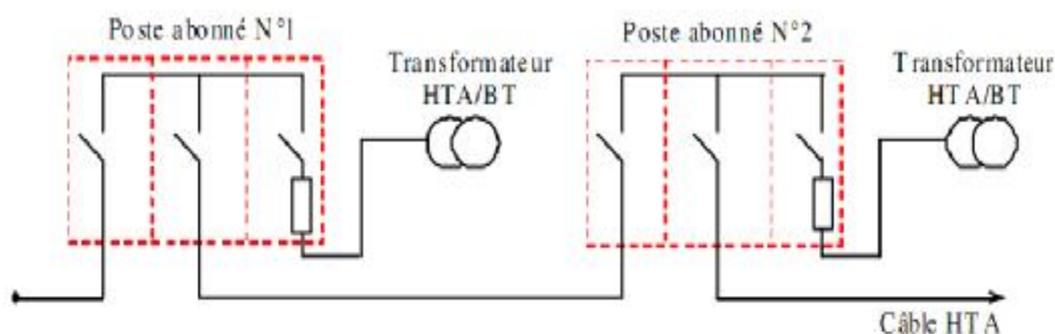


Figure I-11 : Schéma d'un réseau en coupure d'artère.

### I-5-LES DIFFERENTS POSTES SUR LES RESEAUX MOYENNE TENSION (HTA)[8] :

Un poste est une entité physique définie par ses fonctionnalités dans les réseaux électriques, sa vocation est avant tout la transition entre deux niveaux de tension et/ou d'alimenter l'utilisateur finale.

On distingue les types suivants :

#### I-5-1-Le poste HTB/HTA :

Cet ouvrage est présent dans toute structure électrique d'un pays ; il est situé entre le réseau de répartition et le réseau de distribution MT. Sa fonction est d'assurer le passage de la HTB (> 100 kV) à la HTA (>10 kV).

Son schéma type (figure :I-12) comporte deux arrivées HTB, deux transformateurs HTB/HTA, et de 10 à 20 départs HTA. Ces départs alimentent des lignes en aérien et/ ou des câbles en souterrain.

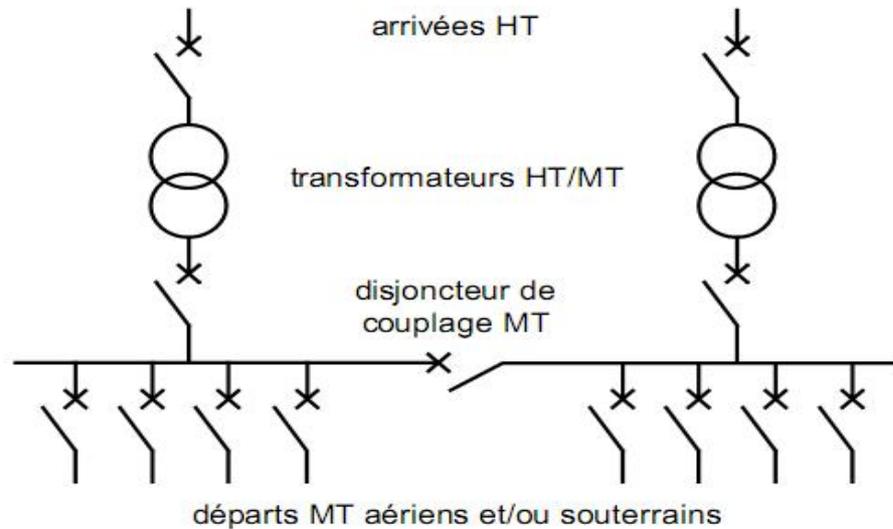


Figure I-12 : Schéma d'un poste HTB/HTA.[8]

### I-5-2-Le poste HTA/HTA :

Cet ouvrage peut assurer deux fonctions :

- Assurer la démultiplication des départs HTA en aval des postes HTB/HTA (figure 1-13). Dans ce cas, le poste ne comporte aucun transformateur. Il est constitué de deux arrivées HTA et de 8 à 12 départs HTA.
- Assurer le passage entre deux niveaux HTA. De tels postes HTA/HTA intègrent des transformateurs. Ils sont nécessaires dans certains pays qui utilisent deux niveaux successifs de tension sur leur réseau HTA, c'est le cas par exemple de la Grande Bretagne où le réseau HTA est décomposé en deux niveaux avec le 11 kV et le 33 kV. Leur schéma type s'apparente à celui du poste HTB/HTA.

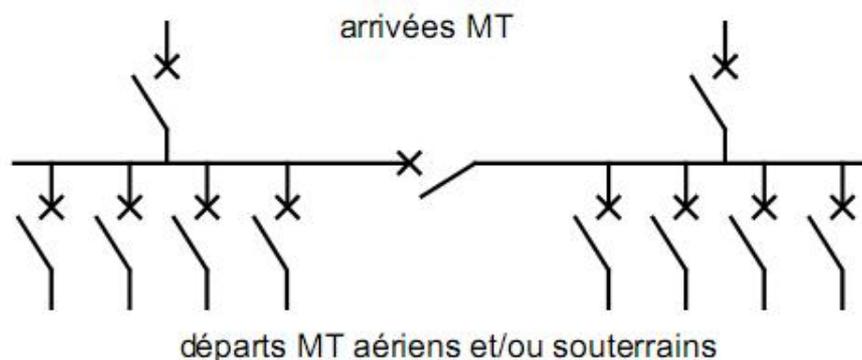


Figure I-13 : Schéma d'un poste HTA/HTA.

**I-5-3-Le poste HTA/BT :**

Localisé entre le réseau de distribution HTA et le réseau de distribution BT, cet ouvrage assure le passage de la HTA ( $>10$  kV) à la BT ( $> 100$  V), le schéma type de ce poste (figure I-14) est évidemment beaucoup plus simple que celui des ouvrages précédents. En particulier, l'appareil de base HTA utilisé est l'interrupteur et non plus le disjoncteur.

Ces postes sont constitués de quatre parties :

- L'équipement HTA pour le raccordement au réseau amont,
- Le transformateur de distribution HTA/BT,
- Le tableau des départs BT comme points de raccordement du réseau aval de distribution (en BT),
- Et de plus en plus souvent une enveloppe extérieure préfabriquée (métallique ou de plus en plus souvent en béton) qui contient les éléments précédents.

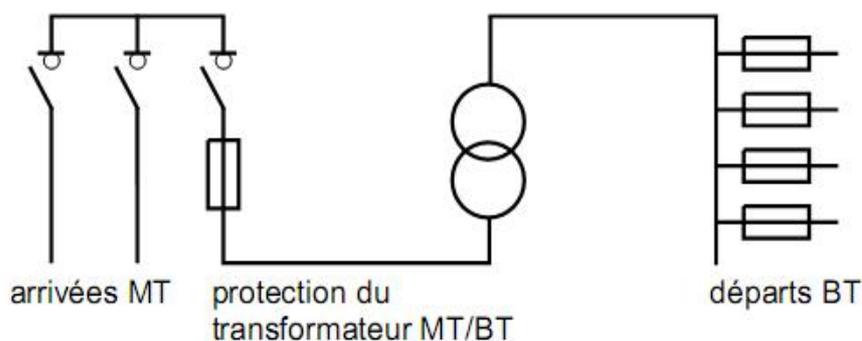


Figure I-14 : Schéma d'un poste HTA/BT.

**I-5-4-Le poste de livraison aux abonnés HTB ou HTA :**

Ces ouvrages assurent le passage de la distribution publique à la distribution privée (figure I-15). Ils permettent le raccordement :

- au réseau de répartition HTB d'un abonné à grande consommation ( $>1$  MVA) via un poste HTB/HTA,
- au réseau de distribution HTA d'un abonné à moyenne consommation ( $>100$  KVA) via un poste HTA/BT.

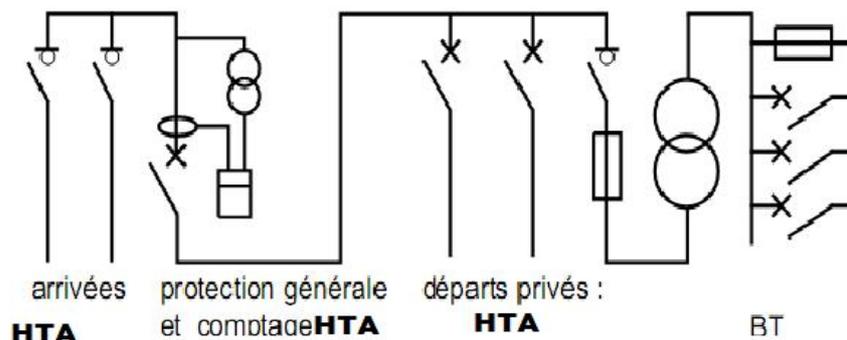


Figure I-15 : Schéma d'un poste de livraison pour abonne HTA.

## I-6-ORGANISATION DU SYSTEME DE PROTECTION :

### I-6-1-Objectif du système de protection :

Ce système doit répondre aux objectifs suivants :

- Assurer la sécurité des personnes et du matériel.
- Assurer la continuité d'alimentation en énergie électrique.

### I-6-2-Qualités du système de protection :

Dans tout système de protection, on cherche à obtenir un compromis entre :

- La sensibilité qui est l'aptitude des protections à détecter les défauts .
- La sélectivité qui permet à l'appareil d'isoler que la partie en défaut.
- La rapidité qui permet de minimiser les conséquences des courts-circuits.
- La fiabilité, qui est l'aptitude des protections à éviter un déclenchement intempestif et assurer un bon fonctionnement du système en cas de défaut.
- La simplicité pour faciliter la mise en œuvre et la maintenance.

### I-6-3-Organisation des protections :

Le système de sécurité doit être organisé de manière à ce qu'il puisse :

- Eliminer les défauts en séparant les éléments défectueux par l'organe de coupure avale le plus proche.
- Eliminer un défaut par une protection en amont quand une protection avale 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.

#### **I-6-4-Choix du régime du neutre :**

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

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

#### **I-6-5- Protection des jeux de barres :**

Lorsqu'un défaut apparaît sur un jeu de barre, son élimination se fait par un déclenchement de toutes les arrivées et départs conduisant au jeu de barre concerné.

#### **I-7- PROTECTION DES TRANSFORMATEURS DANS LES POSTES HTA [9] :**

Un transformateur installé dans un poste représente une impédance très élevée si on la compare avec l'impédance rencontrée par l'onde dans la ligne, de ce fait , le transformateur constitue un point de réflexion presque totale lors des phénomènes de propagation, et la contrainte qu'il subit peut atteindre le double de la tension maximale de l'onde incidente, donc pour qu'il soient d'une bonne efficacité, les dispositifs de sécurité doivent être positionnés à proximité des transformateurs. L'ordre de grandeur correspondant est d'une dizaine de mètres.

#### **I-7-1- 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 (Fig. I-16). Tout contournement de la barre du transformateur, tout défaut à la masse d'un enroulement produisant un courant est détecté par les relais. Toute fois d'autres courants peuvent circuler dans la connexion et dans le relais :

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

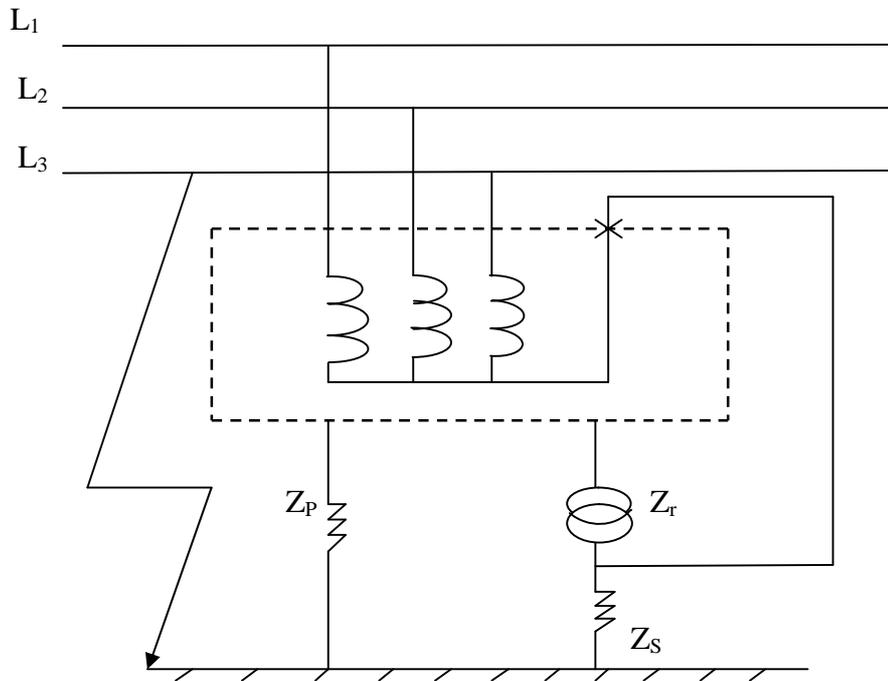


Figure I-16 : schéma de principe de la protection de la cuve de transformateur.

$Z_P$ : Impédance de liaison parasite entre le transformateur et la terre.

$Z_r$ : Impédance du « TC » assurant la liaison du poste.

$Z_S$ : Impédance de la prise de terre du poste.

### I-7-2- Protection par relais BUCHHOLZ:

Les arcs qui prennent naissance à l'intérieur de la cuve d'un transformateur décomposent certaine quantité d'huile et provoquent un dégagement gazeux. Les gaz produits montent vers la partie supérieure de la cuve de transformateur et de là vers le conservateur à travers un relais mécanique appelé relais BUCHHOLZ (Fig. I.17). Ce relais est sensible à tout mouvement de gaz ou d'huile. Si ce mouvement est faible, il ferme un contact de signalisation (alarme BUCHHOLZ). Par ailleurs, un ordre de déclenchement est émis au moyen d'un autre contact qui se ferme en cas de mouvement important. Les gaz restent enfermés à la partie supérieure du relais, d'où ils peuvent être prélevés, et leur examen permet dans une certaine mesure de faire des hypothèses sur la nature de défauts :

- ∅ Si les gaz ne sont pas inflammables on peut dire que c'est l'air qui provient soit d'une poche d'air ou de fuite d'huile.
- ∅ Si les gaz s'enflamment, il y a eu destruction des matières isolantes donc le transformateur doit être mis hors service.

Cette protection sera à deux niveaux pour le transformateur: le premier donnera un signal **d'alarme**, le second un signal de déclenchement.

Les arcs qui prennent naissance à l'intérieur de la cuve d'un transformateur décomposent une certaine quantité d'huile et provoque un dégagement gazeux dont le volume est supérieur à celui de l'huile décomposée.

Les gaz produits montent vers la partie supérieure de la cuve du transformateur et de là, vers le conservateur.

- Pour déceler le dégagement gazeux, on intercale sur la canalisation reliant la cuve au conservateur un relais BUCHHOLTZ.

- Pour le régleur en charge il est prévu un seul niveau qui donnera un signal de déclenchement.

- Le gaz qui s'est accumulé dans la cloche du relais peut être récupéré et analysé, ce qui permet d'obtenir des indications sur la nature et l'emplacement du défaut.

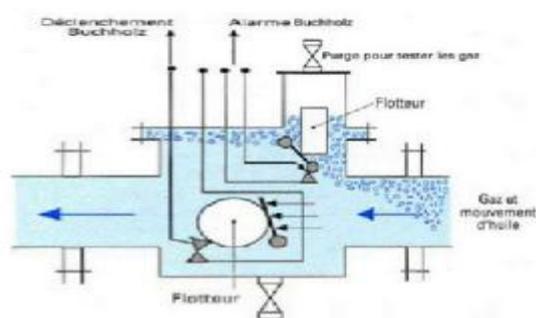


Figure I-17 : Principe de protection BUCHHOLTZ.

### I-7-3- Protection contre les surcharges :

#### I-7-3-1- Protection différentielle :

Pour tous les transformateurs avec une puissance supérieure ou égale à 60MVA, on utilisera une protection différentielle avec circuit de maintien. La protection différentielle consiste à comparer phase par phase les courants du transformateur à protéger, en utilisant un montage sensible à la différence des courants à l'entrée et à la sortie du transformateur, on tenant 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 pour quoi elle est instantanée. La figure (I-18) donne le schéma de la protection différentielle dans le cas du transformateur HT/HTA du type YN/yn0.

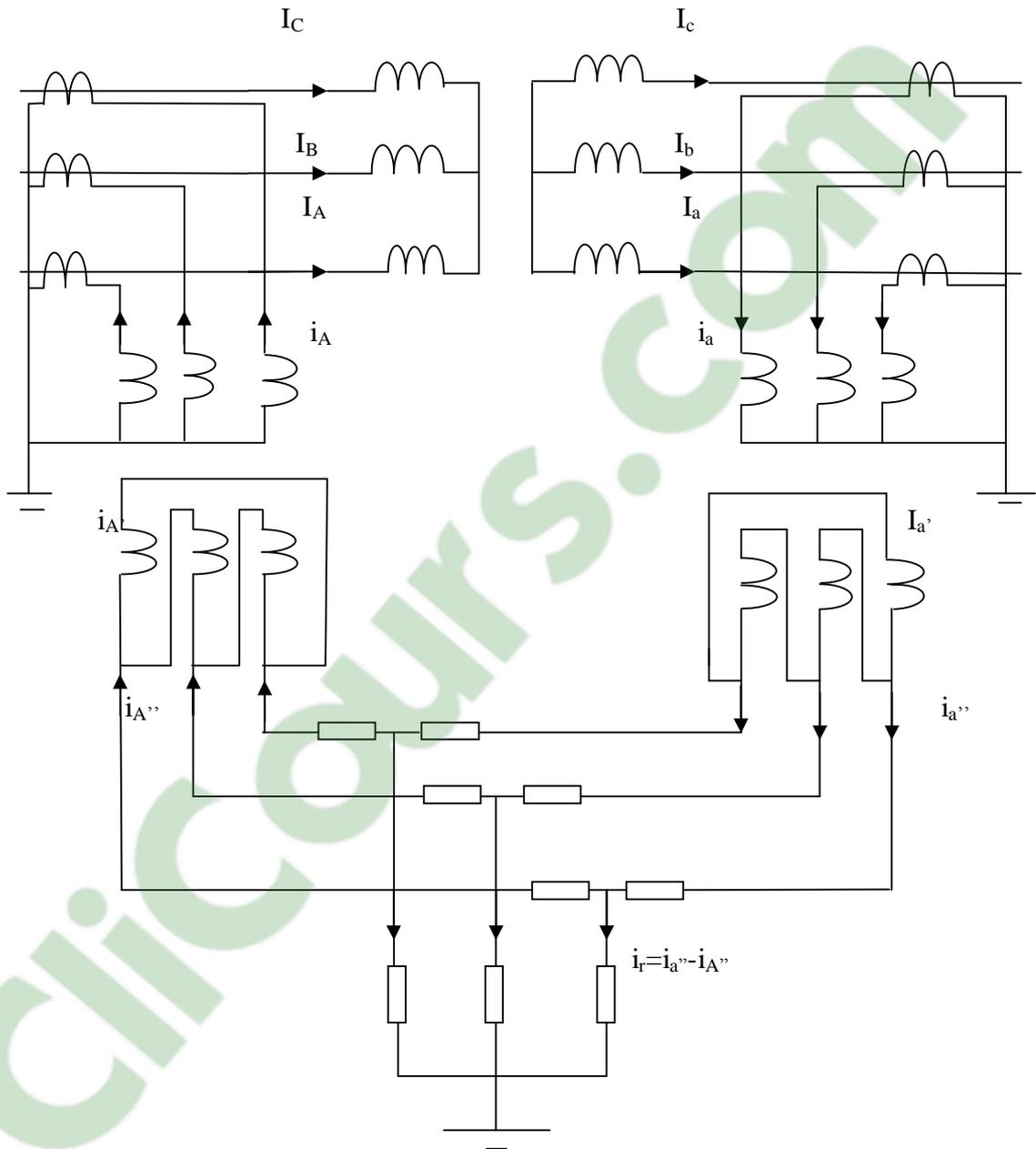


Figure I-18: Schéma de montage d'une protection différentielle dans le cas de transformateur HT/HTA YN/yn0.

### I-7-3-2-Protection par mesure de température :

Dans les postes, les transformateurs sont parfois victimes des surcharges, ce qui provoque l'échauffement de leurs enroulements, et à long terme cela peut être source de vieillissement pour ces machines. A cet effet, des appareils de mesure de température sont installés sur les transformateurs, et selon le type de l'isolation des enroulements, les points de mesure différent :

Pour les transformateurs de type immergés, c'est généralement la température de l'huile qui est prise comme indication. En effet, le liquide diélectrique intervient comme réfrigérant vis à vis des enroulements et tend à homogénéiser la température à l'intérieur du transformateur.

Cette mesure de température peut être réalisée par un thermostat capable de fournir de manière autonome une information sur un contact de sortie.

Eventuellement, un seuil peut être utilisé pour définir un niveau d'alarme, entraînant par exemple des délestages ou un refroidissement forcé, et un niveau de déclenchement.

Pour les transformateurs de type secs enrobés, il est nécessaire de faire plusieurs mesures car les températures peuvent rester très différentes d'un enroulement à l'autre en cas de déséquilibre. Par ailleurs, la technologie se prête mal à l'utilisation de thermostats dont les parties actives sont assez volumineuses. Les constructeurs proposent un équipement du transformateur avec des sondes de platine, comme sur certains moteurs moyenne tension. Il est usuel d'équiper chaque enroulement de deux sondes, afin de pouvoir surveiller au plus près les points connus comme étant les plus chauds. Ces sondes sont raccordées à une électronique de traitement qui peut gérer les seuils utilisés pour provoquer soit des délestages, soit une ouverture générale.

### **I-7-3-3- Protection par fusibles MT et combinés interrupteurs-fusibles :**

Pour des besoins d'exploitation « manœuvre, échange de fusible, sectionnement », les fusibles sont installés en aval d'un organe de manœuvre. Les réalisations d'appareillage prennent souvent la forme d'interrupteurs-fusibles. Dans ce cas, les fusibles sont installés dans l'appareillage sans pour autant impliquer un lien entre le fonctionnement des fusibles et celui de l'interrupteur. Lorsque le fusible utilisé comporte un percuteur capable de faire ouvrir l'interrupteur en cas de fusion, l'appareillage est alors désigné par le terme de « combiné interrupteur-fusibles ». (figure I-19)

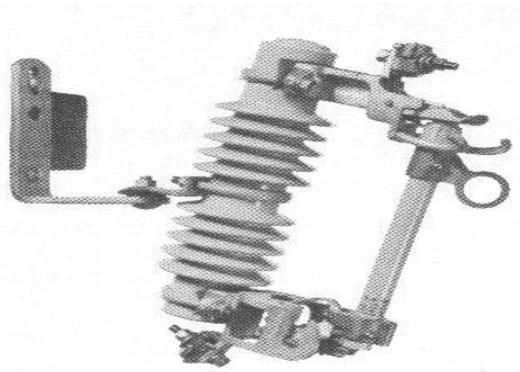


Figure I-19 : Image d'un sectionneur- fusible. [10]

### **I-8- PROTECTION DES DEPARTS HTA DES POSTES :**

Dans un poste HT/HTA, les départs HTA sont exploités suivant un type radiale. La fonction du système de protection est d'assurer :

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

### I-8-1- Protection contre les défauts entre phases : (Figure I-20)

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 de temporisation à temps constant.

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

$$I_{r1} = K \times I_{LT} \quad \text{si} \quad 0,85 \times I_B > K \times I_{LT} \quad (\text{I-1})$$

Ou : 
$$I_{r1} = 0,85 \times I_B \quad \text{si} \quad 0,85 \times I_B < K \times I_{LT} \quad (\text{I-2})$$

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.

$K$  : 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 court-circuits d'un courant élevé, et il devra être réglé pour des valeurs suffisamment élevées pour être insensible aux défauts sur les réseaux BT.

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

$$I_{CC} = P_2 \times 100 / (1,73 \times V_{n2} \times V_{CC}) \quad (\text{I-3})$$

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

$$I_{r2} = 1,3 \times I_{CC} \quad (\text{I-4})$$

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

$V_{n2}$  : tension nominale du transformateur côté HTA.

$V_{CC}$  : tension de court-circuit du transformateur HTA/BT (en %).

Dans tous les cas la valeur de réglage devra être :

$$I_{r2} = 2 \times I_{r2} \quad (\text{I-5})$$

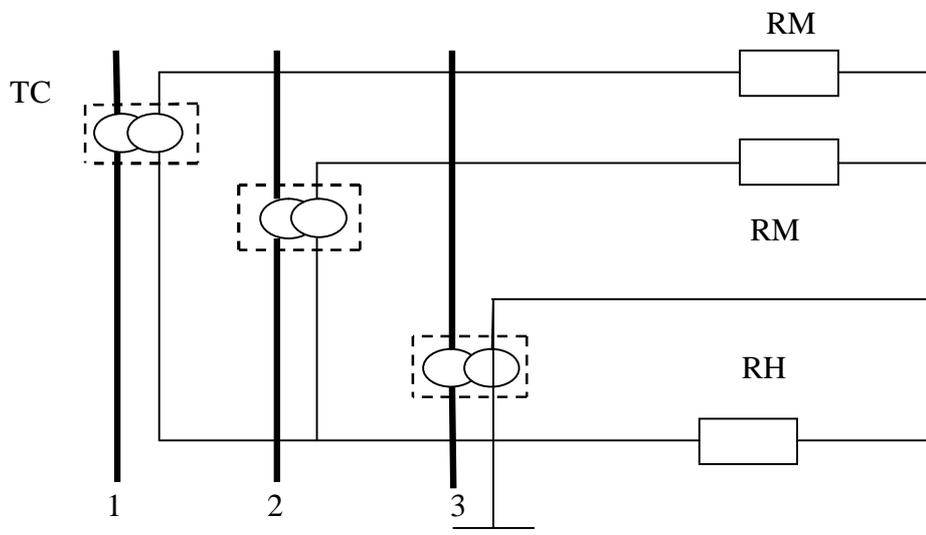


Figure I-20 : Schéma de principe de la protection d'un départ MT.

### I-8-2- 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 le secondaire des trois transformateurs de courant, soit au noyau d'un tore quand le câble en sortie de cellule est tripolaire (Figure I-20 et Figure I-21).

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 (9,8A/100 km) pour les lignes aériennes en 30 kV, et de (16A/10 km) pour les câbles souterrains en 10 kV. 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 :

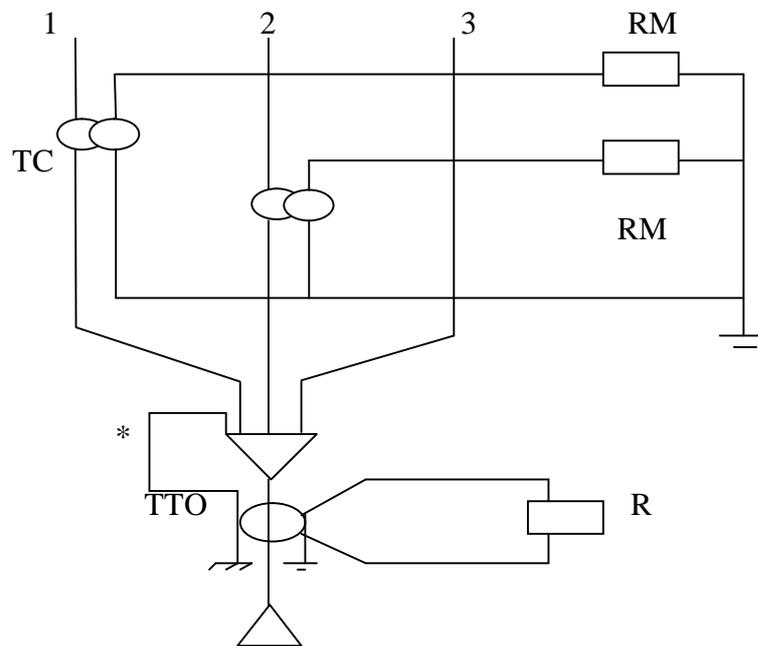
$$I_{r0} = K \times I_0 \quad \text{Avec} \quad K = 1,5 \quad (\text{I-6})$$

$I_0$ : courant monophasé (phase – Terre).

