

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



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

Mémoire de Fin d'Etudes MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Electrique

Spécialité : RESEAUX ELECTRIQUES

Présenté par
Mounir HACHOUD
Fariza TIBERRANINE

Thème

Etude de la Protection numérique SEPAM 2000 d'un réseau électrique HTA 30kv appliquée au départ BOUHINOUNE

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

M B.AIT MANGUELLET

M.A.A, Président

M Y.AZZOUG

M.A.A, Rapporteur

M^{elle} N.MEZIANE

Ingénieur, SONEGAS, Co rapporteur

M A.NAHI

M.A.A, Examineur

M M.AOUES

M.A.A, Examineur

Remerciements

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

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

Nos remerciements à tout le personnel de SONEGAS et surtout M^{elle} : N.MEZIANE qui nous a proposé ce thème et nous avoir guidé tout au long du travail.

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

Nous tenons enfin à remercier les enseignants qui ont contribué à notre formation, ainsi que les membres du jury qui nous feront l'honneur de jugé notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

☞ Mes chères parents qui sont sacrifiés durant tout mon cursus, afin que j'effectue dans les conditions les plus favorables, d'ailleurs je leurs témoigne ma profonde reconnaissance.

☞ A mes sœurs et mes frères.

☞ A toute ma famille.

☞ A mon meilleur amie Nassim .

☞ A Mounir avec qui j'ai eu l'honneur de partagé ce travail et sa famille.

☞ A mes amis et a tous ceux que j'aime et qui m'aiment et toute la promotion

ETH 2014.

FARIZA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

☞ Mes chères parents qui sont sacrifiés durant tout mon cursus, afin que j'effectue dans les conditions les plus favorables, d'ailleurs je leurs témoigne ma profonde reconnaissance.

☞ A ma sœur et mes frères.

☞ A toute ma famille.

☞ A Fariza avec qui j'ai eu l'honneur de partagé ce modeste travail et a sa famille.

☞ A mes chers amis et surtout a BELAID qui ma aidé énormément durant mon cursus.

☞ A tous les anciens de oued aissi

MOUNIR



Sommaire

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

I.1 Introduction.....	2
I.2 Structure générale des réseaux.....	2
I.2.1 Réseau de transport et d'interconnexion.....	2
I.2.2 Réseau de répartition	2
I.2.3 Réseau de distribution.....	3
I.3 Réseau moyenne tension.....	3
I.3.1 Structure des réseaux HTA souterrains	3
I.3.2 Structure des réseaux HTA aériens.....	3
I.3.2.1 Types des lignes aériennes	3
I.3.2.2 Composants d'une ligne aérienne	4
I.3.2.3 Propriétés des lignes de transport	5
I.4 Gamme des tensions utilisées par SONEGAS	5
I.5 Les postes de livraison HTA.....	5
I.5.1 Les postes de livraison HTA à comptage BT	6
I.5.2 Les postes préfabriqués.....	6
I.5.3 Les postes de livraison HTA à comptage HTB	7
I.6 Modes d'alimentation des postes de livraison HTA.....	7
I.6.1 Un jeu de barre avec source	8
I.6.2 Un jeu de barre sans couplage avec deux sources	8
I.6.3 Un jeu de barre avec couplage avec deux sources.....	9
I.6.4 Un jeu de barre sans couplage avec trois sources	9
I.6.5 Un jeu de barre avec couplage et trois sources d'alimentations	10

I.6.6 Source et départ en <<DUPLEX>>	10
I.6.7 Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources.....	11
I.6.8 Deux doubles jeux de barres couplés entre eux	12
I.6.9 Architecture des réseaux HTA.....	13
I.6.9.1 Radiale en simple antenne	13
I.6.9.2 Radiale en double antennes sans couplage	13
I.6.9.3 Radiale en double antennes avec couplage.....	14
I.6.9.4 En boucle	14
I.7 Conclusion	16

Chapitre II : La protection du réseau électrique

II.1 Introduction	17
II.2 Système de protection	17
II.3 Qualités fondamentales d'une protection électrique	17
II.3.1 Rapidité	17
II.3.2 Sureté	17
II.3.3 Sécurité	17
II.3.4 Fiabilité	17
II.3.5 Sélectivité	17
II.3.6 Sensibilité	17
II.3.7 Disponibilité	17
II.4 Les appareille de protection	18
II.4.1 Les disjoncteurs	18
II.4.1.1 Différents types de disjoncteurs	18
II.4.2 Les sectionneurs	20
II.4.2.1 Types de sectionneurs	21
II.4.3 Les parafoudres	22
II.4.3.1 Déférents type de parafoudres	22

II.4.4 Les éclateurs	23
II.4.5 Les interrupteurs.....	24
II.4.5.1 Définition des interrupteurs	24
II.4.5.2 Description de l'IACT	24
II.4.5.3 Description de l'IATCT	25
II.4.6 Relais de protection	26
II.4.6.1 Définition.....	26
II.5.6.2 Désignation d'un relais.....	26
II.4.6.3 Différents types des relais	27
II.5 Choix du régime de neutre	28
II.5.1 Neutre mis directement à la terre	28
II.5.2 Neutre mis à la terre par une résistance	29
II.5.3 Neutre mis à la terre par une réactance faible	29
II.5.4 Neutre mis à la terre par une réactance de compensation	30
II.6 La sélectivité des protections	30
II.6.1 Définition.....	30
II.6.2 Différents types de sélectivité	30
II.6.2.1 Sélectivité totale	30
II.6.2.2 Sélectivité partielle	31
II.6.2.3 Sélectivité ampérométrique	31
II.6.2.4 Sélectivité chronométrique	31
II.6.2.5 Sélectivité logique	32
II.7 Protection d'un réseau HTA.....	32
II.7.1 Protection des transformateurs	33
II.7.2 Protection des jeux de barres.....	33

II.7.2.1 Principe de protection à maximum de courant	34
II.7.2.2 Principe de protection à maximum de tension	34
II.7.2.3 Principe de la protection à minimum de tension	34
II.7.3 Protection d'un départ HTA	35
II.7.3.1 Protection contre les défauts entre phases	35
II.7.3.2 Protection contre les défauts entre phase et terre	36
II.8 Conclusion	36

Chapitre III : calcul des courants de court-circuit

III.1 Introduction	37
III.2 Défauts électrique.....	37
III.2.1 Définition d'un défaut	37
III.2.2 Origines des défauts	37
III.2.2.1 Défauts d'origine externe.....	37
III.2.2.2 Défauts d'origine interne.....	37
III.3 Différents types de défauts	38
III.3.1 Surintensité	38
III.3.1.1 Surcharge.....	38
III.3.1.2 Court-circuit	38
III.3.2 Surtensions	38
III.3.2.1 Surtensions de manœuvre	38
III.3.2.2 Sur tension atmosphériques	39
III.3.2.3 Surtension à fréquence industrielle	39
III.3.3 Le déséquilibre	39
III.4 Caractéristique de défauts	39
III.4.1 Leurs emplacements	39

III.4.2 Leurs durées	40
III.5 Conséquence de défauts	40
III.6 Utilité de calcul du courant de court-circuit	41
III. 7 Facteur influençant la valeur de l'intensité d'un courant du court-circuit	41
III.8 L'intensité d'un courant de court- circuit.....	42
III.9 Décomposition d'un système en composantes symétriques	42
III.10 Principe de l'impédance des composantes	44
III.11 Analyse des court- circuits	45
III.11.1 Les défauts monophasés.....	45
III.11.2 Les défauts biphasés	47
III.11.3 Les défauts triphasés	48
III.12 Méthode des valeurs réduites pour le calcul du courant de court- circuit	49
III.12.1 Définition.....	49
III.12.2 Impédance des éléments de réseau.....	50
III.12.2.1 Impédances directes (ou inverses).....	50
III.12.2.2 Impédance homopolaire.....	50
III.12.2.3 Impédance réduites des éléments constituant le réseau.....	51
III.12.3 Calcul des courants de court- circuit.....	53
III.12.3.1 Courant de court- circuit triphasé	53
III.12.3.2 Courant de court circuit biphasé.....	53
III.12.3.3 Courant de court- circuit monophasé	53
III.13 Conclusion	53

Chapitre VI : La gamme SEPAM 2000

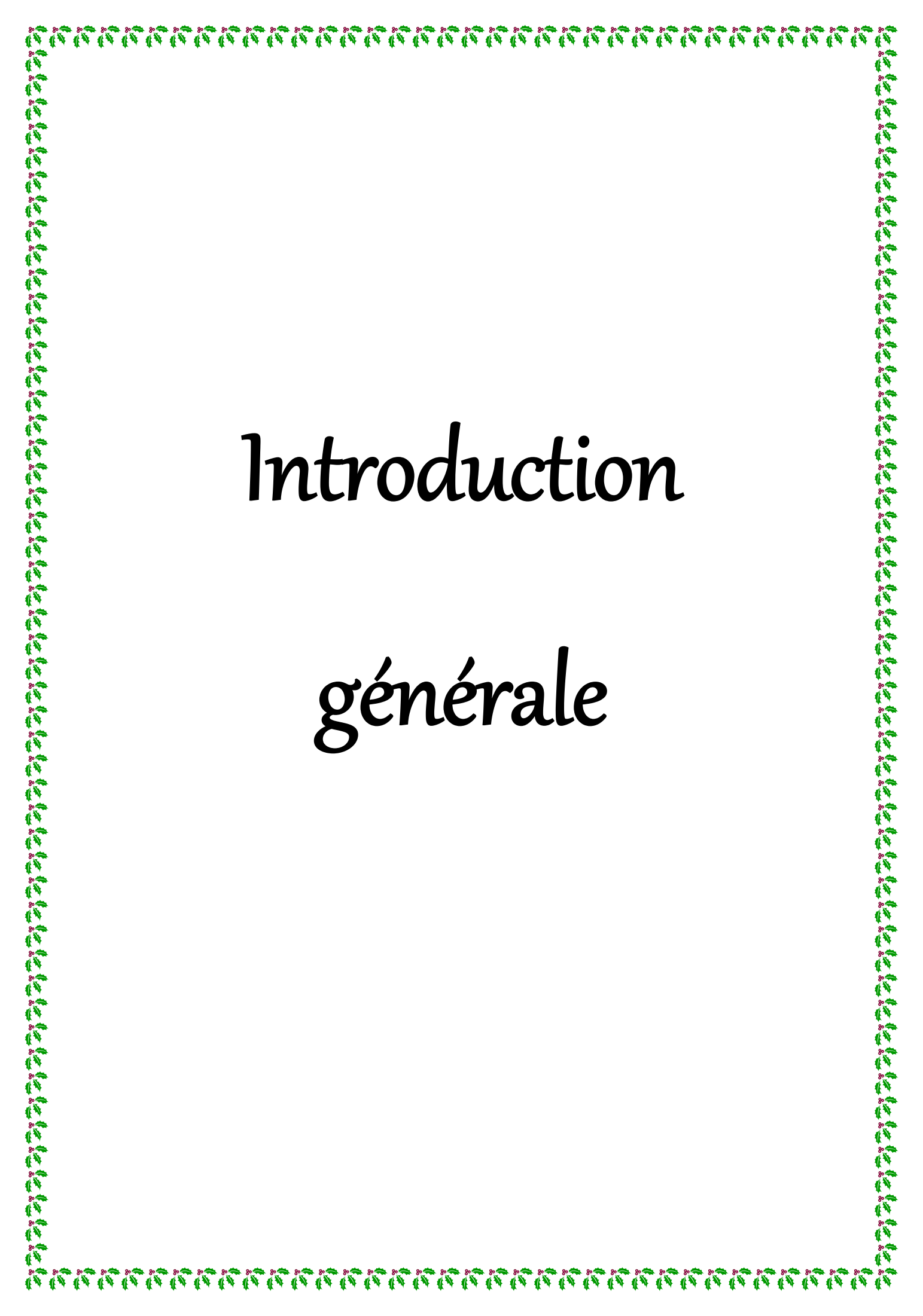
IV. 1 Introduction.....	54
IV.2 Définition des Sepam.....	54
IV.3 Les différents types de sepam.....	54
IV.4 Présentation de Sepam série 2000.....	54
IV.4.1 Description de Sepam série 2000.....	55
IV.4.2 Les accessoires de Sepam 2000	56
IV.4.2.1 Les accessoires fournis avec Le Sepam	56
IV.4.2.2 Les accessoires optionnels	58
IV.4.3 Principe de raccordement.....	60
IV.4.3.1 Raccordement des TC ou 5A	60
IV.4.3.2 Raccordement des micro-interrupteurs	60
IV.4.3.3 Positionnement des micro-interrupteurs	60
IV.4.3.4 Raccordement des entrées de tension	61
IV.4.3.5 Raccordement de trois TP	61
IV.4.3.6 Raccordement de l'alimentation et la prise de terre.....	62
IV.4.3.7 Raccordement des entrées et sorties logiques	62
IV.4.3.10 Raccordement du coupleur de communication Jbus/Modbus	63
IV.5 Les fonctions de Sepam 2000	63
IV.5.1 Fonction de mesure	63
IV.5.2 Fonction de protection	64
IV.6 Les avantages	67
IV.7 Conclusion	68

Chapitre V : Application

V.1 Introduction	69
------------------------	----

V.2 Données globales de réseau de TIZI OUZOU	69
V.3 Présentation de poste source 60/30 BOUKHALFA.....	69
V.3.1 Données physique du réseau	70
V.3.2 Longueurs des départs issus du BOUKHALFA.....	71
V.3.3 Départ 30KV BOUHINOUN	71
V.4 Application	71
V.4.1 Données techniques.....	72
V.4.2 Méthode de calcul	72
V.4.3 Choix de la valeur de base.....	73
V.4.4 Valeurs des impédances réduites.....	74
V.4.4.1 Composantes directes	74
V.4.4.2 Composantes homopolaires.....	74
V.4.5 Valeur des courants de court- circuit.....	75
V.4.5.1 Court- circuit triphasé	75
V.4.5.2 Court- circuit biphasé	77
V.4.5.3 Court- circuit monophasé	78
V.4.5.4 Récapitulatifs.....	80
V.5 Les caractéristiques de disjoncteur.....	80
V.6 Réglage de la SEPAM 2000.....	81

V.6.1 Réglage de protection de départ HTA.....	81
V.7 Conclusion.....	82
Conclusion générale	83



Introduction générale

Introduction générale

De nos jours, il est vraiment impossible d'envisager la vie sur terre sans l'énergie électrique.

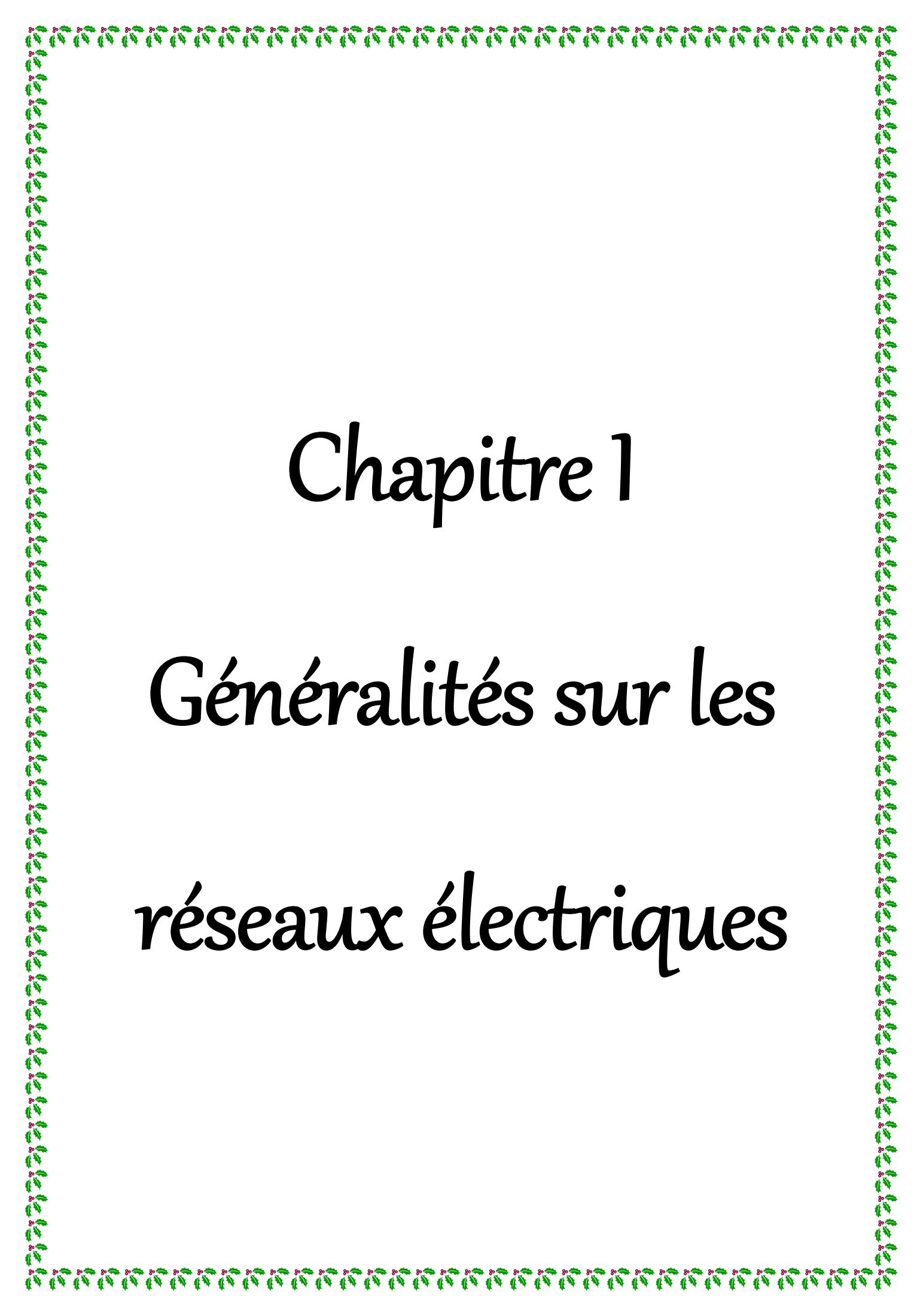
L'énergie électrique est devenue depuis la révolution industrielle une nécessité pour le développement des entreprises industrielles dans la quasi-totalité des pays. Or sa disponibilité ne dépend pas uniquement de sa production mais aussi des moyens de son transport et de sa distribution les quels sont les réseaux.

Un réseau est constitué par l'ensemble des appareils destinés à la production au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité depuis la centrale de générateur jusqu'aux maisons de campagne les plus éloignés.

Ce réseau, malgré tous les efforts déployés, sont souvent touchés par des perturbations qui peuvent mettre en danger le matériel, le personnel et affectent la qualité de service. D'où, la nécessité d'utiliser des dispositifs destinés à limiter les dommages et à isoler rapidement la partie avariée du réseau afin d'éviter la propagation du défaut qui privera d'énergie d'autres utilisateurs.

Notre objectif est d'étudier la protection et paramétrage d'un départ moyenne tension (HTA) par la sepam 2000 situé à BOUKHALFA, pour se faire, on a subdivisé notre travail en cinq chapitres, le premier chapitre traite des généralités sur les réseaux électriques. Le deuxième chapitre consiste à la représentation des moyens de protection d'un réseau. Le troisième chapitre est consacré au calcul des courants de défauts. Le quatrième chapitre constitué la présentation et les fonctions de la sepam 2000. Le dernier chapitre est une application qui consiste à calculer les courants de réglage quant va imposer sur la sepam 2000 dans le départ de BOUKHALFA

. Enfin, nous terminons par une conclusion générale.



Chapitre 1

Généralités sur les réseaux électriques

I.1 Introduction

Les sources de production d'énergie électrique, sont généralement éloignées des centres de consommation.