Le coefficient « k » tient compte :

- De l'erreur de rapport du « TC ».
- De l'erreur de phase du « TC ».
- D'un coefficient de sécurité.

Le temps d'intervention de la protection sera de 0,3 seconds, 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.



\* : la mise à la terre de la gaine du câble HTA doit passer dans le TC toroïdale pour éliminer les effets des courants migrants.

Figure I-21 : Schéma de la protection d'un départ dans le cas où le raccordement entre le disjoncteur du départ et le premier poteau est fait par une liaison en câble.

## I-9-APPAREILLAGE DE PROTECTION :

### I-9-1-Les éclateurs et les parafoudres :

Deux moyens de protection contre les surtensions sont utilisés de manière large : les éclateurs et les parafoudres. Les éclateurs sont les dispositifs les moins coûteux et les plus rustiques. Ils sont utilisés exclusivement sur les réseaux aériens. Les parafoudres offrent une protection plus performante, mais pour un coût notablement plus élevé.

#### I-9-1-1-Les éclateurs :

L'éclateur est un dispositif simple constitué de deux électrodes dans l'air. La limitation de tension aux bornes est effectuée par l'amorçage de l'intervalle d'air. Ce mode de fonctionnement présente un certain nombre d'inconvénients :

- Une forte dispersion du niveau d'amorçage en résulte, fonction des conditions d'environnement (humidité, poussière, corps étrangers...).
- Le niveau de protection dépend de la raideur du front de la surtension. En effet, l'air présente un comportement « retard à l'amorçage » qui fait qu'une surtension importante à front très raide entraîne l'amorçage à une valeur de crête notablement supérieure au niveau de protection souhaité.

- Un courant de défaut à la terre apparaît lors de l'intervention de l'éclateur. Ce courant « de suite », dont l'intensité dépend du mode de mise à la terre du neutre du réseau, ne peut généralement pas s'éteindre spontanément et impose l'intervention d'une protection en amont.

Un réenclenchement réalisé en quelques centaines de millisecondes plus tard permet la reprise du service. Des dispositifs comme le disjoncteur shunt, pour des réseaux à neutre impédant, réalisent l'extinction de l'arc et la suppression du défaut sans entraîner de coupure de fourniture.

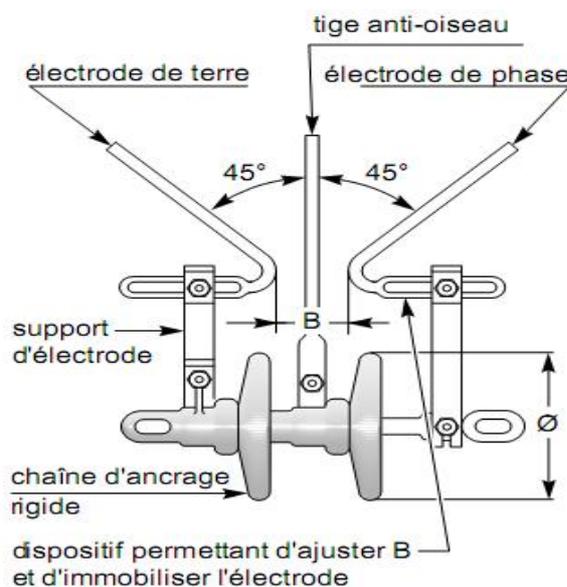


Figure I-22 :Schéma d'un éclateur HTA.[10]

### I-9-1-2-Les parafoudres :

Les parafoudres sont des résistances non-linéaires qui présentent une diminution importante de leur résistance interne au-dessus d'une certaine valeur de tension aux bornes. L'efficacité de fonctionnement est bien meilleure que pour les éclateurs et le phénomène de retard est inexistant.

Les modèles anciens au carbure de silicium (SiC) ne sont pas capables de supporter de manière permanente la tension de service car leur courant résiduel est trop important et génère un dégagement de chaleur inadmissible. Ils sont donc associés à un dispositif éclateur en série capable d'interrompre le courant résiduel et de tenir la tension de service. Les modèles plus récents à l'oxyde de zinc ZnO présentent une non-linéarité beaucoup plus accentuée, qui leur permet d'avoir un courant de fuite à la tension de service de l'ordre de 10 mA. De ce fait, il est possible de maintenir les parties actives en permanence sous tension. Leur très forte non-linéarité améliore également l'efficacité de la protection aux forts courants.

Les parafoudres à oxyde de zinc, dont l'usage tend à se généraliser, sont disponibles dans des réalisations adaptées aux utilisations sur réseaux aériens.

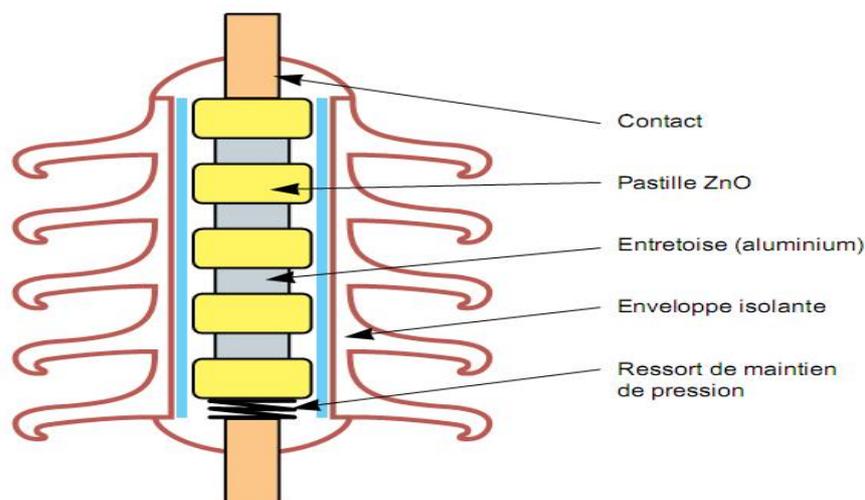


Figure I-23 : Coupe d'un parafoudre en ZnO. [2]

**I-9-1-2-1-règles d'installation d'un parafoudre :**

Pour optimiser le fonctionnement d'un parafoudre, son installation doit obéir aux règles suivantes :

- Réduire au maximum les tensions de connexion en réduisant le chemin que va suivre la foudre.
- Connecter la charge directement aux bornes du parafoudre. Comme les parafoudres fixent la tension à leurs propres bornes, la tension aux bornes de la charge est donc la tension du parafoudre.
- Le parafoudre doit être installé au voisinage immédiat des points critiques du réseau : jonction aérosouterraine, bornes de transformateurs, entrées de postes....
- Du fait de la vitesse du phénomène, le parafoudre doit être au plus près de la zone à protéger. En moyenne tension, la distance maximale est de l'ordre de 25 mètres.

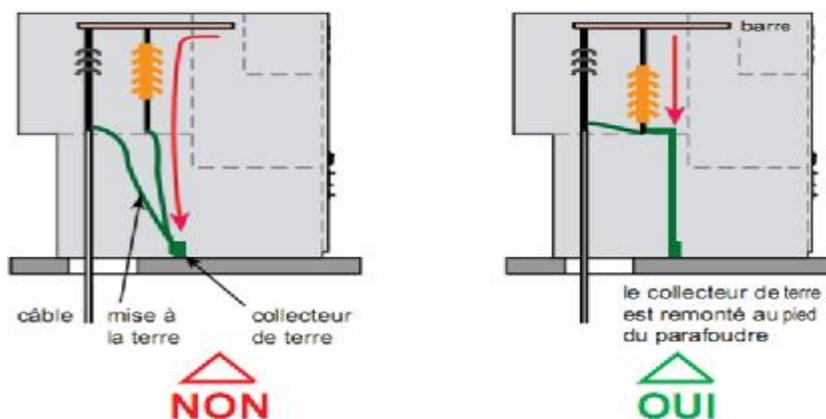


Figure I-24 : Schémas de connexion des parafoudre.[2]

### I-9-1-3 - Fusible moyenne tension:

Les fusibles moyennes tensions (Fig. I-25) offrent une protection des dispositifs de distribution moyenne tension (de 3 à 36 kV) contre des effets dynamiques et thermiques causés par les court-circuits plus élevés que le courant minimal de coupure du fusible. Etant donné leur faible coût d'acquisition et ne nécessitant aucune maintenance, les fusibles moyennes tensions sont une excellente solution pour la protection de différents types de dispositifs de distribution:

- Des réceptrices moyennes tensions (transformateurs, moteurs, condensateurs... etc.),
- Des réseaux de distribution électrique publique et industrielle.

Ils offrent une protection sûre contre des défauts importants qui peuvent survenir d'une part sur les circuits moyenne tension, d'autre part sur les circuits basse tension. Cette protection peut être accrue en combinant les fusibles avec des systèmes de protection basse tension ou un relais de surintensité.

Les caractéristiques les plus importantes qui définissent notre gamme de fusibles sont les suivantes :

- Haut pouvoir de coupure,
- Interruption sûre des courants critiques,
- Baisse de la puissance dissipée,
- Utilisables pour l'intérieur et l'extérieur,
- Avec percuteur thermique,
- Basses valeurs d'intensité minimale de coupure.

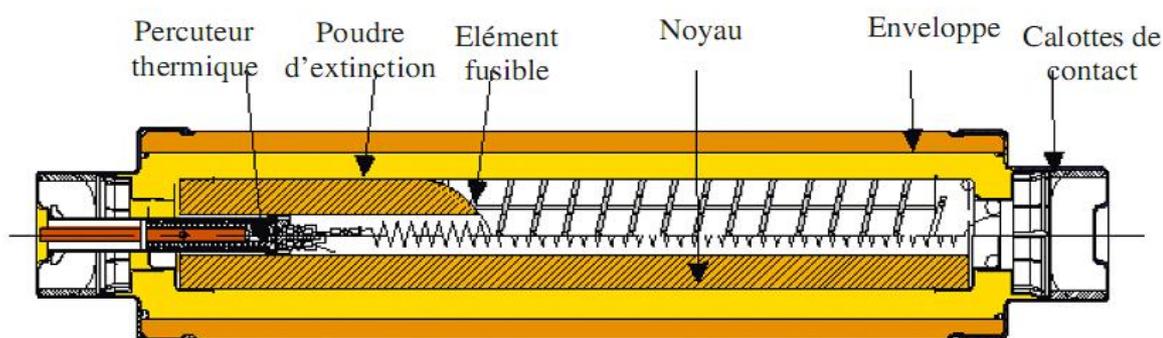


Fig. I.25 - Coupe schématique d'un fusible HTA.

**I-9-2-Protection par disjoncteur : [11]****I-9-2-1-Définition :**

Un disjoncteur est un appareil de protection (interrupteur) automatique, fonctionnant dans des conditions prédéterminées, il se compose des éléments suivants :

- Un interrupteur à fort pouvoir de coupure pour pouvoir couper des courants de court-circuit ;
- Un mécanisme actionné par une source d'énergie (ressort, air comprimé...) assurant ainsi le fonctionnement automatique de l'interrupteur ;
- Des dispositifs (déclencheur, relais...) transmettant les ordres de déclenchement ou d'enclenchement selon les conditions.

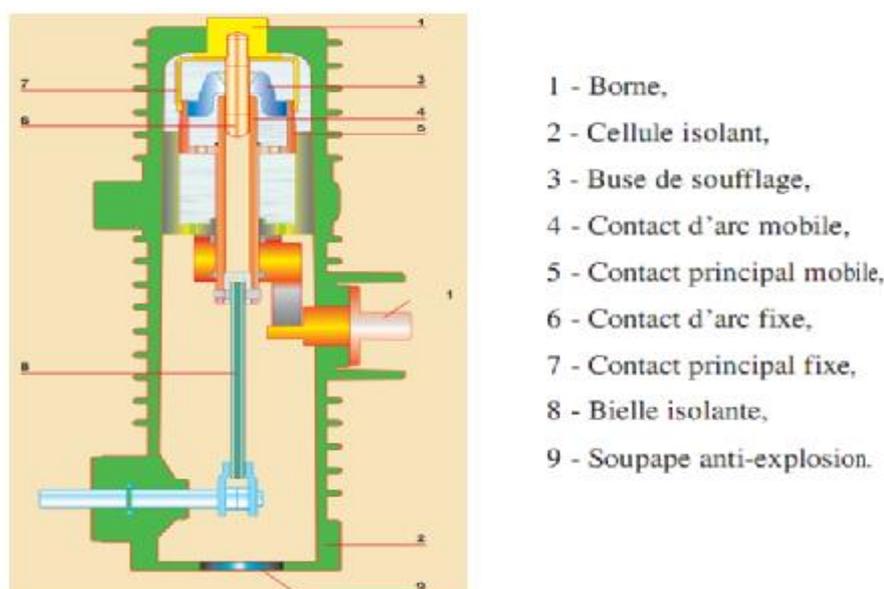


Figure I-26 :Schéma d'un disjoncteur à SF6[14].

**I-9-2-2-Caractéristiques d'un disjoncteur :**

Le disjoncteur est caractérisé par :

- Un courant nominale  $I_n$  : C'est l'intensité nominale à protéger ;
- Un la tension nominale du disjoncteur  $U_n$  ;
- Un pouvoir de coupure : C'est l'intensité du courant limite que le disjoncteur peut couper sous tension de rétablissement donnée et dans les conditions spécifier sans détérioration .
- Un pouvoir de fermeture : C'est l'aptitude du disjoncteur de fermer le circuit à protéger dans les conditions normales de fonctionnement ;
- Un temps de déclenchement :C'est indispensable pour le choix du disjoncteur.

**I-9-2-3-Types de disjoncteurs :**

Selon l'élément utilisé pour l'extinction de l'arc, on distingue les types de disjoncteurs suivants :

- Ø Le disjoncteur à faible volume d'huile ;
- Ø Le disjoncteur pneumatique ou à air comprimé ;
- Ø Le disjoncteur magnétique ;
- Ø Le disjoncteur à hexafluorure de soufre SF<sub>6</sub> ;
- Ø Le disjoncteur à vide.

**I-9-3-Protection par relais :[11]****I-9-3-1-Définition :**

Un relais est un dispositif qui reçoit des consignes (courant, tension, température, pression...) et transmet un ordre d'ouverture ou de fermeture d'un circuit de commande, lorsque les consignes reçues atteignent un certain seuil fixé au préalable.

**I-9-3-2-Types de relais :****I-9-3-2-1-Relais de tension :**

Ils sont sensibles à la valeur de la tension de l'installation, ils entrent en action soit à l'accroissement de la tension, soit à sa diminution, on distingue alors :

- Les relais instantanés : Ils fonctionnent lorsque les tensions atteignent les valeurs de réglage ;
- Les relais temporisés : Ils fonctionnent avec un retard de l'ordre de 0,5 à 1s.

**I-9-3-2-2-Relais d'intensité :**

Ces relais sont sensibles à la valeur de l'intensité de courant dans le circuit, ils peuvent être temporisés, dans ce cas ils ne seront activés que si le courant contrôlé dépasse la valeur de consigne après un temps égale à la temporisation sélectionnée.

---

# ***CHAPITRE II :***

## ***CALCUL DES CHUTES DE TENSION***

---

Dans un réseau électrique la charge est en permanente fluctuation (augmentation de la consommation, apparition de nouveaux clients...), cela se répercute de façon négative sur le niveau de tension qui se met à baisser à cause des chutes générées par l'augmentation du transit réactif. Le calcul de ces chutes se fait par les méthodes suivantes :

## II-1-Méthode générale (théorie des quadripôles) :[12]

### II-1-1-Cas des lignes aériennes :

#### II-1-1-1- Ligne à constantes réparties :

Ce model est utilise pour les lignes dont la longueur est sensiblement supérieure à la longueur d'onde qui la parcourt (figure-II-1).

Soit  $\bar{V}_1, \bar{I}_1$  et  $\bar{V}_2, \bar{I}_2$  les tensions et les courants aux extrémités d'une ligne.

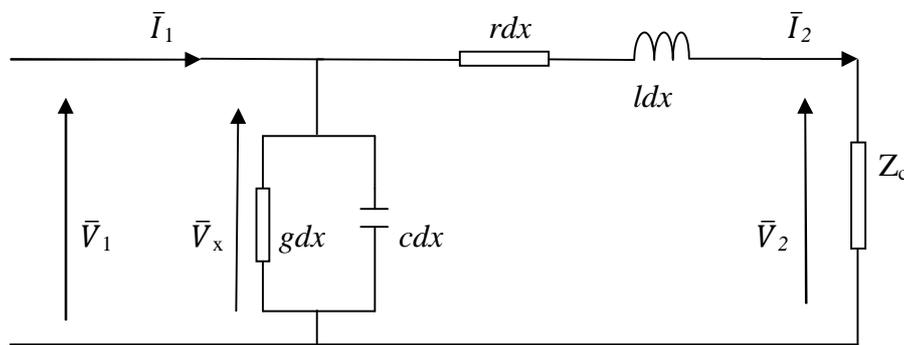


Figure II-1:Schéma équivalent d'un quadripôle .

Avec :

$r$  : résistance linéique  $[\Omega / km]$  ;

$l$  : inductance linéique  $[H/km]$  ;

$c$  :capacité linéique  $[F/km]$  ;

$g$  :conductance linéique  $[1/(\Omega / km)]$ .

$\bar{V}_1$  et  $\bar{I}_1$  sont liés à  $\bar{V}_2$  et  $\bar{I}_2$  par les équations linéaires du quadripôle :

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = \bar{V}_2 Ch \cdot \bar{n} l + \bar{Z}_c \cdot \bar{I}_2 Sh \cdot \bar{n} l \\ \bar{I}_1 = \frac{\bar{V}_2}{\bar{Z}_c} Sh \bar{n} \cdot l + \bar{I}_2 Ch \bar{n} \cdot l \end{cases} \quad (\text{II-1})$$

Inversement, nous avons :

$$\begin{cases} \bar{V}_2 = \bar{V}_1 \cdot Ch \bar{n} \cdot l - \bar{Z}_C \cdot I_1 Sh \bar{n} \cdot l \\ \bar{I}_2 = -\frac{\bar{V}_1}{\bar{Z}_C} Sh \bar{n} \cdot l + \bar{I}_1 Ch \bar{n} \cdot l \end{cases} \quad (\text{II-2})$$

Avec :  $Z_C$  : impédance caractéristique de la ligne.

$n$  : constante de propagation.

$l$  : longueur de la ligne.

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

En faisant le développement limité des fonctions hyperboliques on aura :

$$\begin{cases} Ch(\bar{n} \cdot l) = 1 + \frac{Z_t Y_t}{2} + \frac{(Z_t \cdot Y_t)^2}{24} + \dots \\ Z_C Ch(\bar{n} \cdot l) = Z_t \left( 1 + \frac{Z_t \cdot Y_t}{6} + \frac{(Z_t \cdot Y_t)^2}{120} + \dots \right) \\ \frac{1}{Z_C} Sh(\bar{n} \cdot l) = Y_t \left( 1 + \frac{Z_t Y_t}{6} + \frac{(Z_t \cdot Y_t)^2}{120} + \dots \right) \end{cases} \quad (\text{II-3})$$

Le nombre des termes à prendre pour les développements limités est fonction de la longueur de la ligne :

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

### II-1-1-2-Approximation de la ligne par des impédances localisées :

Pour une ligne courte ( $l < 200 \text{ km}$ ), on peut la représenter par un schéma monophasé en  $\pi$  ou en  $T$  avec  $L' = L \cdot l$ ,  $R' = R \cdot l$ ,  $C' = C \cdot l$

$L$ ,  $R$  et  $C$  sont respectivement : inductance, résistance et capacité linéique.

#### II-1-1-2-1-Schéma en $\pi$ :

Si on considère le schéma de la figure II-2, on aura les équations des mailles suivantes :

Clcours.COM

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

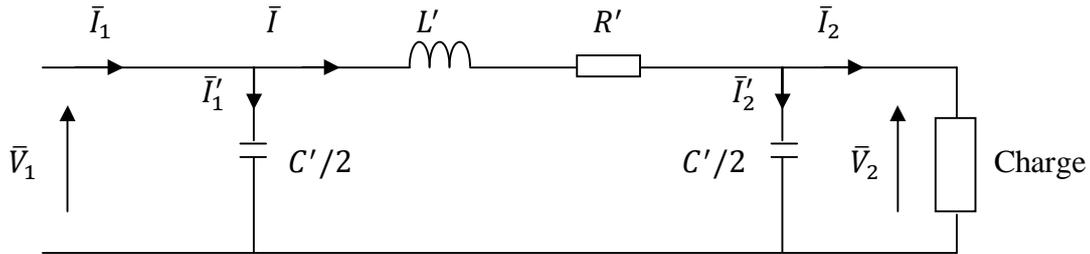


Figure II-2 : Schéma en  $\pi$  d'une ligne courte.

D'où en aura les équations suivantes

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = \bar{V}_2 \left(1 - \frac{C'L'\omega^2}{2} + j\frac{R'C'\omega}{2}\right) - \bar{I}_2 (R' + jL'\omega) \\ \bar{I}_1 = \bar{I}_2 \left(1 - \frac{C'L'\omega^2}{2} + j\frac{R'C'\omega}{2}\right) + \bar{V}_2 \left(-\frac{R'C'^2\omega^2}{4} + jC'\omega - j\frac{L'C'\omega^3}{4}\right) \end{cases} \quad (\text{II-5})$$

Si on néglige les termes  $C'L'\omega^2$  et  $R'C'\omega$  devant l'unité on trouve :

$$\begin{cases} \bar{V}_1 \cong \bar{V}_2 - \bar{I}_2 (R' + jL'\omega) \\ \bar{I}_1 \cong \bar{I}_2 + jC'\omega \bar{V}_2 \end{cases} \quad (\text{II-6})$$

De la même manière on peut retrouver  $\bar{V}_2$  et  $\bar{I}_2$  en fonction de  $\bar{V}_1$  et  $\bar{I}_1$ :

$$\begin{cases} \bar{V}_2 = \bar{V}_1 \left(1 - \frac{C'L'\omega^2}{2} + j\frac{R'C'\omega}{2}\right) - \bar{I}_1 (R' + jL'\omega) \\ \bar{I}_2 = \bar{I}_1 \left(1 - \frac{C'L'\omega^2}{2} + j\frac{R'C'\omega}{2}\right) + \bar{V}_1 \left(-\frac{R'C'^2\omega^2}{4} + jC'\omega - j\frac{L'C'^2\omega^3}{4}\right) \end{cases} \quad (\text{II-6})$$

Si on néglige les termes  $C'L'\omega^2$  et  $R'C'\omega$  devant l'unité on trouve :

$$\begin{cases} \bar{V}_2 \cong \bar{V}_1 - \bar{I}_1 (R' + jL'\omega) \\ \bar{I}_2 \cong \bar{I}_1 + jC'\omega \bar{V}_1 \end{cases} \quad (\text{II-7})$$

**II-1-1-2-1-Diagramme vectoriel d'une ligne courte schématisée en  $\pi$ :**

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

$\varphi_1$  : Déphasage entre  $\bar{V}_1$  et  $\bar{I}_1$ ,  $\varphi_2$  déphasage entre  $V_2$  et  $\bar{I}_2$  ;

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

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

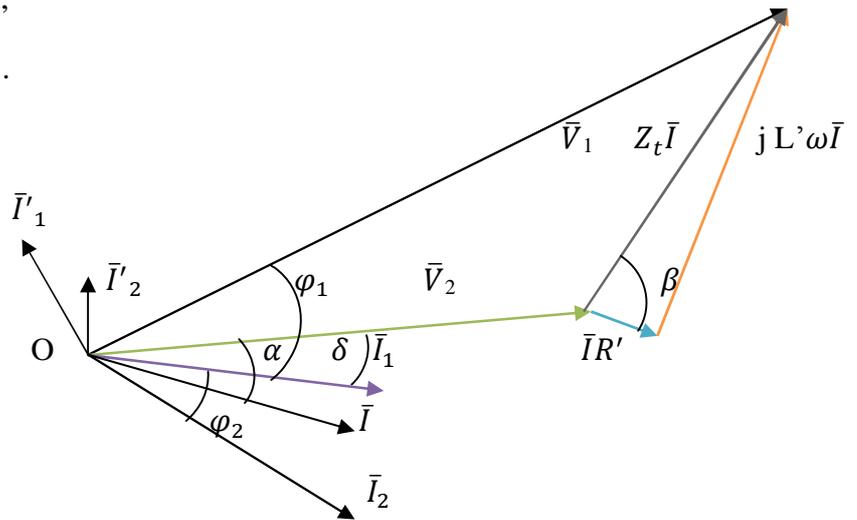


Figure II-3 : Diagramme vectoriel d'une ligne courte (Schéma en  $\pi$ ).

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

$$\begin{cases} \bar{I} \angle \alpha = \bar{I}_2 \angle \varphi_2 + \frac{C'}{2} \cdot \omega \cdot \bar{V}_2 \angle \pi/2 \\ \bar{V}_1 \angle \delta - \varphi_2 = \bar{V}_2 \angle 0 + Z_t \cdot \bar{I} \angle \beta + \alpha \\ \bar{I}_1 \angle \delta = \bar{I} \angle \alpha + \frac{C'}{2} \cdot \omega \cdot \bar{V}_1 \angle \frac{\pi}{2} + \delta - \varphi_1 \end{cases} \quad (II-8)$$

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

**II-1-1-2-2-Le schéma en T :**

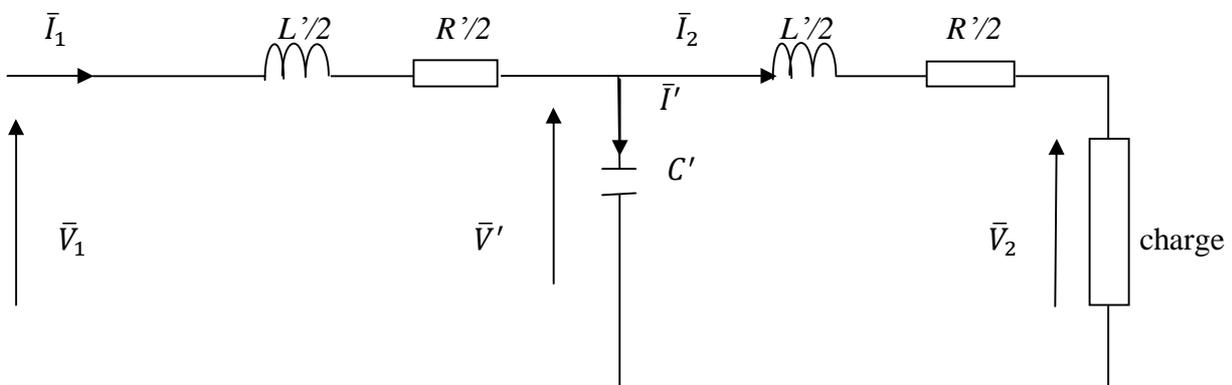


Figure II-4 :Schéma en T d'une ligne courte.

$R'$  : Résistance linéique de la ligne.

$L'$  : Inductance linéique de la ligne.

$C'$  : Capacité linéique de la ligne.

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

$$\begin{cases} \bar{V}' = \bar{V}_2 + \frac{\bar{Z}_t}{2} \bar{I}_2 \\ \bar{V}' = \bar{V}_2 + \frac{R'}{2} \bar{I}_2 + j \frac{L'\omega}{2} \bar{I}_2 \end{cases} \quad (II-9)$$

**II-1-1-2-2-1 Diagramme vectoriel d'une ligne courte en T :**

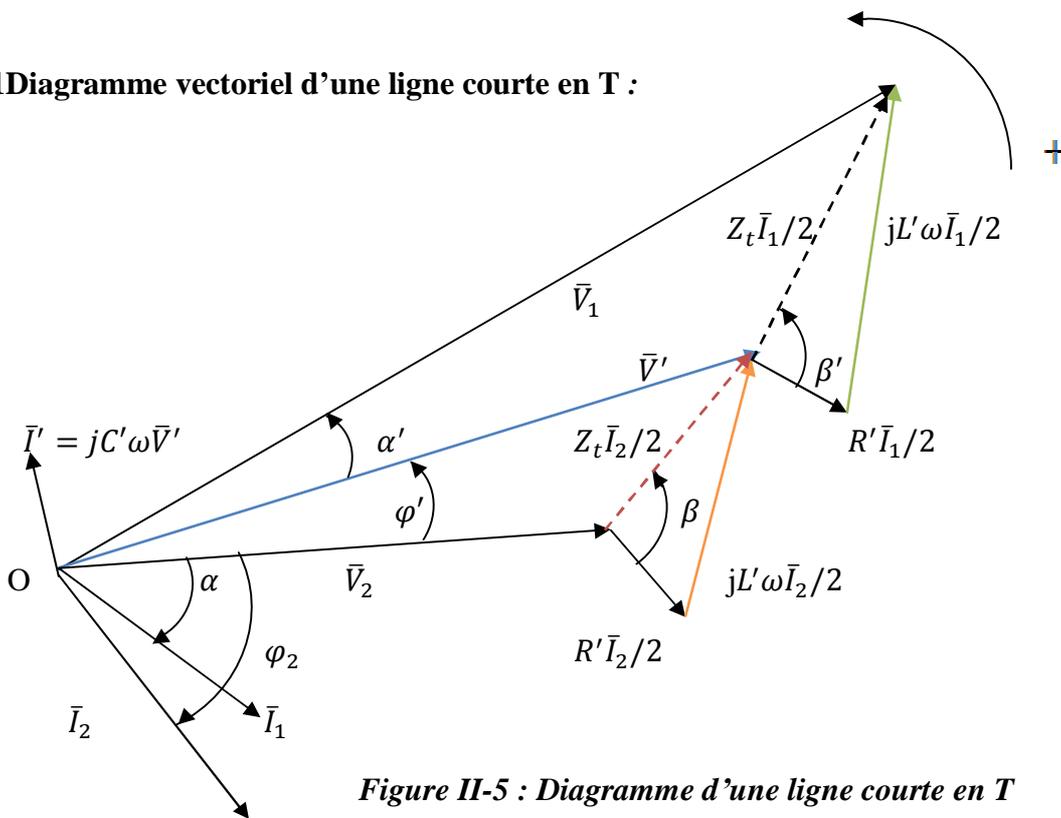


Figure II-5 : Diagramme d'une ligne courte en T

Le diagramme de la figure II-5, peut être remplacé par les équations suivantes :

$$\begin{cases} \bar{V}' \angle \varphi' = \bar{V}_2 \angle 0 + \frac{Z_t}{2} \bar{I}_2 \angle \beta + \varphi_1 \\ \bar{I}_1 \angle \alpha = \bar{I}_2 \angle \varphi_1 + C' \omega \bar{V}' \angle \varphi' + \pi/2 \\ \bar{V}_1 \angle \alpha' \varphi' = \bar{V}' \angle \varphi' + \frac{Z_t}{2} \cdot \bar{I}_1 \angle \beta' + \alpha \end{cases} \quad (II-10)$$

**II-1-1-3-Cas des lignes de longueurs inférieures à 20km ( très courtes) :**

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

$$\begin{cases} Ch(\bar{n}l) = 1. \\ Z_c Sh(\bar{n}l) = Z_t \\ \frac{1}{Z_c} Sh(\bar{n}l) = 0. \end{cases} \quad (\text{II-11})$$

Nous aurons alors :

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = \bar{V}_2 + Z_t \bar{I}_2 = \bar{V}_2 + (R' + j\omega L') \bar{I}_2. \\ \bar{I}_1 = \bar{I}_2 = \bar{I}. \end{cases} \quad (\text{II-12})$$

### II-1-1-3-1-Diagramme vectoriel :

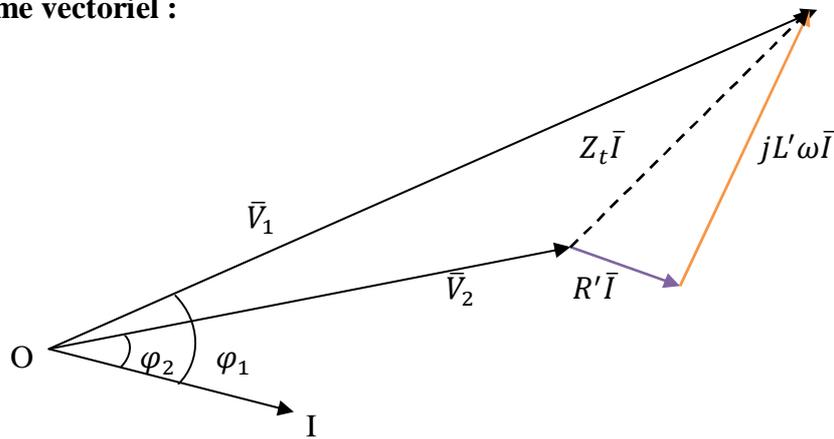


Figure II-6 : diagramme d'une ligne sans capacité.

### II-1-1-3-2-Expression de la chute de tension :

La chute de tension est exprimée comme suit :

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

$\bar{V}_1$ : Tension d'entrée.

$\bar{V}_2$ : Tension d'arrivée.

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

$$\Delta \bar{V} = |\bar{V}_1| - |\bar{V}_2| = R' I \cos \varphi_2 + L' \omega I \sin \varphi_2 \quad (\text{II-13})$$

### II-1-1-3-3-Chute de tension en phase et en quadrature :

Soit une ligne à capacité et conductance latérales négligeables de résistance  $R$  et d'inductance  $L$ , la tension à l'arrivée de la ligne est  $V_2$  et au départ  $V_1$  (figure : II-7).

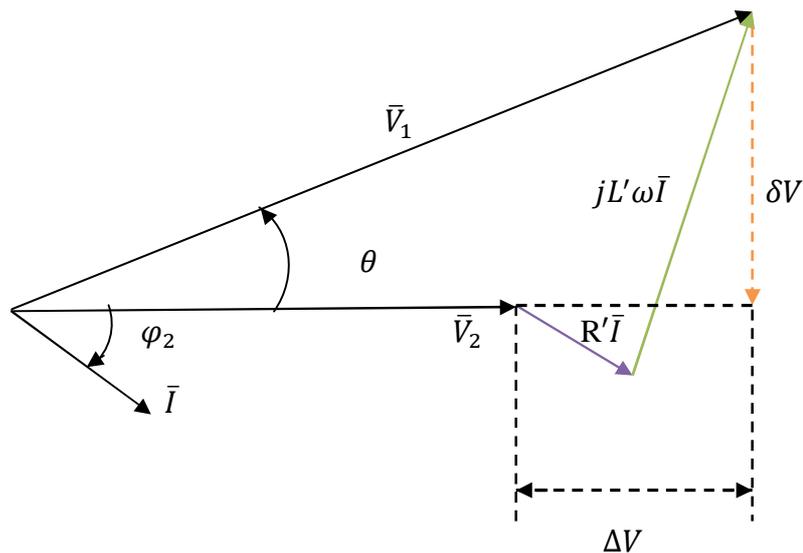


Figure II-7 : Chute de tension en phase et en quadrature.

$\delta V$  : Chute de tension en quadrature.

$\Delta V$  : Chute de tension en phase.

Nous avons :

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

$$\Delta \bar{V} = R'I \cos\varphi_2 + X'I \sin\varphi_2. \quad (\text{II-14})$$

$\delta \bar{V} = X'I \cos\varphi_2 - R'I \sin\varphi_2$  : Composante de la chute de tension en quadrature avec  $V_2$ .

$$tg\theta = \frac{\delta V}{V_2 + \Delta V} = \frac{X'I \cos\varphi_2 - R'I \sin\varphi_2}{R'I \cos\varphi_2 + X'I \sin\varphi_2} \quad (\text{II-15})$$

### II-1-2- Cas des câbles souterrains :

Pour les lignes à câbles souterrains, le caractère capacitif est assez important, ce qui est à l'origine d'un courant capacitif qui influe sur la valeur de chute de tension.

$r$  : Résistance linéique [ $\Omega / km$ ].

$x$  : Réactance linéique [ $\Omega / km$ ].

$C$  : Capacité linéique [F/km].

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

$\bar{V}_a$  : Tension simple aux bornes de la charge.

$\bar{V}_C$  : Tension simple aux bornes de la capacité.

On aura :

$$\begin{cases} \bar{V}_C = \bar{V}_a + l \cdot \left(\frac{r}{2} + j\frac{x}{2}\right) \cdot \bar{I}_a \\ \bar{V}_d = \bar{V}_C + l \cdot \left(\frac{r}{2} + j\frac{x}{2}\right) \cdot \bar{I}_d \\ \bar{I}_d = \bar{I}_C + \bar{I}_a \end{cases} \quad (\text{II-16})$$

Qu'on peut mettre sous :

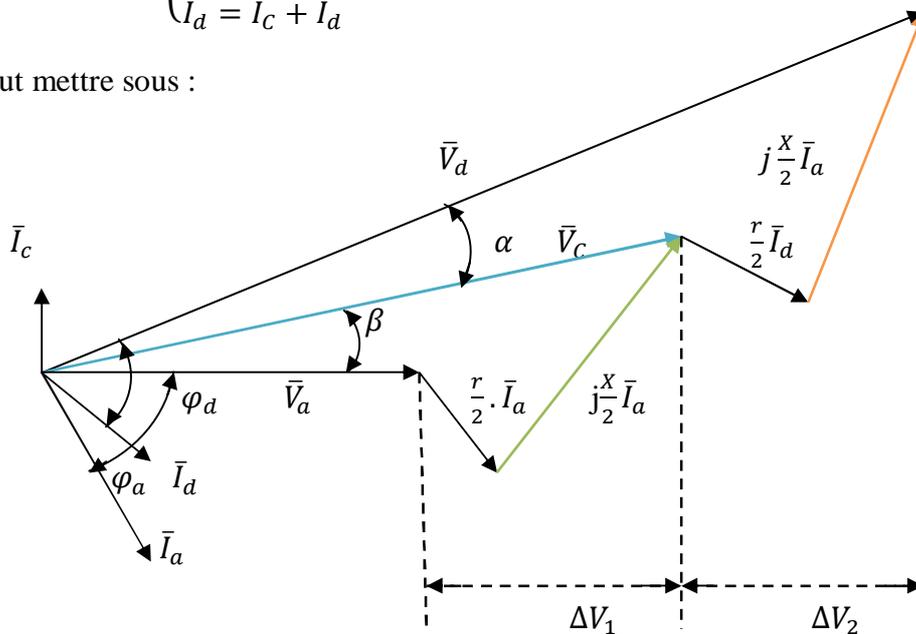


Figure II-8 : Diagramme de la ligne en T.

De la figure II-8 on tire les équations suivantes :

$$\begin{cases} \bar{V}_C^{\angle\beta} = \bar{V}_a^{\angle 0} + l \cdot \left(\frac{r}{2} + j\frac{x}{2}\right) \cdot \bar{I}_a^{\angle\varphi_a} \\ \bar{V}_d^{\angle\alpha+\beta} = \bar{V}_C^{\angle\beta} + l \cdot \left(\frac{r}{2} + j\frac{x}{2}\right) \bar{I}_d^{\angle\varphi_d-(\alpha+\beta)} \\ \bar{I}_d^{\angle\varphi_d-(\alpha+\beta)} = \bar{I}_C^{\angle\frac{\pi}{2}+\beta} + \bar{I}_a^{\angle\varphi_a} \end{cases} \quad (\text{II-17})$$

Avec :  $\bar{I}_C = j \cdot l \cdot c \cdot \omega \cdot \bar{V}_C$

**NB** :  $\varphi_a$  et  $\varphi_d$  sont des angles négatifs .

On tire les équations suivantes :

$$\begin{cases} \bar{V}_C = \bar{V}_a + l \cdot \left( \frac{r}{2} + j \frac{x}{2} \right) \cdot (I_a \cos \varphi_a + j I_a \sin \varphi_a) \\ \bar{V}_C = \left( V_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \cdot \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a \right) + j \left( l \cdot \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a \right). \end{cases} \quad (\text{II-18})$$

Le module de  $\bar{V}_C$  sera alors :

$$|\bar{V}_C| = \sqrt{\left( V_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \cdot \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a \right)^2 + \left( l \cdot \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a \right)^2} \quad (\text{II-19})$$

L'argument de  $\bar{V}_C$  est donné par :

$$\beta = \arctg \frac{l \cdot \frac{x}{2} I_a \cos \varphi_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \sin \varphi_a}{V_a + l \cdot \frac{r}{2} I_a \cos \varphi_a - l \cdot \frac{x}{2} I_a \sin \varphi_a} \quad (\text{II-20})$$

La formule de  $\bar{I}_d$  est :

$$\bar{I}_d^{\angle \varphi_d - (\beta + \alpha)} = \bar{I}_C^{\angle \pi/2} + \bar{I}_a^{\angle \varphi_a}. \quad (\text{II-21})$$

En négligeant l'angle  $\alpha$ , on obtient :

$$\begin{aligned} \bar{I}_d^{\angle \varphi_d - \beta} &= \bar{I}_C^{\angle \pi/2} + \bar{I}_a^{\angle \varphi_a} \\ &= j \cdot l \cdot C \cdot \omega \cdot \bar{V}_C^{\angle \beta} + \bar{I}_a^{\angle \varphi_a} \\ &= j \cdot l \cdot C \cdot \omega \cdot [V_c \cdot \cos \beta + j \cdot V_c \cdot \sin \beta] + I_a \cdot \cos \varphi_a + j \cdot I_a \cdot \sin \varphi_a \\ &= (I_a \cdot \cos \varphi_a - l \cdot C \cdot \omega \cdot \sin \beta) + j (I_a \cdot \sin \varphi_a + l \cdot C \cdot \omega \cdot V_c \cdot \cos \beta). \end{aligned} \quad (\text{II-22})$$

Son module sera donné par :

$$|\bar{I}_d| = \sqrt{(I_a \cdot \cos \varphi_a - l \cdot C \cdot \omega \cdot V_c \sin \beta)^2 + (I_a \cdot \sin \varphi_a + l \cdot C \cdot \omega \cdot V_c \cos \beta)^2} \quad (\text{II-23})$$

Son argument  $\varphi_d$  sera donné par :

$$\varphi_d = \arctg \frac{I_a \cdot \sin \varphi_a + l \cdot C \cdot \omega \cdot V_c \cdot \cos \beta}{I_a \cdot \cos \varphi_a - l \cdot C \cdot \omega \cdot V_c \cdot \sin \beta}. \quad (\text{II-24})$$

La chute de tension en monophasé est donnée par :

$$DV = DV_1 + DV_2 \quad (\text{II-25})$$

Avec :

$$\begin{cases} \Delta V_1 = l \cdot \frac{r}{2} \cdot I_a \cdot \cos j_a + l \cdot \frac{x}{2} \cdot I_a \cdot \sin j_a \\ \Delta V_2 = l \cdot \frac{r}{2} \cdot I_d \cdot \cos j_d + l \cdot I_d \cdot \frac{x}{2} \cdot \sin j_d \end{cases} \quad (\text{II-26})$$

Donc :

$$\Delta V = l \cdot I_a \left( \frac{r}{2} \cos j_a + \frac{x}{2} \cdot \sin j_a \right) + l \cdot I_d \cdot \left( \frac{r}{2} \cos j_d + \frac{x}{2} \cdot \sin j_d \right) \quad (\text{II-27})$$

En triphasé la chute de tension relative est

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot 100 \cdot \left[ (I_a \cdot \cos j_a + I_d \cdot \cos j_d) \cdot \frac{r}{2} + (I_a \cdot \sin j_a + I_d \cdot \frac{x}{2} \cdot \sin j_d) \cdot \frac{x}{2} \right]}{U} \quad (\text{II-28})$$

## II-2-Méthode de séparation des puissances active et réactive:

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

La ligne étudiée est représentée par son schéma en  $\pi$  : (figure-II-9)

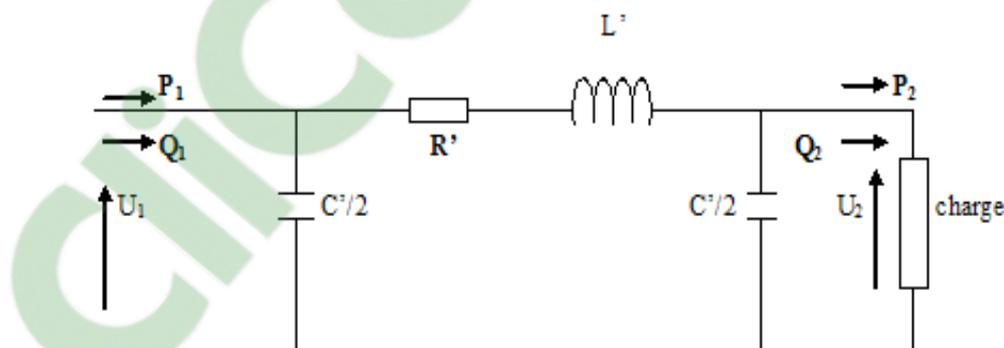


Figure II.9 Schéma en  $\pi$  d'une ligne courte ou moyenne

### II-2-1-Méthode de calcul par approximation successive :

Soit  $P_2$  et  $Q_2$  les puissances active et réactives à l'extrémité réceptrice (2). Si  $U_2$  est la tension composée de la ligne en (2) et  $j_2$  le déphasage entre la tension  $U_2$  et le courant  $I_2$ , on aura :

$$\begin{cases} P_2 = \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot U_2 \cdot \cos j_2, \\ Q_2 = \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot U_2 \cdot \sin j_2. \end{cases} \quad (\text{II-29})$$

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

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot U_2. \quad (\text{II-30})$$

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

$$\begin{cases} P_1 = P_2 + p; \\ Q_1 = Q_2 - q'_2 - q'_1 + q; \end{cases} \quad (\text{II-31})$$

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

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

$$\text{Sachant que, } S_1/S_2 \cong U_1/U_2 \text{ .on tire } U_1 = U_2 \cdot S_1/S_2 \quad (\text{II-32})$$

On peut remplacer la valeur de  $U_1$  dans les expressions de  $q'_1$ , et  $Q_1$  puis de  $S_1$ .

### Remarque :

La formule (II-33) n'est valable en toute rigueur que si les modules de  $I_1$  et  $I_2$  des courants aux extrémités sont égaux, c'est-à-dire que la capacité est faible dans les lignes et la conductance linéique est nulle.

Dans le cas contraire (câbles souterrains et ligne dépassant 200 à 300 km). On est amené à écrire :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{S_1}{S_2} \cdot \frac{I_2}{I_1} \quad (\text{II-33})$$

Le courant est obtenu par la relation suivante :

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_2 + j \cdot C' \cdot \omega \cdot \bar{V}_2. \quad (\text{II-34})$$

**II-2-2-Formules directes :**

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

Nous avons déjà établi que :

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_1 \left[ 1 - \frac{L' \cdot C' \cdot \omega^2}{2} + j \frac{R' \cdot C' \cdot \omega}{2} \right] - \bar{I}_1 \cdot (R' + j \cdot L' \cdot \omega). \quad (\text{II-35})$$

Avec :

$$\bar{I}_1 = I_1 \cdot \cos j_1 - j \cdot I_1 \cdot \sin j_1. \quad (\text{II-36})$$

En module, on aura :

$$V_2^2 = \left[ V_1 - V_1 \frac{L' \cdot C' \cdot \omega^2}{2} - R' I_1 \cdot \cos j_1 - L' \omega \cdot I_1 \cdot \sin j_1 \right]^2 + \left[ \frac{R' \cdot C' \cdot \omega}{2} V_1 - L' \omega I_1 \cdot \cos j_1 + R' I_1 \cdot \sin j_1 \right]^2 \quad (\text{II-37})$$

En posant :

$$P_1 = 3 \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos j_1 \quad \text{puissance active triphasé à l'entrée.}$$

$$Q_1 = 3 \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \sin j_1 \quad \text{puissance réactive triphasé à l'entrée.}$$

$$P = 3 \cdot R' \cdot I^2 \quad \text{pertes actives triphasées.}$$

$$q = 3 \cdot L' \cdot \omega \cdot I_1^2 \quad \text{pertes réactives triphasées.}$$

$$q' = 3 \cdot \frac{C' \omega}{2} V_1^2 \quad \text{productions réactives triphasées.}$$

On obtient :

$$U_1 = \sqrt{U_2^2 - R'(2P_2 + p_2) + L'\omega(2Q_2 - 2q_2' + q_2) - c'\omega(R'^2 + L'^2\omega^2)\left(Q_2 - \frac{q_2'}{2}\right)}. \quad (\text{II-38})$$

Et :

$$U_2 = \sqrt{U_1^2 - R'(2P_1 - p) - L'\omega(2Q_1 + 2q_1' - q_1) + C'\omega(R'^2 + L'^2\omega^2)\left(Q_1 + \frac{q_1'}{2}\right)}. \quad (\text{II-39})$$

**Remarque :** On peut négliger  $C'\omega$  pour des longueurs ne dépassant pas une centaine de kilomètres.

**II-2-3-Méthode simplifiée :**

La méthode précédente est rigoureuse dans la modélisation adoptée pour la ligne, mais elle est complexe ; lorsque l'on recherche qu'une valeur approchée de la chute de tension en ligne, on lui préfère alors la formulation plus simple suivante :

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

Les puissances active et réactive à l'extrémité (1) s'écrivent :

$$\begin{cases} Q_1 = Q_2 + L' \cdot \omega \left[ \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} \right] - C' \omega U^2. \\ P_1 = P_2 + R' \left[ \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} \right] \cong P_2. \end{cases} \quad (\text{II-40})$$

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

Inversement on peut écrire :

$$\begin{cases} Q_2 = Q_1 - L' \omega \left[ \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} \right] + C' \omega U^2. \\ P_2 = P_1 - R' \left[ \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} \right] \cong P_1. \end{cases} \quad (\text{II-41})$$

On calcule ensuite:

$$\begin{cases} Q_m = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \\ P_m = \frac{P_1 + P_2}{2} \end{cases} \quad (\text{II-42})$$

Avec:

$P_m$  et  $Q_m$  ; valeurs moyennes respectivement des puissances active et réactive le long de la ligne, d'où la relation de la chute de tension relative:

$$\frac{DU}{U} = \frac{R' \cdot P_m + L' \omega \cdot Q_m}{U^2}. \quad (\text{II-43})$$

### II-3-Méthode des moments électriques :

#### II-3-1-Chute de tension absolue :

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

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \int_0^L Z \cdot i(l) \cdot dl \quad (\text{II-44})$$

Avec :  $Z_i = r \cdot \cos \varphi + j \cdot x \cdot \sin \varphi$ . (II-45)

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

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

$$\Delta U = K_\mu \cdot Z \cdot L \cdot I_0 \quad (\text{II-46})$$

Avec :

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

$$Z = r \cos j + x \sin j \quad (\text{II-47})$$

$L$  = Longueur de la ligne

$I_0$  = courant en tête de départ.

#### II-3-2-Chute de tension relative :

La chute de tension relative s'exprime en (%) de la tension nominale, on obtient donc l'expression(1) :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta U}{U} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot Km \cdot Z \cdot l \cdot I_0}{U} \cdot U \cdot (r \cos j + x \sin j) \\ \frac{\Delta U}{U} = 100 K_\mu \left( \frac{r \cdot P + x \cdot Q}{U^2} \right) \cdot l \end{array} \right. \quad (\text{II-48})$$

Où

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos j \quad \text{Puissance active.}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \sin j \quad \text{Puissance réactive.}$$

Finalement, on aura :

$$\frac{DU}{U} = 100 K\mu \cdot P \cdot L \cdot \frac{r+x \cdot \tan j}{U^2} \quad (\text{II-49})$$

Le produit  $M = P \cdot L$  est appelé Moment électrique de la charge  $P$ . il s'exprime en MW. Km en moyenne tension et en KW. Km pour la basse tension.

Le moment électrique d'une ligne donnant une chute de tension de (1%), est noté  $M_1$ , elle a pour expression :

$$M_1 = \frac{1}{100K\mu} \cdot \frac{U^2}{(r+x \tan j)} \quad [\text{MW. km}], \text{ en moyenne tension.}$$

$$M_1 = \frac{1}{10^5 K\mu} \cdot \frac{U^2}{(r+x \tan j)} \quad [\text{kW. km}], \text{ en basse tension.}$$

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

$$\frac{DU}{U} = \frac{M}{M_1} \quad (\text{II-50})$$

Pour une chute de tension maximale de  $(DU/U = x \%)$ , le moment électrique maximum  $M_x$ , de la ligne considérée est tel que :

$$M_x = x \cdot M_1 \quad (\text{II-51})$$

On peut chercher  $M_x$  pour les valeurs de  $x$  dans le tableau 1 et 2 ci-dessous :

### Moments électriques M1 des conducteurs nus :

NATURE	SECTION mm <sup>2</sup>	M1 (KW*KM)		
		kV	10,0	30,0

			5,5		
--	--	--	-----	--	--

--	--	--

CUIVRE	17,8	0,26	0,85	7,62
	27,6	0,36	1,21	10,86
	38,2	0,47	1,55	13,91
	48,3	0,55	1,82	16,42
	74,9	0,73	2,41	21,69
	116,2	0,91	3,02	27,19
ALMELEC	34,4	0,27	0,88	7,94
	54,6	0,39	1,29	11,57
	75,5	0,49	1,63	14,68
	93,3	0,57	1,89	17,01
	143,1	0,76	2,51	22,56
	28,0	0,94	3,12	28,04
	188,0	0,04	3,45	31,03
ALU-ACIER	75,5	0,39	1,28	11,54
	116,2	0,63	2,08	18,71
	147,1	0,72	2,39	21,53
	228,0	0,91	3,01	27,11
	288,0	0,01	3,34	30,10

Tableau (II-1)

NATURE	SECTION mm <sup>2</sup>	M1 (KW*KM)				- C aractéris tiques électriqu es M1 des conduct eurs isolés :
		kV	5,5	10,0	30,0	
CUIVRE	30,0		0,40	1,33	11,98	
	50,0		0,64	2,11	18,99	
	70,0		0,86	2,83	25,50	
	95,0		1,13	3,75	33,71	
	120,0		1,34	4,42	39,82	
	146,0		1,58	5,25	47,12	
	185,0		1,88	6,21	55,90	
ALUMINIUM	25,0		0,22	0,72	6,45	
	35,0		0,30	0,98	8,80	
	50,0		0,39	1,30	11,72	
	70,0		0,55	1,83	16,45	
	95,0		0,74	2,44	22,00	
	120,0		0,91	2,99	26,95	
	150,0		1,08	3,56	32,03	
	185,0		1,29	4,27	38,46	
	240,0		1,59	5,26	47,37	

Tableau (II-2)

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

T=20°C : pour les lignes aériennes en conducteur nus.

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

## II-4-Calcul des constantes linéiques :

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

### II-4-1-Cas de câbles souterrains :

#### II-4-1-1-Résistance linéique:

Elle est donnée par : 
$$r = \frac{\rho_{\theta_f}}{S} \quad [\Omega/km].$$

Avec :  $\rho_{\theta_f}$  :  $[\Omega.m]$  ; S :  $[mm^2]$ .

$$\rho_{\theta_f} = \rho_{20^\circ c} \cdot \left[ 1 + \frac{1}{273} (\theta_f - 20^\circ c) \right] \quad [\Omega/km]. \quad (II-52)$$

$\rho_{\theta_f}=19,13 \Omega.m$  : résistivité du cuivre à température de fonctionnement.

$\theta_f=50^\circ c$  : température de fonctionnement.

$\rho_{20^\circ c} =17,24 \Omega.m$  : résistivité du cuivre à température ambiante.

Pour les câbles souterrains, nous avons utilisés deux sections différentes :

- Pour une section de  $70 mm^2$  :  $r =0,27 [\Omega/km]$ .
- Pour une section de  $17,8 mm^2$  :  $r =1,15 [\Omega/km]$ .

#### II-4-1-2-Capacité linéique :

La capacité linéique est donnée par :

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\ln \frac{y}{k.r_1}} \quad [F/km]. \quad (II-53)$$

$\epsilon_0$  : Permittivité relative du vide.

$\epsilon_r$  : Permittivité relative de l'isolant.

$\epsilon_r = 3,6$  : pour le papier imprégner.