L'énergie est acheminée à grand distance par des liaisons électriques (simples conducteurs) à grand flux qui remplissent une fonction de transport. Il faut donc noter que ce transport est assez coûteux par les installations qu'il exige ainsi que par les pertes d'énergies sur les lignes.

Il faudra donc tenir compte de ces faits dans le prix de revient du kilowattheure, prix qui doit être le plus bas possible.

Pour faire face à ces aléas, on est amené à envisager multiples structures des réseaux à des niveaux de tensions différents et à des structures topologiques d'alimentation pouvant assurer un compromis entre le volet économique (sa mise en place et son entretien) et sa fiabilité.

Ces structures doivent être en mesure de protéger aussi bien le personnel que le maximum des circuits, ainsi que d'assurer une fourniture en énergie à fréquence stable.

I.2 Structure générale des réseaux [2]

Pour réaliser la liaison entre les centrales de production d'électricité et les centres de consommation, Il est utile de réaliser des lignes aériennes et des canalisations souterraines.

Ils sont raccordées à des nœuds appelés postes. Ces postes particulièrement importants, comportent habituellement des transformateurs avec dispositif de contrôle, de réglage, et de production. Les lignes qui relient les nœuds constituent les branches, ces dernières suivant le cas, disposent d'antennes ou de mailles.

Les compagnies d'électricité divisent leurs réseaux en trois grandes catégories :

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

I.2.1 Réseau de transport et d'interconnexion

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

La première mission est de collecter l'énergie fournie par les centres de production afin de l'acheminer vers les zones de consommation (fonction transport).

La deuxième mission est d'assurer les échanges d'énergie entre différentes régions et même avec les pays voisins (fonction d'interconnexion).

I.2.2 Réseau de répartition

Ce réseau qui comporte des lignes à haute tension joue le rôle d'intermédiaire entre le réseau de transport et le réseau de distribution. Il doit être en mesure de transiter plusieurs dizaines de (MW) sur quelques dizaines de kilomètre.

Ce réseau doit être particulièrement faible, aussi ses mailles sont beaucoup serrées que celle de réseau de transit.

I.2.3 Réseau de distribution

Il comporte les lignes et les poste de transformations servant à alimenter les clients.

Ce réseau est composé de deux parties :

- Les lignes moyennes tensions alimentées par postes HTB/HTA fournissent de l'énergie électrique, soit directement aux consommateurs importants, soit aux différents postes HTA/BT.
- Des lignes basses tensions qui alimentent les usagers, soit en monophasé, soit en triphasé.

I.3 Réseau moyenne tension [7]

I.3.1 Structure des réseaux HTA souterrains

Leur structure est à un seul ordre de ligne, la dorsale exploitée en boucle ouverte permettant la reprise éventuelle en cas d'incident (charge coupée et durée d'interruption plus élevée qu'en réseau aérien). Le réseau souterrain est à neutre non distribué, celui-ci étant mis à la terre au niveau des postes sources à travers une bobine de point neutre limitant ainsi le courant de défaut à 1000A.

I.3.2 Structure des réseaux HTA aérien

La structure du réseau HTA aérien est arborescente à deux ordres de ligne : dorsale et dérivation.

Des sous dérivations peuvent être utilisés pour alimenter des charges isolées ou pour regrouper sous même interrupteur à commande manuelle un ensemble de postes HTA/BT.

Cette structure destinée à desservir des zones à faible densité de charge est exploitée en radial. D'une façon générale le bouclage entre réseaux voisins ne doit pas être recherché sauf pour des contraintes d'exploitation justifiées.

Le réseau moyenne tension aérien est à neutre non distribué, celui-ci est mis à la terre au niveau des postes sources à travers une résistance limitant le courant de défaut à 3000A.

Des interrupteurs automatiques seront installés à l'endroit de dérivation pour permettre l'élimination de la dérivation en défaut. Leur installation se fera suivant l'importance, la probabilité d'incident sur la dérivation.

I.3.2 .1 Type de ligne aérienne [1]

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

- Puissance à transporter,
- Distance de transport,
- Coût,
- Esthétique, encombrement et facilité d'installation.

On distingue quatre types de lignes :

a- Ligne de distribution BT

Ce sont des lignes installées à l'intérieur des édifices, usines et domestique. Les lignes sont habituellement des câbles ou des barres omnibus fonctionnant à des tensions inférieures à 600V.

b- Ligne de distribution HTA

Ce sont des lignes qui relient les clients aux postes de transformation principaux de la compagnie de l'électricité. Leur tension est comprise entre 2.4KV et 69KV.

c- Lignes de transport HTB

Ce sont des lignes qui relient les postes de transformation principaux aux centrales de production. Les lignes fonctionnent généralement à des tensions inférieures à 230KV.

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

d- Les lignes de transport THT

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

I.3.2.2 Composants d'une ligne aérienne [1]

Une ligne de transport se compose de conducteurs, d'isolateurs et des supports :

a- Conducteurs

Les conducteurs des lignes aériennes à haute tension sont toujours nus. On emploie presque exclusivement des câbles en cuivre et des câbles en aluminium avec âme en acier, ces derniers sont généralement les plus économiques.

Les jonctions entre conducteurs doivent posséder une résistance faible. Ces joints sont ordinairement faits par compression d'un manchon de jonction.

b- Isolateurs

Les isolateurs servent à supporter et à amarrer les conducteurs et à les isoler entre eux à la terre. Ils sont presque toujours en verre.

Au point de vue électrique, les isolateurs doivent offrir une grande résistance d'isolement afin qu'ils ne soient ni contournés en surface, ni perforés à travers leur masse par les tensions élevées qu'ils ont à supporter normalement. Afin d'augmenter leur distances de contournement, on leur donne une forme de jupe.

Au point de vue mécanique, ils doivent être assez résistants pour supporter les forces énormes dues au poids des conducteurs.

C- Supports

Les supports maintiennent les conducteurs à une hauteur convenable au-dessus du sol par l'intermédiaire de traverses ou bras.

Pour les lignes de moins de 70 kV, on peut employer comme support des simples poteaux en bois ou en métal, pour des tensions supérieures, on emploie toujours des pylônes métalliques. Ils sont constitués par des fers corniers boulonnés.

I.3.2.3 Propriétés des lignes de transport

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

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

- la tension doit demeurer constante sur tout le long de la ligne et pour toutes les charges comprises entre zéro et la charge nominale.
- Les pertes doivent être faibles afin que la ligne possède un bon rendement.
- Les pertes joule ne doivent pas faire surchauffer les conducteurs.

I.4 Gamme des tensions utilisées par SONEGGAZ en Algérie [6]

La nouvelle norme en vigueur en Algérie (SONELGAZ) définit les niveaux des tensions alternatives comme suit :

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale (U _n en Volts)	
		Tension Alternative	Tension Continue
Très Basse Tension (TBT)		U _n ≤50	U _n ≤120
Basse Tension	BTA	50<U _n ≤500	120<U _n ≤750
	BTB	500<U _n ≤1000	750<U _n ≤1500
Haute Tension	HTA	1000<U _n ≤50000	1500<U _n ≤75000
	HTB	U _n >50000	U _n >75000

Tableau I.3 : Tableau de différente tension utilisée par SONEGGAZ

I.5 Les postes de livraison HTA [6]

Ils concernent généralement les puissances comprises entre 250kVA et 10MVA. Deux types de postes de livraison HTA existent selon que le comptage est effectué en BT ou en HTA.

I.5.1 Les poste de livraison HTA à comptage BT

Ils ne comportent qu'un seul transformateur dont le courant secondaire est inférieur ou égal à 2000 A, soit une puissance inférieure ou égale à 1250 kVA pour une tension composée de 400V.

- **Simple dérivation**

Le poste est alimenté par une dérivation du réseau de distribution.

- **Coupure d'artère**

L'alimentation est insérée en série sur la ligne HTB.

- **Double dérivations**

Le réseau HTB comporte deux câbles souterrains distincts en parallèle, le poste peut être alimenté par l'une ou l'autre de ces deux dérivations HTB.

I.5.2 Postes préfabriqués

Les postes de distribution sont souvent réalisés dans des bâtiments. Dans le domaine des postes HTA - BT, certains constructeurs proposent des installations préfabriquées "prêtes à l'emploi" (voir illustration ci-contre)

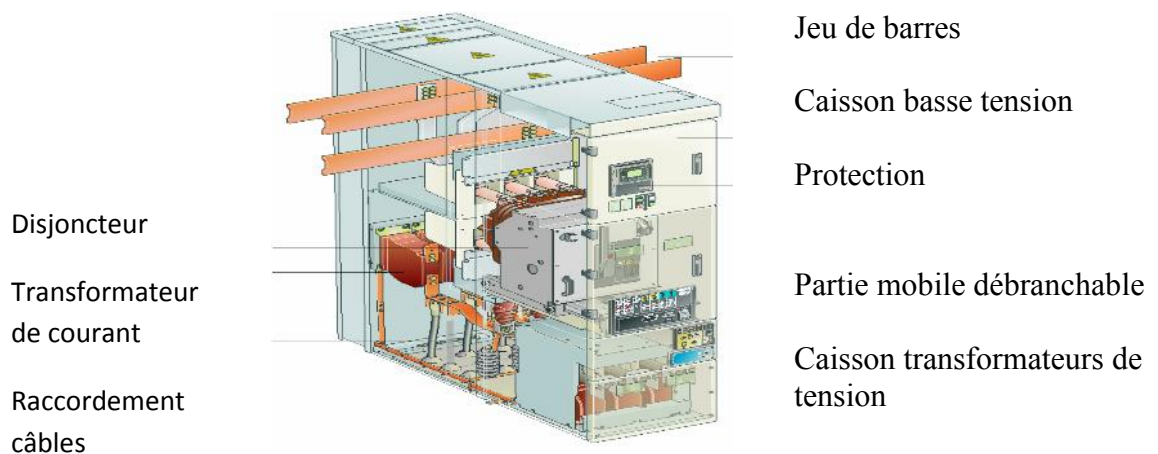


Figure I.1 : Cellule disjoncteur

Celles-ci comportent généralement des disjoncteurs, des sectionneurs, des fusibles, un tableau BT, un transformateur HTA / BT, des appareillages de mesure et des auxiliaires (par exemple des détecteurs de défauts).

➤ Les Cellules

Dans les postes sources, les postes d'aiguillage ou les installations industrielles, on utilise des « cellules ». Chaque cellule correspond à une fonction. Elle se présente sous la forme d'une armoire, et comporte généralement l'ensemble des équipements constituant une travée (sectionnement, coupure par disjoncteur ou fusible, appareillage de mesure et de contrôle).

Un poste moyenne tension HTA est alors réalisé par l'assemblage et la combinaison de plusieurs cellules entre elles. Chaque cellule comporte une partie du ou des jeux de barre.

Il existe de nombreux types de cellules : sectionnement à fusible, disjoncteur, couplage... De même, on distingue les cellules isolées dans l'air des cellules isolées dans le gaz (GIS).

Les cellules sont toujours utilisées dans des bâtiments. Il existe également des postes moyenne tension dits ouverts, dont le fonctionnement est strictement identique aux sous-stations.

I.5.3 Les postes de livraison HTA à comptage HTB

Ils comportent plusieurs transformateurs ou un seul si leur courant secondaire est supérieur à 2 000 A (puissance supérieure à 1250 kVA pour une tension composée de 400 V) et peuvent comporter des départs HTA.

I.6 Modes d'alimentation des postes de livraison HTA [6]

Nous allons identifier les principales solutions d'alimentation d'un tableau HTA, indépendamment de son emplacement dans le réseau.

Le nombre de sources et de complexité du tableau différent suivant le niveau de sûreté de fonctionnement désiré.

Les schémas sont classés dans un ordre tel que la sûreté de fonctionnement s'améliore tandis que le coût d'installation augmente.

I.6.1 Un jeu de barres avec une source

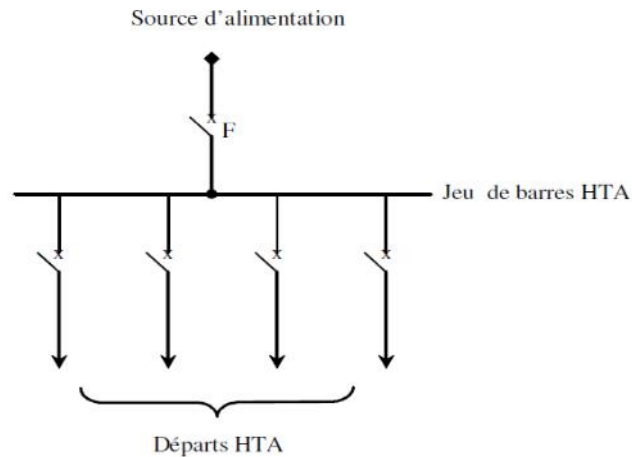


Figure I.2 : Architecture d'un jeu de barre avec une source

Fonctionnement

- En cas de perte de la source d'alimentation, le jeu de barres est hors service jusqu'à l'opération de réparation.

I.6.2 Un jeu de barres sans couplage avec deux sources

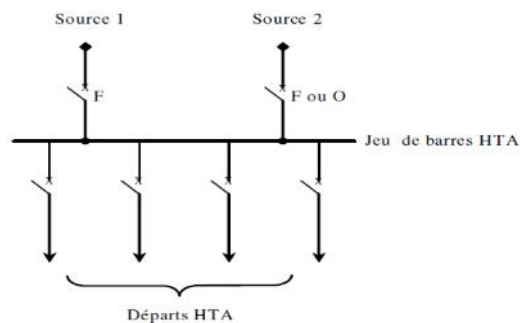


Figure I.3 : Architecture d'un jeu de barre sans couplage avec deux sources d'alimentation

Fonctionnement

Les deux sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours de l'autre. En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés.

I.6.3 Un jeu de barre avec couplage avec deux sources

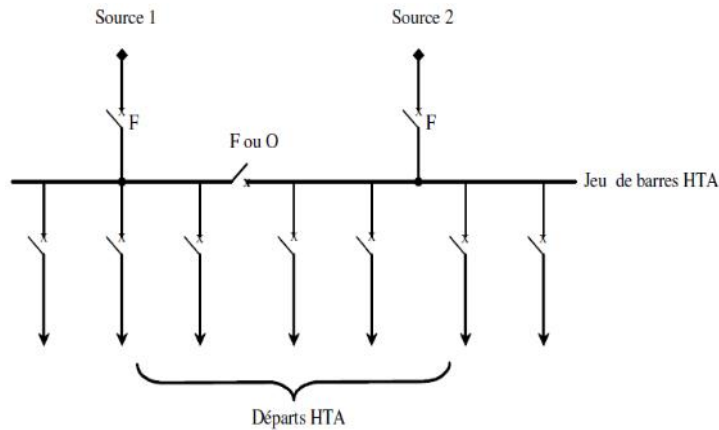


Figure I.4 : Architecture d'un jeu de barre avec couplage et deux sources

Fonctionnement

- Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert.
- S'il est ouvert, chaque source alimente un jeu de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage se ferme et l'autre source alimente les deux jeux de barres.
- En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), une partie seulement de départ n'est plus alimentée.

I.6.4 Un jeu de barres sans couplage avec trois sources

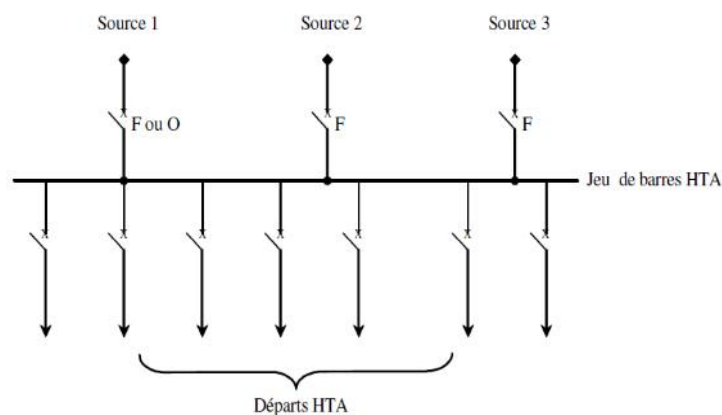


Figure I.5 : Architecture d'un jeu de barres sans couplage et trois sources

Fonctionnement

Les trois sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours des deux autres. En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés.

I.6.5 Un jeu de barre avec deux couplages et trois sources d'alimentation

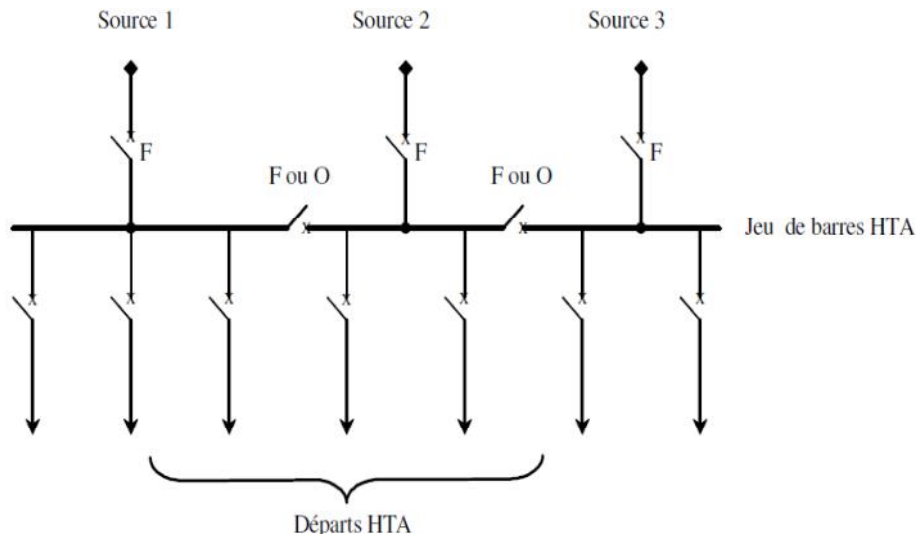


Figure I.6 : Architecture d'un jeu de barre avec deux couplages et trois sources d'alimentation

Fonctionnement

Les deux disjoncteurs de couplage peuvent être maintenus ouverts ou fermés.

S'ils sont ouverts, chaque source alimente sa section de barres. En cas d'une perte de source, le disjoncteur de couplage associé est fermé, une source alimente deux sections de barres.

En cas de défaut sur une section de barres (ou maintenant ce de celle-ci), une partie seulement du départ n'est plus alimentée.