$r_1$  : Rayon de l'âme conductrice

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9} \quad [F/km]. \quad (II-54)$$

Tel que :

$$k = \sqrt{\frac{27d^6 - 64y^6}{(3d^2 - 4y^2)^3}} \quad (\text{II-55})$$

Avec :

y : distance entre conducteurs.

d : distance de la gaine.

Pour le cuivre de section  $70 \text{ mm}^2$  :

$$r_1 = 8,5 \text{ mm.}$$

$$y = 24,4 \text{ mm.}$$

$$d = 52,574 \text{ mm.}$$

$$k = 1,61$$

$$C = 0,35 \cdot 10^{-6} \text{ F/km.}$$

#### II-4-1-3-Réactance linéique :

Pour les câbles souterrains, la valeur de la réactance linéique:  $x = 0,1 \text{ } [\Omega/\text{Km}]$ .

#### II-4-2-cas des lignes aériennes :

##### II-4-2-1-Résistance linéique :

Résistance linéique est donnée par :

$$r = \frac{\rho_{\theta_f}}{S} \quad [\Omega/\text{km}]. \quad (\text{II-56})$$

Avec :  $\rho_{\theta_f} = 19,13 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$  : résistivité du matériau à température de fonctionnement.

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

$\rho_{20^\circ\text{C}} = 33,2 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$  : résistance de l'Almélec à la température de  $20^\circ\text{C}$ .

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

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

Pour l'Almélec de section  $54.4mm^2$  ;  $r = 33.2 / 54.4 \cdot 0.61 [ \Omega/km ]$ .

#### II-4-2-2-Capacité linéique :

$$C = \frac{10^{-6}}{18 \cdot \ln \frac{2d}{D}} \quad . [F/ km] \quad (II-57)$$

Avec :

d : distance entre les conducteurs (d= 1m).

D : diamètre du matériau utilisé.

Pour l'Almélec de section  $93.3mm^2$  ;  $D= 10,9$  mm,  $C= 10,66 \cdot 10^{-9} [F/ Km]$ .

Pour l'Almélec de section  $54.4mm^2$  ;  $D= 8,32$ mm;  $C= 10,13 \cdot 10^{-9} [F/ Km]$ .

Pour l'Almélec de section  $34.4mm^2$  ;  $D=6.62$ mm,  $C= 9,73 \cdot 10^{-9} [F/ Km]$ .

#### II-4-2-3-Réactance linéique :

Pour les lignes aériennes, la valeur de la réactance linéique est de  $x = 0,35 [ \Omega/km ]$ .

#### II-5-Calcul des puissances :

La charge est uniformément répartie le long de chaque départ.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_a \cdot \cos\varphi. \quad \text{Puissance du poste.} \quad (II-58)$$

$U = 30$  kV: Tension composée aux bornes de la charge.

$I_a$  : Courant de la charge.

$\cos\varphi = 0,86$  : Facteur de puissance.

Le calcul de la puissance foisonnée  $P_f$  fait intervenir les coefficients de foisonnement  $K_{SC}$  relatifs au nombre de circuits. Ils sont donnés dans le tableau suivant en fonction du nombre de circuits :

$N_c$	1	2 à 3	4 à 5	6 à 9	> 10
$K_{SC}$	1	0,9	0,8	0,7	0,6

$N_c$  : Nombre de circuit.

$P_f$  : Puissance foisonnée ( $P_f = P \cdot K_{SC}$ ).

$P$  : Puissance installée (poste DP) ou puissance mise à disposition (poste de livraison).

$K_{SC}$  : Coefficient de foisonnement qui dépend du nombre de circuits.

---

***CHAPITRE III :***  
***PRESENTATION DU PROGRAMME DE***  
***CALCUL UTILISE « CARAT »***

---

Clicours.COM

### III-1-Introduction : [13]

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 maillé donné, il existe un schéma d'exploitation radial qui permettra d'alimenter toutes les charges indiquées en respectant toutes contraintes imposées. Ces contraintes portent sur les capacités de transit des lignes est la chute de tension maximale admissible aux nœuds.

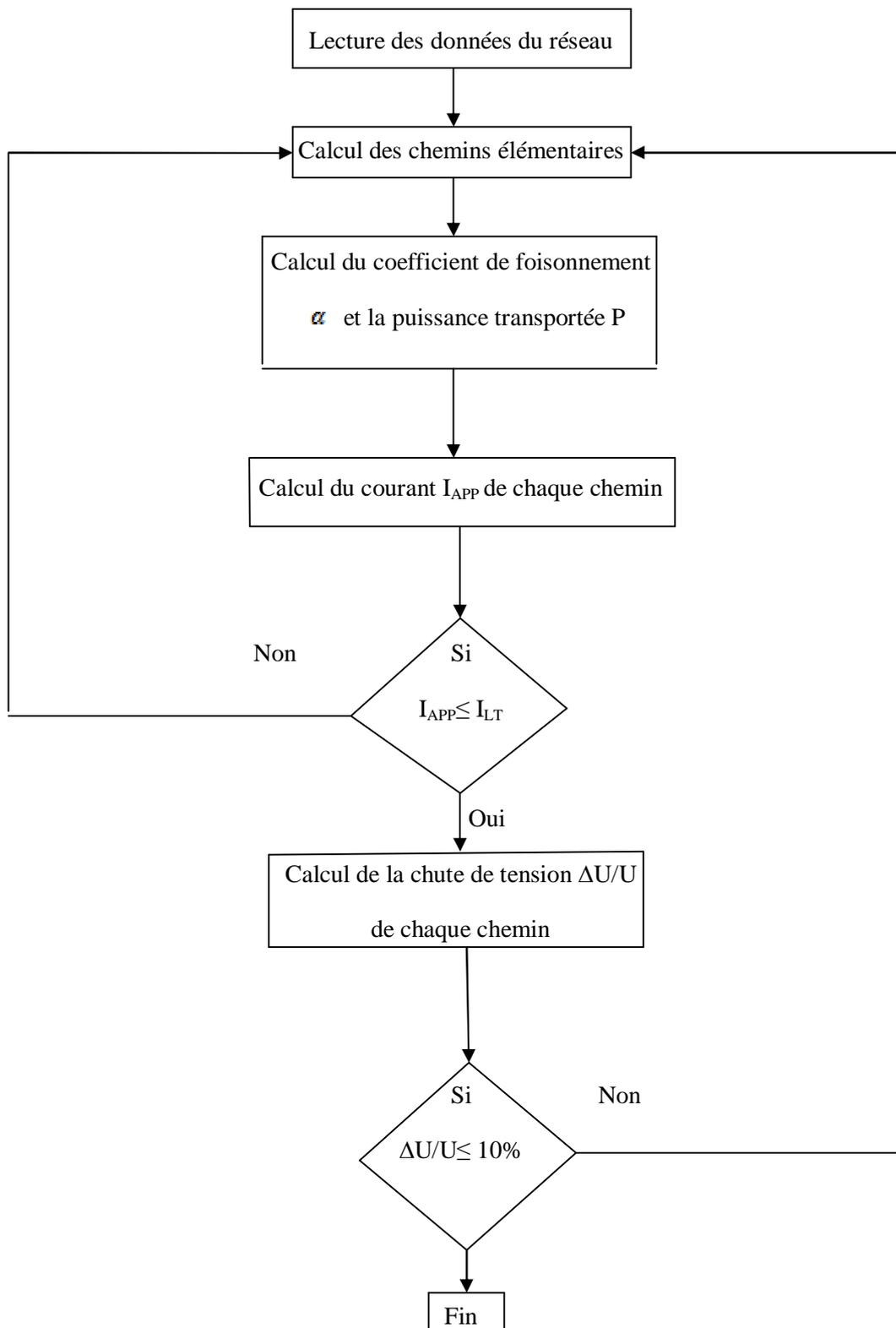
De plus si, un tel schéma existe, appelé aussi état sain, le modèle calcule une solution dite de « secours » pour les cas d'incidents demandés. Pour cette solution, le CARAT peut faire appel à des injections réservées aux cas d'incidents. Cette version permet en plus de calculer les espérances de l'énergie en défaillance à chaque nœud, suite aux probabilités de défaillances 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.

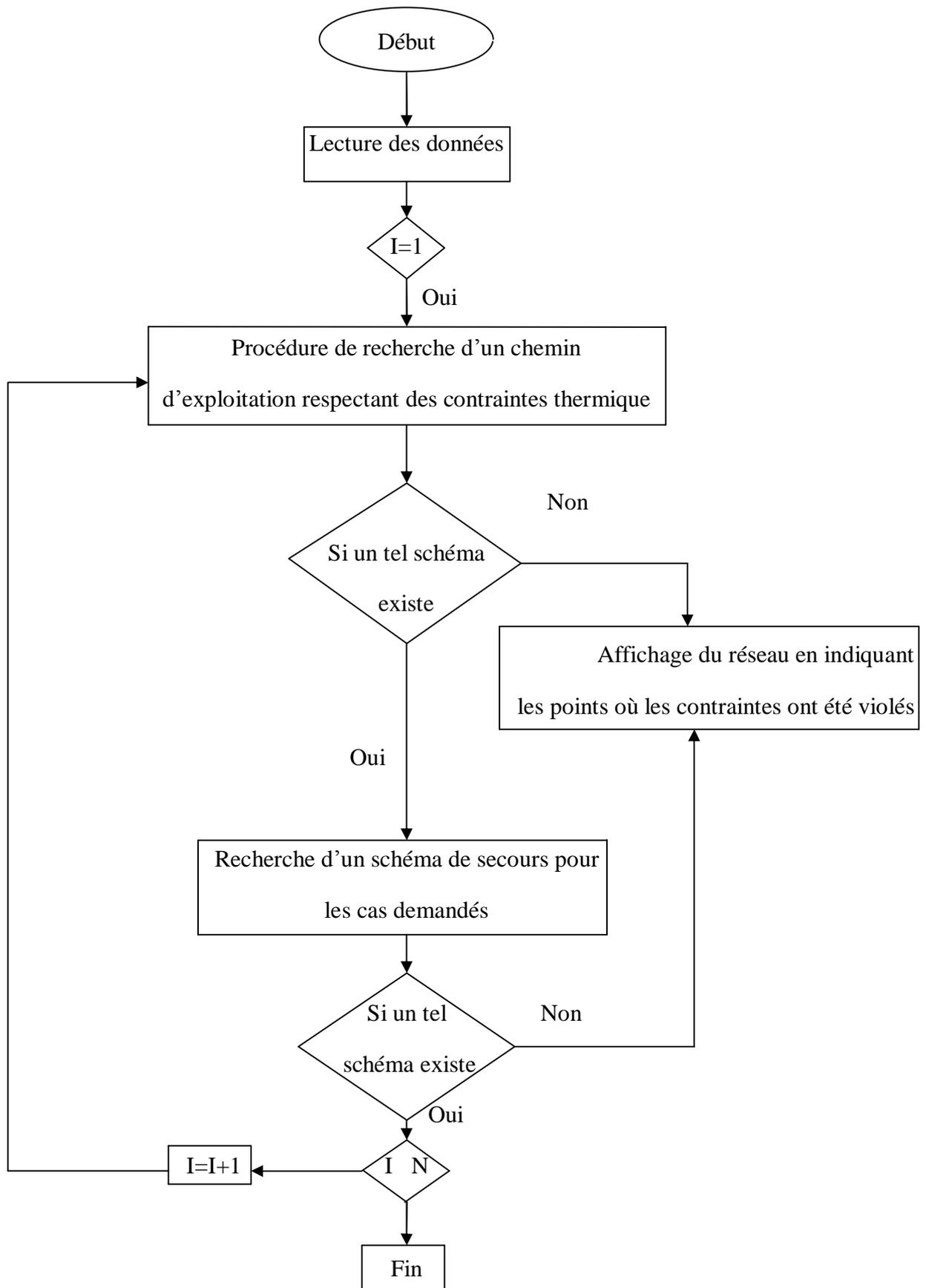
Le programme se termine à l'année pour laquelle un schéma d'exploitation respectant les contraintes à l'état sain n'a pu être trouvé.

CARAT simule le comportement d'un réseau sur une durée ne dépassant pas vingt années, en prévoyant toutes 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.

III-2- Organigramme de résolution :



III-3- Organigramme du logiciel :



### III-4- 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.

#### III-4-1- 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).

#### III-4-2- 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 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 de schéma déjà construites seront retirées et l'on prend le processus de construction suivant le principe d'une recherche arborescente.

Ce processus se produit jusqu'à :

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

Ou

b- L'épuisement de toutes les possibilités de la recherche arborescente ou du temps de calcul accordé. 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 d'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 » où certaines contraintes en tension et en courant ne sont pas respectées.

Ou

- Un schéma partiel présentant des îlots de nœuds non alimentés.

### III-4-3- Recherche d'un schéma de 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 sain, 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 compété, sans faire usage à la branche à déclencher, suivant les principes exposés au paragraphe (§ III-4-3) ci-dessous. 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.

### III-4-4- Calcule des transits de 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  $\longrightarrow$  Ampères.
  - b- Pour les tensions  $\longrightarrow$  Volts.
  - c- Pour les charges  $\longrightarrow$  Ampères.
  - d- Pour la résistance (R) et la réactance (X) des câbles et lignes  $\longrightarrow$  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 :

$$R_{\text{eq}} = \sqrt{3} (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (\text{III-1})$$

Les chutes de tension seront calculées comme suit :

$$\Delta V = I \times R_{\text{eq}} \quad (\text{III-2})$$

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

$R_{\text{eq}}$  : La résistance équivalente.

### III-5- FORMAT DES DONNEES :

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

#### III-5-1- Carte titre : « code 0 »

Ce titre sera imprimé en tête du listing de sortie.

#### III-5-2- Carte à paramètres : « code1 »

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

#### III-5-3- Cartes branches (ou liaisons) : « 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 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 est donc le nom du nœud amont de tous les injecteurs.

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

#### III-5-4- 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.
- Valeur de la composante charge.
- Année initiale (composante charge).

### III-5-5- Cartes charge : « 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. A savoir :

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

### III-5-6- Cartes compensation : « code 6 »

Carte investissement condensateurs.

Nom du nœud.

Valeur de la composante. (kVAR)

Année d'investissement.

Année de suppression.

### III-5-7- Cartes coût unitaire et paramètres : « code 7 »

1<sup>er</sup> ligne : Coût poste source.

Coût des lignes.

Coût du compensateur dont la puissance.

Coût de la défaillance.

Coût du kW (pertes).

Nombre d'heures d'utilisation des pertes.

Taux d'actualisation.

Consommation spécifique.

Durée de vie des postes et des compensateurs.

Durée de vie des lignes et des câbles

2<sup>ème</sup> ligne : coût des postes de distribution publique.

### III-6- LECTURE DES DONNEES :

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 (%) de la tension nominale.
- Les pertes de puissance sur l'arc exprimées 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 sera attirée par des imprimées en marge du fichier résultat à droite.

### III-7- STYLISATION :

#### III-7-1- 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 simplification 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.

#### III-7-2- 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 influencer 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.
- 2- Elimination des boucles locales sans importance, celles-ci aussi seront ramenées à leurs points d'origine, tout en maintenant le point d'ouverture existant.
- 3- Les nœuds qui comportent plus de deux liaisons seront maintenus.
- 4- Sur les liaisons entre les postes qui sont déjà maintenus, on retiendra encore un nœud supplémentaire de référence. On fera attention de ne pas transférer la charge d'un départ sur un autre.
- 5- On procédera à la redistribution de la charge comme suit :

- 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 boucles éliminées.
  - Sur les nœuds intermédiaires retenus, on concentrera toute la charge située entre les nœuds d'étoilement.
- 6- 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 indivisible, 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 avec une faible charge) ? Si oui, ces nœuds devaient être éliminés et la charge se répartie sur les nœuds voisins.

---

# ***CHAPITRE IV :***

## ***DIAGNOSTIQUE DU RESEAU ACTUEL***

---

Clicours.COM

Le but de cette étude est d'examiner la situation actuelle du réseau HTA aérien et souterrain de la localité des OUADHIAS, afin de proposer selon un développement à moyen terme (10ans) des solutions adéquates qui obéissent aux exigences du guide technique de distribution, en orientant le réseau vers une structure bien déterminé qui tiendra compte des problèmes d'exploitation de la qualité de service et d'un investissement optimal. Ceci en calculant les chutes de tension et les pertes de puissance à l'aide du logiciel CARAT, celles-ci ne doivent pas excéder les 5% pour les réseaux HTB, 10% pour les réseaux HTA et les longueurs ne doivent pas excéder les 50km pour ces derniers. Dans le cas inverse nous devons éventuellement procéder au:

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

#### **IV-1-Données globales :**

##### **IV-1-1-Présentation du réseau actuel :**

Pour une bonne exploitation la direction de la distribution de TIZI OUZOU est divisée en cinq services techniques d'électricité (STE) suivants :

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

Le réseau électrique HTA de la direction de la distribution de TIZI OUZOU est alimenté par six postes source (PS) à savoir :

**POSTE 220 /60/30 kV TIZI OUZOU OUED AISSI (figure IV-1 ) :**

poste source	U(KV)	nombre de transfos	puissance installée (MVA)	Age des transfos (années)	puissance maximale appelée Hiver 2010 (MVA)	nombre de départs HTA	cellules de réserve	Date de mise en service
TIZI OUZOU 220/60/30 kV	30	2	2*40	32 ANS	54,57	08	04	1978

Tableau (IV-1)

**POSTE DE FREHA 60/30 kV (figure IV-2 ) :alimenté par le poste THT OUED AISSI**

Poste source	U (kV)	Puissance Installée (MVA)	Nombre De transfos	Age des transfos (années)	Puissance Maximale appelée Hiver 2010 (MVA)	Nombre De départs HTA	cellules de réserve	Date de Mises-en service
FREHA 60/30 kV	30	2*40	2	16 ANS	54.83	6	01	1995

Tableau (IV-2)

**TIZI MEDDEN 60 /30 kV (figure IV-3 )**

Poste source	U (kV)	Puissance Installée (MVA)	Nombre De transfos	Age des transfos (années)	Puissance Maximale appelée Hiver 2010 (MVA)	Nombre De départs HTA	cellules de réserve	Date de Mises-en service
TIZI MEDDEN 60/30 kv	30	2*40	2	16	30.95	6	03	2006

Tableau (IV-3)

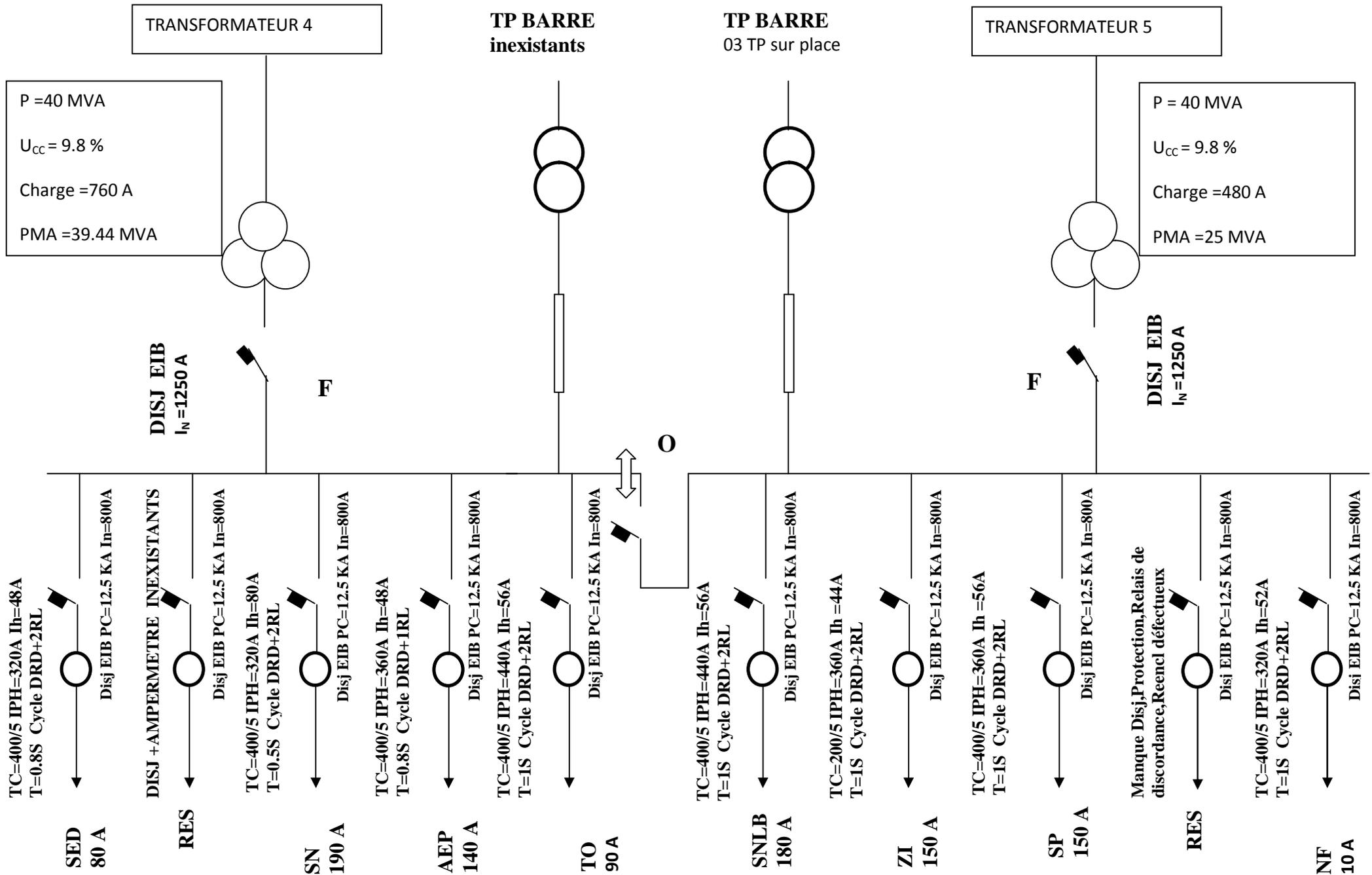


Figure IV-1 : SCHEMA DU POSTE T.H.T 220/60/30 KV TIZI OUZOU OU ED AISSI 441 H1

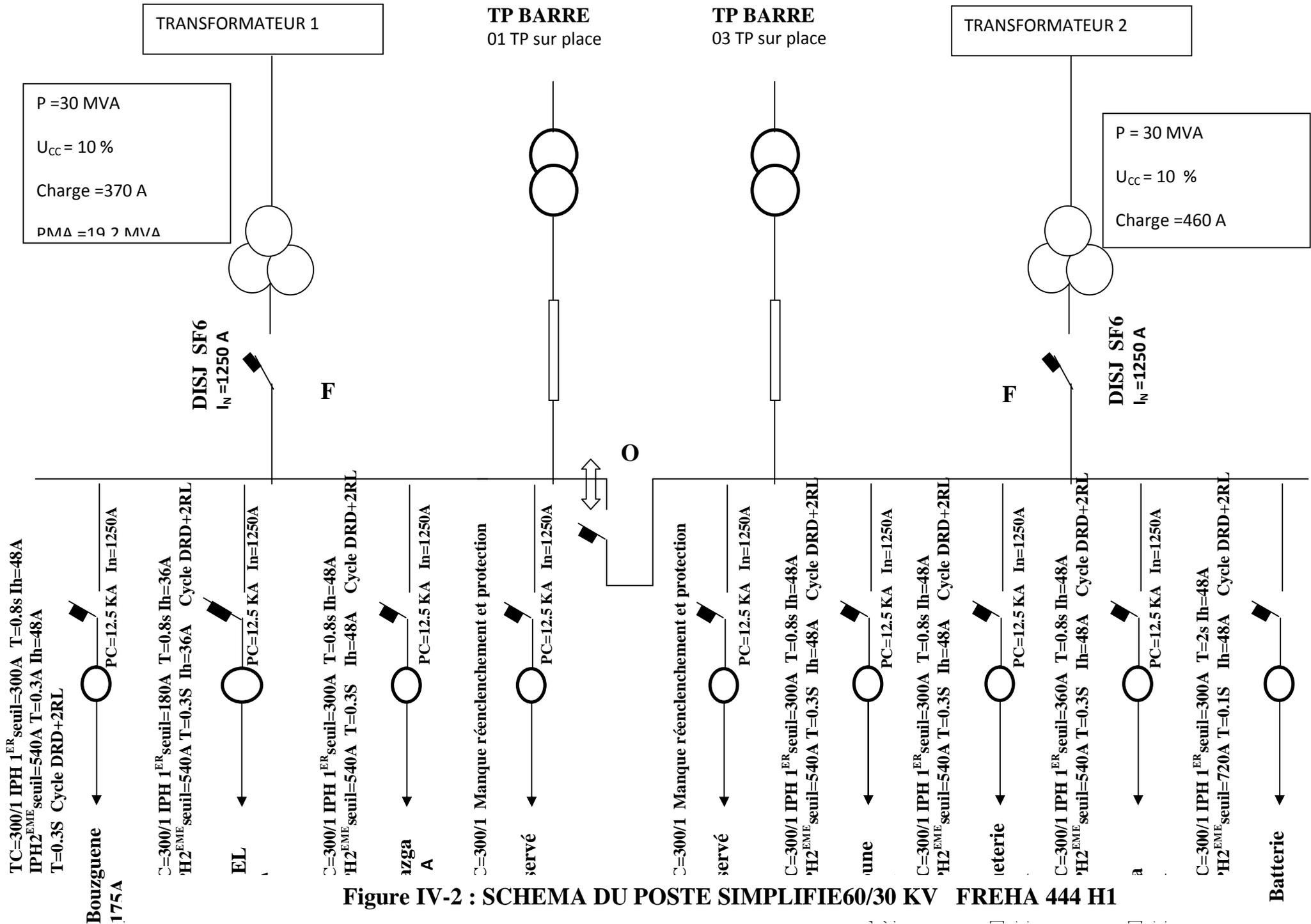


Figure IV-2 : SCHEMA DU POSTE SIMPLIFIE 60/30 KV FREHA 444 H1



**POSTE D.B.K 60 /30 kV (figure IV-4 )**

Poste source	U (kV)	Puissance Installée (MVA)	Nombre De transfos	Age des transfos (années)	Puissance Maximale appelée Hiver 2010(MVA)	Nombre De départs HTA	cellules de réserve	Date de Mises-en service
D.B.K 60/30 kV	30	2*40	2	17	62.84	8	00	1994

Tableau (IV-4)

**SOUK EL DJEMAA 60/30 kV (figure IV-5 )**

Poste source	U (kV)	Puissance Installée (MVA)	Nombre De transfos	Age des transfos (années)	Puissance Maximale appelée Hiver 2010(MVA)	Nombre De départs HTA	cellules de réserve	Date de Mises-en service
S.E.D 60/30 kV	30	2*40	2	04	32.4	06	01	2006

Tableau (IV-5)

**BOUKHALFA 60/30 kV (figure IV-6 )**

Poste source	U (kV)	Puissance Installée (MVA)	Nombre De transfos	Age des transfos (années)	Puissance Maximale appelée en Hiver 2010(MVA)	Nombre De départs HTA	Cellules de réserve	Date de Mises-en service
BOUKHALFA 60/30 kV	30	2*40	2	03	25 ,68	04	08	2008

Tableau (IV-6)