I.6.6 Source et Départ en « DUPLEX »

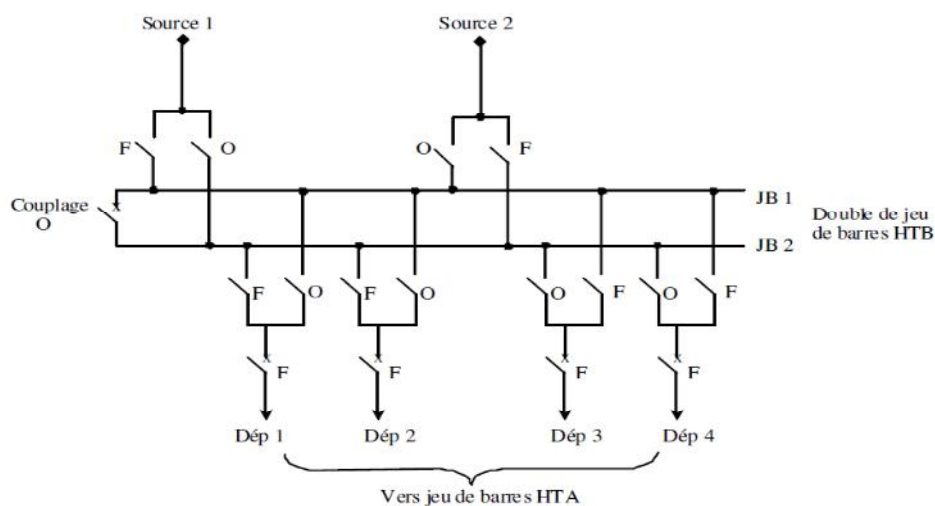


Figure I.7 : Architecture de couplage des sources et départs en « DUPLEX »

Fonctionnement

- Le disjoncteur de couplage est maintenu ouvert en fonctionnement normal.
- Chaque source peut alimenter l'un ou l'autre des jeux de barres par ses deux cellules disjoncteur débouchable. Par souci d'économie, il n'y a qu'un seul disjoncteur pour les 2 cellules débouchable qui sont installées tête-bêche. On peut ainsi facilement déplacer le disjoncteur d'une cellule à l'autre. Ainsi, si l'on veut que la source 1 alimente le jeu de barres JB2, on déplace le disjoncteur dans l'autre cellule associée à la source 1.
- Le même principe est mis en place pour les départs. Ainsi, à chaque départ sont associées deux cellules débouchables et un seul disjoncteur. Chaque départ peut être alimenté par l'un ou l'autre des jeux de barres suivant l'emplacement du disjoncteur. Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JB1 et les départs Dép1 et Dép2. La source 2 alimente le jeu de barres JB2 et les départs Dép3 et Dép4.
- En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.
- En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et chaque disjoncteur est placé sur le jeu de barres en service, afin que tous les départs soient alimentés.
- L'inconvénient du système " DUPLEX " est qu'il ne permet pas les permutations automatiques. En cas de défaut, chaque permutation à effectuer dure plusieurs minutes et nécessite la mise hors tension des jeux de barres.

I.6.7 Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources

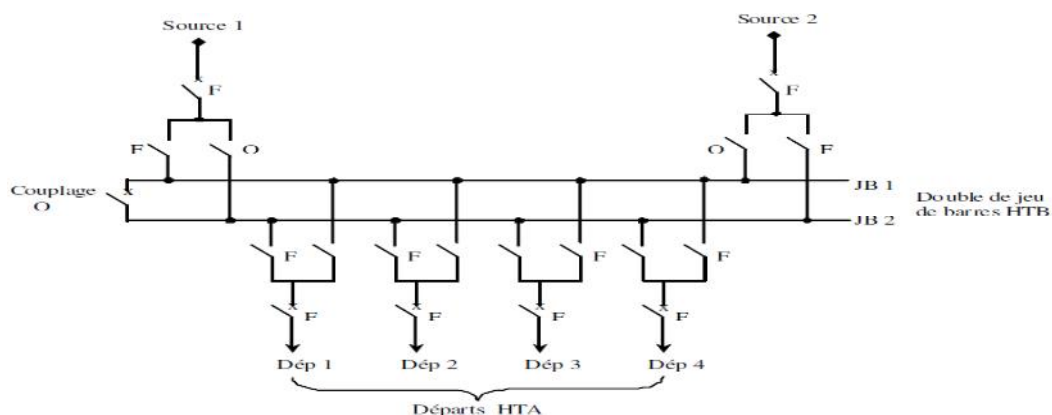


Figure I.8 : Architecture de deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux Sources.

Fonctionnement

- Le disjoncteur de couplage est maintenu ouvert en fonctionnement normal.

Chaque départ peut être alimenté par l'un ou l'autre jeu de barres suivant l'état des sectionneurs qui lui sont associés, un seul sectionneur par départ doit être fermé.

- Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JB1 et les départs Dép1 et Dép2. La source 2 alimente le jeu de barres JB2 et les départs moyenne tension Dép3 et Dép4,
- En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé, l'autre source assure la totalité de l'alimentation,
- En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et l'autre jeu de barres alimente la totalité des départs.

I.6.8 Deux doubles jeux de barres couplés entre eux

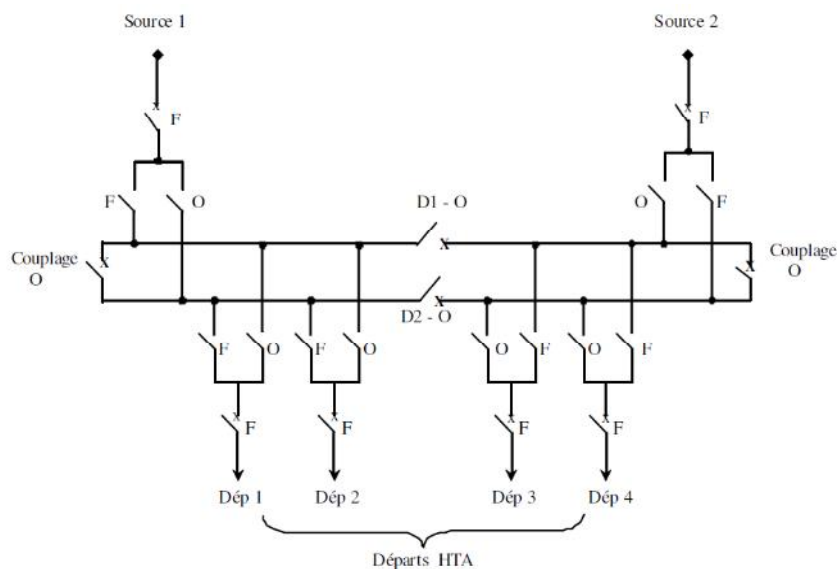


Figure I.9 : Architecture de deux doubles jeux de barres couplés entre eux

Fonctionnement

- Il est presque identique au schéma précédent (deux jeux de barres, deux attaches par départ, deux sources d'alimentation). La décomposition de doubles jeux de barres en deux tableaux avec couplage (par D1 et D2) permet une très grande souplesse d'exploitation,
- Chaque jeu de barres alimente un nombre de départs moins important en fonctionnement normal.

I.6.9 Architecture des réseaux HTA [6]

Nous allons identifier les principales structures de réseau HTA permettant d'alimenter les tableaux secondaires et les transformateurs HTA/BT. La complexité de la structure diffère suivant le niveau de sûreté de fonctionnement.

Les schémas électriques des réseaux HTA les plus souvent rencontrés sont les suivants

I.6.9.1 Radiale en simple antenne

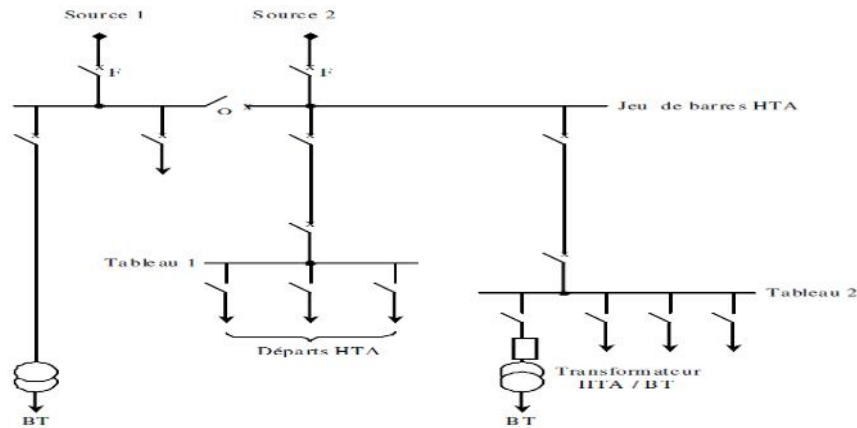


Figure I.10 : réseau HTA radiale en simple dérivation

Fonctionnement

- Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par une seule source, il n'y a pas de solution de dépannage, Cette structure est préconisée lorsque les exigences de disponibilité sont faibles.

I.6.9.2 Radiale en double antenne sans couplage

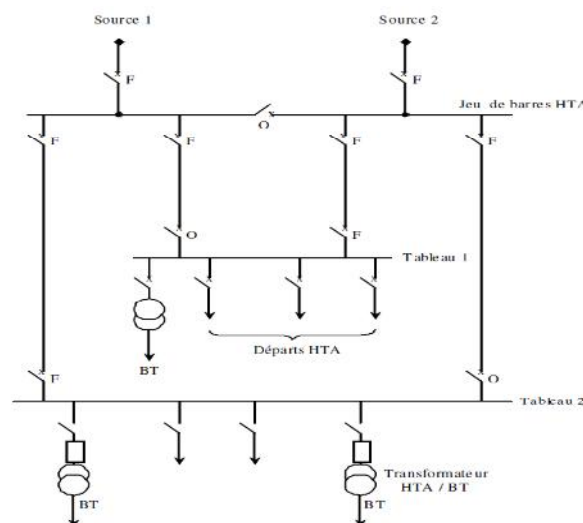


Figure. I.11 : Réseau HTA radiale en double antennes sans couplage

Fonctionnement

- Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par deux sources sans couplage, l'une en secours de l'autre.
- La disponibilité est bonne,
- L'absence de couplage des sources dans les tableaux 1 et 2 entraîne une exploitation moins souple.

I.6.9.3 Radiale en double antenne avec couplage

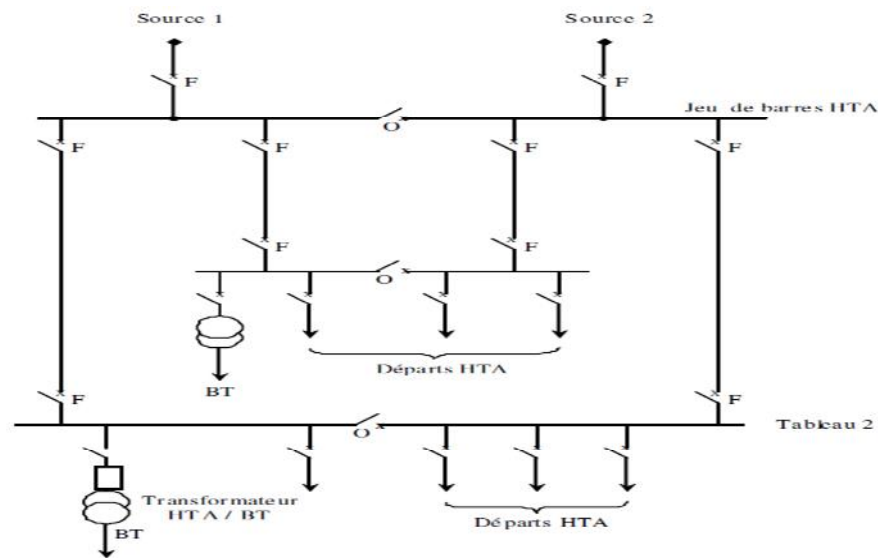


Figure I.12 : Réseau HTA en double antenne avec couplage

Fonctionnement

- Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par deux sources avec couplage. En fonctionnement normal, les disjoncteurs de couplage sont ouverts,
- Chaque demi-jeu de barres peut être dépanné et être alimenté par l'une ou l'autre des sources,
- Cette structure est préconisée lorsqu'une bonne disponibilité est demandée, elle est souvent retenue dans les domaines de la sidérurgie et de la pétrochimie.

I.6.9.4 En boucle

- Cette solution est bien adaptée aux réseaux étendus avec des extensions futures importantes,
- Il existe deux possibilités suivant que la boucle est ouverte ou fermée en fonctionnement normal.

a- Boucle ouverte

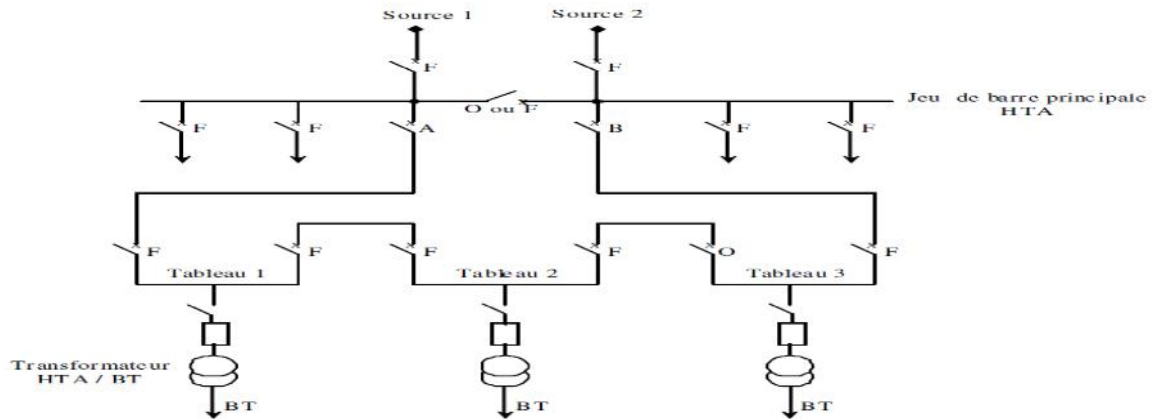


Figure I-13: Réseau HTA en boucle ouverte

Fonctionnement

- Les têtes de boucle en A et B sont équipées de disjoncteurs ;
- Les appareils de coupure des tableaux 1, 2 et 3 sont des interrupteurs ;
- En fonctionnement normal, la boucle est ouverte (elle est ouverte au niveau du tableau 2) ;
- Les tableaux peuvent être alimentés par l'une ou l'autre des sources ;
- Un défaut sur un câble ou la perte d'une source est palier par une reconfiguration de la boucle.

Cette reconfiguration engendre une coupure d'alimentation de quelques secondes si un automatisme de reconfiguration de boucle est installé. La coupure est d'au moins plusieurs minutes si la reconfiguration de boucle est effectuée manuellement par le personnel d'exploitation.

b- En double dérivation

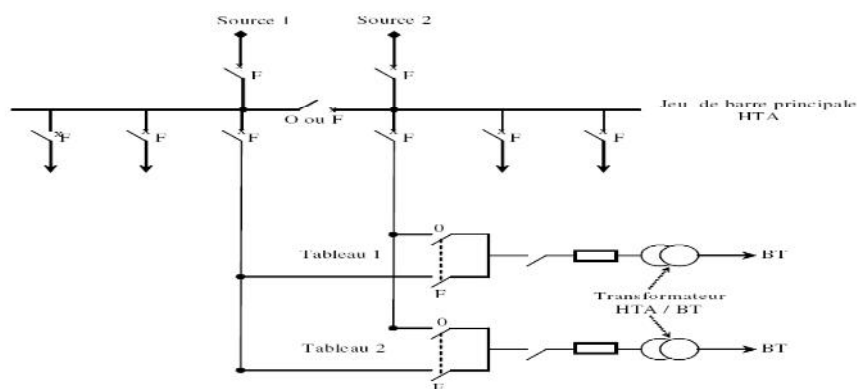


Figure I.14 : Réseau HTA en double dérivation.

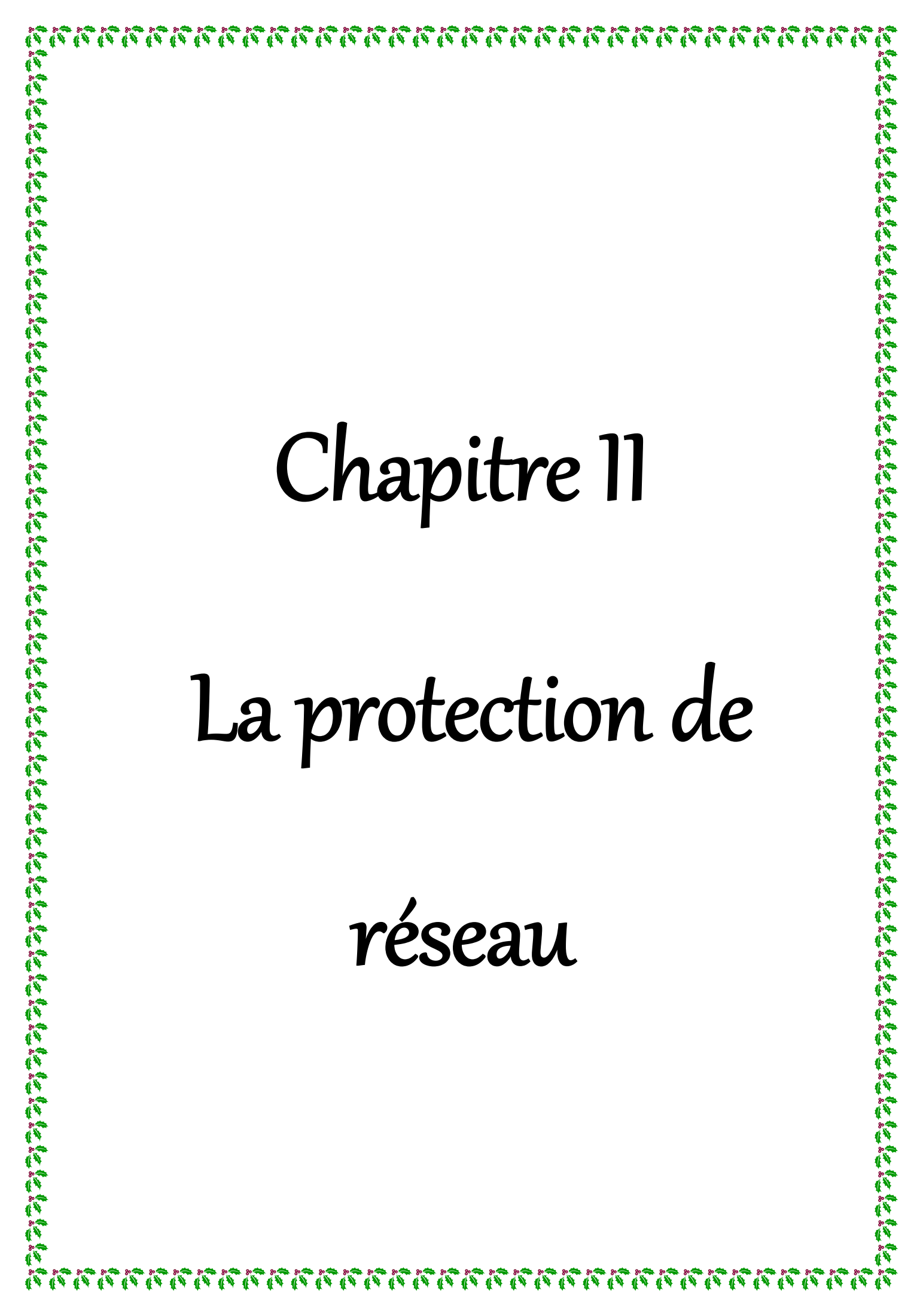
Fonctionnement

- Les tableaux 1, 2 et 3 peuvent être dépannés et être alimentés par l'une ou l'autre des sources indépendamment.
- Cette structure est bien adaptée aux réseaux étendus avec des extensions futures limitées et nécessitant une très bonne disponibilité.

I.7 Conclusion

Le premier chapitre a fait l'objet de l'étude des généralités sur les réseaux électrique, on a énuméré les différentes architectures et postes de dérivations. Ces architectures sont très importantes et très sensibles, ce qui nécessite une protection contre les différents types d'anomalies telles que le court-circuit, les surtensions, les surintensités,...etc.

Vu l'objet de notre travail nous avons insisté beaucoup plus sur les réseaux électrique à moyenne tension, et donc le chapitre suivant sera consacré sur la protection d'un réseau électrique à moyenne tension.



Chapitre 11

La protection de réseau

II.1 Introduction

L'apparition et la propagation d'un défaut dans un réseau électrique engendre des effets néfastes sur ce dernier. Lorsqu'un défaut apparaît sur un réseau électrique, plusieurs organes de protection situés dans différentes zones du réseau peuvent détecter simultanément cette anomalie. Leur système sélectif vise à isoler tout le plus rapidement possible la partie du réseau affecté par le défaut et uniquement cette partie, en laissant sous tension les parties saines de ce réseau.

II.2 Système de protection

La protection est un ensemble des dispositifs destinées à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs disjoncteurs et, si nécessaire d'élaborer d'autres ordres de signalisations.