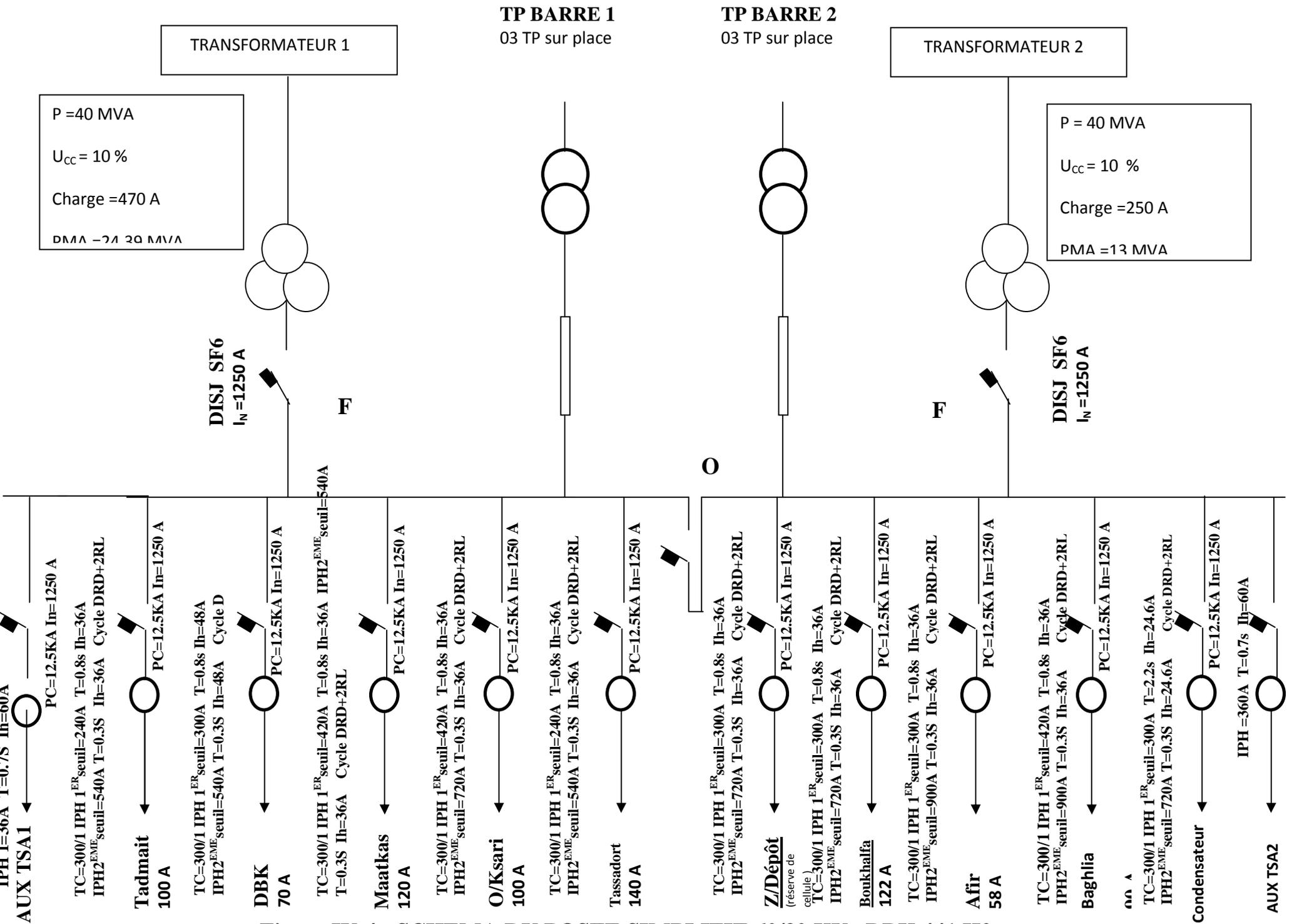


Figure IV-4 : SCHEMA DU POSTE SIMPLIFIE 60/30 KV DBK 441 H2

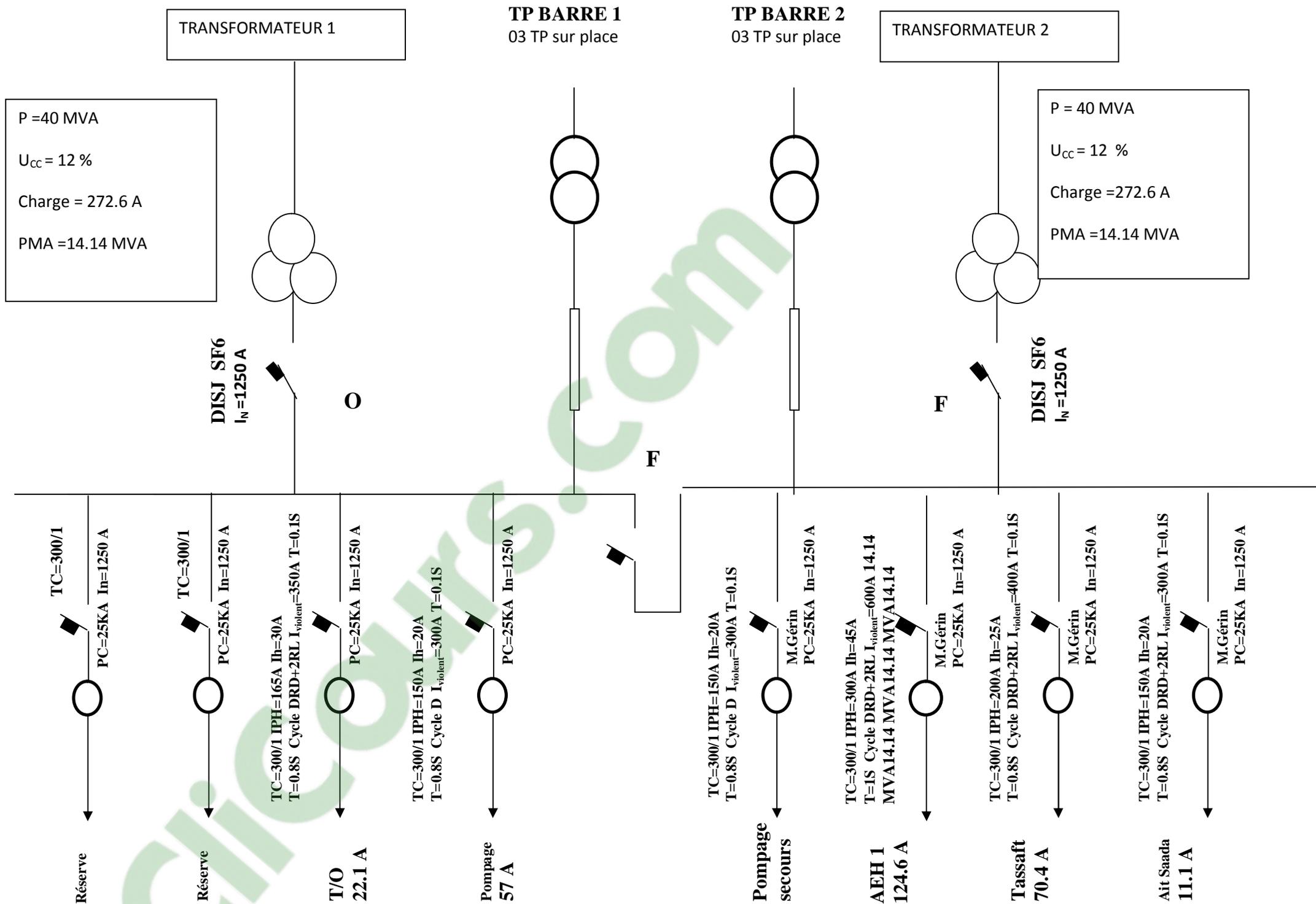


Figure VI-5 : SCHEMA DU POSTE SIMPLIFIE 60/30 KV SED 446 H1

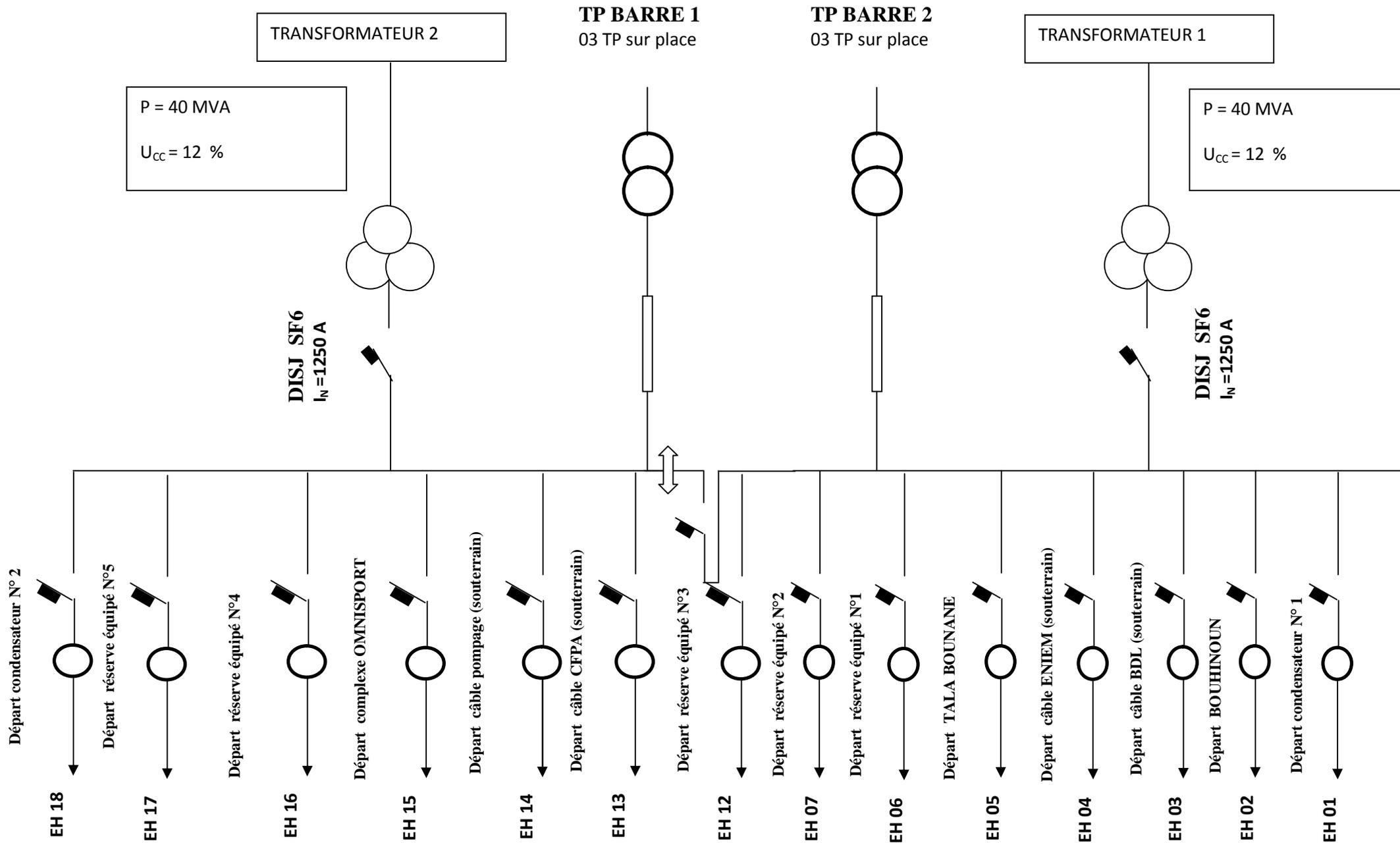


Figure VI-6 : SCHEMA DU POSTE SIMPLIFIE 60/30 KV BOUKHALFA

### IV-1-2-Consignes d'exploitation du poste de TIZI MEDDEN

Elles consistent à délimiter le réseau à exploiter. Elles nous informent sur toutes les caractéristiques (la charge moyenne, 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 éviter des accidents, en suite la reprise de l'alimentation est effectuée selon la disposition du défaut et la restructuration du réseau.

#### Description des départs:

##### 30 kV BOGHNI

- Fermé à TIZI MEDDEN
- Ouvert à l'IACM J912 avec départ OUADHIA.
- Ouvert au poste 135 avec départ ISSERS.

##### 30 kV ISSERS

- Fermé au PS de TIZI MEDDEN ;
- Fermé à l'IACM J841 (STE TIZI OUZOU) ;
- Ouvert à l'IAT1016 avec départ AIN ZAOUIA ;
- Ouvert au poste 135 avec départ BOGHNI.

##### 30 kV TALA GULEF

- Fermé au PS de TIZI MEDDEN.

##### 30 kV AIN ZAOUIA

- Fermé à TIZI MEDDEN ;
- Ouvert au poste 65 coté TR 68 Départ 30kV DEM ;
- Ouvert à l'IAT 1016 avec départ 30kV ISSERS ;
- Ouvert à l'IACM J981 avec départ 30kV DEM ;
- Ouvert au poste 458 coté poste 528 avec 30kV DEM ;
- Ouvert à l'IACM J 996 avec l'EST de BORDJ MENAIL D.R BOUMERDES ;

**30 kV DEM**

- Fermé à TIZI MEDDEN ;
- Ouvert au poste 65 coté tronçon 068 avec départ AIN ZAOUIA ;
- Ouvert au J981 avec départ AIN ZAOUIA ;
- Ouvert au J993 avec départ AOMAR/BOUIRA ;
- Ouvert au P458 coté P528 avec départ AIN ZAOUIA.

**30 kV OUADHIA**

- limite thermique au départ : 270A
- charge moyenne au départ : 241A

**IV-1-2-1-Schéma normal d'exploitation**

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

**IV-1-2-2-Schéma de secours :**

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

**IV-1-3-Collecte des données**

Avant de procéder à la collecte des données, il est important de connaître la structure du réseau de la région des OUADHIAS.

A cet effet, il est donc impératif de fixer les limites d'exploitation qui ne coïncident pas nécessairement avec les limites administratives.

Les données nécessaires à notre étude sont :

- Les données physiques du réseau
- Les données dynamiques du réseau (charge existantes et future).

**IV-1-3-1-Données physiques du réseau :**

Les données physiques du réseau consistent à relever la structure existant du réseau par les paramètres suivant :

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

Ces divers paramètres ont été relevés à partir des tableaux des caractéristiques des conducteurs (voir tableau annexe), des fiches réseaux

**IV-1-3-1-1-Caractéristiques du PS de TIZI MEDDEN :**

Transformateur 1 :

$P = 40$  MVA ;

$U_{cc} = 12\%$  ;

$P_{max} = 6,91$  MVA,

Transformateur 2 :

$P = 40$  MVA ;

$U_{cc} = 12\%$  ;

$P_{max} = 27,95$  MVA.

**IV-1-3-1-2- Le nombre de transformateurs HTA /BT sur le réseau HTA alimenté par le poste de TIZI MEDDEN :**

POSTE SOURCE DE T/MEDDEN		POSTES HTA /BT			
DEPART	Tension kV	Distribution publique	livraison	mixte	totale
T/GUILEF	30	45	06	00	51
DEM	30	52	11	03	66
ISSER	30	68	34	00	102
BOGHNI	30	16	12	02	30
AIN ZAOUIA	30	84	37	03	124
OUADHIA	30	111	39	01	151

Tableau (IV-7)

**IV-1-3-1-3-Les longueurs des départs issus du PS 60/30kV de TIZI MEDDEN :**

T/GUILEF	l= 34,126 km
DEM	l= 71,608 km
ISSER	l=70,514 km
BOGHNI	l= 9,978 km
AIN ZAOUIA	l= 108,757 km
OUADHIA	l= 95,397 km

Aussi, les départs qui seront touchés par la restructuration sont les suivants :

Poste source	Nom du départ	Charge(A)	Charge(MVA)	$\Delta U/U(\%)$	Longueur (km)	Coefficient de foisonnement
THT OUED AISSI	SOUK EL DJEMAA	170	54,57	4,97	89,26	0,45
SOUK EL DJEMAA	TASSAFT	137	32,4	2,16	66,904	0,65

Tableau (IV-8)

#### IV-1-3-2-Données dynamiques du réseau :

##### IV-1-3-2-1-Données de charge :

La charge existante qui est en principe connue et qui détermine les valeurs des mesures synchrones de tension et d'intensité est prise en tête de chaque départ sur une période de 24 heures. Les pointes prises en considération dans cette étude sont les mesures de pointe hiver 2010, qui sont illustrées dans le tableau suivant :

PS	Départ	$I_{ap}(A)$	$P_{ap}(MVA)$	$P_{installée}(MVA)$	Coefficient de foisonnement
TIZI MEDDEN					
JB1	AIN ZAOUIA	117	6,91	19,210	0,33
JB2	T /GUILF	36,9	3,995	6,343	0,28
	DEM	78,2	3,34	13,076	0,36
	ISSER	113	5,61	17,180	0,41
	BOGHNI	44,4	2,48	8,620	0,30
	OUADHIA	206	12,52	24,853	0,45
	<b>Total</b>	595,5	34,855	89,282	

Tableau (IV-9)

**Remarque :** Les mesures sont asynchrones

Poste source	départs	Charge(A)	Charge(MVA)	$\Delta U/U(\%)$	Longueur (km)	Coefficient de foisonnement
SED	AEH	205	32,4	6,3	98,827	0,66
	T/O	32,4		1,21	23,775	0,48
	TASSAFT	137		2,16	66,904	0,65
	POMPAGE	51,3		0,03	0,9	0,78
	IFFARHOUNENE	176		4,88	73,783	0,63
	AIT SAADA	21,7		0,35	12,777	0,87

Tableau (IV-10)

#### IV-1-3-2-2-Répartition de la charge :

Dans cette analyse, nous avons à déterminer la contribution des poste HTA/HTB qui ne fonctionnent pas toujours simultanément à leurs régimes nominaux dans la période d'étude, ce qui conduit à introduire un coefficient, dit de foisonnement  $\alpha$  tel que :  $0 < \alpha < 1$ . Le calcul de ce facteur est effectué pour chaque départ.

Comme la charge a été répartie le long d'un départ proportionnellement à la puissance installée des postes HTA/BT on aura :  $S_i = \sum P_i = \sum P_{\text{puissance installée}}$ .

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

$$S_i = \sqrt{3}UI \Rightarrow I = \frac{S_i}{\sqrt{3}U} \quad (\text{IV-1})$$

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

$$\alpha = \frac{I_{ap}}{\sum I_i} \quad (\text{IV-2})$$

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

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

### IV-1-3-3-Evolution de la charge :

Les futures charges ne sont généralement pas connues mais estimées. L'évolution de la charge, se détermine après analyse des projets d'urbanisation qui varient(en surface et /ou en profondeur) fortement suivant l'historique et la vocation de la région à étudier.

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

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

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

$$P_n = P_0(1 + X)^n \quad (\text{IV-3})$$

Avec :

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

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

X : Le taux d'accroissement en %.

La moyenne des taux d'accroissement pris en considération est de 4%.

### IV-2- Application de la méthode des moments :

En se référant au schéma d'exploitation état actuel 2010, aux fichiers de données et de charges de départ THALA GUILF données en annexe, on calculera en chaque arc les chutes de tension, les pertes joules et la puissance totale consommée par ce départ.

NB ; Les valeurs des moments sont relevées des tableaux (II-1) et (II-2) dans le chapitre II :

**Premier arc 443H1C15-443E2 :**

Chute de tension

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

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

$$\text{AN : } M = \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 37 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot 0,678$$

$$M = 1,16 \text{ MW} \cdot \text{Km}$$

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

$$\text{AN : } M_1 = \frac{1}{100} \cdot \frac{30^2}{0,357 + 0,35 \cdot 0,48}$$

$$M_1 = 15,87 \text{ MW} \cdot \text{Km}$$

$$\frac{\Delta U}{U}_{\text{arc 1}} = \frac{M}{M_1} = \frac{1,16}{15,87} = 0,073 \%$$

$$\text{Donc : } \frac{\Delta U}{U}_{\text{arc 1}} = 0,073 \%$$

Pertes de puissance

$$\Delta P_{\text{arc1}} = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot 0,35 \cdot (37 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,678 = 0,974 \text{ kW}$$

**Deuxième arc 443 E2 443J935**

Chute de tension

$$\text{On à } \frac{\Delta U}{U} = \frac{M}{M_2}$$

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

$$\text{AN : } M = \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 41 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot 0,007$$

$$M = 0,013 \text{ MW. Km}$$

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

$$\text{AN : } M_2 = \frac{1}{100} \cdot \frac{30^2}{0,357 + 0,35 \cdot 0,48}$$

$$M_2 = 15,87 \text{ MW. Km}$$

$$\frac{\Delta U}{U \text{ arc } 2} = \frac{M}{M_2} = \frac{0,013}{15,87} = 0,00082\%$$

$$\frac{\Delta U}{U \text{ TOTAL}} = \frac{\Delta U}{U \text{ arc } 1} + \frac{\Delta U}{U \text{ arc } 2}$$

$$\text{Donc : } \frac{\Delta U}{U \text{ TOTAL}} = 0,073 + 0,00082 = 0,07\%$$

Pertes de puissance

$$\Delta P_{\text{arc}2} = 3 \cdot R \cdot I^2 l = 3 \cdot 0,35 \cdot (41 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,007 = 0,0000123 \text{ kW} \approx 0 \text{ kW}$$

### Troisième arc 443J935-443 E535 :

Chute de tension

$$\text{On à : } \frac{\Delta U}{U} = \frac{M}{M_3}$$

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

$$\text{AN : } M = \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 41 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot 0,190$$

$$M = 0,364 \text{ MW. Km}$$

$$M_3 = \frac{1}{100} \cdot \frac{U^2}{r + X \cdot \tan \varphi}$$

$$\text{AN : } M_3 = \frac{1}{100} \cdot \frac{30^2}{0,357 + 0,35 \cdot 0,48}$$

$$M_3 = 15,87 \text{ MW. Km}$$

$$\frac{\Delta U}{U_{arc\ 3}} = \frac{M}{M_3} = \frac{364}{15,87} = 0,022 \%$$

$$\frac{\Delta U}{U_{TOTAL}} = \frac{\Delta U}{U_{arc\ 1}} + \frac{\Delta U}{U_{arc\ 2}} + \frac{\Delta U}{U_{arc\ 3}}$$

Donc :  $\frac{\Delta U}{U_{arc\ 3}} = 0,09 \%$ .

### Pertes de puissance :

$$\Delta P_{arc3} = 3.R.I^2 = 3,0,35.(45 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,190 = 0,000040 \text{ kW} \approx 0 \text{ kW}.$$

### Conclusion :

Les résultats des calculs des chutes de tension et les pertes de puissance avec la méthode des moments coïncident avec les résultats obtenus par le logiciel CARAT.

### IV-3-L'état actuel du réseau :

L'état initial pris pour l'étude du réseau électrique HTA 30 kV des OUADHIA est celui correspondant au schéma d'exploitation de l'année 2010.

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

PS	Départ	I <sub>it</sub> (A)	I <sub>ap</sub> (A)	T.u(%)	Chute de tension $\Delta u/u$ (%)	Long (km)
TIZI MEDDEN						
JB1	AIN ZAOUIA	270	117	43,33	6,86	108,757
JB2	T /GUILF	270	36,9	13,66	0,59	34,126
	DEM	230	78,2	34,00	2,99	71,608
	ISSER	270	113	41,85	1,92	70,514
	BOGHNI	230	44,4	19,30	0,46	95,397
	OUADHIA	270	206	76,29	7,72	95,397

Tableau (IV-11)

Avec :

$$T.u(\%) : \text{taux d'utilisation qui se calcul avec la formule } T.u(\%) = \frac{I_{ap}}{I_{it}} \times 100 \quad (\text{IV-4})$$

$I_{ap}$  : charge appelée

$I_{it}$  : charge installée

Poste source	Charge (MVA)	Nom du départ	Charge(A)	$\Delta U/U(\%)$	longueur	Coefficient de foisonnement
THT OUED AISSI	54,57	SOUK EL DJEMAA	170	4,97	89,26	0,45
SOUK EL DJEMAA	32,4	TASSAFT	137	2,16	66,904	0,65
DBK	57,74	MAATKAS	190	10,59	89,876	0,63

Tableau (IV-12)

### Commentaire :

Le départ OUADHIA enregistre une chute de tension de 7,72% qui est proche de la limite admissible 10% pour le réseau aérien.

D'après le tableau ci-dessus le départ le plus chargé est celui de OUADHIA avec une charge  $I_{ap} = 206A$ .

On constate que la plupart des départs du poste de TIZI MEDDEN dépassent la limite de la longueur admissible qui est de 50km pour les départs HTA.

Les solutions pour un meilleur fonctionnement du PS seront proposées dans le chapitre qui va suivre.

Clicours.COM

---

# CHAPITRE V :

## RESTRUCTURATION DU RESEAU

---

Dans ce chapitre nous allons donner les solutions envisageables selon les résultats du diagnostique.

### V-1- Les solutions envisageables:

#### V-1-1-Soulager le départ :

##### Pour l'année 2011 :

- Ø Cette solution qui consiste à faire basculer un partie de la charge (60A) du départ OUADHIAS sur un autre départ à savoir : le départ 30 kV TALA GUILF par la création d'un bouclage.
- Ø Bouclage OUADHIAS-OUADHIAS qui consiste à créer une liaison entre la grappe 443J974 (AGUOUNI GUEGHRANE) et 443J971 (AIT BOUADDOU) qui sera alimenté par PS SED départ TASSAFT.

#### V-1-2-Création d'un nouveau PS OUADHIAS:

La création du PS est la solution envisageable afin de soulager d'avantage le départ 30 kV OUADHIAS, le PS SOUK EL DJEMAA, le PS DBK et le poste THT de OUED AISSI par la manière suivante :

Nom du PS	Les départs	Charge(A)	$\Delta U\%/U$	Longueur (km)	observations
PS OUADHIAS	TAHACHAT	148	5,05	68,82	Reprise de la totalité de la charge du départ OUACIF (TASSAFT)
	TAKHOUKHT	182	5	81,87	-108A du départ SOUK EL DJEMMAA -74 A du départ SNLB
	AGUOUNI GUEGHRANE	106	2,16	60,59	-86(A) une partie du départ OUADHIAS -20A charge du nouvel hôpital OUADHIA
	AFTIS	79	2,15	40,6	-Centre ville OUADHIAS et les villages

Tableau (V-1)

#### V-2- Les départs du PS OUADHIAS :

- Le départ TAHACHAT permet de soulager le départ OUACIF donc le PS de SOUK EL DJEMAA de 148 (A)
- Le départ TAKHOUKHT permet de soulager les départs souk el djemaa et le départ SNLB issus du poste THT OUED AISSI.

- Le départ AGUOUNI GUEGHRANE (Point d'injection entre les nœuds 443E265-443E264) permet de soulager le départ OUADHIAS après avoir créé un bouclage entre deux grappes (dérivation AGUOUNI GUEGHRANE dérivation AIT BOUADOU) et ouverture de la boucle TALA GUILF-OUADHIAS.
- Le départ AFTIS permet de soulager le départ OUADHIAS DE 79 (A).
- Une fois que le départ OUADHIAS soit déchargé d'environ 160 A ; on pourra basculer une charge de 72 A du départ 30kV MAATKAS issu du PS DBK
- En conclusion le départ OUADHIA aura une charge de 157 A en 2014 et le PS TIZI MEDDEN sera de 30,74 MVA

Les avantages recherchés par la solution envisagée sont:

- Ø Diminution de la longueur des départs ;
- Ø Diminution des chutes de tension ;
- Ø Pouvoir soulager le départ OUADHIAS et aussi d'autres ;
- Ø Avoir une meilleure gestion des charges (répartition homogène de la charge) ;
- Ø Donc Eliminer toutes les contraintes d'ordre électrique.

### **V-3-Etude de la solution envisagée :**

Pour la création du nouveau poste, une étude s'impose :

Etude topographique :

Elle consiste à la recherche d'un site favorable pour l'installation du PS :

- Accessibilité ;
- Nature juridique ;
- Existence de couloirs de servitude ;
- Existence de la ligne d'alimentation (60kV) proche du site.

Etude économique :

Elle consiste à estimer les frais engendrés par l'installation du PS ainsi que les avantages apportés au réseau existant.

Etude de la charge :

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

**V-4- Evolution de la charge pour l'année 2014 des postes concernés :**

Les nouvelles charges des postes touchés par la restructuration du réseau pour l'année 2014 sont données dans le tableau ci-dessous :

POSTE SOURCE	ANNEE 2014		
	Charge en MVA	I(A)	LONG (km)
<b>THT OUED AISSI</b>	39,85	766,74	300,03
<b>DBK</b>	28,67	551,61	170,40
<b>SOUK EL DJEMAA</b>	30,71	590,78	230,45
<b>T/MEDDEN</b>	30,74	591,49	369,60
<b>OUADHIAS</b>	26,77	515,00	251,88

Tableau (V-2)

NB : Le taux d'accroissement de la charge est prix selon l'évolution naturelle du réseau, qui est de 4%.

**V-5- Etude des solutions adéquates :**

Dans notre étude on a opté pour la création d'un nouveau PS 60/30kV OUADHIAS prévu en 2014, ce dernier répond aux attentes de la DDTTO (direction de distribution de TIZI-OUZOU). En attendant, des bouclages sont proposés afin de soulager le départ 30 kV OUADHIAS.