II.3 Qualités fondamentales d'une protection électrique [8]

Une protection électrique se doit de posséder les qualités suivantes :

II.3.1 Rapidité : La protection élimine rapidement le défaut. Le temps de déclenchement comprend celui de la protection elle-même, auquel vient s'ajouter le délai d'ouverture des disjoncteurs.

II.3.2 Sureté : La protection déclenche lors d'un défaut, on la mesure en nombre de défaillances sur commande.

II.3.3 Sécurité : La protection ne déclenche pas de manière intempestive.

II.3.4 Fiabilité : Elle combine les notions de sureté et de sécurité.

II.3.5 Sélectivité : Elle consiste à ne mettre hors tension que la partie du réseau concernée par un défaut et seulement celle-ci.

II.3.6 Sensibilité : La protection doit détecter tous les défauts, même les plus faibles.

II.3.7 Disponibilité : La protection doit toujours être en opération (temps total moins panne et maintenance). Concrètement une bonne protection doit être conçue de sorte à parer à tout défaut électrique grâce à au moins deux types de protections différentes (principe de redondance) : celle déclenchant en fonctionnement normal, on parle de déclenchement

instantané, et celle déclenchant en cas de défaillance de la première, on parle de déclenchement temporisée et de protection de secours.

II.4 Les appareils de protection [1]

Les principaux appareilles de protection sont :

- Les disjoncteurs.
- Les sectionneurs.
- Les interrupteurs.
- Les parafoudres.
- Relais de protection.
- Les éclateurs.

II.4.1 Les disjoncteurs [1]

Un disjoncteur est un organe de protection qui est destiné à établir, supporter et interrompre des courants sous sa tension assignée (la tension maximale du réseau électrique qu'il protège) à la fois :

Dans des conditions normales de service, par exemple pour connecter ou déconnecter une ligne dans un réseau électrique dans des conditions anormales spécifiées, en particulier pour éliminer un court-circuit, ou les conséquences de la foudre. De plus le disjoncteur ouvre un circuit automatiquement dès que le courant qui le traverse dépasse une valeur prédéterminée. Sa principale caractéristique lui permet de ne subir aucune avarie lors de son fonctionnement.

II.4.1.1 Différents types de disjoncteurs

Les disjoncteurs les plus utilisés sont : Disjoncteurs à air comprimé, disjoncteurs à l'huile, disjoncteurs au SF6, disjoncteurs auto pneumatique et disjoncteurs auto soufflage.

a- Disjoncteur à air comprimé

Figure II.1 disjoncteur à air comprimé.[4]

Le gaz contenu dans les disjoncteurs à air comprimé est maintenu sous haute pression (30 à 35 bar) à l'aide d'un compresseur. Cette haute pression permet d'assurer la tenue diélectrique et de provoquer le soufflage de l'arc pour la coupure.

Le soufflage intense exercé dans ces disjoncteurs a permis d'obtenir de très hautes performances (courant coupé jusqu'à 100 KA sous haute tension) et avec une durée d'élimination du défaut très courte permettant d'assurer une bonne stabilité des réseaux en cas de défaut.

Ils nécessitent un entretien périodique, en particulier de leurs compresseurs, ceci explique qu'ils ont été progressivement supplantés par une autre génération de disjoncteurs, celle des disjoncteurs à SF₆ (ou hexafluorure de soufre). A noter que la technique à air comprimé est la seule qui permet encore aujourd'hui d'atteindre les pouvoirs de coupure les plus élevés (275 KA sous 36 kV) qui sont exigés pour certaines applications (disjoncteurs de générateurs).

b- Disjoncteur a l'huile

Figure II.2: Disjoncteur l'huile [4]

La coupure dans l'huile s'est ensuite imposée en haute tension après avoir été utilisée en moyenne tension. Sous l'action de l'arc électrique, l'huile est décomposée, plusieurs types de gaz sont produits (essentiellement de l'hydrogène et de l'acétylène) lors de cette décomposition. L'énergie de l'arc est utilisée pour décomposer et évaporer l'huile, ceci permet de refroidir le milieu entre les contacts et par suite d'interrompre le courant.

Ce type de disjoncteurs est appliqué pour des tensions assignées atteignant 765 kV et des courants de défaut très élevés, pouvant atteindre 50 KA mais ils nécessitent un entretien important et délicat (remplacement de l'huile usagée). Ils ont été supplantés par les disjoncteurs à SF₆ qui nécessitent peu de maintenance et ont une longue durée de vie.

c- Disjoncteur au SF₆

Les très bonnes propriétés diélectriques du SF₆ ont entraîné l'extension de la technique SF₆, et son utilisation pour le développement de disjoncteurs à fort pouvoir de coupure sous des tensions de plus en plus élevées allant jusqu'à 800 kV.

Le développement des réseaux haute tension et la nécessité de faire pénétrer ces réseaux à l'intérieur des agglomérations et des zones industrielles ont entraîné la conception de nouveaux types de postes à haute tension à encombrement réduit ; pour assurer leur isolement, l'air atmosphérique a été remplacé par du SF₆, ce qui a permis de réduire fortement l'encombrement de l'appareillage à haute-tension.

II.4.2 Les sectionneurs [1]

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

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

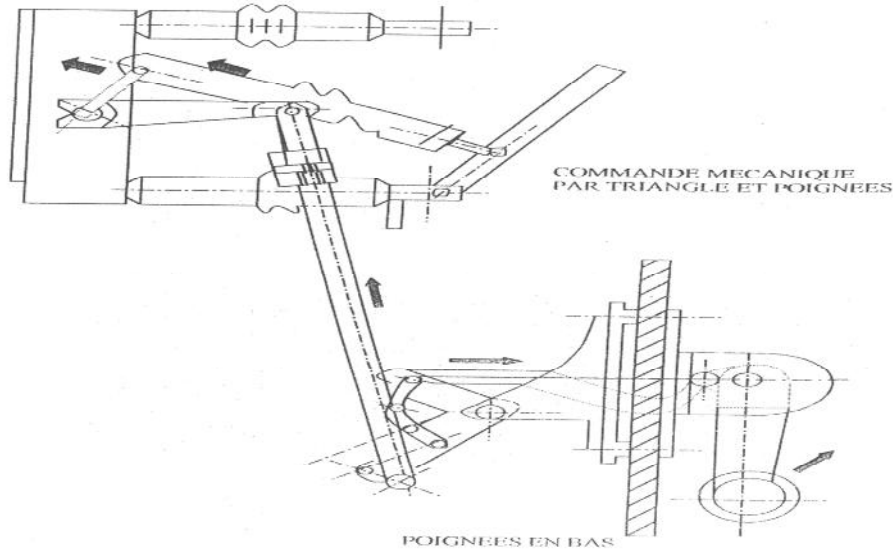


Figure II.3 sectionneur ouvert.[4]

II.4.2.1 Type de sectionneurs

a- Sectionneur basse tension

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

b- Sectionneurs haute tension

La fonction principale d'un sectionneur haute tension est de pouvoir séparer (un disjoncteur isole mais ne sépare pas > notions de distance) un élément d'un réseau électrique (ligne à haute tension, transformateur, portion de poste électrique, ...) afin de permettre à un opérateur d'effectuer une opération de maintenance sur cet élément sans risque.

c- Sectionneur de mise à la terre

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

II.4.3 Les parafoudres [9]

Un parafoudre est un dispositif de protection des appareillages électriques ou électronique contre les surtensions électriques transitoires générées par exemple par la foudre ou certains défauts d'exploitation ; à ne pas confondre avec le paratonnerre qui protège contre les coups directs de la foudre.

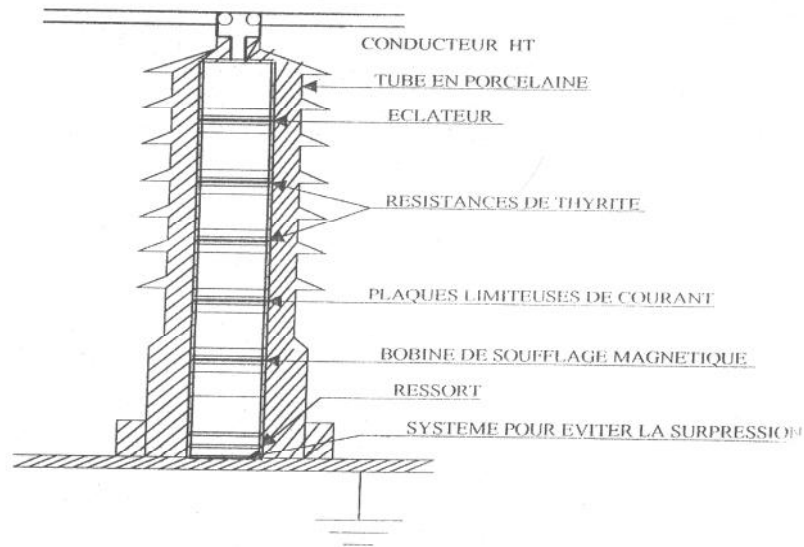


Figure II.4 vue en coupe d'un parafoudre [4]

II.4.3.1 Différents types de parafoudres

- a- **Parafoudre à exclusion** : appareil comportant un ou plusieurs éclateurs et un dispositif d'extinction de l'arc par expulsion de gaz ionisé, d'où coupure du courant d'écoulement.
- b- **Parafoudre à résistance variable** : appareil comportant un ou deux éclateurs et une résistance variable permettant de couper rapidement le courant d'écoulement à la terre.
- c- **Parafoudre à éclateur simple** : l'appareil comporte deux électrodes séparées par un certain intervalle d'air variable ; l'une des électrodes est reliée à la ligne, l'autre à la terre. Cet appareil est simple et bon marché mais l'arc ne s'éteint que pour de faibles valeurs du courant.

II.4.4 Les éclateurs [9]

Ils sont composés de deux électrodes situées l'une face à l'autre dans un milieu qui peut être l'air ambiant (éclateurs à air), ou du gaz (éclateurs à gaz). Au-delà d'une certaine tension entre les électrodes, un amorçage se produit et le courant passe en formant un arc électrique. Les éclateurs permettent de dévier des courants de foudre importants. Les éclateurs sont utilisés en (HTB) et en (HTA), ils sont placés sur les points des réseaux particulièrement exposés à l'entrée des postes HTA/BT. On distingue plusieurs types d'éclateurs :

a- Éclateur à cornes

Ils sont constitués de deux électrodes reliées, l'une au conducteur et l'autre à la terre. Ces deux électrodes sont montées sur une chaîne d'isolateur rigide.

Les éclateurs utilisés en HTA comportent en général entre leurs électrodes une tige anti-oiseaux.

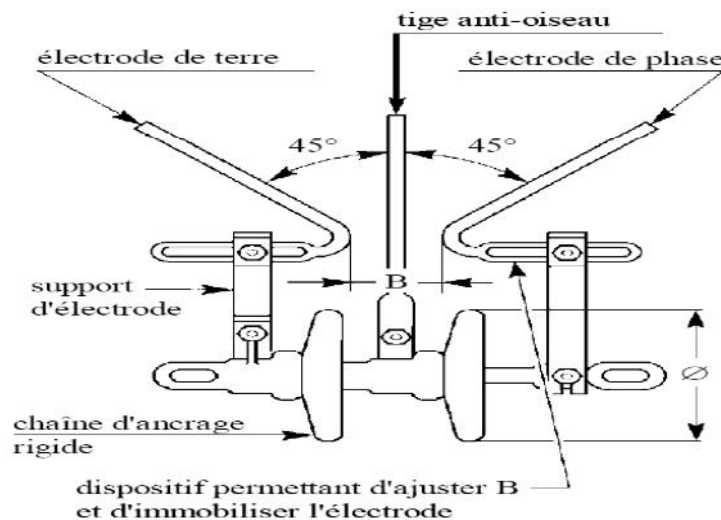


Figure II.5 Eclateur HTA avec tige anti-oiseaux [4]

b- Eclateurs à tige

Les éclateurs à tige sont utilisés à l'intérieur des postes, sur les réseaux à neutre mis à la terre où le courant de défaut franc à la terre peut atteindre 300A.

II.4.5 Les interrupteurs [5]

II.4.5.1 Définition des interrupteurs

Les interrupteurs sont des appareils destinés à ouvrir ou à fermer un circuit électrique, plus perfectionné que les sectionneurs. Ils possèdent un certain pouvoir de coupure ; en

général, ils peuvent couper sous la tension nominale un courant d'une intensité égale à l'intensité nominale.

Le pouvoir de coupure peut être renforcé sur certains appareils. Par contre les sectionneurs-interrupteur, leurs pouvoirs de coupure est presque nul.

En fin, le pouvoir de fermeture est suffisant pour permettre la fermeture en charge des i

Différent types des interrupteurs

Les interrupteurs les plus utilisés sont :

- Interrupteur- sectionneur ;
- Interrupteur aérien à ouverture automatique dans les creux de tension (IACT) ;
- Interrupteur aérien à commande mécanique (IACM) ;
- Interrupteur aérien télécommandé à creux de tension (IATCT).

II.5.4.2 Description de l'IACT (Interrupteur aérien à creux de tension)

L'IACT est équipé d'un automatisme alimenté par le courant de défaut qui provoque son ouverture à la troisième séquence du cycle du disjoncteur de départ.

Il doit remplir les fonctions suivantes:

- Interdire l'ouverture de l'interrupteur tant que l'un des détecteurs de défauts est sollicité.
- Ne pas enregistrer les défauts dont la durée est inférieure à 0.25secondes
- Deux défauts écartés de moins de 1.5secondes doivent être comptés pour un seul.
- Provoquer l'ouverture automatique de l'interrupteur au plus de 10 secondes après l'ouverture du disjoncteur de départ dans le cas d'un défaut permanent.

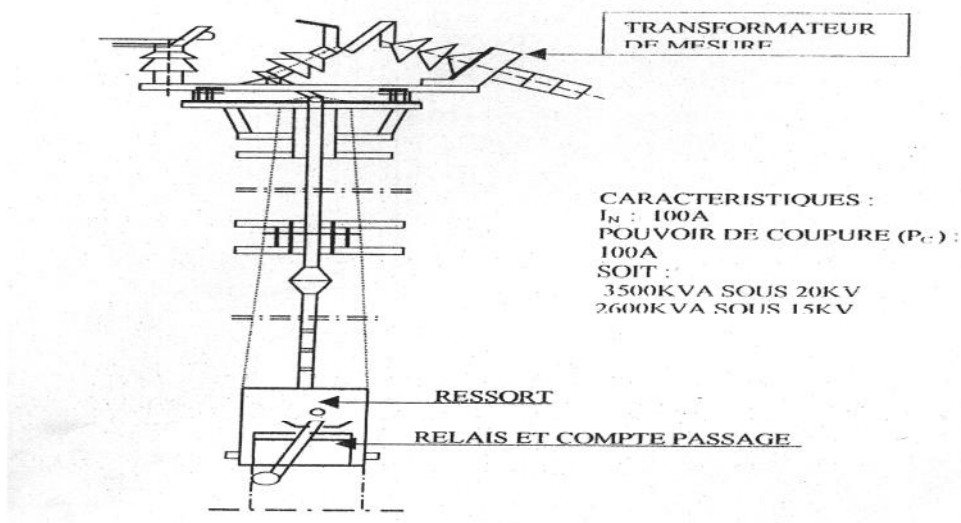


Figure II.6 interrupteur aérien à creux de tension.[1]

II.5.4.3 Description de l'IATCT (Interrupteur aérien télécommandé à creux de tension)

Ces interrupteurs doivent être conçus pour être intégrés facilement dans un système de télé conduite et de permettre les principales fonctions suivantes :

- Coupure en charge de l'énergie électrique ;
- Commande électrique ou manuelle ;
- Mesure, mémorisation et affichage des grandeurs électriques ;
- Localisation du défaut ;

Communication locale ou à distance interrupteurs.



Figure II.7 : Interrupteur aérien télécommandé à creux de tension

II.4.6 Relais de protection [4]

II.4.6.1 Définition

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent une ou plusieurs informations (signaux) à caractère analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température, ...etc.) et le transmettent à un ordre binaire (fermeture ou ouverture d'un circuit de commande) lorsque ces informations reçues atteignent les valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées à l'avance. Donc le rôle des relais de protection est de détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique tel que le court-circuit, variation de tension...etc. Un relais de protection détecte l'existence de conditions anormales par la surveillance continue de l'état du réseau concerné, détermine quel est le disjoncteur qui doit s'ouvrir et lui alimente son circuits de déclenchement.

II.4.6.2 Désignation d'un relais

Un relais est désigné selon la grandeur surveillée (tension, courant, puissance, impédance,...)

- Relais à maximum de courant RMA.

- Relais à maximum ou minimum de tension RMV.
- Relais à minimum d'impédance RMZ.
- Relais directionnel de puissance RDW.
- Relais à minimum de réactance RMX.

II.4.6.3 Différents types des relais

On distingue plusieurs types de relais

a- Relais à induction magnétique

Un courant alimente les bobines fixes de l'électro-aimant, ce dernier produit des champs magnétiques, ceux-ci créent des courants induits qui font tourner le disque.

b- Relais à balance

C'est un relais dont l'équipage mobile est constitué par un fléau de balance soumis à l'action de deux forces antagonistes.

c- Relais thermique

Il comporte un élément actif chauffé par le passage de l'intensité de courant absorbé par l'appareil à protéger. Cet élément est une lame bimétallique qui se déforme sous l'effet de l'augmentation de la température engendrée par la surintensité.

d- Relais statique

Il comporte des circuits intégrés linéaires au silicium composés de portes et circuit logiques, et plus récemment ils comportent des mémoires et des microprocesseurs.

L'utilisation de ces composants a permis la mise au point des caractéristiques plus sophistiquées.

Les relais statiques remplacent de plus en plus les relais électromagnétiques pour les avantages suivant :

- Plus précis ;
- Plus sensible ;
- Plus rapide ;
- Longue durée de vie ;
- Faible consommation et moins encombrant.

Malgré tous ces avantages, les relais statique possèdent des manques tels que la limitation des fonctions.

e- Relais numérique

Les protections numériques, sont basées sur le principe de la transformation de variables électriques du réseau, fournies par des transformateurs de mesure, en signaux numériques de faible voltage. L'utilisation de techniques numériques de traitement du signal permet de décomposer le signal en vecteurs, ce qui autorise un traitement de données via des algorithmes de protection en fonction de la protection désirée. En outre, ils sont équipés d'un écran d'affichage à cristaux liquides sur la face avant pour le fonctionnement local. [3]

II.5 Choix du régime du neutre [3]

Dans un réseau, le régime du neutre joue un rôle très important sur le plan de protection. Lors d'un défaut d'isolement ou de mise accidentelle d'une phase à la terre, les valeurs prises par les courants de défaut, les tensions de contact et les surtensions sont étroitement liées au mode de raccordement du neutre.

Un neutre isolé limite les courants de défaut à des valeurs très faibles, mais favorise l'apparition des surtensions. Par contre, un neutre mis directement à la terre limite fortement les surtensions mais engendre des courants de défaut très importants.

Entre ces deux extrêmes, d'autres solutions peuvent être mises en œuvre :

II.5.1 Neutre mis directement à la terre

Une liaison électrique d'impédance nulle est réalisée intentionnellement entre le point neutre et la terre.

Le neutre étant mis à la terre sans impédance de limitation, le courant de défaut I_{k1} entre phase et terre est pratiquement un court-circuit phase neutre, donc de valeur élevée.

La coupure se fait au premier défaut d'isolement.

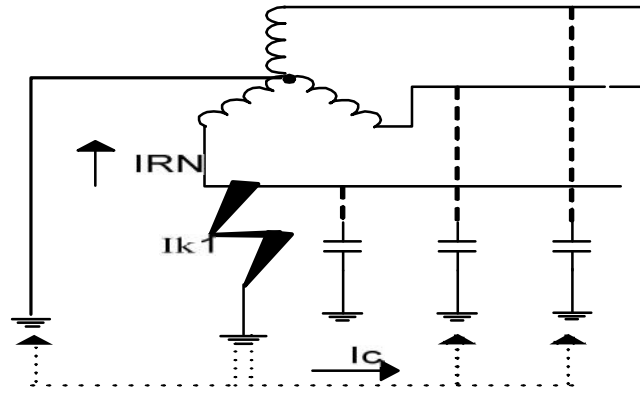


Figure II.8 : Neutre mis directement à la terre [3]

II.5.2 Neutre mis à la terre par une résistance

Une résistance est connectée volontairement entre le point neutre et la terre. Voir figure II.12

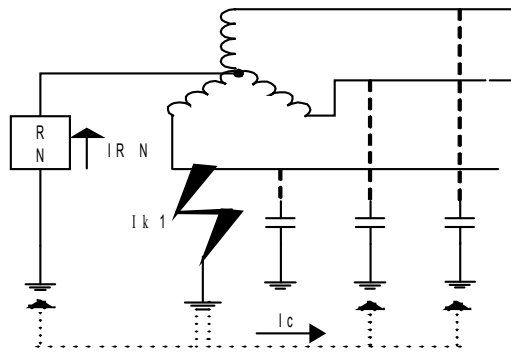


Figure II.9 : Neutre mis à la terre par une résistance [3]

II.5.3 Neutre mis à la terre par une réactance faible

Une réactance est intercalée volontairement entre le point neutre et la terre. Pour les réseaux de tension supérieure à 40kV, on préfère utiliser une réactance plutôt qu'une résistance pour des raisons de difficulté de réalisation dues au dégagement de chaleur en cas de défaut. Voir figure II.13.

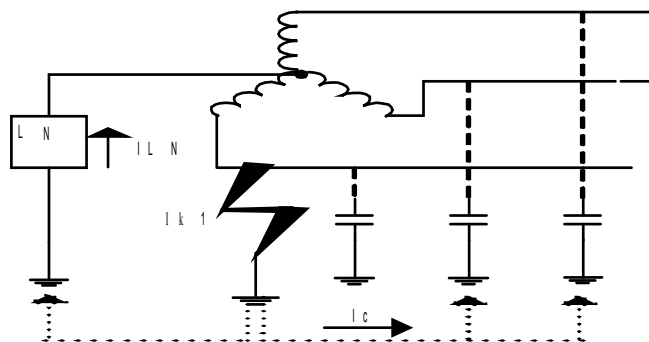


Figure II.10 : Neutre mis à la terre par une réactance faible [3]

II.5.4 Neutre mis à la terre par réactance de compensation

Une réactance raccordée sur la capacité phase-terre totale du réseau et intercalée entre le point neutre et la terre de sorte qu'en présence d'un défaut à la terre, le courant dans le défaut est voisin de zéro. Voir figure II.14.

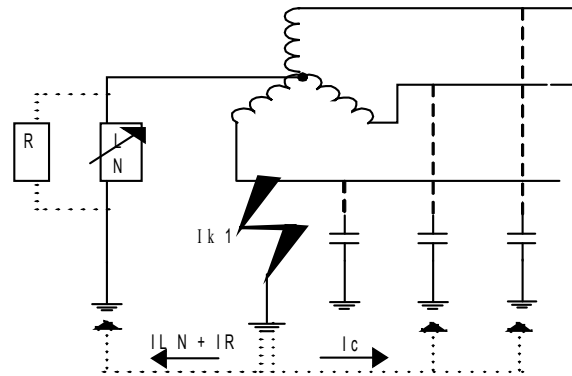


Figure II.11 : Neutre Mis à la terre par réactance de compensation [3]

II.6 La sélectivité des protections [9]

II.6.1 Définition

C'est la coordination des dispositifs de coupure automatique de telle sorte qu'un défaut, survenant en un point quelconque du réseau, soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut, et par lui seul.

II.6.2 Différents types de Sélectivité

II.6.2.1 Sélectivité totale

Pour toutes les valeurs du défaut, depuis la surcharge jusqu'au court-circuit franc, la distribution est totalement sélective. Si D2 s'ouvre D1 reste fermé. Voir figure II.16.

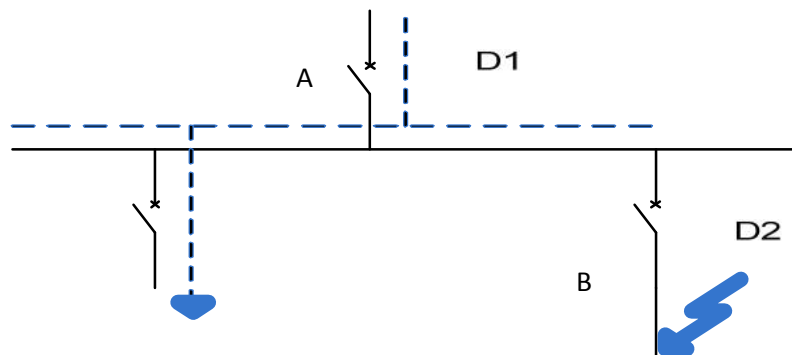


Figure II.12 : Sélectivité des appareils [9]

II.6.2.2 Sélectivité partielle

La sélectivité est partielle si la condition ci-dessus n'est pas respectée jusqu'au plein courant de court-circuit, mais seulement jusqu'à une valeur inférieure. Cette valeur est appelée limite de sélectivité.

Dans l'éventualité d'un défaut les disjoncteurs D1 et D2 s'ouvrent.

II.6.2.3 Sélectivité ampèremétrique

Elle est basée sur le fait que dans un réseau, le courant de défaut est d'autant plus faible que le défaut est plus éloigné de la source.

Une protection ampèremétrique est disposée au départ de chaque tronçon; son seuil est réglé à une valeur inférieure à la valeur de court-circuit minimal provoqué par un défaut sur la section surveillée, et supérieure à la valeur maximale du courant provoqué par un défaut situé en aval (au-delà de la zone surveillée).

Elle repose sur le décalage en intensité des courbes figure II.17

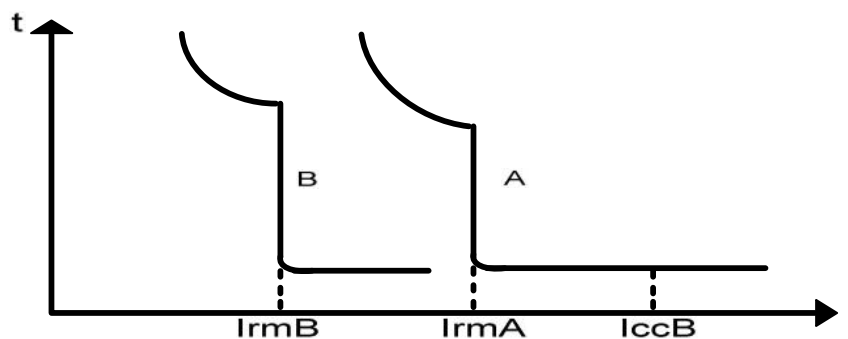


Figure II.13 : Sélectivité ampèremétrique [9]

II.6.2.4 sélectivité chronométrique

Consiste à donner des temporisations différentes aux protections à maximum de courant le long du réseau. Ces temporisations sont d'autant plus longues que le relais est plus proche de la source.

Elle repose sur le décalage temporel des courbes comme le montre la figure (II.8)

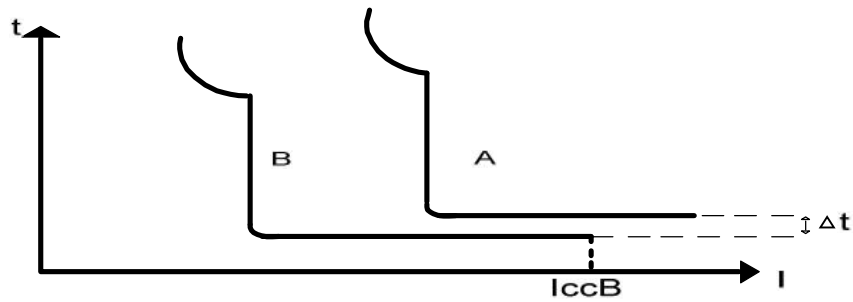


Figure II.14 : sélectivité chronométrique [9]

II.6.2.5 Sélectivité logique

Ce système a été développé pour remédier aux inconvénients de la sélectivité chronométrique. Ce principe est utilisé lorsque l'on souhaite obtenir un temps court d'élimination de défaut.

L'échange d'informations logiques entre protections successives permet la suppression des intervalles de sélectivité, et donc de réduire considérablement le retard de déclenchement des disjoncteurs situés les plus près de la source.

Ce principe est souvent utilisé pour protéger des réseaux HTA comportant des antennes avec de nombreux étages de sélectivité.

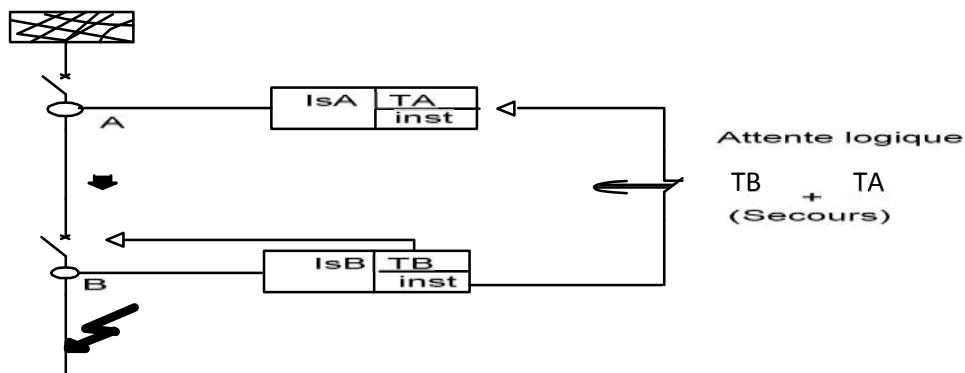


Figure II.15 : Fonctionnement d'une Sélectivité logique.[9]

II.7 Protection d'un réseau HTA [9]

Les réseaux moyenne tension s'étendent des postes sources (transformateurs HTB/HTA) jusqu'aux abonnés HTA ou BT en passant par des jeux de barres et des lignes aériennes ou souterraines.

La protection du réseau HTA consiste à la protection des différents équipements qui le constituent.

II.7.1 Protection des transformateurs [9]

Les transformateurs HTB/HTA sont généralement protégés par des protections à maximum de courant.

- **La première, côté HTB :** est une protection à maximum de courant à deux seuils.
 - Le premier seuil temporisé.
 - Le deuxième seuil instantané pour les courts-circuits sur le primaire du transformateur.
- **La deuxième, côté HTA :** est une protection à un seuil contre les surcharges du transformateur, elle constitue aussi une protection de secours vis-à-vis des défauts polyphasés sur les lignes HTA.

Il est réglé à un courant très élevé de façon à ne pas être sensible aux courts-circuits dans la tranche HTA.

II.7.2 Protection des jeux de barres [9]

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

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

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

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

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

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

II.7.2.1 Principe de protection à maximum de courant

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

Le courant image (recueilli sur le TC) est redressée et transformé en tension par l'insertion d'une résistance. Donc le détecteur aura trois entrées de tension qui vont l'alimenter.

Dès que la valeur crête d'un signal dépasse la référence, le détecteur, qui est aussi un comparateur, démarre la temporisation au terme de laquelle les ordres suivants seront exécutés :

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

II.7.2.2 Principe de la protection à maximum de tension

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

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

II.7.2.3 Principe de la protection à minimum de tension

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

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

II.7.3 Protection d'un départ HTA [4]

Les protections sont installées en tête des départs dans le poste HTB/HTA et dans les postes HTA/BT. Le système est réalisé par des TC sur les phases avec deux relais de phase et un relais homopolaire de départ pour les différents types de courant de court-circuit (entre phases ou entre phase et terre) et un relais de temps.

Ce système est destiné à mesurer toute surintensité originale d'un court-circuit dépassant le seuil de réglage et par conséquence transmettre l'ordre de déclenchement au disjoncteur.

II.7.3.1 Protection contre les défauts entre phases [4]

Cette protection s'effectue pour chaque départ HTA à l'aide de deux relais à maximum de courant à temps constant montés au secondaire de deux transformateurs de courant placés sur deux phases. La troisième phase se trouve protégée par ces deux relais car tout défaut polyphasé intéresse au moins deux phases. Voir figure II.29.

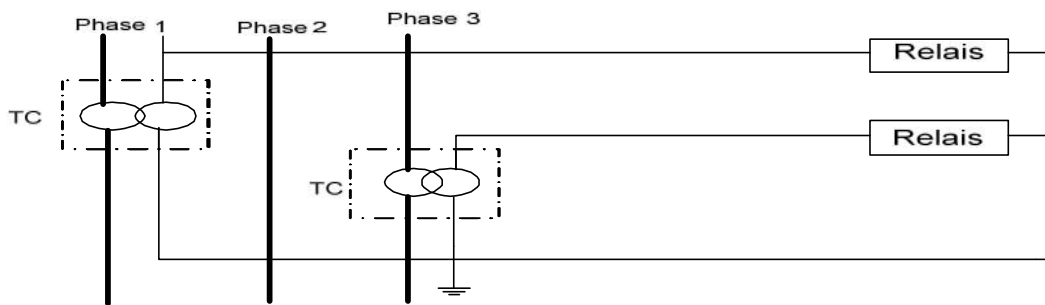


Figure II.16 : Schéma de protection contre les défauts entre phases [4]

a- Système de protection à un seul seuil [10]

Cette protection agit vis-à-vis des défauts polyphasés. Le réglage tient compte du cas le plus favorable entre le courant de court-circuit biphasé correspondant à la plus grande impédance du réseau et le courant qui définit la limite thermique du conducteur.

Le réglage doit répondre aux conditions suivantes :

- Détecter les courts-circuits polyphasés sur la ligne
- Eviter la limite thermique des conducteurs
- Eviter les déclanchements intempestifs
- Eviter le claquage des TC

b- Système de protection à deux seuils [10]

Ces protections sont à deux seuils d'intervention, le premier seuil joue le même rôle que celui à un seul seuil, le second seuil à maximum de courant devra éliminer rapidement les courts-circuits d'un courant élevé (court-circuit franc au secondaire d'un transformateur).

II.7.3.2 Protection contre les défauts entre phase et terre [4]

Elle s'effectue à l'aide d'un seul relais à maximum de courant homopolaire monté dans le circuit du neutre des trois TC comme le montre la figure II.30

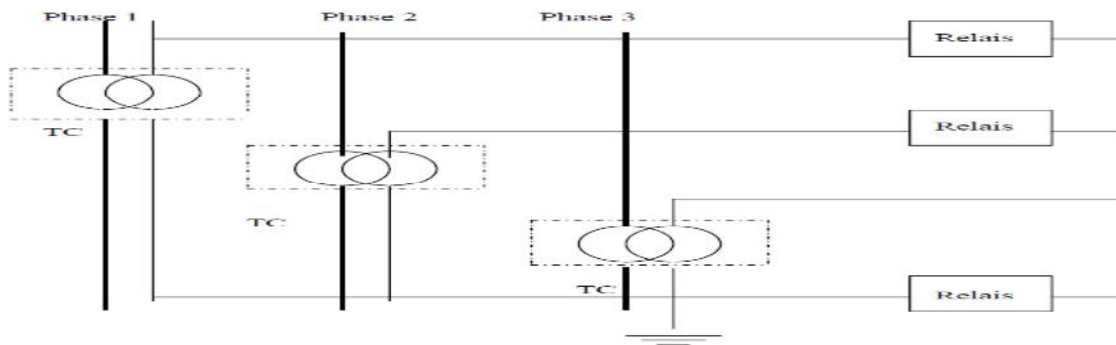


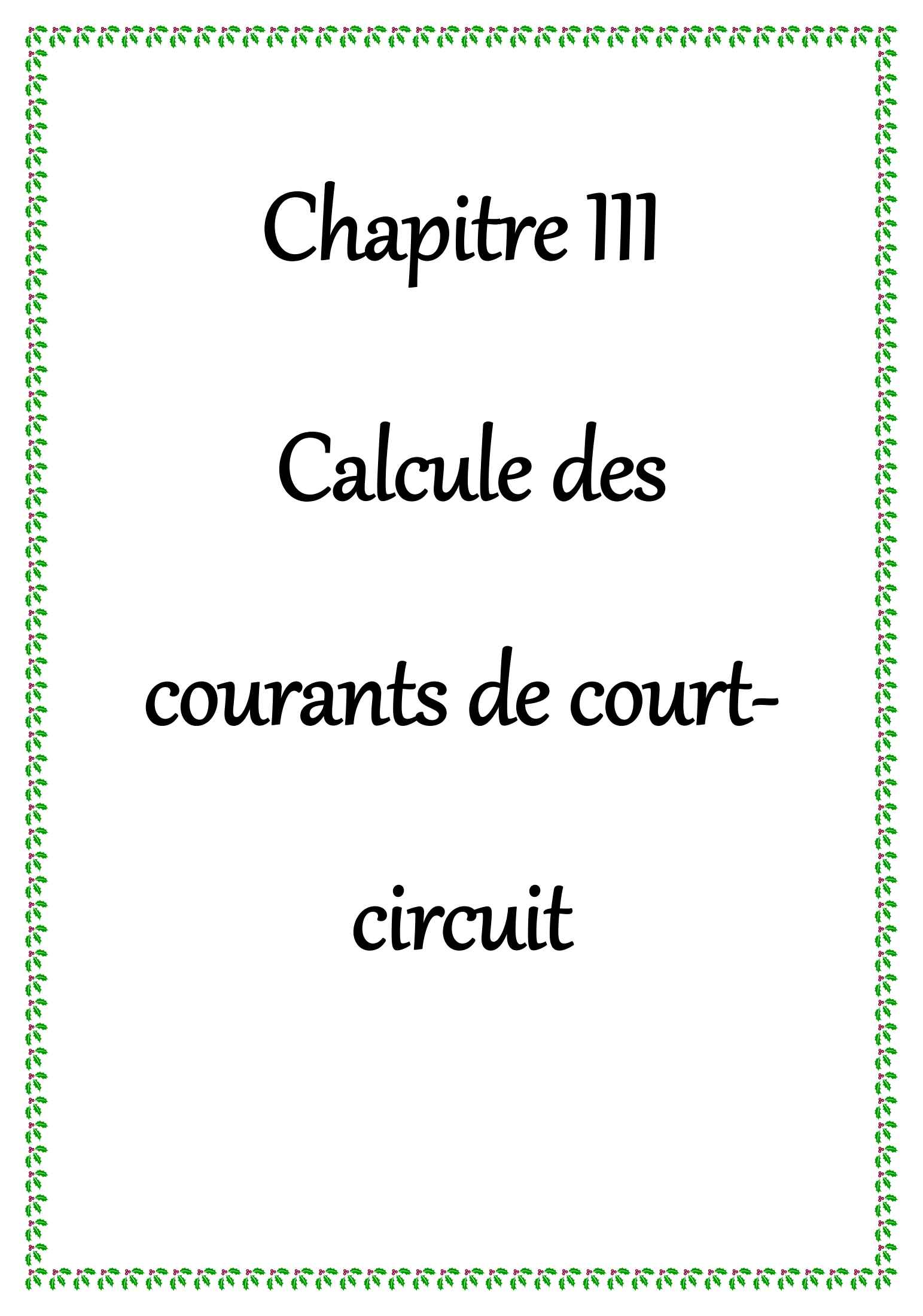
Figure II.17 : Protection contre les défauts entre phase et terre [4]

Le relais du courant homopolaire doit être réglé à une valeur qui dépend :

- du courant résiduel I_0 sur les départs sains en raison du retour d'une partie du courant du défaut à la terre à travers la capacité homopolaire du conducteur.
- du courant résiduel I_n au secondaire des TC calculé en absence de tout défaut à la terre.