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

Poste source	Départ	$I_{ap}$ (A)	$\Delta U/U$ % <i>Max</i>	Charge MVA	Longueur (km)
PS T/MEDDEN	DEM	81,33	3,11	31,64	72,68
	AIN ZAOUIA	121,68	7,13		110,93
	BOGHNI	46,18	0,48		10,13
	ISSER	117,52	2,00		71,92
	OUADHIA	146,00	4,67		67,80
	T/GUILEF	96,00	3,70		75,68

Tableau (V-3)

**Pour l'année 2011 :**

On remarque que les bouclages effectués ont permis de soulager le départ des OUADHIAS de  $I_{ap} = 206A$  à  $I_{ap} = 146,00A$  (61A déchargés sur le départ 30kV TALA GUILEF).

**Pour l'année 2012 :**

Départ PS T/MEDEN	$I_{ap}$ (A)	$\Delta U/U$ % <i>Max</i>	Charge MVA	Longueur (km)
OUADHIAS	151,84	4,86	32,90	69,16
DEM	84,58	3,23		73,77
T/GUILEF	99,84	3,85		77,19
ISSER	122,22	2,08		73,36
BOGHNI	48,02	0,50		10,28
AIN ZAOUIA	126,55	7,42		113,15

Tableau (V-4)

Remarque : l'évolution de 4% ; aucune contrainte d'ordre électrique.

**Pour l'année 2013 :**

Départ PS T/MEDEN	$I_{ap}$ (A)	$\Delta U/U$ % <i>Max</i>	Charge MVA	Longueur (km)
OUADHIAS	157,91	5,05	34,22	70,54
DEM	87,96	3,36		74,88
T/GUILEF	103,83	4,00		78,74
ISSER	127,11	2,16		74,83
BOGHNI	49,94	0,52		10,43
AIN ZAOUIA	131,61	7,72		115,41

Tableau (V-5)

Remarque : l'évolution de 4% ; aucune contrainte d'ordre électrique.

**Pour l'année 2014 :**

### **Création du PS 60/30kV OUADHIAS**

Une partie de la charge du départ MAATKAS (72A) issu de PS DBK est reprise par le départ 30kV OUADHIAS, en fermant l'organe de coupure 443J858 et en ouvrant l'organe de coupure à créer entre 441E128-441E110.

Départ PS T/MEDEN	$I_{ap}$ (A)	$\Delta U/U$ % <i>Max</i>	Charge MVA	Longueur (km)
OUADHIAS	157,00	2,03	30,74	66,02
DEM	91,48	3,50		76,00
T/GUILEF	22,00	0,90		22,94
ISSER	132,19	2,25		76,33
BOGHNI	51,94	0,54		10,59
AIN ZAOUIA	136,87	8,03		117,72

Tableau (V-6)

Remarque : les 157A de la charge du départ OUADHIAS (85A restant plus 72A du départ MAATKAS)

Les résultats donnés par ce tableau montrent que la charge du PS de T/MEDDEN est passée de 34,22MVA en 2013 à 30,74 MVA.

### **V-6-Evolution des charges des départs des postes OUADHIAS et T/MEDDEN entre 2014 et 2020 :**

L'utilisation du logiciel CARAT nous a permis de calculer les charges des PS à moyen terme, les résultats donnés par ce logiciel sont mentionnés dans les tableaux ci-dessous :

**V-6-1-Pour le PS OUADHIAS :**

DEPART	ANNEE 2014	ANNEE 2015	ANNEE 2016	ANNEE 2017	ANNEE 2018	ANNEE 2019	ANNEE 2020
	I(A)						
<b>TAHACHAT</b>	148,00	153,92	160,08	166,48	173,14	180,06	187,27
<b>TAKHOUKHT</b>	182,00	189,28	196,85	204,73	212,91	221,43	230,29
<b>AGOUNI GUEHRANE</b>	106,00	110,24	114,65	119,24	124,01	128,97	134,12
<b>AFTIS</b>	79,00	82,16	85,45	88,86	92,42	96,12	99,96

Tableau (V-7)

**V-6-2-Pour le PS T/MEDDEN :**

DEPART	ANNEE 2014	ANNEE 2015	ANNEE 2016	ANNEE 2017	ANNEE 2018	ANNEE 2019	ANNEE 2020
	I(A)						
<b>OUADHIAS</b>	157,00	163,28	169,81	176,60	183,67	191,01	198,66
<b>DEM</b>	91,48	95,14	98,95	102,91	107,02	111,30	115,76
<b>TALAGUIEF</b>	22,00	22,88	23,80	24,75	25,74	26,77	27,84
<b>ISSERS</b>	132,19	137,48	142,98	148,70	154,65	160,83	167,27
<b>BOGHNI</b>	51,94	54,02	56,18	58,43	60,76	63,20	65,72
<b>AIN ZAOUIA</b>	136,87	142,35	148,04	153,96	160,12	166,53	173,19

**V-6-3- Pour le PS SOUK ELDJEMAA :**

DEPART	ANNEE 2014	ANNEE 2015	ANNEE 2016	ANNEE 2017	ANNEE 2018	ANNEE 2019	ANNEE 2020
	I(A)						
<b>TIZI OUZOU</b>	37,90	39,42	41,00	42,64	44,34	46,12	47,96
<b>IFERHOUNENE</b>	167,60	174,31	181,28	188,53	196,07	203,92	212,07
<b>AEH</b>	185,60	193,03	200,75	208,78	217,13	225,81	234,85
<b>TASSAFT</b>	6,00	6,24	6,49	6,75	7,02	7,30	7,59
<b>AIT SAADA</b>	27,39	26,40	27,46	28,56	29,70	30,89	32,12
<b>ILLILTEN</b>	116,99	121,67	126,53	131,59	136,86	142,33	148,02
<b>POMPAGE</b>	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30	51,30

Tableau (V-9)

**V-6-4- Pour le THT OUED-AISSI :**

DEPART	ANNEE 2014	ANNEE 2015	ANNEE 2016	ANNEE 2017	ANNEE 2018	ANNEE 2019	ANNEE 2020
	I(A)						
<b>SOUK EL DJEMAA</b>	80,00	83,20	86,53	89,99	93,59	97,33	101,23
<b>TIZI OUZOU</b>	198,88	206,83	215,10	223,71	232,66	241,96	251,64
<b>AEP</b>	128,68	133,83	139,19	144,75	150,54	156,56	162,83
<b>Z.I</b>	87,74	91,25	94,90	98,69	102,64	106,75	111,02
<b>SNLB</b>	134,00	139,36	144,93	150,73	156,76	163,03	169,55
<b>NAFTAL</b>	40,95	42,58	44,29	46,06	47,90	49,82	51,81
<b>SONITEX</b>	96,50	100,36	104,37	108,55	112,89	117,41	122,10

Tableau (V-10)

**V-6-5- Pour le PS DBK :**

DEPART	ANNEE 2014	ANNEE 2015	ANNEE 2016	ANNEE 2017	ANNEE 2018	ANNEE 2019	ANNEE 2020
	I(A)						
MAATKAS	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,37	1,42
OUED KSARI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBK	128,71	133,86	139,21	144,78	150,57	156,60	162,86
TADMAIT	157,93	164,25	170,82	177,65	184,76	192,15	199,83
TASSADORT	167,86	174,57	181,56	188,82	196,37	204,23	212,40
BOUKHALFA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HOPITAL	95,98	99,82	103,81	107,96	112,28	116,77	121,45
BAGHLIA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AFIR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau (V-11)

Les résultats donnés par les tableaux ci-dessus montrent que même après 6 ans d'évolution, les charges des départs n'atteignent pas leur limite thermique, et les puissances de garantie pour les PS T/MEDDEN, OUADHIAS et SOUK EL DJEMAA existent toujours. On constate aussi que pour tous les départs, les chutes de tension à l'année 2014 sont largement au dessous de la valeur admissible, ce qui est largement satisfaisant.

**Conclusion :**

Après le diagnostic du réseau HTA 30kV de la région des OUADHIAS dans sa structure actuelle , les résultats nous ont permis de relever les insuffisances de ce réseau à savoir :

- Les chutes de tension importantes ;
- Les longueurs assez importantes des départs ;
- Le taux d'utilisation important de quelques départs.

Afin de mettre terme à ces insuffisances, nous avons proposé deux bouclages pour soulager le départ 30kV OUADHIA :

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

Ces deux bouclages sont réalisés en 2011 en attendant la création du PS OUADHIAS prévu en 2014 dont les avantages sont comme suit :

1. Soulager le PS DBK par le déchargement d'une partie de la charge du départ 30kV MAATKAS.
2. Soulager le poste THT OUED AISSI par le déchargement d'une partie de la charge des départs 30kV SOUK EL DJEMAA et SNLB.
3. Soulager le PS T/MEDDEN par le déchargement d'une partie de la charge du départ 30kV OUADHIAS.
4. Soulager le PS SOUK EL DJEMAA par le déchargement de la charge du départ 30kV TASSAFT.

Les charges transférer sur le PS OUADHIAS sont données dans le tableau ci-dessous :

Postes source	Départs	Charge Transférées sur le PS OUADHIAS	
DBK	MAATKAS	72 A sur le départ OUADHIAS	
THT OUED AISSI	SED	108A	Sur le départ TAKHOUKHT
	SNLB	74A	
T/MEDDEN	OUADHIAS	106A sur le départ AGUNI GUEGHRAN Y compris la charge du nouvel hôpital	
SOUK EL DJEMAA	TASSAFRT	148A sur le départ TAHACHAT	

Tableau (V-12)

---

# Conclusion générale

---

Le but principale de notre étude est la restructuration du réseau HTA 30 kV de la région des OUADHIAS à moyen terme (2011/2020), et pour avoir une meilleure connaissance des insuffisances de ce réseau (surcharges et chutes de tension), nous avons commencé par le diagnostic à de l'état actuel, ce qui nous a permis de collecter les données nécessaires aux calculs des chutes de tension et des charges.

Les solutions auxquelles nous avons aboutis en collaboration avec le service exploitation de la DDTO sont :

- les bouclages (OUADHIAS-OUADHIAS, OUADHIAS-T/GUILEF).
- La création d'un PS à OUADHIAS avec une puissance de  $2 \times 40 \text{ MVA}$  prévu pour 2014.

Cette nouvelle structure, nous a permis d'établir un meilleur schéma d'exploitation répondant aux recommandations et aux exigences de la SDO/DDTO (Sociétés de Distribution du Centre/Direction de TIZI OUZOU).

Ce travail nous a permis d'enrichir nos connaissances acquises pendant notre formation ; en plus de l'opportunité d'évoluer dans une entreprise comme la SDO/DDTO.

## Bibliographie :

- [1] A .GAOURI, A.MOUSSOUNI, BENFATTOUM « Etude d'une arrivée transformateur, distribution moyenne tension », mémoire d'ingénieur, 1999.
- [2] Site internet [www.scribd.com](http://www.scribd.com) .
- [3] Christian PURET, « Réseaux de distribution MT », articleNo155 (PDF), Technique de l'ingénieur
- [4] Georges THOMASSET, « La conception des réseaux industriels en haute tension », article No 169 (PDF), Merlin GERIN.
- [5] Theodore WILDI et Gilbert SYBILLE, « Electrotechnique », 4<sup>ieme</sup> édition.
- [6] Cahier technique, « Distribution de l'énergie », Schneider électrique
- [7] Cahier technique, « Choix de base des réseaux MT de distribution publique ». Article No23, Schneider électrique.
- [8] Merlin GERIN, article No155.
- [9] Cahier technique, « Protection des transformateurs de postes MT /BT » Schneider électrique, article No192.
- [10] Articles PDF, « Les réseaux électriques », site internet GOOGLE.
- [11] D .MOHAMMED, DJ-MOHAMMED, T.MOHAND OU SAID, « Détermination des seuils de réglage des relais de protection moyenne tension », mémoire d'ingénieur UMMTO, 1999.
- [12] M<sup>lle</sup> HAMOUECHENE KAISSA, M<sup>lle</sup> HADAR AMEL, M<sup>r</sup> HAMAZ MOHAMMED, «Restructuration du réseau électrique moyenne tension 30 kV de la zone industrielle ROUIBA-REGHAIA », mémoire d'ingénieur UMMTO, 2000.
- [13] «Formation de l'activité développement de réseaux », Document SONELGAZ
- [14] Mr ZELAGUI MOHAMED, « Etude des protections des réseaux électrique », mémoire de magistère, université de CONSTANTINE, 2010.

## Caractéristiques électriques des conducteurs nus [13] :

NATURE	SECTION mm <sup>2</sup>	r à 20° (Ω /Km)	r + x tan φ (Ω /Km)	I <sub>LT</sub> (A)
cuivre	17.8	1.010	1.185	118
	27.6	0.650	0.825	153
	38.2	0.472	0.647	200
	48.3	0.373	0.548	230
	74.9	0.240	0.416	280
	116.2	0.156	0.331	365
Aluminium	34.4	0.958	1.331	140
	54.6	0.603	0.778	190
	75.6	0.438	0.613	240
	93.3	0.357	0.532	270
	148.1	0.224	0.399	365
	228	0.146	0.321	480
	288	0.116	0.291	550
ALU-ACIER	75.5	0.605	0.780	175
	116.2	0.303	0.481	300
	147.1	0.243	0.418	345
	228	0.157	0.332	460
	288	0.124	0.299	525

- Température de fonctionnement : 20°c
- Réactance =0.35 Ω /Km
- Facteur de puissance tel que tan φ=0.5 (cos φ=0.9)
- I<sub>LT</sub> : courant limite thermique (courant qui conduit à l'échauffement du conducteur de 30°C).

## Caractéristiques électriques des conducteurs isolés [13]:

NATURE	SECTION Mm <sup>2</sup>	r à 20 <sup>0</sup> C ( $\Omega$ /km)	r à 50 <sup>0</sup> C ( $\Omega$ /km)	r + $\tan \varphi$ ( $\Omega$ /km)	I <sub>LT</sub> (A)
CUIVRE	30	0,627	0,701	0,751	109
	50	0,379	0,424	0,474	180
	70	0,269	0,300	0,350	210
	95	0,194	0,217	0,267	250
	120	0,157	0,176	0,226	300
	146	0,126	0,141	0,191	340
	195	0,099	0,111	0,161	400
ALUMINIUM	25	1,200	1,345	1,395	78
	35	0,868	0,973	1,023	95
	50	0,641	0,918	0,768	114
	70	0,443	0,497	0,547	142
	95	0,320	0,359	0,409	172
	120	0,253	0,284	0,334	198
	150	0,206	0,231	0,281	225
	185	0,164	0,184	0,234	245
	240	0,125	0,140	0,190	305

- Température de fonctionnement : 50<sup>0</sup>C ;
- Réactance = 0,10  $\Omega$ /km ;
- Facteur de puissance tel que  $\tan \varphi = 0,5$  ( $\cos \varphi = 0,9$ ) ;
- I<sub>LT</sub> : courant limite thermique (courant qui conduit à l'échauffement du conducteur de 30<sup>0</sup>C).

**Moments électriques M1 des conducteurs nus :**

NATURE	SECTION mm <sup>2</sup>	M1 (KW*KM)		
		5,5	10,0	30,0
CUIVRE	17 ,8	0,26	0 ,85	7,62
	27,6	0,36	1 ,21	10,86
	38,2	0,47	1,55	13,91
	48,3	0,55	1,82	16,42
	74,9	0,73	2,41	21,69
	116,2	0,91	3 ,02	27,19
ALMELEC	34,4	0,27	0,88	7,94
	54,6	0,39	1,29	11,57
	75,5	0,49	1,63	14,68
	93,3	0,57	1,89	17,01
	143,1	0,76	2,51	22,56
	28,0	0,94	3 ,12	28,04
	188,0	0 ,04	3,45	31,03
ALU-ACIER	75,5	0,39	1,28	11,54
	116,2	0,63	2,08	18,71
	147,1	0,72	2,39	21,53
	228,0	0,91	3,01	27,11
	288,0	0 ,01	3,34	30,10

**Caractéristiques électriques M1 des conducteurs isolés :**

NATURE	SECTION mm <sup>2</sup>	M1 (KW*KM)		
		5,5	10,0	30,0
CUIVRE	30,0	0,40	1,33	11,98
	50,0	0,64	2,11	18,99
	70,0	0,86	2,83	25,50
	95,0	1,13	3,75	33,71
	120,0	1,34	4,42	39,82
	146,0	1,58	5,25	47,12
	185,0	1,88	6,21	55,90
ALUMINIUM	25,0	0,22	0,72	6,45
	35,0	0,30	0,98	8,80
	50,0	0,39	1,30	11,72
	70,0	0,55	1,83	16,45
	95,0	0,74	2,44	22,00
	120,0	0,91	2,99	26,95
	150,0	1,08	3,56	32,03
	185,0	1,29	4,27	38,46
	240,0	1,59	5,26	47,37

1PROGRAM CEDRA1

ETUDE SCHEMA DIRECTEUR-OUZOU OUAHDIAS IP =206A

PARAMETERS

PLANNING PERIOD FROM 2011 THRU 2011
30.00 %
NOMINAL VOLTAGE 29700.00
VOLTAGE DROP IN PERCENT 90.00 %
VOLTAGE DROP % WHEN OUTAGE 90.00 %
.900
ALLOWED OVERLOAD WHEN OUTAGE 30.00 %
20.000
RESEARCH OPTION 1
.500
TRACE 0
FULL CEDRA 0
SEC
CEDRA WHEN OUTAGES 0
MINIMAL POWER
BREAKPOINT 500
LOAD DURATION 8760
COS. FI
MAX. RESEARCH TIME
TIME MULTIPL. FACT.
WRITE INPUT DATA 2
TOTAL COMPUTING TIME 600.
SWITCHING ACTIONS 1

NETWORK STATISTICS

INJECTORS 1
LINES 348
ELEMENTS 348
NODES 349
FINAL LOAD/INIT.LOAD 1.00

\*\*\*\*\*
\*LOAD LEVEL AT YEAR : 2011 \*
\*\*\*\*\*

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

Table with 8 columns: ONODE1 (KW), NODE2, CAPACITY, CURRENT, PCT, V-NODE2, DV%, LOSS. It lists various node connections and their associated capacity, current, percentage, voltage, and loss values.

443E410	-443E411	140.	2.	1.59	28722.	3.29	.01
443E411	-443P462	140.	1.	.98	28722.	3.29	.00
443E411	-443P472	140.	1.	.61	28722.	3.29	.00
443E410	-443P461	140.	1.	.61	28725.	3.28	.00
443E409	-443E531	140.	2.	1.23	28725.	3.28	.00
443E531	-443P473	140.	1.	.61	28725.	3.28	.00
443E531	-443P603	140.	1.	.61	28724.	3.29	.00
443E408	-443P258	190.	1.	.72	28727.	3.28	.00
443E201	-443P141	190.	1.	.45	28728.	3.27	.00
443E200	-443E402	140.	10.	7.17	28717.	3.31	.20
443E402	-443E364	140.	6.	4.29	28711.	3.33	.05
443E364	-443E351	140.	5.	3.68	28705.	3.35	.06
443E351	-443E424	140.	4.	3.06	28704.	3.35	.00
443E424	-443P400	140.	3.	2.45	28704.	3.35	.00
443E424	-443P486	140.	1.	.61	28704.	3.35	.00
443E351	-443P425	140.	1.	.61	28704.	3.36	.00
443E364	-443P414	140.	1.	.61	28711.	3.33	.00
443E402	-443E505	140.	4.	2.88	28716.	3.31	.00
443E505	-443E401	140.	2.	1.23	28716.	3.31	.00
443E401	-443P436	140.	1.	.61	28716.	3.31	.00
443E401	-443P437	140.	1.	.61	28716.	3.31	.00
443E505	-443E506	270.	2.	.86	28714.	3.32	.01
443E506	-443E509	270.	1.	.38	28714.	3.32	.00
443E509	-443P548	140.	1.	.74	28714.	3.32	.00
443E506	-443J1001	140.	1.	.92	28714.	3.32	.00
443J1001	-443E507	140.	1.	.92	28714.	3.32	.00
443E507	-443E508	140.	1.	.61	28713.	3.32	.00
443E508	-443P550	140.	0.	.31	28713.	3.32	.00
443E508	-443P551	140.	0.	.31	28713.	3.32	.00
443E507	-443P549	140.	0.	.31	28714.	3.32	.00
443E423	-443P485	140.	1.	.98	28732.	3.26	.00
443E199	-443P228	270.	171.	63.30	28644.	3.56	20.18
443P228	-443E203	270.	164.	60.92	28596.	3.72	10.29
443E203	-443E422	140.	6.	4.29	28595.	3.72	.01
443E422	-443J880	140.	2.	1.23	28595.	3.72	.00
443J880	-443E532	140.	2.	1.23	28595.	3.72	.00
443E532	-443P249	140.	1.	.61	28595.	3.72	.00
443E532	-443P604	140.	1.	.61	28595.	3.72	.00
443E422	-443P433	198.	4.	2.17	28595.	3.72	.00
443P433	-443P660	198.	2.	1.08	28594.	3.72	.00
443E203	-443E446	270.	158.	58.69	28588.	3.74	1.67
443E446	-443E202	270.	158.	58.38	28545.	3.89	8.86
443E202	-443E204	270.	156.	57.87	28513.	4.00	6.43
443E204	-443E206	270.	152.	56.31	28481.	4.11	6.49
443E206	-443E207	270.	147.	54.31	28303.	4.70	33.90
443E207	-443E586	270.	143.	52.82	28177.	5.13	23.52
443E586	-443E209	270.	142.	52.43	28098.	5.39	14.60
443E209	-443E587	270.	139.	51.39	28060.	5.52	6.80
443E587	-443E212	270.	135.	50.12	27838.	6.27	39.22
443E212	-443J971	190.	31.	16.30	27837.	6.27	.03
443J971	-443J895	190.	31.	16.30	27811.	6.36	1.22
443J895	-443E469	190.	31.	16.30	27811.	6.36	.03
443E469	-443E213	190.	30.	15.76	27744.	6.58	2.98
443E213	-443E517	190.	19.	10.07	27741.	6.59	.09
443E517	-443E223	190.	18.	9.71	27731.	6.63	.28
443E223	-443E224	190.	17.	8.99	27729.	6.64	.05
443E224	-443E228	190.	12.	6.23	27719.	6.67	.19
443E228	-443E233	190.	10.	5.06	27711.	6.70	.11

443E233	-443E553	190.	9.	4.61	27709.	6.70	.03
443E553	-443E229	190.	7.	3.88	27706.	6.71	.03
443E229	-443E234	190.	3.	1.44	27705.	6.72	.01
443E234	-443P211	190.	1.	.72	27704.	6.72	.00
443E234	-443P212	190.	1.	.72	27704.	6.72	.00
443E229	-443J902	190.	5.	2.44	27706.	6.71	.00
443J902	-443E230	190.	5.	2.44	27702.	6.73	.03
443E230	-443E231	190.	2.	1.17	27700.	6.74	.01
443E231	-443P114	190.	1.	.45	27699.	6.74	.00
443E231	-443P175	190.	1.	.72	27699.	6.74	.00
443E230	-443J907	140.	2.	1.10	27702.	6.73	.00
443J907	-443E432	140.	2.	1.10	27700.	6.73	.00
443E432	-443P389	140.	1.	.49	27699.	6.74	.00
443E432	-443P506	140.	1.	.61	27700.	6.73	.00
443E230	-443P176	140.	1.	.61	27702.	6.73	.00
443E553	-443P546	140.	1.	.98	27709.	6.70	.00
443E233	-443P213	190.	1.	.45	27711.	6.70	.00
443E228	-443E551	190.	2.	1.17	27719.	6.67	.00
443E551	-443P214	190.	1.	.72	27718.	6.67	.00
443E551	-443P568	140.	1.	.61	27719.	6.67	.00
443E224	-443J995	270.	5.	1.94	27729.	6.64	.00
443J995	-443E494	140.	5.	3.74	27728.	6.64	.01
443E494	-443E225	270.	4.	1.62	27725.	6.65	.02
443E225	-443E227	270.	2.	.83	27723.	6.65	.00
443E227	-443P160	270.	1.	.51	27723.	6.66	.00
443E227	-443P161	190.	1.	.45	27723.	6.66	.00
443E225	-443J994	270.	2.	.79	27725.	6.65	.00
443J994	-443E344	270.	2.	.79	27724.	6.65	.00
443E344	-443E226	270.	2.	.64	27723.	6.66	.00
443E226	-443P162	270.	1.	.32	27723.	6.66	.00
443E226	-443P163	270.	1.	.32	27723.	6.66	.00
443E344	-443P422	140.	0.	.31	27724.	6.65	.00
443E494	-443P541	140.	1.	.61	27728.	6.64	.00
443E223	-443P215	190.	1.	.72	27731.	6.63	.00
443E517	-443P518	140.	1.	.49	27741.	6.59	.00
443E213	-443J970	190.	11.	5.69	27744.	6.59	.01
443J970	-443E552	190.	11.	5.69	27744.	6.59	.01
443E552	-443E215	190.	10.	5.24	27738.	6.61	.09
443E215	-443E564	190.	9.	4.79	27734.	6.62	.05
443E564	-443E214	190.	8.	4.33	27732.	6.63	.03
443E214	-443E216	190.	7.	3.88	27731.	6.63	.01
443E216	-443E217	190.	7.	3.43	27730.	6.63	.01
443E217	-443J999	190.	5.	2.71	27730.	6.63	.00
443J999	-443E218	190.	5.	2.71	27725.	6.65	.04
443E218	-443E219	190.	3.	1.35	27721.	6.66	.02
443E219	-443E220	190.	2.	.90	27720.	6.67	.00
443E220	-443P164	190.	1.	.45	27720.	6.67	.00
443E220	-443P166	190.	1.	.45	27719.	6.67	.00
443E219	-443P167	140.	1.	.61	27721.	6.66	.00
443E218	-443J997	190.	3.	1.35	27725.	6.65	.00
443J997	-443E221	190.	3.	1.35	27723.	6.66	.01
443E221	-443E222	190.	2.	.90	27721.	6.66	.00
443E222	-443P168	190.	1.	.45	27721.	6.66	.00
443E222	-443P170	140.	1.	.61	27721.	6.66	.00
443E221	-443P169	140.	1.	.61	27722.	6.66	.00
443E217	-443P108	190.	1.	.72	27730.	6.63	.00
443E216	-443P115	190.	1.	.45	27730.	6.63	.00
443E214	-443P117	190.	1.	.45	27731.	6.63	.00