II.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons énuméré les différentes protections, comment concevoir et réaliser un système de protection capable d'éliminer les risques d'accidents et de limiter les dégâts dans les matériels, tout en maintenant la continuité de service dans les parties saines de l'installation et leurs principe de fonctionnement et comment les utiliser contre les différents défauts.



Chapitre 111

Calcul des courants de court- circuit

III.1 Introduction

Les réseaux de distribution d'énergie électrique peuvent être le siège d'un certain nombre d'incidents qui sont dus, en général, à l'apparition de défaut.

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

III.2 Défauts électriques

III.2.1 Définition d'un défaut [11]

On appelle un défaut, toute perturbation qui engendre une modification de la valeur de courant et de la tension par rapport à une valeur nominale (dépassement de seuil). Un contact involontaire entre deux conducteurs, par exemple provoque une augmentation de l'intensité électrique et peut mettre en péril l'ensemble du circuit électrique et provoquer des incendies ou des accidents. Dans certains cas, un défaut peut conduire à l'effondrement électrique du réseau et la mise en danger de son environnement.

III.2.2 Origines des défauts [11]

Il existe de nombreux incidents qui affectent le fonctionnement d'un réseau électrique et peuvent avoir pour origine :

III.2.2.1 Défauts d'origine externe

Ceux sont des événements indépendants du réseau, dont l'origine est :

- a- Mécanique : rupture d'un support, d'un conducteur ou d'un isolateur sur une ligne aérienne, et l'amorçage dû aux contacts de branches, de brindille ou même d'oiseaux avec les conducteurs.
- b- Atmosphérique : qui est le cas de la foudre qui s'abat sur une ligne aérienne ou d'un poste. On peut aussi inclure les amorçages qui résultent de dépôts conducteurs accumulés sur les isolateurs et les travaux de terrassement de terrains qui entraînent systématiquement des défauts permanents sur les câbles souterrains.

III.2.2.2 Défauts d'origine interne

Ceux sont des phénomènes propres au réseau car ils prennent naissance à l'intérieur même du réseau sans être justifiés par aucune autre cause extérieure. On peut citer le cas des surtensions dus à des phénomènes de résonance, les surintensités qui peuvent être produites par un courant de surcharge, un court-circuit ou un défaut d'isolement et l'ouverture d'un circuit électrique en charge.

III.3 Différents types de défauts [12]

Les différents types de défauts qu'on rencontre sont les surintensités, surtensions et les déséquilibres. [12]

III.3.1 Surintensité

L'origine des surintensités sont les surcharges et les courts-circuits.

III.3.1.1 Surcharge

Elles peuvent se produire de deux façons

- **Surcharges normales** : Elles se produisent en particulier lors de la mise sous tension des transformateurs et appareils électriques divers.
- **Surcharges anormales** : Elles se produisent lorsque les appareils installés sont trop puissants pour la ligne d'alimentation ou le travail demandé aux machines est exagéré d'où l'échauffement lent mais pouvant entraîner la détérioration des installations.

III.3.1.2 Court-circuit

Ils sont dus à un contact accidentel entre phases ou entre une phase et la terre, soit à un défaut d'isolement, soit à une fausse manœuvre. L'augmentation de l'intensité maximale peut être très élevée d'où les risques d'accidents.

III.3.2 Surtensions

Les surtensions transitoires sont une augmentation de voltage, de durée très courte, mesurée entre deux conducteurs, ou ce sont des perturbations qui se superposent à la tension nominale d'un circuit. Elles peuvent apparaître :

Entre phases ou entre circuits différents, et sont dites de mode différentiel,

Entre les conducteurs actifs et la masse ou la terre et sont dites de mode commun.

III.3.2.1 Surtensions de manœuvre

La modification brusque de la structure d'un réseau électrique provoque l'apparition de phénomènes transitoires. Ceux-ci se traduisent souvent par la naissance d'une onde de surtension ou d'un train d'ondes haute fréquence de type apériodique ou oscillatoire à amortissement rapide.

III.3.2.2 Surtensions atmosphériques

Les réseaux aériens sont les plus affectés par les surtensions d'origine atmosphérique. Une particularité des coups de foudre est leur polarisation : ils sont généralement négatifs (nuage négatif et sol positif). Environ 10 % sont de polarité inverse, mais ce sont les plus violents. A noter que le front de montée des chocs de foudre retenu par les normes, est de 1,2 ms pour la tension et 8 ms pour le courant.

Une distinction est souvent établie entre : le coup de foudre touchant direct une ligne et le coup de foudre tombant indirect à proximité d'une ligne, sur un pylône métallique, ou, ce qui revient au même, sur le câble de garde, (mis à la terre, ce câble relie les sommets des pylônes, il est destiné à protéger les conducteurs actifs des coups de foudre directs).

III.3.3 Le déséquilibre [11]

On parle de déséquilibre dans un système triphasé lorsque les trois tensions de ce dernier ne sont pas égales en amplitudes et / ou ne sont pas déphasés les unes par rapport aux autres de 120° . Le déséquilibre est causé par le courant de court-circuit, la rupture de phase ou un mauvais fonctionnement de disjoncteur.

Les conséquences de déséquilibre sont :

- Echauffement des conducteurs ;
- Vibration des moteurs.

III.4 Caractéristique de défauts

Les défauts affectant les réseaux à moyenne tension peuvent être classés suivant leur emplacement dans le réseau, leurs durées et la difficulté de leur élimination.

III.4.1 Leurs emplacements [11]

On peut distinguer :

- Les défauts qui affectent, en aval des disjoncteurs protégeant les départs HTA, les réseaux proprement dits, c'est-à-dire les lignes aériennes et les câbles isolés, qui constituent les antennes principales et les dérivation, ainsi que la partie HTA des postes HTA/BT
- Les défauts qui affectent la partie HTA des poste HTB/HTA , en amont de ces disjoncteurs.

III.4.2 Leurs durées [11]

Il y a plusieurs sortes de défauts selon la durée de la mise hors tension de la partie défectueuse qui dépend de la valeur atteinte de la tension et celle de l'intensité du courant, alors les défauts sont dits :

- **Permanents**

Après avoir provoqué un déclenchement définitif, nécessitant l'intervention du personnel d'exploitation pour la reprise du service. Ces défauts résultent des défauts qu'on peut constater en réseau tels que rupture de conducteur, claquage d'isolateurs, ...

- **Semi-permanents**

Ils exigent, pour disparaître, une ou plusieurs coupures relativement longues du réseau d'alimentation (de l'ordre de quelques dizaines de secondes), mais qui ne nécessitent aucune intervention du personnel d'exploitation pour la reprise de service.

- **Fugitifs**

Ils nécessitent, pour disparaître, une coupure très brève du réseau d'alimentation (de l'ordre de quelques dixièmes de secondes).

- **Auto extincteurs**

Ils disparaissent spontanément, en des temps très court sans provoquer de déclenchement sur le réseau. On rencontre ce type de défauts sur le réseau HTA en cas de défaut monophasé.

- **Intermittents**

Ils se répètent à des temps proches et ils s'éliminent d'eux même (cas de balancement d'un conducteur sous l'effet d'un vent violent).

III.5 Conséquence de défauts [13]

Les courts-circuits ont des effets néfastes :

- Sur le fonctionnement des réseaux ;
- Sur la tenue des matériels ;
- Sur la qualité de la fourniture ;
- Sur les circuits de télécommunications ;
- Sur la sécurité des personnes.

III.6 Utilité de calcul du courant de court-circuit [12]

Il est impératif de connaître la valeur du courant de court-circuit I_{cc} à tous les endroits d'une installation, où l'on veut placer un dispositif de protection (fusible ou disjoncteur) chargé d'interrompre ce court-circuit. Il faut en effet s'assurer que le pouvoir de coupure du fusible ou du disjoncteur est bien supérieur au courant de court-circuit à cet endroit.

L'incapacité d'un fusible ou d'un disjoncteur d'interrompre un courant de court-circuit peut conduire à des résultats catastrophiques. En effet deux valeurs du courant de court-circuit doivent être déterminées :

- Sa valeur maximale, quand le court-circuit se produit aux bornes même de l'organe de protection, et dans le cas le plus défavorable (défaut triphasé)
- Sa valeur minimale, quand le court-circuit se produit à l'extrémité de la liaison protégée, c'est-à-dire à l'entrée du prochain organe de protection, et dans le cas le plus favorable (défaut biphasé).

La valeur maximale définit :

- Le pouvoir de coupure nécessaire du fusible ou du disjoncteur chargé de la protection à cet endroit ;
- Le pouvoir de fermeture nécessaire de ce même disjoncteur (en cas de fermeture sur un court-circuit) ;
- La tenue électrodynamique des canalisations et de l'appareillage électrique.

La valeur minimale définit le choix de la courbe de déclenchement du disjoncteur ou du fusible, assurant la sélectivité des déclenchements.

III.7 Facteur influençant la valeur de l'intensité d'un courant du court-circuit [12]

La valeur de l'intensité du courant de court-circuit en un point donné d'un réseau est fonction :

- De la nature des éléments qui constituent le réseau : alternateurs, transformateurs, lignes et câbles ;
- De la structure du réseau : le schéma, au lieu d'être réduit à un simple circuit en antenne, peut par exemple comporter des lignes en parallèles ;
- Du mode d'exploitation du réseau : neutre isolé ou neutre relié à terre ;

- De la résistance de défaut ;
- Du type de défaut : triphasé, biphasé ou monophasé.

III.8 L'intensité d'un courant de court-circuit [14]

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

$$I_{cc} = \frac{V_n}{Z_{cc}} \dots\dots(III.1)$$

V_n : tension de source.

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

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

D'où :

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}Z_{cc}} \dots\dots(III.2)$$

III.9 Décomposition d'un système en composantes symétriques [14]

Le calcul des courants de courts circuits avec la méthode générale faisant appel aux lois d'ohms, de Kirchhoff est possible mais complexe et lourde. La méthode dite des composantes symétriques, décrite ci-dessous simplifie les calculs et permet des résolutions beaucoup plus faciles.

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

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

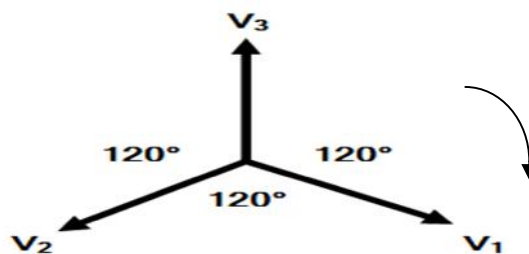


Figure III.1 : Système direct [14]

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

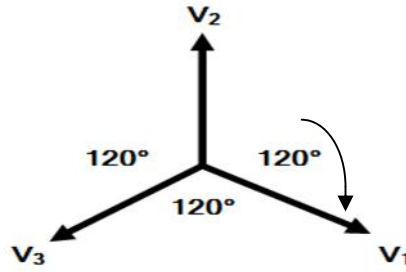


Figure III.2 : Système inverse [14]

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

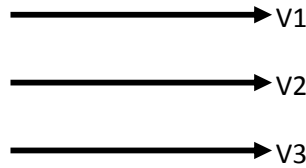


Figure III.3 : Système homopolaire [14]

$$\overline{V}_1 = \overline{V}_d + \overline{V}_i + \overline{V}_0 \dots\dots\dots(\text{III.3})$$

$$\overline{V}_2 = a^2 \overline{V}_d + a \overline{V}_i + \overline{V}_0 \dots(\text{III.4})$$

$$\overline{V}_3 = a \overline{V}_d + a^2 \overline{V}_i + \overline{V}_0 \dots(\text{III.5})$$

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

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

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

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

Les composantes symétriques sont définies par la transformation de FORTESCUE.

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

$$\overline{V}_i = \frac{1}{3}(\overline{V}_1 + a^2 \overline{V}_2 + a \overline{V}_3)$$

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

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

III.10 Principe de l'impédance des composantes [15]

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

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

$$\overline{V}_d = \overline{E}_d - \overline{Z}_d \overline{I}_d \dots\dots(III.6)$$

$$\overline{V}_i = \overline{E}_i - \overline{Z}_i \overline{I}_i \dots\dots(III.7)$$

$$\overline{V}_0 = \overline{E}_0 - \overline{Z}_0 \overline{I}_0 \dots\dots(III.8)$$

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

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

En régime déséquilibré, on simplifie les écritures :

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

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

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

$$\overline{V}_d = \overline{E}_d - \overline{Z}_d \overline{I}_d \dots\dots(III.9)$$

$$\overline{V}_i = -\overline{Z}_i \overline{I}_i \dots\dots(III.10)$$

$$\overline{V}_0 = -\overline{Z}_0 \overline{I}_0 \dots\dots(III.11)$$

Le schéma équivalent de ces équations est le suivant :

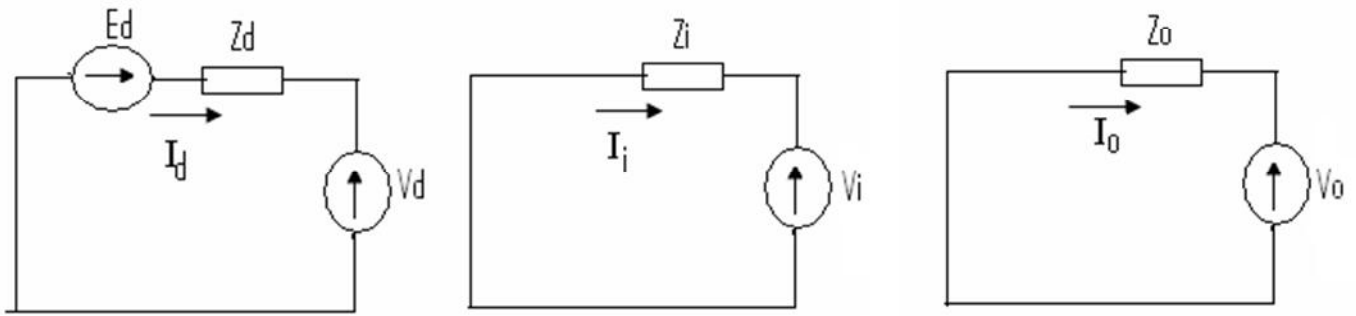


Figure III.4 : Le schéma équivalent direct, inverse et homopolaire [15]

III.11 Analyse des courts-circuits [15]

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

III.11.1 Les défauts monophasés [15]

On considère le cas d'un transformateur HTB/HTA alimentant un réseau formé de plusieurs départs et affecté d'un défaut sur sa phase 1 par exemple.

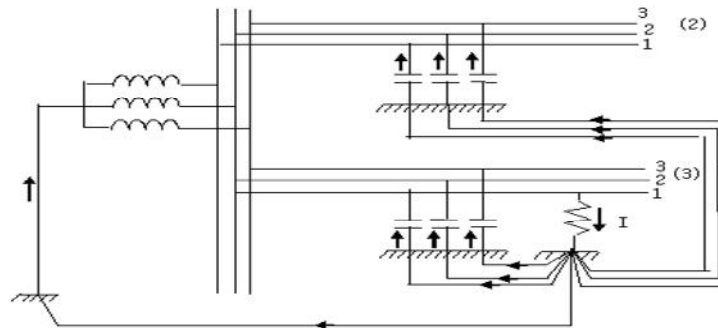


Figure III.5 : Schéma représentant un défaut monophasé [15]

Les notations utilisées sont les suivantes :

- $\bar{E}$ est la force électromotrice ou tension simple secondaire à vide du transformateur HTB/HTA.

- $\bar{Z}_d, \bar{Z}_i$ sont les impédances directe et inverse de l'ensemble transformateur HTB/HTA et tronçon de ligne HTA en défaut.

$\bar{Z}_o$ est l'impédance homopolaire de l'ensemble transformateur HTB/HTA, tronçon de ligne HTA en défaut et circuit de retour sol-réseau (défaut franc à la terre donc $R=0$).

$$\bar{Z}_o = \bar{Z}_{otr} + \bar{Z}_{oL} + \bar{Z}_{oa} \dots\dots(III.12)$$

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

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

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

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

a- Valeur du courant de défaut à la terre

- **Equation du défaut**

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

- **Application du principe de superposition**

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

$$\bar{E} = \bar{V}_d + \bar{Z}_d \bar{I}_d.$$

$$0 = \bar{V}_i + \bar{Z}_i \bar{I}_i.$$

$$0 = \bar{V}_0 + \bar{Z}_0 \bar{I}_0.$$

- **Calcul des composantes symétriques des courants**

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i + \bar{I}_0 \dots\dots(III.13)$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_0 + a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i \dots\dots(III.14)$$

$$\bar{I}_3 = \bar{I}_0 + a \bar{I}_d + a^2 \bar{I}_i \dots\dots(III.15)$$

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

L'addition de trois équations de superposition donne :

$$\bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_o = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} \dots\dots(III.16)$$

- **Valeur du courant de défaut**

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

$$\bar{I}_1 = \frac{3\bar{E}}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_o} \dots\dots(III.17)$$

III.11.2 Les défauts biphasés [15]

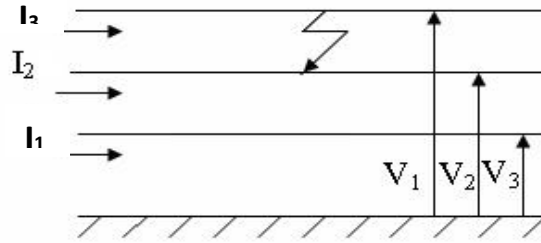


Figure III.8 : Schéma d'un défaut biphasé [15]

$$\begin{aligned}\bar{I}_1 &= 0 \\ \bar{V}_2 &= \bar{V}_3\end{aligned}$$

Des équations précédentes, on tire :

$$\bar{I}_0 = 0 \quad \text{et} \quad \bar{I}_d = -\bar{I}_i$$

De l'équation (III.4 et III.5) on trouve :

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

On fait (III.9 = III.10) nous donne les composantes directes et inverses du courant

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{V}_n}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \dots\dots(III.18)$$

$$\bar{I}_i = -\frac{\bar{V}_n}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \dots\dots(III.19)$$

L'expression du courant de court-circuit est :

$$\begin{aligned}\bar{I}_{cc2ph} = \bar{I}_2 = -\bar{I}_3 &= a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i = (a^2 - a) \bar{I}_d \\ &= (a^2 - a) \frac{\bar{V}_n}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i}\end{aligned}$$

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

$$|\bar{I}_{cc2ph}| = \sqrt{3} \frac{\bar{V}_n}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \dots\dots(III.20)$$

III.11.3 Les défauts triphasés [15]

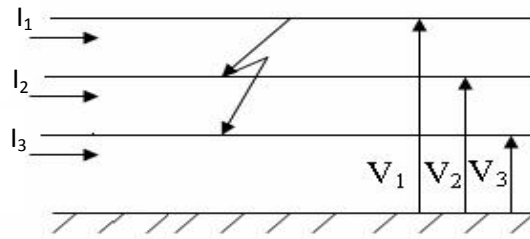


Figure III.10 : Schéma de défaut triphasé [15]

- **Equation de défaut**

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

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

D'après les expressions (III.3, III.4 et III.5) on déduit :

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

D'après les expressions (III.9, III.10 et III.11) en tire :

$$\overline{I}_i = 0$$

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

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

Le courant de court-circuit triphasé est :

$$\overline{I}_{cc3ph} = \frac{\overline{V}_n}{\overline{Z}_d} \dots\dots\dots (III.21)$$

V.12 Méthode des valeurs réduites pour le calcul du courant de court- circuit

Les grandeurs physiques utilisées dans le calcul des courants de court-circuit sont

- La puissance ;
- La tension ;
- Le courant ;
- L'impédance.

Elles peuvent être exprimées soit :

- En grandeurs absolues (avec dimension) ;
- En pourcentage (%) ;
- En valeurs réduites (sans dimension).

Pour les systèmes complexes, il est préférable de faire le calcul des courants de court-circuit à l'aide des valeurs réduites.