443E564	-443P623	140.	1.	.61	27734.	6.62	.00
443E215	-443P116	190.	1.	.45	27737.	6.61	.00
443E552	-443P574	140.	1.	.61	27743.	6.59	.00
443E469	-443E470	140.	1.	.74	27810.	6.36	.00
443E470	-443P477	140.	1.	.74	27810.	6.36	.00
443E212	-443J977	140.	4.	3.19	27837.	6.27	.01
443J977	-443E211	140.	4.	3.19	27836.	6.28	.01
443E211	-443E437	190.	3.	1.81	27835.	6.28	.01
443E437	-443E413	190.	3.	1.35	27834.	6.28	.00
443E413	-443E563	190.	2.	.90	27833.	6.29	.00
443E563	-443P53	190.	1.	.45	27833.	6.29	.00
443E563	-443P620	140.	1.	.61	27832.	6.29	.00
443E413	-443P469	270.	1.	.32	27833.	6.29	.00
443E437	-443P487	140.	1.	.61	27835.	6.28	.00
443E211	-443P369	140.	1.	.74	27836.	6.28	.00
443E212	-443P52	270.	100.	36.99	27823.	6.32	1.94
443P52	-443J1015	270.	99.	36.68	27770.	6.50	6.93
443J1015	-443E235	270.	99.	36.68	27711.	6.70	7.56
443E235	-443J886	140.	8.	5.70	27708.	6.71	.04
443J886	-443E390	140.	8.	5.70	27706.	6.72	.04
443E390	-443E391	140.	7.	5.09	27703.	6.72	.03
443E391	-443E386	140.	6.	4.47	27701.	6.73	.02
443E386	-443E236	140.	4.	2.51	27700.	6.74	.01
443E236	-443P118	140.	2.	1.53	27699.	6.74	.00
443E236	-443P119	140.	1.	.98	27699.	6.74	.00
443E386	-443J1013	140.	3.	1.96	27699.	6.74	.01
443J1013	-443E572	140.	3.	1.96	27699.	6.74	.00
443E572	-443P457	140.	1.	.98	27698.	6.74	.00
443E572	-443P626	140.	1.	.98	27696.	6.75	.01
443E391	-443P455	140.	1.	.61	27703.	6.72	.00
443E390	-443P451	140.	1.	.61	27705.	6.72	.00
443E235	-443E237	270.	91.	33.72	27704.	6.72	.86
443E237	-443E244	270.	79.	29.40	27677.	6.81	2.81
443E244	-443E241	270.	75.	27.81	27667.	6.85	.98
443E241	-443E242	270.	72.	26.54	27659.	6.87	.69
443E242	-443E399	270.	66.	24.57	27635.	6.95	2.15
443E399	-443E243	270.	65.	24.25	27633.	6.96	.15
443E243	-443E247	270.	65.	24.09	27631.	6.97	.18
443E247	-443E250	270.	61.	22.41	27612.	7.03	1.45
443E250	-443E251	270.	52.	19.17	27606.	7.05	.46
443E251	-443E245	270.	49.	18.22	27600.	7.07	.37
443E245	-443E246	270.	47.	17.26	27597.	7.08	.15
443E246	-443E252	270.	46.	17.10	27589.	7.11	.50
443E252	-443E253	270.	40.	14.91	27582.	7.13	.37
443E253	-443E518	270.	40.	14.71	27571.	7.17	.57
443E518	-443E254	270.	38.	14.08	27570.	7.17	.06
443E254	-443J974	270.	29.	10.58	27569.	7.17	.02
443J974	-443E255	270.	29.	10.58	27549.	7.24	.74
443E255	-443E256	270.	28.	10.33	27548.	7.25	.06
443E256	-443E257	140.	3.	2.21	27547.	7.25	.00
443E257	-443P156	140.	2.	1.23	27547.	7.25	.00
443E257	-443P374	140.	1.	.98	27547.	7.25	.00
443E256	-443E601	270.	25.	9.18	27543.	7.26	.16
443E601	-443E258	270.	24.	8.80	27513.	7.36	.91
443E258	-443E547	270.	23.	8.48	27509.	7.38	.12
443E547	-443E259	270.	22.	8.17	27505.	7.39	.11
443E259	-443E456	190.	4.	2.03	27502.	7.40	.02
443E456	-443P360	190.	0.	.23	27502.	7.40	.00

443E456	-443P71	140.	3.	2.45	27497.	7.42	.03
443E259	-443J962	190.	18.	9.57	27503.	7.40	.05
443J962	-443E262	190.	18.	9.57	27496.	7.42	.21
443E262	-443E263	190.	16.	8.67	27493.	7.43	.07
443E263	-443E264	190.	8.	4.15	27492.	7.43	.02
443E264	-443E265	190.	7.	3.43	27489.	7.45	.03
443E265	-443E573	140.	4.	3.06	27487.	7.45	.01
443E573	-443E533	140.	3.	2.45	27486.	7.45	.01
443E533	-443P427	140.	1.	.49	27486.	7.45	.00
443E533	-443P605	140.	3.	1.96	27484.	7.46	.01
443E573	-443P327	140.	1.	.61	27487.	7.45	.00
443E265	-443P172	190.	1.	.45	27488.	7.45	.00
443E265	-443P583	140.	1.	.98	27489.	7.45	.00
443E264	-443P173	140.	1.	.98	27491.	7.44	.00
443E263	-443J915	140.	9.	6.13	27492.	7.43	.01
443J915	-443E592	140.	9.	6.13	27488.	7.45	.07
443E592	-443P297	198.	4.	2.17	27488.	7.45	.00
443E592	-443P634	140.	4.	3.06	27488.	7.45	.00
443E262	-443P328	140.	1.	.61	27496.	7.42	.00
443E262	-446P134	140.	1.	.61	27494.	7.43	.00
443E547	-443P613	140.	1.	.61	27508.	7.38	.00
443E258	-443P329	140.	1.	.61	27513.	7.36	.00
443E601	-443P656	140.	1.	.74	27543.	7.26	.00
443E255	-443P104	140.	1.	.49	27549.	7.24	.00
443E254	-443J975	190.	9.	4.97	27569.	7.17	.01
443J975	-443E266	190.	9.	4.97	27566.	7.19	.05
443E266	-443E267	190.	8.	4.24	27563.	7.20	.04
443E267	-443E268	190.	7.	3.79	27561.	7.20	.01
443E268	-443E447	190.	2.	1.08	27556.	7.22	.02
443E447	-443J1008	190.	1.	.63	27556.	7.22	.00
443J1008	-443E527	190.	1.	.63	27556.	7.22	.00
443E527	-443P130	190.	0.	.18	27556.	7.22	.00
443E527	-443P598	140.	1.	.61	27555.	7.22	.00
443E447	-443P510	140.	1.	.61	27555.	7.22	.00
443E268	-443J973	190.	5.	2.71	27560.	7.20	.01
443J973	-443E269	190.	5.	2.71	27556.	7.22	.03
443E269	-443E270	190.	4.	2.26	27553.	7.23	.02
443E270	-443E271	190.	3.	1.35	27552.	7.23	.01
443E271	-443P121	190.	1.	.45	27552.	7.23	.00
443E271	-443P129	190.	1.	.45	27552.	7.23	.00
443E271	-443P636	140.	1.	.61	27552.	7.23	.00
443E270	-443P120	190.	1.	.45	27553.	7.23	.00
443E270	-443P612	140.	1.	.61	27553.	7.23	.00
443E269	-443P131	190.	1.	.45	27556.	7.22	.00
443E267	-443P372	140.	1.	.61	27563.	7.20	.00
443E266	-443P376	140.	1.	.98	27566.	7.19	.00
443E518	-443P545	198.	2.	.87	27571.	7.17	.00
443E253	-443P112	140.	1.	.39	27582.	7.13	.00
443E252	-443J904	190.	5.	2.39	27589.	7.11	.00
443J904	-443P6	190.	5.	2.39	27587.	7.11	.01
443E252	-443P337	140.	1.	.98	27589.	7.11	.00
443E246	-443P7	190.	0.	.23	27597.	7.08	.00
443E245	-443E546	140.	3.	1.84	27600.	7.07	.00
443E546	-443P276	140.	0.	.31	27600.	7.07	.00
443E546	-443P507	140.	2.	1.53	27599.	7.07	.00
443E251	-443E529	140.	3.	1.84	27605.	7.05	.00
443E529	-443E530	140.	2.	1.23	27605.	7.06	.00
443E530	-443P373	140.	1.	.61	27604.	7.06	.00

443E530	-443P599	140.	1.	.61	27605.	7.06	.00
443E529	-443P601	140.	1.	.61	27604.	7.06	.00
443E250	-443E497	140.	8.	5.64	27611.	7.04	.02
443E497	-443P111	140.	7.	4.90	27610.	7.04	.01
443P111	-443P645	198.	3.	1.73	27609.	7.04	.00
443E497	-443P567	140.	1.	.74	27611.	7.04	.00
443E250	-443P453	198.	1.	.43	27612.	7.03	.00
443E247	-443P55	140.	5.	3.25	27631.	6.97	.00
443P55	-443E248	140.	2.	1.72	27629.	6.97	.00
443E248	-443J914	140.	2.	1.23	27629.	6.97	.00
443J914	-443E249	140.	2.	1.23	27629.	6.97	.00
443E249	-443P34	140.	1.	.61	27629.	6.97	.00
443E249	-443P396	140.	1.	.61	27629.	6.97	.00
443E248	-443P5	140.	1.	.49	27629.	6.97	.00
443E243	-443P85	140.	0.	.31	27633.	6.96	.00
443E399	-443P428	140.	1.	.61	27635.	6.95	.00
443E242	-443P256	140.	5.	3.80	27659.	6.87	.00
443P256	-443P439	230.	3.	1.38	27659.	6.87	.00
443P439	-443P424	230.	2.	.93	27659.	6.87	.00
443E241	-443J917	140.	3.	2.45	27667.	6.85	.00
443J917	-443P54	140.	3.	2.45	27666.	6.85	.00
443E244	-443P4	140.	4.	3.06	27677.	6.81	.00
443E237	-443J952	270.	12.	4.32	27704.	6.72	.00
443J952	-443E596	270.	12.	4.32	27683.	6.79	.31
443E596	-443E350	270.	10.	3.81	27680.	6.80	.05
443E350	-443E238	270.	9.	3.24	27668.	6.84	.13
443E238	-443P219	190.	1.	.72	27668.	6.84	.00
443E238	-443E239	270.	7.	2.73	27663.	6.86	.06
443E239	-443P386	140.	1.	.49	27662.	6.86	.00
443E239	-443E240	140.	7.	4.78	27662.	6.86	.00
443E240	-443J892	140.	5.	3.80	27660.	6.87	.02
443J892	-443E377	140.	5.	3.80	27658.	6.87	.02
443E377	-443E488	270.	4.	1.65	27657.	6.88	.01
443E488	-443E565	140.	4.	2.57	27656.	6.88	.00
443E565	-443E378	140.	3.	1.96	27652.	6.90	.02
443E378	-443P434	270.	1.	.51	27652.	6.90	.00
443E378	-443P435	140.	1.	.98	27651.	6.90	.00
443E565	-443P625	140.	1.	.61	27656.	6.88	.00
443E488	-443P556	140.	1.	.61	27657.	6.88	.00
443E377	-443P216	140.	1.	.61	27658.	6.87	.00
443E240	-443E460	270.	1.	.51	27661.	6.86	.00
443E460	-441P1118	140.	1.	.98	27661.	6.86	.00
443E350	-443J1002	140.	2.	1.10	27680.	6.80	.00
443J1002	-443E569	140.	2.	1.10	27679.	6.80	.00
443E569	-443P534	140.	1.	.49	27679.	6.81	.00
443E569	-443P630	140.	1.	.61	27678.	6.81	.00
443E596	-443P652	140.	1.	.98	27678.	6.81	.01
443E587	-443P643	140.	3.	2.45	28060.	5.52	.00
443E209	-443J976	140.	3.	2.02	28098.	5.40	.00
443J976	-443E210	140.	3.	2.02	28097.	5.40	.00
443E210	-443P383	140.	1.	.49	28097.	5.40	.00
443E210	-443P51	140.	2.	1.53	28092.	5.41	.02
443E586	-443P644	140.	1.	.74	28177.	5.13	.00
443E207	-443J908	270.	4.	1.49	28303.	4.70	.00
443J908	-443E428	190.	4.	2.12	28303.	4.70	.00
443E428	-443E208	190.	3.	1.44	28303.	4.70	.00
443E208	-443P390	190.	1.	.72	28303.	4.70	.00
443E208	-443P391	140.	1.	.98	28303.	4.70	.00

443E428	-443J879	140.	1.	.92	28303.	4.70	.00
443J879	-443E429	140.	1.	.92	28303.	4.70	.00
443E429	-443E430	140.	1.	.61	28302.	4.71	.00
443E430	-443P498	140.	0.	.31	28302.	4.71	.00
443E430	-443P499	140.	0.	.31	28302.	4.71	.00
443E429	-443P500	140.	0.	.31	28303.	4.70	.00
443E206	-443P145	153.	5.	3.53	28480.	4.11	.00
443E204	-443J928	118.	4.	3.56	28513.	4.00	.00
443J928	-443E205	118.	4.	3.56	28513.	4.00	.00
443E205	-443E431	118.	4.	2.98	28511.	4.00	.01
443E431	-443E589	140.	3.	2.21	28511.	4.00	.00
443E589	-443P404	140.	2.	1.23	28510.	4.01	.00
443E589	-443P509	140.	1.	.98	28511.	4.00	.00
443E431	-443P501	140.	0.	.31	28511.	4.00	.00
443E205	-443P296	140.	1.	.49	28513.	4.00	.00
443E202	-443P143	140.	1.	.98	28544.	3.89	.00
443E446	-443J871	140.	1.	.61	28588.	3.74	.00
443J871	-443P511	140.	1.	.61	28587.	3.75	.00
443E436	-443E583	140.	5.	3.43	29191.	1.71	.00
443E583	-443J875	140.	3.	2.45	29191.	1.71	.00
443J875	-443E594	140.	3.	2.45	29191.	1.71	.00
443E594	-443P588	140.	1.	.49	29191.	1.71	.00
443E594	-443P649	140.	3.	1.96	29186.	1.73	.02
443E583	-443P496	140.	1.	.98	29191.	1.71	.00
443E195	-443J964	140.	12.	8.46	29284.	1.40	.01
443J964	-443E196	140.	12.	8.46	29273.	1.44	.23
443E196	-443E197	140.	6.	4.17	29271.	1.45	.02
443E197	-443E198	140.	5.	3.68	29270.	1.45	.01
443E198	-443E359	140.	4.	3.19	29268.	1.45	.01
443E359	-443J918	190.	3.	1.58	29268.	1.45	.00
443J918	-443E360	140.	3.	2.14	29268.	1.46	.00
443E360	-443P412	140.	1.	.61	29267.	1.46	.00
443E360	-443P413	140.	2.	1.53	29267.	1.46	.00
443E359	-443P285	140.	0.	.31	29268.	1.45	.00
443E359	-443P508	140.	1.	.74	29267.	1.46	.00
443E198	-443P394	140.	1.	.49	29270.	1.45	.00
443E197	-443P286	140.	1.	.49	29270.	1.45	.00
443E196	-443E403	140.	6.	4.29	29272.	1.44	.01
443E403	-443P33	140.	2.	1.23	29272.	1.44	.00

44

1PROGRAM CEDRA1

ETUDE SCHEMA DIRECTEURT-OUZOU TALA GUILF IP=36.9A

-----  
- PARAMETERS  
-----

PLANNING PERIOD FROM 2011 THRU 2011		MINIMAL POWER	
30.00 %			
NOMINAL VOLTAGE	29700.00	BREAKPOINT	500
VOLTAGE DROP IN PERCENT	90.00 %	LOAD DURATION	8760
VOLTAGE DROP % WHEN OUTAGE	90.00 %	COS. FI	
.900			
ALLOWED OVERLOAD WHEN OUTAGE	30.00 %	MAX. RESEARCH TIME	
20.000			
RESEARCH OPTION	1	TIME MULTIPL. FACT.	
.500			
TRACE	0	WRITE INPUT DATA	2
FULL CEDRA	0	TOTAL COMPUTING TIME	600.
SEC			
CEDRA WHEN OUTAGES	0	SWITCHING ACTIONS	1

ONETWORK STATISTICS

-----

0INJECTORS	1
LINES	115
ELEMENTS	115
NODES	116
FINAL LOAD/INIT.LOAD	1.00

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

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

ONODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
443H1C15	-443E2	270.	37.	13.67	29679.	.07	.99
443E2	-443E8	190.	33.	17.12	29673.	.09	.31
443E8	-443E9	190.	32.	16.84	29650.	.17	1.10
443E9	-443E548	270.	31.	11.65	29642.	.20	.36
443E548	-443E12	270.	31.	11.46	29630.	.24	.48
443E12	-443E11	190.	31.	16.10	29617.	.28	.56
443E11	-443E10	190.	30.	15.82	29606.	.32	.52
443E10	-443E13	190.	29.	15.12	29599.	.34	.28
443E13	-443E14	190.	28.	14.84	29589.	.37	.43
443E14	-443E425	190.	26.	13.94	29580.	.40	.36
443E425	-443E412	190.	26.	13.66	29573.	.43	.27
443E412	-443E15	190.	25.	13.38	29559.	.47	.54

443E15	-443E400	190.	8.	4.26	29559.	.47	.00
443E400	-443E16	190.	8.	3.98	29559.	.48	.00
443E16	-443E17	140.	1.	.38	29558.	.48	.00
443E17	-443P70	140.	1.	.38	29558.	.48	.00
443E16	-443J968	270.	7.	2.61	29553.	.49	.05
443J968	-443E18	270.	7.	2.61	29551.	.50	.02
443E18	-443E19	270.	3.	1.11	29547.	.51	.01
443E19	-443J948	190.	2.	1.01	29547.	.51	.00
443J948	-443E354	190.	2.	1.01	29546.	.52	.00
443E354	-443E20	190.	2.	.87	29544.	.53	.01
443E20	-443E21	190.	1.	.73	29543.	.53	.00
443E21	-443P322	190.	1.	.28	29543.	.53	.00
443E21	-443P324	190.	1.	.45	29543.	.53	.00
443E20	-443P306	140.	0.	.19	29544.	.53	.00
443E354	-443P397	140.	0.	.19	29546.	.52	.00
443E19	-443P113	270.	1.	.39	29546.	.52	.00
443E18	-443E538	190.	4.	2.13	29550.	.50	.00
443E538	-443E539	140.	1.	.99	29550.	.50	.00
443E539	-443J1009	140.	1.	.61	29550.	.50	.00
443J1009	-443P606	140.	1.	.61	29548.	.51	.00
443E539	-443P609	140.	1.	.38	29550.	.51	.00
443E538	-443J949	190.	3.	1.40	29550.	.50	.00
443J949	-443P222	190.	3.	1.40	29550.	.51	.00
443E400	-443J870	140.	1.	.38	29559.	.48	.00
443J870	-443P454	140.	1.	.38	29558.	.48	.00
443E15	-443J901	270.	17.	6.42	29559.	.48	.01
443J901	-443E346	270.	17.	6.42	29555.	.49	.10
443E346	-443E22	270.	17.	6.22	29553.	.49	.03
443E22	-443E23	270.	5.	2.01	29550.	.50	.02
443E23	-443E24	270.	5.	1.70	29549.	.51	.01
443E24	-443E25	270.	4.	1.50	29548.	.51	.01
443E25	-443E26	270.	2.	.71	29547.	.52	.00
443E26	-443E511	190.	1.	.73	29546.	.52	.00
443E511	-443P581	140.	1.	.38	29546.	.52	.00
443E511	-443P81	190.	1.	.45	29546.	.52	.00
443E26	-443P79	190.	1.	.28	29546.	.52	.00
443E25	-443P87	140.	2.	1.52	29547.	.51	.00
443E24	-443P77	270.	1.	.20	29549.	.51	.00
443E23	-443P76	190.	1.	.45	29550.	.50	.00
443E22	-443J921	190.	11.	5.98	29553.	.50	.00
443J921	-443E27	190.	11.	5.98	29532.	.56	.35
443E27	-443E343	190.	8.	4.35	29531.	.57	.02
443E343	-443E28	190.	4.	2.02	29530.	.57	.01
443E28	-443E358	190.	2.	.84	29530.	.57	.00
443E358	-443P410	140.	0.	.15	29530.	.57	.00
443E358	-443P558	140.	1.	.38	29530.	.57	.00
443E358	-443P88	190.	1.	.45	29530.	.57	.00
443E28	-443E525	190.	2.	1.18	29529.	.57	.00
443E525	-443E29	190.	2.	.90	29529.	.58	.00
443E29	-443P84	190.	1.	.45	29528.	.58	.00
443E29	-443P86	190.	1.	.45	29528.	.58	.00
443E525	-443P600	140.	1.	.38	29529.	.58	.00
443E343	-443E345	190.	4.	2.33	29527.	.58	.02
443E345	-443E363	190.	2.	1.21	29526.	.59	.01
443E363	-443E581	140.	2.	1.26	29525.	.59	.00
443E581	-443P423	140.	0.	.30	29525.	.59	.00
443E581	-443P587	198.	1.	.67	29525.	.59	.00
443E363	-443P80	190.	1.	.28	29525.	.59	.00

443E345	-443E555	140.	2.	1.52	29527.	.58	.00
443E555	-443E433	140.	1.	.76	29526.	.59	.00
443E433	-443P411	140.	1.	.38	29526.	.59	.00
443E433	-443P492	140.	1.	.38	29525.	.59	.00
443E555	-443P584	140.	1.	.76	29527.	.58	.00
443E27	-443E487	190.	3.	1.63	29532.	.56	.00
443E487	-443J874	140.	3.	1.83	29532.	.57	.00
443J874	-443E595	140.	3.	1.83	29532.	.57	.00
443E595	-443P651	198.	2.	.86	29532.	.57	.00
443E595	-443P82	140.	1.	.61	29532.	.57	.00
443E487	-443P557	140.	1.	.38	29532.	.56	.00
443E346	-443P563	140.	1.	.38	29554.	.49	.00
443E412	-443P475	140.	1.	.38	29573.	.43	.00
443E425	-443P504	140.	1.	.38	29580.	.40	.00
443E14	-443E426	140.	2.	1.22	29588.	.38	.00
443E426	-443P48	140.	1.	.61	29588.	.38	.00
443E426	-443P503	140.	1.	.61	29588.	.38	.00
443E13	-443P97	118.	1.	.45	29599.	.34	.00
443E10	-443P45	140.	1.	.95	29606.	.32	.00
443E11	-443P171	140.	1.	.38	29617.	.28	.00
443E12	-443P50	118.	0.	.28	29630.	.24	.00
443E548	-443P515	140.	1.	.38	29642.	.20	.00
443E9	-443P83	140.	1.	.38	29650.	.17	.00
443E8	-443P321	140.	1.	.38	29673.	.09	.00
443E2	-443J935	270.	4.	1.62	29679.	.07	.00
443J935	-443E535	270.	4.	1.62	29679.	.07	.00
443E535	-443E3	270.	4.	1.42	29675.	.09	.02
443E3	-443E4	270.	3.	1.07	29673.	.09	.00
443E4	-443E5	270.	2.	.87	29672.	.10	.01
443E5	-443E6	270.	2.	.67	29671.	.10	.00
443E6	-443E7	270.	1.	.47	29671.	.10	.00
443E7	-443E352	270.	1.	.28	29670.	.10	.00
443E352	-443P302	270.	0.	.08	29670.	.10	.00
443E352	-443P398	270.	1.	.20	29670.	.10	.00
443E7	-443P301	190.	1.	.28	29671.	.10	.00
443E6	-443P300	190.	1.	.28	29671.	.10	.00
443E5	-443P299	190.	1.	.28	29672.	.10	.00
443E4	-443P323	190.	1.	.28	29673.	.09	.00
443E3	-443E417	190.	1.	.50	29674.	.09	.00
443E417	-443P325	190.	1.	.28	29674.	.09	.00
443E417	-443P449	140.	0.	.30	29		

1PROGRAM CEDRA1

ETUDE SCHEMA DIRECTEUR-OUZOU TASSAFT IP=137 A

-----  
- PARAMETERS  
-----

PLANNING PERIOD FROM 2011 THRU 2011		MINIMAL POWER	
30.00 %			
NOMINAL VOLTAGE	29700.00	BREAKPOINT	500
VOLTAGE DROP IN PERCENT	90.00 %	LOAD DURATION	8760
VOLTAGE DROP % WHEN OUTAGE	90.00 %	COS. FI	
.900			
ALLOWED OVERLOAD WHEN OUTAGE	30.00 %	MAX. RESEARCH TIME	
20.000			
RESEARCH OPTION	1	TIME MULTIPL. FACT.	
.500			
TRACE	0	WRITE INPUT DATA	2
FULL CEDRA	0	TOTAL COMPUTING TIME	600.
SEC			
CEDRA WHEN OUTAGES	0	SWITCHING ACTIONS	1

0NETWORK STATISTICS

-----

0INJECTORS	1
LINES	215
ELEMENTS	215
NODES	216
FINAL LOAD/INIT.LOAD	1.00

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

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

0NODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
446H1C11	-446E144	300.	137.	45.67	29686.	.05	2.28
446E144	-446O1C1	300.	132.	43.99	29513.	.63	22.43
446O1C1	-446O1B1	300.	132.	43.99	29513.	.63	.04
446O1B1	-446O1C2	300.	132.	43.99	29512.	.63	.04
446O1C2	-446E257	270.	132.	48.88	29494.	.69	3.19
446E257	-446E145	270.	129.	47.67	29369.	1.11	20.90
446E145	-446J915	270.	10.	3.76	29369.	1.11	.00
446J915	-446E156	270.	10.	3.76	29369.	1.12	.01
446E156	-446E344	270.	9.	3.30	29364.	1.13	.05
446E344	-446E151	270.	8.	2.83	29360.	1.14	.04
446E151	-446E152	190.	6.	2.97	29360.	1.15	.01
446E152	-446E153	140.	3.	2.24	29359.	1.15	.00

446E153	-446E154	140.	2.	1.34	29359.	1.15	.00
446E154	-446P165	140.	1.	.90	29359.	1.15	.00
446E154	-446P166	140.	1.	.45	29359.	1.15	.00
446E153	-446P167	140.	1.	.90	29359.	1.15	.00
446E152	-446E155	190.	3.	1.32	29358.	1.15	.01
446E155	-446P168	140.	1.	.90	29357.	1.15	.00
446E155	-446P93	190.	1.	.66	29357.	1.15	.00
446E151	-446P19	118.	2.	1.70	29360.	1.14	.00
446E344	-446P282	140.	1.	.90	29364.	1.13	.00
446E156	-446P33	118.	1.	1.06	29368.	1.12	.00
446E145	-446J945	270.	17.	6.37	29369.	1.11	.01
446J945	-446E147	270.	17.	6.37	29349.	1.18	.46
446E147	-446J973	270.	3.	1.21	29348.	1.19	.00
446J973	-446E238	270.	3.	1.21	29348.	1.19	.00
446E238	-446E241	270.	3.	.98	29348.	1.19	.00
446E241	-446P2	153.	2.	1.31	29347.	1.19	.00
446E241	-446P257	270.	1.	.23	29347.	1.19	.00
446E238	-446P236	140.	1.	.45	29348.	1.19	.00
446E147	-446J997	270.	14.	5.16	29341.	1.21	.13
446J997	-446E347	270.	14.	5.16	29341.	1.21	.01
446E347	-446E148	270.	12.	4.41	29338.	1.22	.05
446E148	-446E149	153.	9.	5.74	29328.	1.25	.12
446E149	-446E203	190.	6.	2.97	29328.	1.25	.00
446E203	-446E150	190.	3.	1.58	29326.	1.26	.01
446E150	-446P209	140.	2.	1.08	29326.	1.26	.00
446E150	-446P36	190.	2.	.79	29326.	1.26	.00
446E203	-446J949	270.	3.	.98	29328.	1.25	.00
446J949	-446E269	270.	3.	.98	29327.	1.25	.00
446E269	-446P213	270.	1.	.23	29327.	1.26	.00
446E269	-446P303	140.	2.	1.43	29327.	1.26	.00
446E149	-446P3	153.	3.	2.05	29328.	1.25	.00
446E148	-446P7	153.	3.	2.05	29333.	1.24	.02
446E347	-446P352	140.	2.	1.43	29337.	1.22	.01
446E145	-446J954	190.	101.	53.35	29360.	1.15	1.51
446J954	-446E157	190.	101.	53.35	29297.	1.36	9.50
446E157	-446E158	190.	99.	52.30	29230.	1.58	10.09
446E158	-446E146	270.	16.	5.90	29228.	1.59	.03
446E146	-446E159	270.	3.	.93	29228.	1.59	.00
446E159	-446P17	118.	1.	1.06	29228.	1.59	.00
446E159	-446P18	118.	1.	1.06	29228.	1.59	.00
446E146	-446J944	140.	13.	9.59	29221.	1.61	.15
446J944	-446E160	140.	13.	9.59	29220.	1.62	.03
446E160	-446E233	140.	3.	1.79	29219.	1.62	.00
446E233	-446P243	140.	1.	.90	29219.	1.62	.00
446E233	-446P244	140.	1.	.90	29219.	1.62	.00
446E160	-446E268	140.	10.	7.35	29217.	1.63	.05
446E268	-446P149	140.	4.	2.87	29215.	1.63	.01
446E268	-446P306	140.	6.	4.48	29213.	1.64	.03
446E160	-446P148	140.	1.	.45	29220.	1.62	.00
446E158	-446E161	190.	83.	43.91	29210.	1.65	2.44
446E161	-446E232	190.	83.	43.58	29182.	1.74	3.47
446E232	-446E162	190.	82.	43.25	29143.	1.87	4.80
446E162	-446E200	140.	7.	4.75	29142.	1.88	.01
446E200	-446E297	140.	4.	2.60	29142.	1.88	.00
446E297	-446P224	140.	1.	.45	29142.	1.88	.00
446E297	-446P263	140.	1.	.72	29142.	1.88	.00
446E297	-446P338	140.	2.	1.43	29142.	1.88	.00
446E200	-446P20	140.	3.	2.15	29142.	1.88	.00