III.12.1 Définition

Les valeurs réduites sont des nombre sans dimension obtenus en faisant le quotient de la valeur physique de chaque grandeur par une valeur de base que l'on choisit comme référence :

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} U_b} \quad \text{et} \quad Z_b = X_b = \frac{U_b^2}{S_b} \quad (R_b=0)$$

Les valeurs réduites des différents éléments du réseau sont alors :

$$S^* = \frac{S}{S_b}, \quad U^* = \frac{U}{U_b}, \quad I^* = \frac{I}{I_b}, \quad x^* = \frac{X}{X_b}$$

III.12.2 Impédances des éléments de réseau

III.12.2.1 Impédances directes (ou inverses)

Les impédances de réseau, autre que les machines tournantes, présentent au passage des courants équilibrés une impédance dont la valeur est indépendante de l'ordre de succession des phases. En conséquence, les impédances directes et inverses de ces éléments sont identiques :

- | | | | |
|----------------------|---|---------------|-------------------|
| - Transformateur | } | $\Rightarrow$ | $Z_d \approx Z_i$ |
| - Lignes et câbles | | | |
| - Récepteurs passifs | | | |
| - Alternateurs | } | $\Rightarrow$ | $Z_d \neq Z_i$ |
| - Moteur triphasés | | | |

III.12.2.2 Impédance homopolaire

L'impédance homopolaire dépend :

- Du mode de liaison de couplage des enroulements ;

- Du mode de couplage des enroulements ;
- De la nature de circuit magnétique.

a- Impédance homopolaire de la ligne

L'impédance homopolaire par phase d'une ligne triphasée est donnée par la formule simplifiée suivant :

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

R : résistance du conducteur métallique

L : inductance de la ligne

ρ : La résistivité de conducteur

S : La section de câble

b- Impédance homopolaire du transformateur

Le tableau (5annexe) résume les valeurs des impédances homopolaire a attribuer aux transformateurs en fonction de leur couplage

c- Impédance homopolaire du réseau amont

L'impédance homopolaire du réseau amont est égale à trois fois l'impédance directe

$$Z_{oa} = 3 Z_{da}$$

d- Impédance ramenée à un niveau de tension

Pour le calcul de courant de court circuit à un endroit bien déterminé du réseau, il est indispensable de ramener toutes les impédances à une certaine tension de référence, pour cela on utilise :

$$\bar{U} = U \left(\frac{U_x}{U} \right), \quad \bar{Z} = Z \left(\frac{U_x}{U} \right)^2, \quad \bar{I} = I \left(\frac{U}{U_x} \right)$$

$\bar{U}, \bar{Z}, \bar{I}$: Sont des valeurs ramenées a U_x

III.12.2.3 Impédances réduites des éléments constituant le réseau

a- Composantes directe et inverse

❖ Lignes

$$Z_{dL}^* = X_{dL}^* = X_L \frac{S_b}{U_b^2} \dots\dots\dots(III.22)$$

X : réactance kilométrique de la ligne.

L : longueur de la ligne. .

S_b et U_b : puissance et tension de base.

❖ Transformateur à deux enroulements (entre enroulement 1 et 2)

$$Z_{dtr}^* = X_{dtr}^* = \frac{U_{cc}}{100} \frac{S_b}{S_n} \dots\dots\dots(III.23)$$

U_{cc} = tension de court circuit du transformateur

S_n, U_n : puissance et tension nominales .

❖ Réseau amont

$$Z_{da}^* = X_{da}^* = \frac{U}{S_{cc}} \frac{1}{X_b} \left(\frac{U_x}{U} \right)^2 \dots\dots\dots(III.24)$$

S_{cc} = puissance de court circuit

U : tension entre phases

❖ Alternateurs

$$X_a^* = \frac{U_n^2}{S_n} \frac{X_d}{X_b} \text{ et } R_a^* = \frac{U_n^2}{S_n} \frac{R_d}{R_b}$$

X_d, R_d : réactance et résistance de l'alternateur

S_n : puissance nominale

a- Composante homopolaire**❖ Lignes**

$$\overline{Z_{ot}^*} = 3 \square \overline{Z_d^*} \dots\dots\dots(III.25)$$

❖ Transformateur à deux enroulements

L'impédance homopolaire du transformateur dépend du mode de couplage des enroulements (Tableau 5 annexe) :

$$Z_{otr}^* = Z_{dtr}^*$$

❖ Réseau amont

$$Z_{oa}^* = 3 Z_{da}^*$$

III.12.3 Calcul des courants de court-circuit**III.12.3.1 Courant de court-circuit triphasé**

Le courant de court-circuit est donné par la formule suivante :

$$I_{ccT} = \frac{E}{Z_d} = \frac{U^{\square}}{Z_d \sqrt{3}} \dots\dots\dots(III.26)$$

E : f.e.m de la source ou tension simple

Z_d : impédance équivalente

III.12.3.2 Courant de court-circuit biphasé

La relation donnant la valeur du courant de court-circuit biphasé est :

$$I_{ccb} = \frac{\sqrt{3} E}{Z_d + Z_i} = \frac{U^{\square}}{2 Z_d} \dots\dots\dots(III.27)$$

Z_i : impédance équivalente dans le système inverse

Z_d et Z_i sont égaux dans le cas des réseaux d distribution

$$I_{ccb} = \frac{\sqrt{3} E}{2 Z_d} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ccT}$$

III.12.3.3 Courant de court-circuit monophasé

Le courant dans la phase en défaut est :

$$I_{ccm} = \frac{3 E}{Z_d + Z_i + Z_o} = \frac{3 \cdot U}{\sqrt{3}(2Z_d + Z_o)} \dots\dots\dots (III.28)$$

III.13 Conclusion

Le calcul mathématique des courants de court-circuit est indispensable, car il nous renseigne sur le choix de différents appareils de protection ainsi leurs réglages pour mieux protéger les différents équipements électriques.

En effet les appareils de protection doivent répondre à quelques exigences telles que (la rapidité, la précision, ...), et cela pour éviter la propagation des défauts et la destruction des équipements qui coûtent très cher.



Chapitre IV

La gamme SEPAM

2000

IV.1 Introduction

Notre objectif dans ce chapitre est d'appliquer une protection à un départ HTA, par l'utilisation d'une protection numérique appelée « SEPAM 2000 » cet appareil nécessite la maîtrise de son paramétrage par rapport à tous ces fonctions.

IV.2 Définition des « SEPAM » [16]

La gamme SEPAM est un ensemble d'unités de protection et de contrôle commande dont la capacité est adaptée à tous les types d'application (sous station, jeux de barres, transformateur, moteur, condensateur, générateur)

Chaque SEPAM est une réponse optimale en termes de fonctionnalité, de performance et de prix.

La SEPAM fournit une gamme de protection complète avec affichage numérique répondant à aux besoins suivants :

- Grande dynamique de réglage ;
- Protection des réglages par mot de passe ;
- Facilité d'utilisation des courants de déclenchement sur chaque phase et l'affichage des valeurs réelles des mesures ;
- Sûreté de fonctionnement avec les contrôles permanents et haut niveau d'immunité aux perturbations électromagnétiques ;

IV.3 Les différents types de SEPAM [16]

Dans la gamme SEPAM on trouve plusieurs types selon leur capacité et fonction souhaitées : SEPAM série (1000+, 1000, 2000, 80,...). Notre travail doit porter sur SEPAM série 2000.

IV.4 Présentation de SEPAM série 2000 [16]

La gamme SEPAM série 2000 est un relais numérique de protection haute performance. Il est conçu pour satisfaire complètement les besoins d'une application et comprend toutes les fonctions nécessaires prêtes à l'emploi. Il dispose d'une large capacité de contrôle commande grâce à son automate programmable intégré et à son interface de communication vers un superviseur ou vers un autre système de commande centralisée.

IV.4.1 Description de SEPAM série 2000 [16]

Le SEPAM 2000 remplace les appareils de mesures tels qu'ampèremètres, voltmètre, wattmètre, compteurs d'énergies, etc. il affiche des messages d'alarme ou d'exploitation, en association avec les fonctions de protection et les logiques de commande, ce qui dispense l'installation des voyants indicateurs.

Il comporte en face avant

- Un affichage lumineux alphanumérique, lisible à plusieurs mètres ;
- Des touches permettant le choix de la mesure à visualisé et l'acquittement des messages. Par mesures de sécurité ces touches ne donnent pas accès aux réglages des protections ;
- Trois voyants :
 - « trip » (déclenchement par actions des protections),
 - « disjoncteur ouvert »,
 - « disjoncteur fermé »
- Un voyant vert d'indication de présence « tension auxiliaire » ;
- Un voyant rouge d'indication d'anomalie de fonctionnement et de passage en position de repli (chien de garde) ;
- Un portillon donnant accès :
 - A la prise de raccordement liaison série,
 - Au logement de la cartouche (cette cartouche contient des défèrent programme nécessaire au fonctionnement de SEPAM 2000)



Figure IV.1 : La face avant de la SEPAM 2000 [16]

La face arrière de SEPAM 2000 se compose de plusieurs connecteurs entrées et sorties ; toutes les bornes de raccordement de Spam 2000 sont situées sur la face arrière

- En face arrière, les cartes constituant le spam 2000 occupent des emplacements numérotés : 1 à 8.

Chaque connecteur est dédié à un ensemble fonctionnel repéré en haut à droite suivant sa fonction :

- CE40 : alimentation auxiliaire et option communication.
- ECM: interface capteur de courant(TC).
- ECA: interface capteur de courant (CSP).
- 3U/V₀: interface capteur de tension.
- ESB: interface de commande de disjoncteur.
- ESTOR : interface des circuits auxiliaires de commande

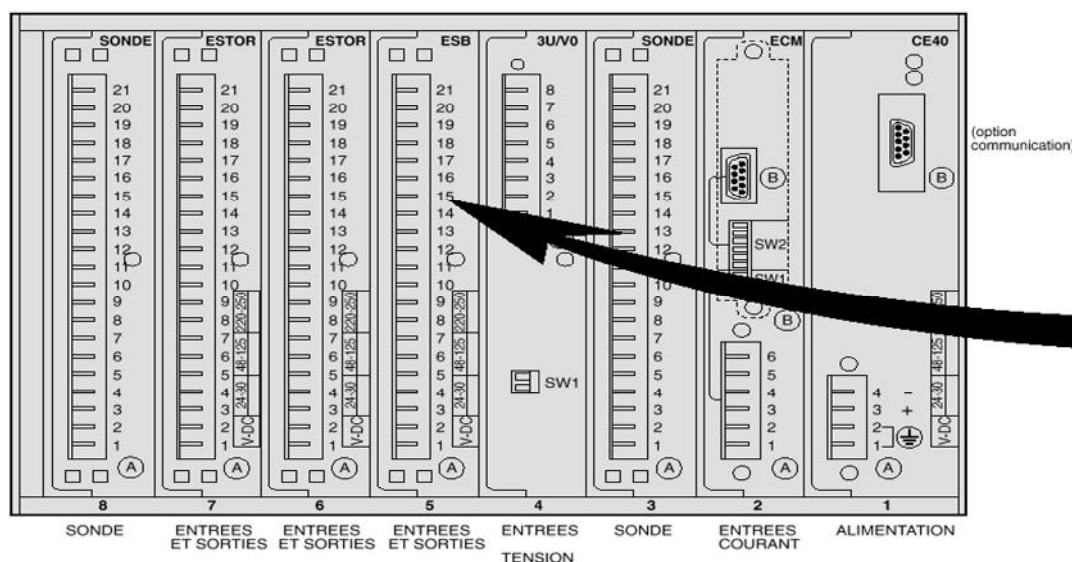


Figura IV.2 : la face arrière de la SEPAM 2000 [16]

IV.4.2 Les accessoires de SEPAM 2000 [16]

IV.4.2.1 Les accessoires fournis avec SEPAM

Chaque SEPAM est livré avec les accessoires suivants :

a- Connecteur CCA 660 ou CCA 651 pour raccordement des TC 1A ou 6A

On utilise les connecteurs CCA 660, de couleur grise ou CCA 651, portant la mention « for S35 only ». Ces connecteurs ont les caractères suivants :

- Pour cosses à œil de 4 mm ;
- Pour câble de 6 mm² maxi (awg 10) ;



CCA 660



CCA 651

Figure IV.3 : Connecteur CCA 660 et connecteur CCA 651[16]**b- Connecteur CCA 604**

Quatre points. Raccordement de l'alimentation :

- Born à vis,
- Câble de 0.6 à 2.5mm² (awg 20 à awg 14).

**Figure IV.4 :** Connecteur CCA 604 [16]**c- Connecteur CCA 606**

Connecteur à 6 points. Raccordement d'un tore

**Figure IV.5 :** Connecteur CCA 606 [16]

d- Connecteur CCA 608(selon le type de SEPAM)

Connecteur à 8 points. Raccordement des TP.

(TP : transformateur de potentielle).



Figure IV.6 : Connecteur 608 [16]

e- Connecteur CCA 621

Connecteur à 21 points.

Raccordement des entrées/sortie TOR.



Figure IV.7 : Connecteur 621 [16]

f- Câble CCA 602

Câble de longueur 3m avec connecteur fourni avec le SEPAM équipé de l'option communication.

IV.4.2.2 Les accessoires optionnels**a- Console TSM 2001**

Utilisée pour effectuer les réglages du SEPAM 2000.

Elle ne comporte pas de pile car elle est alimentée par le SEPAM 2000.

Elle permet d'accéder à toutes les informations de Spam telles que :

- Mesures courantes,
- Mesures d'aide à l'exploitation,
- Réglage des protections.



Figure IV.8 : La console [16]

b- Kit logiciel SFT 2801 / SFT 2821

Le logiciel SFT 2801 installé sur micro ordinateur PC se substitue à la console TSM 2001.

Le logiciel SFT 2821 installé sur un PC permet de :

- Préparer un fichier de réglage et de le transférer vers Spam 2000 via la prise console,
- Transférer vers un PC via la prise de console, l'ensemble des réglages du Spam 2000 et les stocker dans un fichier.



Figure IV.9 : Installation de SFT 2801 avec le PC [16]

IV.4.3 Principe de raccordement [16]

Les raccordements sont faits sur des connecteurs amovibles situés sur la face arrière. Tous les connecteurs sont verrouillables par vissage.

IV.4.3.1 Raccordement des TC 1A ou 5A

Le raccordement des secondaires des transformateurs de courant (1A ou 5A) se fait sur le connecteur CCA 660 ECM. Ce connecteur contient 3 tores, qui réalisent l'adaptation et isolation entre les circuits 1A ou 5A et le Spam 2000. Il peut être déconnecté en présence de courant car sa déconnexion n'ouvre pas le circuit secondaire des TC.

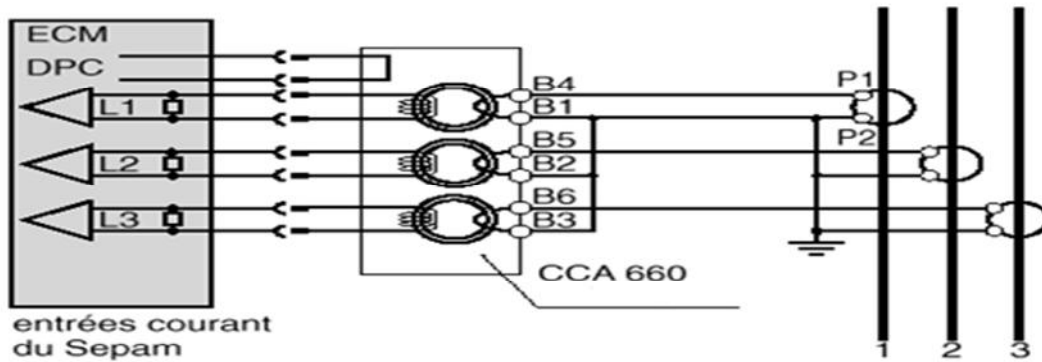


Figure IV.10 : Le schéma de raccordement des TC 1A ou 5A [16]

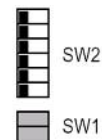
IV.4.3.2 Raccordement des micro-interrupteurs

Le mode de fonctionnement de SEPAM 2000 est choisi par le raccordement des micro-interrupteurs situé en face arrière, ils doivent impérativement être positionnés avant la mise en service du SEPAM.

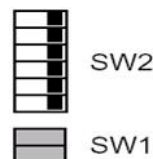
Ces micro-interrupteurs sont masqués par le connecteur CCA 660 lorsque celui-ci est en place.

IV.4.3.3 Positionnement des micro-interrupteurs

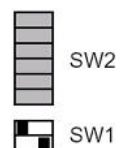
- Pour utilisation sur secondaire 5A ;



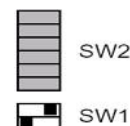
- Pour utilisation sur secondaire 1A ;



- Pour mesure du courant résiduel par somme des courants ;



- Pour mesure du courant résiduel par un tore CSH 200.



IV.4.3.4 Raccordement des entrées tension

Le raccordement des transformateurs de tension (TP) phase et résiduelle se fait sur le connecteur huit points CCA 608 du module 3U

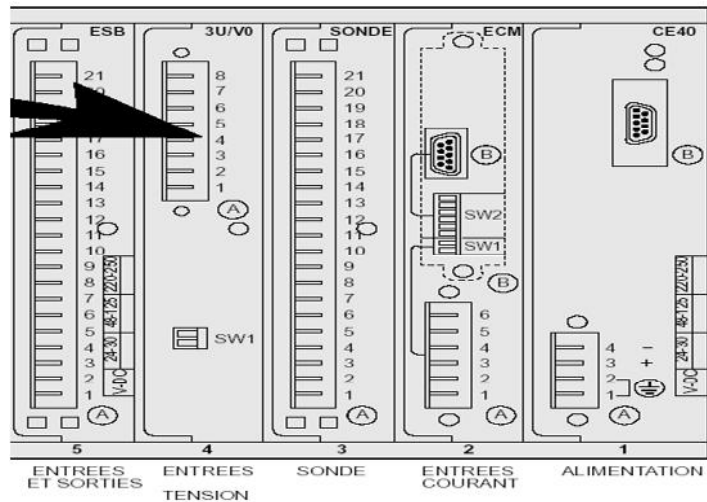


Figure IV.17 : Le raccordement des entrées tension sur le connecteur CCA 608 [16]

IV.4.3.5 Raccordement de trois TP (mesure de la tension résiduelle)

Ce schéma permet de mesurer les tensions composées et calculer la tension résiduelle. Il nécessite trois TP avec primaire entre phase et terre. Le pontage des bornes 1 et 6 est indispensable pour que le SEPAM 2000 puisse calculer la tension résiduelle.

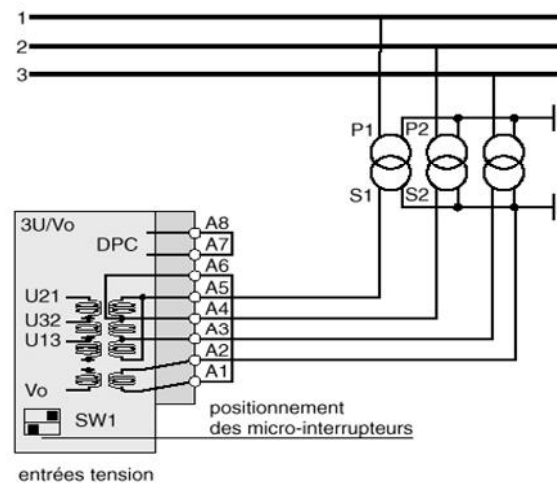


Figure IV.18 : Le schéma de raccordement de trois TP [16]

IV.4.3.6 Raccordement de l'alimentation et de la prise de terre

L'alimentation du SEPAM se raccorde sur le connecteur 4 point CCA 604 du module CE40 situé sur la face arrière. L'entrée de l'alimentation est protégée contre une inversion de polarité accidentelle.