446P20	-446P247	230.	2.	.65	29142.	1.88	.00
446E162	-446P4	190.	76.	39.75	29113.	1.98	3.49
446P4	-446E163	140.	75.	53.23	29080.	2.09	3.91
446E163	-446E181	140.	45.	32.08	29039.	2.23	3.05
446E181	-446E184	140.	38.	27.06	28990.	2.39	3.03
446E184	-446J975	190.	36.	18.88	28989.	2.39	.07
446J975	-446E288	190.	36.	18.88	28976.	2.44	.70
446E288	-446E185	190.	35.	18.22	28964.	2.48	.62
446E185	-446E186	270.	5.	1.95	28963.	2.48	.01
446E186	-446J977	270.	3.	1.21	28962.	2.48	.00
446J977	-446E283	270.	3.	1.21	28961.	2.49	.01
446E283	-446P150	270.	2.	.74	28960.	2.49	.00
446E283	-446P280	140.	1.	.90	28961.	2.49	.00
446E186	-446P169	190.	2.	1.06	28962.	2.48	.00
446E185	-446E187	190.	29.	15.45	28937.	2.57	1.17
446E187	-446E188	190.	13.	6.74	28937.	2.57	.01
446E188	-446J911	190.	12.	6.40	28936.	2.57	.01
446J911	-446E231	190.	12.	6.40	28934.	2.58	.03
446E231	-446E189	190.	10.	5.41	28933.	2.58	.02
446E189	-446E190	190.	8.	4.09	28929.	2.60	.04
446E190	-446E222	190.	3.	1.45	28929.	2.60	.00
446E222	-446P235	140.	1.	.90	28929.	2.60	.00
446E222	-446P83	190.	2.	.79	28929.	2.60	.00
446E190	-446P94	140.	5.	3.58	28929.	2.60	.01
446E189	-446P82	190.	3.	1.32	28933.	2.58	.00
446E231	-446E294	140.	2.	1.34	28934.	2.58	.00
446E294	-446P238	140.	1.	.45	28933.	2.58	.00
446E294	-446P322	140.	1.	.90	28934.	2.58	.00
446E188	-446P187	140.	1.	.45	28937.	2.57	.00
446E187	-446E191	190.	14.	7.53	28928.	2.60	.20
446E191	-446E193	190.	11.	5.81	28905.	2.68	.39
446E193	-446J947	190.	10.	5.15	28901.	2.69	.05
446J947	-446E194	190.	10.	5.15	28897.	2.70	.07
446E194	-443P101	190.	1.	.66	28896.	2.71	.00
446E194	-446E195	190.	9.	4.49	28890.	2.73	.09
446E195	-443P106	140.	1.	.90	28890.	2.73	.00
446E195	-446E196	190.	7.	3.83	28880.	2.76	.10
446E196	-443P93	190.	1.	.66	28879.	2.76	.00
446E196	-446E197	190.	6.	3.17	28879.	2.77	.01
446E197	-443P94	140.	1.	.90	28879.	2.77	.00
446E197	-446E198	190.	5.	2.51	28875.	2.78	.02
446E198	-443P98	190.	1.	.66	28875.	2.78	.00
446E198	-446E216	190.	4.	1.85	28874.	2.78	.01
446E216	-443E372	190.	3.	1.32	28872.	2.79	.01
443E372	-443P100	190.	1.	.66	28871.	2.79	.00
443E372	-443P99	190.	1.	.66	28872.	2.79	.00
446E216	-446P35	190.	1.	.53	28874.	2.78	.00
446E193	-446P188	140.	1.	.90	28904.	2.68	.00
446E191	-446J919	270.	3.	1.21	28928.	2.60	.00
446J919	-446E192	270.	3.	1.21	28925.	2.61	.01
446E192	-446P97	270.	1.	.46	28924.	2.61	.00
446E192	-446P98	270.	2.	.74	28924.	2.61	.00
446E187	-446J910	190.	2.	1.19	28937.	2.57	.00
446J910	-446E300	190.	2.	1.19	28936.	2.57	.01
446E300	-446P325	140.	1.	.90	28936.	2.57	.00
446E300	-446P81	190.	1.	.53	28935.	2.58	.00
446E288	-446P273	140.	1.	.90	28975.	2.44	.00
446E184	-446P26	140.	2.	1.43	28988.	2.40	.00

446E181	-446J965	270.	7.	2.60	29039.	2.23	.00
446J965	-446E201	270.	7.	2.60	29038.	2.23	.01
446E201	-446E182	270.	6.	2.14	29037.	2.23	.00
446E182	-446E183	140.	5.	3.23	29035.	2.24	.02
446E183	-446E202	140.	3.	2.33	29033.	2.24	.01
446E202	-446P216	140.	2.	1.43	29032.	2.25	.00
446E202	-446P87	140.	1.	.90	29033.	2.25	.00
446E183	-446P88	140.	1.	.90	29034.	2.24	.00
446E182	-446P90	270.	1.	.46	29037.	2.23	.00
446E201	-446P215	140.	1.	.90	29038.	2.23	.00
446E163	-446J917	270.	30.	10.97	29080.	2.09	.03
446J917	-446E164	270.	30.	10.97	29056.	2.17	.92
446E164	-446E165	270.	3.	.93	29055.	2.17	.00
446E165	-446P109	270.	1.	.46	29055.	2.17	.00
446E165	-446P96	270.	1.	.46	29055.	2.17	.00
446E164	-446J918	270.	27.	10.04	29047.	2.20	.30
446J918	-446E166	270.	27.	10.04	29039.	2.23	.30
446E166	-446E167	270.	26.	9.57	29026.	2.27	.42
446E167	-446E236	270.	26.	9.57	29025.	2.27	.06
446E236	-446E168	270.	25.	9.11	29023.	2.28	.06
446E168	-446E169	270.	23.	8.36	29011.	2.32	.33
446E169	-446E213	270.	7.	2.56	29005.	2.34	.06
446E213	-446E299	140.	6.	4.03	28998.	2.36	.07
446E299	-446E170	140.	4.	3.14	28998.	2.36	.00
446E170	-446J952	140.	4.	2.69	28997.	2.37	.00
446J952	-446E172	140.	4.	2.69	28997.	2.37	.00
446E172	-446E171	140.	3.	1.79	28988.	2.40	.03
446E171	-446P203	140.	1.	.90	28988.	2.40	.00
446E171	-446P205	140.	1.	.90	28988.	2.40	.00
446E172	-446P204	140.	1.	.90	28997.	2.37	.00
446E170	-446P202	140.	1.	.45	28998.	2.36	.00
446E299	-446P324	140.	1.	.90	28997.	2.37	.00
446E213	-446P95	140.	1.	.90	29005.	2.34	.00
446E169	-446J996	190.	16.	8.25	29011.	2.32	.01
446J996	-446E237	190.	16.	8.25	28994.	2.38	.39
446E237	-446E323	190.	15.	7.73	28987.	2.40	.16
446E323	-446E173	190.	13.	6.67	28981.	2.42	.12
446E173	-446E174	190.	11.	6.01	28975.	2.44	.10
446E174	-446J983	270.	10.	3.76	28975.	2.44	.00
446J983	-446E175	270.	10.	3.76	28974.	2.44	.01
446E175	-446E176	270.	5.	1.67	28971.	2.46	.02
446E176	-446E336	270.	3.	1.21	28970.	2.46	.00
446E336	-446P347	140.	2.	1.43	28970.	2.46	.00
446E336	-446P76	270.	1.	.46	28970.	2.46	.00
446E176	-446P75	140.	1.	.90	28970.	2.46	.00
446E175	-446E177	270.	6.	2.09	28968.	2.47	.05
446E177	-446E178	270.	2.	.70	28967.	2.47	.00
446E178	-446P119	270.	1.	.23	28966.	2.47	.00
446E178	-446P121	270.	1.	.46	28967.	2.47	.00
446E177	-446E179	270.	4.	1.39	28967.	2.47	.00
446E179	-446E180	270.	3.	.93	28966.	2.47	.00
446E180	-446P118	270.	1.	.46	28966.	2.47	.00
446E180	-446P132	270.	1.	.46	28966.	2.47	.00
446E179	-446P133	140.	1.	.90	28967.	2.47	.00
446E174	-446P101	190.	1.	.66	28975.	2.44	.00
446E173	-446P100	190.	1.	.66	28981.	2.42	.00
446E323	-446P328	140.	2.	1.43	28987.	2.40	.00
446E237	-446P255	140.	1.	.72	28994.	2.38	.00

446E168	-446P92	190.	2.	1.06	29023.	2.28	.00
446E236	-446J951	270.	1.	.46	29025.	2.27	.00
446J951	-446E302	270.	1.	.46	29024.	2.28	.00
446E302	-446E329	270.	1.	.23	29024.	2.28	.00
446E329	-446P223	270.	1.	.23	29024.	2.28	.00
446E302	-446P327	140.	1.	.45	29023.	2.28	.00
446E166	-446J992	190.	1.	.66	29039.	2.23	.00
446J992	-446P108	190.	1.	.66	29037.	2.23	.00
446E232	-446P237	140.	1.	.45	29182.	1.74	.00
446E161	-446P21	190.	1.	.33	29210.	1.65	.00
446E157	-446P164	140.	2.	1.43	29297.	1.36	.00
446E257	-446J931	140.	3.	2.33	29494.	.69	.00
446J931	-446E335	140.	3.	2.33	29491.	.70	.01
446E335	-446P234	140.	1.	.90	29490.	.71	.00
446E335	-446P346						

1PROGRAM CEDRA1

ETUDE SCHEMA DIRECTEURT-OUZOU SED IP =170A

-----  
- PARAMETERS  
-----

PLANNING PERIOD FROM 2011 THRU 2011		MINIMAL POWER	
30.00 %			
NOMINAL VOLTAGE	29700.00	BREAKPOINT	500
VOLTAGE DROP IN PERCENT	90.00 %	LOAD DURATION	8760
VOLTAGE DROP % WHEN OUTAGE	90.00 %	COS. FI	
.900			
ALLOWED OVERLOAD WHEN OUTAGE	30.00 %	MAX. RESEARCH TIME	
20.000			
RESEARCH OPTION	1	TIME MULTIPL. FACT.	
.500			
TRACE	0	WRITE INPUT DATA	2
FULL CEDRA	0	TOTAL COMPUTING TIME	600.
SEC			
CEDRA WHEN OUTAGES	0	SWITCHING ACTIONS	1

0NETWORK STATISTICS

-----

0INJECTORS	1
LINES	243
ELEMENTS	243
NODES	244
FINAL LOAD/INIT.LOAD	1.00

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

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

0NODE1 (KW)	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----
441H1C9	-441E439	270.	170.	62.96	29236.	1.56	103.01
441E439	-441J1037	270.	74.	27.53	29222.	1.61	1.30
441J1037	-441E438	270.	74.	27.53	29180.	1.75	4.12
441E438	-441J1029	270.	74.	27.53	29168.	1.79	1.18
441J1029	-441E444	270.	74.	27.53	28875.	2.78	28.39
441E444	-441E445	270.	73.	27.21	28808.	3.00	6.39
441E445	-441E446	270.	71.	26.37	28784.	3.08	2.23
441E446	-441E450	270.	64.	23.72	28750.	3.20	2.84
441E450	-441E451	190.	6.	3.35	28750.	3.20	.00
441E451	-441E452	190.	5.	2.89	28748.	3.21	.02
441E452	-441E905	190.	5.	2.52	28747.	3.21	.01
441E905	-441P1294	140.	4.	3.11	28740.	3.23	.05

441E905	-441P253	190.	0.	.23	28747.	3.21	.00
441E452	-441P567	140.	1.	.50	28748.	3.21	.00
441E451	-441P861	140.	1.	.62	28750.	3.20	.00
441E450	-441E453	140.	58.	41.20	28689.	3.41	5.81
441E453	-441E454	140.	54.	38.34	28646.	3.55	3.72
441E454	-441E455	153.	51.	33.60	28626.	3.62	1.58
441E455	-441E456	190.	4.	2.11	28625.	3.62	.00
441E456	-441P18	190.	1.	.46	28625.	3.62	.00
441E456	-441E870	190.	3.	1.65	28625.	3.62	.00
441E870	-441J835	190.	2.	1.19	28623.	3.63	.01
441J835	-441E457	190.	2.	1.19	28623.	3.63	.00
441E457	-441P19	140.	1.	.62	28623.	3.63	.00
441E457	-441P658	140.	1.	1.00	28623.	3.63	.00
441E870	-441P1267	140.	1.	.62	28624.	3.62	.00
441E455	-441E458	153.	47.	30.98	28603.	3.69	1.61
441E458	-441E459	270.	47.	17.23	28586.	3.75	1.04
441E459	-441E460	153.	45.	29.50	28571.	3.80	1.05
441E460	-441E461	153.	43.	28.08	28507.	4.02	4.22
441E461	-441E462	190.	7.	3.94	28506.	4.02	.01
441E462	-441J946	140.	7.	5.35	28503.	4.03	.04
441J946	-441E464	140.	7.	5.35	28503.	4.03	.00
441E464	-441P360	140.	1.	1.00	28502.	4.03	.00
441E464	-441P459	230.	6.	2.65	28502.	4.03	.01
441E461	-441E622	190.	32.	16.83	28499.	4.05	.38
441E622	-441E486	190.	31.	16.37	28475.	4.13	1.12
441E486	-441J927	190.	30.	15.64	28475.	4.13	.00
441J927	-441E487	190.	30.	15.64	28453.	4.20	.95
441E487	-441E463	190.	5.	2.75	28453.	4.20	.00
441E463	-441J864	270.	2.	.65	28453.	4.20	.00
441J864	-441E488	270.	2.	.65	28452.	4.20	.00
441E488	-441P1054	140.	1.	.62	28452.	4.20	.00
441E488	-441P1059	270.	1.	.32	28451.	4.20	.00
441E463	-441P47	190.	3.	1.83	28451.	4.21	.01
441E487	-441E650	190.	24.	12.89	28431.	4.27	.83
441E650	-441E489	190.	21.	11.14	28421.	4.31	.31
441E489	-441E490	190.	19.	10.23	28413.	4.33	.23
441E490	-441E491	190.	16.	8.39	28404.	4.36	.21
441E491	-441E492	190.	15.	7.93	28394.	4.40	.24
441E492	-441E493	190.	14.	7.48	28389.	4.41	.10
441E493	-441E495	190.	7.	3.76	28388.	4.42	.01
441E495	-441E496	190.	6.	3.03	28387.	4.42	.01
441E496	-441P265	190.	4.	2.29	28387.	4.42	.00
441E496	-441P96	140.	1.	1.00	28387.	4.42	.00
441E495	-441P398	140.	1.	1.00	28388.	4.42	.00
441E493	-441E733	190.	7.	3.71	28389.	4.42	.01
441E733	-441J928	190.	6.	3.26	28386.	4.42	.03
441J928	-441E494	190.	6.	3.26	28383.	4.44	.03
441E494	-441E595	190.	5.	2.52	28377.	4.45	.04
441E595	-441E594	190.	4.	2.06	28376.	4.46	.01
441E594	-441E781	140.	2.	1.24	28375.	4.46	.00
441E781	-441P1009	140.	1.	.62	28375.	4.46	.00
441E781	-441P886	140.	1.	.62	28375.	4.46	.00
441E594	-441P70	190.	2.	1.15	28375.	4.46	.00
441E595	-441P897	140.	1.	.62	28377.	4.46	.00
441E494	-441P11	190.	1.	.73	28382.	4.44	.00
441E733	-441P1117	270.	1.	.32	28388.	4.42	.00
441E492	-441P181	190.	1.	.46	28394.	4.40	.00
441E491	-441P900	140.	1.	.62	28404.	4.36	.00

441E490	-441P186	190.	3.	1.83	28412.	4.34	.00
441E489	-441P1063	140.	1.	.62	28421.	4.31	.00
441E489	-441P535	140.	1.	.62	28421.	4.31	.00
441E650	-441P990	230.	3.	1.44	28428.	4.28	.01
441E486	-441P648	140.	1.	1.00	28474.	4.13	.00
441E622	-441P935	270.	1.	.32	28498.	4.05	.00
441E461	-441P25	153.	3.	2.28	28506.	4.02	.00
441E460	-441P77	118.	2.	1.85	28571.	3.80	.00
441E459	-441P20	190.	1.	.73	28586.	3.75	.00
441E458	-441P12	190.	1.	.46	28603.	3.69	.00
441E454	-441P1253	140.	1.	1.00	28646.	3.55	.00
441E454	-441P22	190.	1.	.46	28646.	3.55	.00
441E453	-441E906	190.	4.	2.11	28688.	3.41	.01
441E906	-441P1295	140.	3.	1.87	28687.	3.41	.00
441E906	-441P69	190.	1.	.73	28686.	3.41	.00
441E446	-441J938	270.	7.	2.65	28784.	3.08	.00
441J938	-441E447	270.	7.	2.65	28776.	3.11	.07
441E447	-441E448	140.	2.	1.62	28776.	3.11	.00
441E448	-441P399	140.	1.	1.00	28776.	3.11	.00
441E448	-441P71	140.	1.	.62	28776.	3.11	.00
441E447	-441E722	270.	5.	1.81	28776.	3.11	.00
441E722	-441E449	270.	3.	1.29	28776.	3.11	.00
441E449	-441J939	140.	3.	1.87	28775.	3.11	.00
441J939	-441E663	190.	3.	1.38	28773.	3.12	.01
441E663	-441J935	270.	2.	.65	28772.	3.12	.00
441J935	-441E664	270.	2.	.65	28771.	3.13	.00
441E664	-441P977	140.	1.	.62	28771.	3.13	.00
441E664	-441P978	270.	1.	.32	28770.	3.13	.00
441E663	-441P21	190.	1.	.46	28773.	3.12	.00
441E449	-441P16	270.	1.	.32	28775.	3.12	.00
441E722	-441P1100	140.	1.	1.00	28776.	3.11	.00
441E445	-441P1255	140.	1.	.62	28808.	3.00	.00
441E445	-441P45	140.	1.	1.00	28808.	3.00	.00
441E444	-441P367	190.	1.	.46	28875.	2.78	.00
441E439	-445J913	190.	96.	50.35	29228.	1.59	1.08
445J913	-445E149	190.	96.	50.35	29218.	1.62	1.52
445E149	-445E150	190.	94.	49.67	29186.	1.73	4.48
445E150	-445E151	190.	94.	49.30	29109.	1.99	10.87
445E151	-445E153	190.	8.	4.13	29105.	2.00	.04
445E153	-445J991	270.	6.	2.39	29104.	2.01	.01
445J991	-445E154	270.	6.	2.39	29102.	2.01	.02
445E154	-445J993	270.	6.	2.07	29101.	2.02	.01
445J993	-445E155	270.	6.	2.07	29098.	2.03	.02
445E155	-445E173	270.	5.	1.74	29098.	2.03	.00
445E173	-445E156	270.	3.	1.23	29097.	2.03	.00
445E156	-445E302	270.	2.	.90	29097.	2.03	.00
445E302	-445P133	140.	1.	1.00	29097.	2.03	.00
445E302	-445P93	270.	1.	.39	29097.	2.03	.00
445E156	-445P96	140.	1.	.62	29097.	2.03	.00
445E173	-445P95	140.	1.	1.00	29097.	2.03	.00
445E155	-445P94	140.	1.	.62	29098.	2.03	.00
445E154	-445P202	140.	1.	.62	29102.	2.01	.00
445E153	-445P92	190.	1.	.73	29105.	2.00	.00
445E151	-445J992	190.	86.	45.17	29107.	2.00	.20
445J992	-445E182	270.	86.	31.79	29091.	2.05	1.85
445E182	-445P162	140.	1.	.62	29091.	2.05	.00
445E182	-445P169	270.	85.	31.47	29075.	2.10	1.71
445P169	-445E297	270.	78.	29.04	28988.	2.40	8.91

445E297	-445E300	270.	77.	28.40	28869.	2.80	11.96
445E300	-445E301	270.	72.	26.56	28642.	3.56	21.19
445E301	-445E144	270.	71.	26.24	28601.	3.70	3.78
445E144	-445P50	140.	1.	.62	28601.	3.70	.00
445E144	-445J928	270.	70.	25.91	28601.	3.70	.05
445J928	-445E143	270.	70.	25.91	28594.	3.72	.59
445E143	-445E140	190.	51.	26.78	28554.	3.86	2.96
445E140	-445J944	153.	48.	31.44	28545.	3.89	.68
445J944	-445O1C2	153.	48.	31.44	28483.	4.10	4.54
445O1C2	-445O1B1	153.	48.	31.44	28483.	4.10	.02
445O1B1	-445O1C3	153.	48.	31.44	28483.	4.10	.02
445O1C3	-445E313	153.	48.	31.44	28446.	4.22	2.69
445E313	-445E1	153.	44.	28.70	28357.	4.52	6.00
445E1	-445E2	153.	43.	27.79	28315.	4.66	2.71
445E2	-445E8	153.	33.	21.53	28311.	4.68	.20
445E8	-445P129	270.	32.	11.68	28291.	4.75	.84
445P129	-445E9	270.	31.	11.42	28278.	4.79	.49
445E9	-445E10	190.	30.	15.68	28272.	4.81	.28
445E10	-445J900	140.	16.	11.45	28271.	4.81	.02
445J900	-445E11	140.	16.	11.45	28258.	4.86	.35
445E11	-445E13	140.	8.	5.79	28254.	4.87	.05
445E13	-445P55	230.	8.	3.33	28253.	4.87	.02
445E13	-445P56	190.	0.	.23	28254.	4.87	.00
445E11	-445E308	140.	8.	5.66	28257.	4.86	.00
445E308	-445E14	140.	3.	2.37	28255.	4.86	.01
445E14	-445E15	190.	2.	1.19	28254.	4.87	.00
445E15	-445P145	190.	1.	.46	28254.	4.87	.00
445E15	-445P164	140.	1.	1.00	28254.	4.87	.00
445E14	-445P21	140.	1.	.75	28255.	4.86	.00
445E308	-445P20	140.	5.	3.30	28257.	4.86	.00
445E10	-445J908	153.	14.	9.00	28272.	4.81	.00
445J908	-445E16	153.	14.	9.00	28253.	4.87	.39
445E16	-445E17	153.	12.	8.09	28243.	4.91	.19
445E17	-445E18	153.	10.	6.66	28231.	4.94	.18
445E18	-445J909	190.	8.	4.22	28231.	4.95	.00
445J909	-445E19	190.	8.	4.22	28228.	4.96	.04
445E19	-445E20	190.	7.	3.76	28225.	4.97	.03
445E20	-445E21	140.	3.	2.05	28224.	4.97	.01
445E21	-445E293	140.	2.	1.74	28223.	4.97	.00
445E293	-445P2	140.	1.	1.00	28223.	4.97	.00
445E293	-445P7	140.	1.	.75	28223.	4.97	.00
445E21	-445P131	140.	0.	.31	28224.	4.97	.00
445E20	-445E22	190.	4.	2.25	28222.	4.97	.02
445E22	-445P132	190.	3.	1.51	28221.	4.98	.01
445E22	-445P73	190.	1.	.73	28222.	4.98	.00
445E19	-445P130	190.	1.	.46	28227.	4.96	.00
445E18	-445P8	118.	2.	1.85	28231.	4.94	.00
445E17	-445P9	118.	2.	1.85	28243.	4.91	.00
445E16	-445P13	153.	1.	.91	28252.	4.87	.00
445E9	-445J994	270.	1.	.39	28278.	4.79	.00
445J994	-445P90	230.	1.	.45	28278.	4.79	.00
445E8	-445P45	153.	1.	.91	28311.	4.68	.00
445E2	-445J995	190.	10.	5.04	28315.	4.66	.00
445J995	-445E3	190.	10.	5.04	28306.	4.69	.12
445E3	-445E4	140.	9.	6.22	28304.	4.70	.02
445E4	-445E5	140.	4.	3.11	28303.	4.71	.01
445E5	-445P185	140.	3.	2.49	28302.	4.71	.01
445E5	-445P187	140.	1.	.62	28303.	4.71	.00

445E4	-445J996	270.	4.	1.61	28303.	4.70	.00
445J996	-445E6	270.	4.	1.61	28301.	4.71	.01
445E6	-445E295	270.	3.	.97	28301.	4.71	.00
445E295	-445E198	270.	2.	.65	28301.	4.71	.00
445E198	-445P124	140.	1.	.62	28301.	4.71	.00
445E198	-445P125	140.	1.	.62	28301.	4.71	.00
445E295	-445P123	140.	1.	.62	28301.	4.71	.00
445E6	-445E7	270.	2.	.65	28301.	4.71	.00
445E7	-445P188	140.	1.	.62	28300.	4.71	.00
445E7	-445P189	140.	1.	.62	28299.	4.72	.00
445E3	-445P15	140.	1.	.62	28304.	4.70	.00
445E1	-445P44	153.	1.	.91	28357.	4.52	.00
445E313	-445J941	270.	4.	1.55	28446.	4.22	.00
445J941	-445E318	270.	4.	1.55	28445.	4.22	.01
445E318	-445P158	198.	3.	1.41	28445.	4.23	.00
445E318	-445P260	140.	1.	1.00	28445.	4.23	.00
445E140	-445J980	140.	3.	1.99	28554.	3.86	.00
445J980	-445E141	140.	3.	1.99	28554.	3.86	.00
445E141	-445P48	140.	1.	1.00	28554.	3.86	.00
445E141	-445P49	140.	1.	1.00	28554.	3.86	.00
445E143	-445E145	270.	19.	7.07	28579.	3.77	.37
445E145	-441P281	270.	9.	3.23	28575.	3.79	.05
445E145	-445J926	140.	10.	7.41	28579.	3.78	.01
445J926	-445E307	270.	10.	3.84	28579.	3.78	.00
445E307	-445E310	270.	8.	2.81	28576.	3.78	.02
445E310	-445E311	140.	1.	1.00	28575.	3.79	.00
445E311	-445P256	140.	1.	.50	28574.	3.79	.00
445E311	-445P257	140.	1.	.50	28575.	3.79	.00
445E310	-445E312	270.	6.	2.29	28573.	3.80	.03
445E312	-445E146	270.	5.	2.03	28560.	3.84	.09
445E146	-443P96	270.	4.	1.61	28557.	3.85	.02
445E146	-445J936	270.	1.	.42	28560.	3.84	.00
445J936	-445E306	270.	1.	.42	28560.	3.84	.00
445E306	-443P95	270.	1.	.26	28560.	3.84	.00
445E306	-445P98	140.	0.	.31	28560.	3.84	.00
445E312	-445P255	140.	1.	.50	28572.	3.80	.00
445E307	-445P157	140.	3.	1.99	28578.	3.78	.00
445E301	-445P51	270.	1.	.32	28642.	3.56	.00
445E300	-445J942	140.	5.	3.55	28868.	2.80	.01
445J942	-445E147	140.	5.	3.55	28857.	2.84	.08
445E147	-445J910	140.	4.	2.55	28856.	2.84	.01
445J910	-445E148	140.	4.	2.55	28856.	2.84	.00
445E148	-445P135	140.	1.	1.00	28854.	2.85	.00
445E148	-445P24	140.	2.	1.56	28855.	2.85	.00
445E147	-445P134	140.	1.	1.00	28857.	2.84	.00
445E297	-445P25	140.	2.	1.24	28986.	2.40	.01
445E150	-445P166	140.	1.	.50	29186.	1.73	.00
445E149	-445P161	140.	1.	.62	29217.	1.63	.00
445E149	-445P163	140.	0.	.31	29218.	1.62	.00

LONGUEUR DU DEPART : 89.1620 Km

-LONGUEUR DE L'INJECTEUR : 89.1620 Km

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 7.871  
OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 68946.564  
TOTAL LOSSES IN KW : 265. OR 3.37 %

DIMINUTION DES PERTES DUE A LA COMPENSATION .0 Kw1