- **Sécurité**

Le châssis du SEPAM doit obligatoirement être raccordé à la terre par l'écrou de masse situé sur le flanc droit (vu de l'arrière).

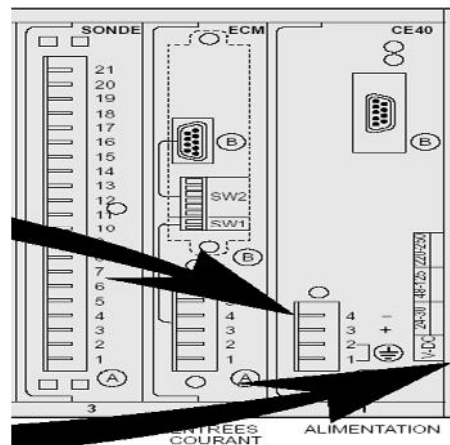


Figure IV.18 : Le schéma de raccordement de l'alimentation et de la prise de terre [16]

IV.4.3.7 Raccordement des entrée et sorties logiques

Les informations logiques sont raccordées sur le connecteur CCA 621 des modules ESB et ESTORE. Il vérifie que la tension appliquée sur les entrées est compatible avec l'indiction de tension portée par un point sur le sous ensemble.

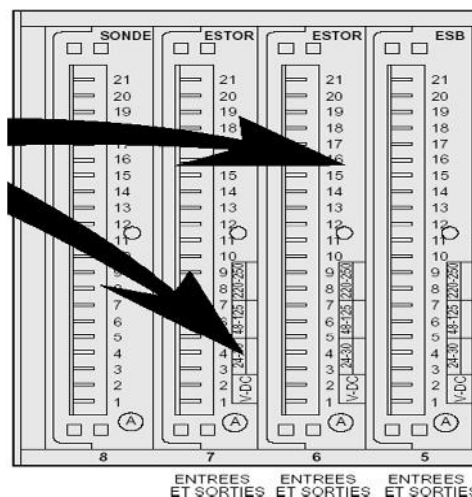


Figure IV.19 : Le raccordement des entrée et sorties logiques [16]

IV.5 Les fonctions de SEPAM 2000 [16]

Le SEPAM 2000 est une unité multifonctionnelle à microprocesseur qui réunit dans un seul boîtier :

- La commande et la surveillance,
- La télésurveillance et la télécommande,
- L’affichage des messages d’exploitation,
- La protection du réseau,
- Les mesures nécessaires à l’exploitation,

IV.5.1 Fonction de mesure [16]

a- Courant phase : 50/51

Cette fonction fournit la valeur efficace des courants de phases, elle est basée sur la mesure du fondamental.

Ces mesures sont accessibles sur l’afficheur à l’aide de la touche A, et à la console menu ; mesure ; rubrique courant phase.

b- Courant de déclenchement

Cette fonction fournit la valeur efficace des courants à l’instant présumé du déclenchement. Cette mesure est définie comme la valeur efficace maximale mesurée pendant un intervalle de 30 ms.

Ces mesures sont accessibles sur la console menu ; mesure rubrique ; courant de déclenchement.

c- Courant résiduel

Cette fonction fournit la valeur efficace du courant résiduel ($\overrightarrow{I1} + \overrightarrow{I2} + \overrightarrow{I3}$) :

- I_0 : courant résiduel raccordé au connecteur 2,
- I'_0 : courant résiduel raccordé au connecteur 3,
- I''_0 : courant résiduel raccordé au connecteur 4.

Ces mesures sont accessible à la console menu ; fonction spéciale; rubrique, I résiduel, I' résiduel, I'' résiduel.

d- Courant efficace vrai

Cette fonction fournit la plus grande des mesures suivantes :

- Valeur efficace du fondamentale du courant de la phase 1 jusqu'à 24 In
- Valeur efficace du courant de la phase 1 jusqu'à 4 In, prenant en compte le fondamental et les harmonique.

Cette mesure est accessible à la console, menu ; fonction spéciale; rubrique I rms.

e- Maxi mètres de puissance active et réactive

Cette fonction fournit la plus grande valeur moyenne de la puissance active ou réactive obtenue depuis la dernière remise à zéro. Le temps de calcul de la moyenne, appelé aussi période d'intégration, et réglable à l'aide de la console menu statu, rubrique période maxi mètre.

Les valeurs de maxi mètre sont sauvegardées en cas de coupure d'alimentation auxiliaire.

f- Tension résiduelle

Cette fonction fournit la valeur de la tension résiduelle ($\overrightarrow{V1} + \overrightarrow{V2} + \overrightarrow{V3}$). Celle-ci est mesurée somme interne des trois tensions phases ou par TP étoile/triangle ouvert.

Cette mesure est accessible à la console menu fonction spéciale rubrique V résiduelle, V' résiduel.

IV.5.2 Fonction de protection [16]**a- Maximum de courant de phase (50/51)**

La protection à maximum de courant de phase est tripolaire. Elle est excitée si un, deux ou trois des courants concernés atteignent le seuil de fonctionnement.

Elle est temporisée, la temporisation peut être à temps indépendant (constant, DT) ou à temps dépendant.

b- Maximum de courant de phase directionnel (67)

Cette protection est triphasée. Elle comporte une fonction maximum de courant de phase associée à une détection de direction.

Elle est excitée si la fonction maximum de courant phase dans la direction choisie est activée pour au moins une des trois phases. La direction du courant est déterminée à partir de la mesure de sa phase par rapport à une grandeur de polarisation.

Pour faciliter la mise en service, les déphasages 1,2 et 3 entre les courants I1, I2 et I3 et les grandeurs de polarisations correspondantes U32, U13 et U21 peuvent être mesurés à la console ou par communication.

c- Maximum de courant terre (50/51N)

La protection à maximum de courant terre est unipolaire. Elle est excitée si le courant de terre atteint le seuil de fonctionnement.

Les fonctions pour maximum de courant terre I_0 sont caractérisées par une grande stabilité en présence d'une proportion très élevée d'harmonique de rang trois dans le courant résiduel. Elles sont particulièrement adaptées à la protection des générateur contre les défauts terre.

Les fonctions pour maximum de courant terre I'_0 intégrant un élément de retenue à l'harmonique deux qui assure la stabilité de la protection à l'enclenchement transformateur.

d- Maximum de courant terre directionnel (67N)

Cette fonction est unipolaire. Elle comporte une fonction maximum de courant terre associées à une détection de direction. Elle est excitée si la fonction maximum de courant terre dans la direction choisi (normal ou inverse) est activée.

La direction de courant terre est déterminée à partir de la mesure de sa phase par rapport à la tension résiduelle

e- Maximum de composante inverse (46)

Cette fonction est destinée à protéger un équipement contre les déséquilibres. Elle est excitée si la composante inverse des courantes phases est supérieure au seuil.

Le courant inverse I_i est déterminé à partir des courants des trois phases :

$$I_i = \frac{1}{3} * (\vec{I_1} + a^2 \vec{I_2} + a \vec{I_3})$$

Si SEPAM 2000 est raccordé au capteur de courant de deux phases seulement. En l'absence de courant homopolaire (défaut terre), le courant inverse est :

$$\vec{I_i} = \frac{1}{\sqrt{3}} * (\vec{I_1} - a^2 \vec{I_3})$$

Cette fonction permet d'afficher à la console, le taux de composante inverse. Ce taux est le rapport I_i / I_b exprimé en pour cent (I_b : le courant de base de l'équipement défini lors de réglage du menu status).

f- Minimum de courant de phase (37)

Cette protection est monophasée :

- Elle est excitée si le courant de la phase 1 repasse au-dessous du seuil I_s ,
- Elle est inactive lorsque le courant est inférieur à 1.5% de I_n ,
- Elle est insensible à la baisse de courant (coupure) due à l'ouverture de disjoncteur,

g- Maximum de tension résiduelle (59N)

Cette fonction est excitée si la tension résiduelle V_0 est supérieure à un seuil V_{s0} , avec

$$\overrightarrow{V_0} = \overrightarrow{V_1} + \overrightarrow{V_2} + \overrightarrow{V_3}$$

La tension résiduelle est soit calculés à partir des trois phases, soit mesurée par TP externe.

h- Maximum de tension inverse (47)

Cette fonction est excitée si la composante inverse des tensions (V_i) est supérieure au seuil V_{s0} . Le tension V_i est déterminée a partir des tension des trois phases :

$$\overrightarrow{V_i} = \frac{1}{3} (\overrightarrow{V_1} + a^2 \overrightarrow{V_2} + a \overrightarrow{V_3})$$

$$\overrightarrow{V_i} = \frac{1}{3} (\overrightarrow{U_{21}} - a \overrightarrow{U_{32}})$$

Cette fonction permet d'afficher à la console la valeur de la tension inverse. Elle est exprimée en volt ou en kilovolt primaire.

i- Protection contre les défauts disjoncteur (50BF+62)

Cette fonction est destinée à détecter la défaillance d'un disjoncteur à s'ouvrir. Elle est adaptée aux disjoncteurs à commande tripolaire ou à commande unipolaire utilisés sur les réseaux où l'on pratique le réenclenchement triphasé ou réenclenchement monophasé.

La fonction « protection contre les défauts disjoncteur » est activée par un ordre de déclenchement issu d'une protection interne au SEPAM 2000 (maximum de courant phase, directionnelle) via l'information logique K858, et externe au SEPAM 2000 via les entrées tout ou rien choisies par réglage :

- I_{tri} pour action tripolaire,
- I_{ph1} action sur phase 1,
- I_{ph2} action sur phase 2,
- I_{ph3} action sur phase 3.

j- Délestage/relestage

Son objective est d'éliminer les charges non prioritaires du réseau pour éviter un effondrement du réseau de transport et établir l'alimentation de l'ensemble de ces charges quand la puissance disponible le permet.

k- Réenclencheur (79)

Automatisme destiné aux départs aériens de poste source. Il permet d'éliminer les défauts fugitifs et semi-permanents en limitant l'interruption de service.

Le réeneclencheur est prêt à fonctionner si l'ensemble de conditions suivantes sont réunies :

- Réenclencheur en service,
- Disjoncteur fermé,
- Aucune condition d'inhibition,
- La temporisation de verrouillage cycle lent n'est pas en cours,
- La temporisation de verrouillage cycle rapide n'est pas en cours.

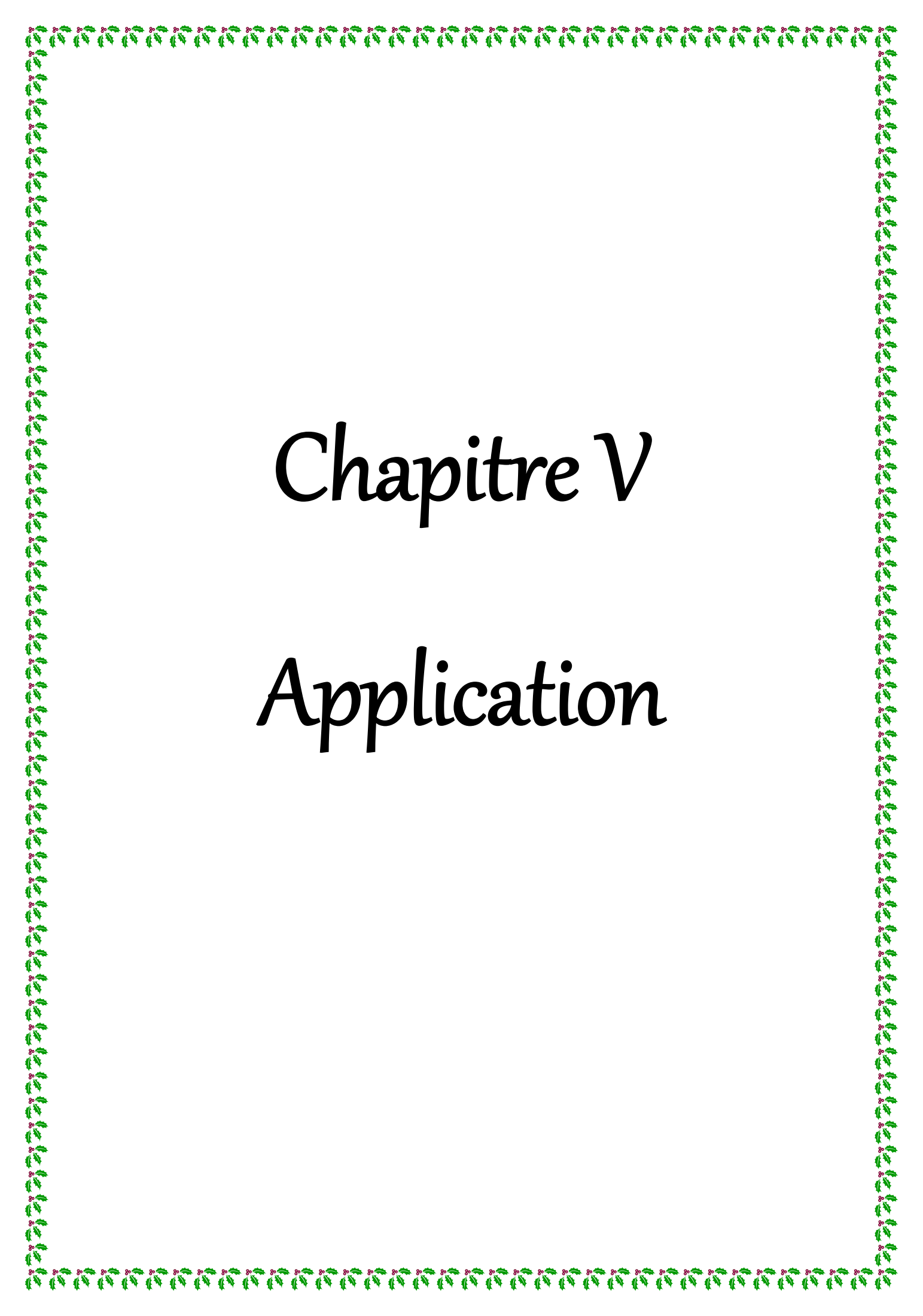
IV.6 Les avantage [16]

- La fonction de communication permet de réaliser les télé réglages, les télémesures, les télé signalisations et les télécommandes au moyen d'une liaison deux fils avec un superviseur pour obtenir une conduite centralisée.
- Les autotests permanents de **SEPAM 2000** le mettent en position de repli prédéterminé en cas de défaillance, évitant ainsi un fonctionnement aléatoire.
- La protection et le contrôle commande associés aux liaisons entre sous-stations (départs ou arrivées, câbles ou lignes) et aux couplages de jeux de barres consistent à effectuer les mesures, les protections, les commandes et la surveillance nécessaires à l'exploitation.
- **SEPAM 2000** réalise toutes ces fonctions de façon globale c'est-à-dire que l'ensemble des appareils et dispositifs généralement situés dans le caisson de contrôle d'une cellule HTA est remplacé par un seul dispositif.
- L'indication des valeurs atteintes par les courants de phase et terre à l'instant de la coupure fournit à l'exploitant une aide appréciable pour déterminer les causes et la gravité du défaut.

IV.7 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté le SEPAM 2000 qui permet de nous assurer l'ensemble des fonctions dans un seul appareil.

Il suffit donc de vérifier la bonne mise en œuvre d'un SEPAM qui concerne la vérification des raccordements et surtout le paramétrage des tensions et des courants.



Chapitre V

Application

V.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons appliquer la protection par SEPAM 2000. Pour paramétrer cet appareil, le calcul de courant de court circuit s'impose.

Notre calcul va se faire sur le départ **HTA 30 kV BOUHINOUN** issu du poste source **60 kV BOUKHALFA** ; On va faire un calcul de courant de court circuit présumé à l'extrémité de la ligne et sur le jeu de barre MT.

V.2 Données globales de réseau de TIZI OUZOU [17]

Le réseau électrique moyen tension (HTA) de la direction de distribution de Tizi-Ouzou est desservi par six postes sources (PS) suivants :

- Poste OUED AISSI: 220/60/30kV.
- Poste FREHA : 60/30kV.
- Poste TIZI MEDDEN: 60/30kV.
- Poste BOUKHALFA: 60/30kV.
- Poste SOUK EL DJEMAA (SED): 60/30 kV.
- Poste DBK : 60/30 kV

V.3 Présentation de poste source 60/30 kV BOUKHALFA [17]

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

- POMPAGE : $l = 14,128$ km
- CFPA : $l = 4,354$ km ;
- BDL : $l = 13,920$ km ;
- ENIEM : $l = 23,556$ km ;
- MAKOUA : $l = 0,244$ km ;
- ZON DEPOT : $l = 18,856$ km ;
- BOUHINOUN : $l = 118.19$ km.

Historique de poste de BOUKHALFA est donnée dans le tableau suivant :

Poste source	U (KV)	Nombre de transfo	Puissance installée (MVA)	Age des transfos (années)	Cellule de réserve	Nombre de départ HTA	Date de mise en service
BOUKHALFA	30	02	2*40	06	06	07	2008

Tableau V.1 : Présentation de poste BOUKHALFA

V.3.1 Présentation de départ BOUHINOUN

a- Données physiques :

Lignes	Nature de conducteur	Section (mm ²)	Longueur (km)
Aérien	Cu	17.8	2.5
	Al	34.4	1.72
	Am	34.4	38.643
		54.6	26.4397
		93.3	42.919
	Aa	88.8	1.996
Souterrain	Cu	50	0.035
		70	0.541
	Al	120	3.437

Tableau V.2: Représente la nature des matériaux et ces sections et les longueurs

b- Schéma normal d'exploitation

- Fermé au poste source BOUKHALFA.
- Ouvert à l'IACM J 1041 avec le départ SEPAC
- Ouvert à l'IACM J 943 avec le départ AFAIR
- Ouvert à l'IACM J 1064 avec le départ BOUHINOUN (boucle)

- Ouvert à l'IACM J 1063 avec le départ BOUKHALFA
- Déponté au poste n°180 avec départ 30KV CFPA
- Fermé à l'IAT J 1033 interdistricts (avec DISTRIC TIGZIRT)
- Ouvert au poste 716 coté tr 379 (boucle)

c- Schéma de secours

- Fermé à l'IACM J 1041 avec départ SEMPAC
- Fermé à l'IACMJ 943 avec le départ AFAIR
- Fermé à l'IACMJ 1.64 avec le départ BOUHINOUN (boucle)
- Fermé à l'IAT J 1063 avec le départ BOUKHALFA

V.4 Application

Le but de cette application est de dimensionner les appareils de coupure (disjoncteur) et paramétrage de la SEPAM 2000 de notre départ.

V.4.1 Données techniques [17]

- Couplage de transformateur **HTB/HTA (Y_N, Y_N)**
- Tension nominal **$U_n = 30 \text{ kV}$**
- Puissance nominal **$S_n = 40 \text{ MVA}$**
- Courant nominal **$I_n = 1250 \text{ A}$**
- Réactance de la ligne aérienne **$x = 0.4 \text{ } \Omega/\text{km}$**
- Réactance de la ligne souterraine **$x = 0.1 \text{ } \Omega/\text{km}$**
- Tension de court circuit **$U_{cc} = 12\%$**
- Puissance de court circuit **$S_{cc} = 500 \text{ MVA}$**

V.4.2 Méthode de calcul

On établit le schéma général du départ et la partie HTA du poste, nous superposerons sur le même schéma deux cas de court circuit (Figure V.1).

- Court circuit se produisant sur un jeu de barre HTA
- Court circuit à l'extrémité de la ligne HTA
- On ramène toutes les impédances à la tension aux points de défauts.
- On simplifie le schéma en associant les impédances série et parallèles.

- On prend $U=1.1 U_n$ du fait que la tension au point de court circuit peut être supérieure à la tension nominal.
- Calculer les courants de court circuit triphasé, biphasé et monophasé franc à la terre.
- Dimensionner les disjoncteurs nécessaires à la protection du départ HTA.

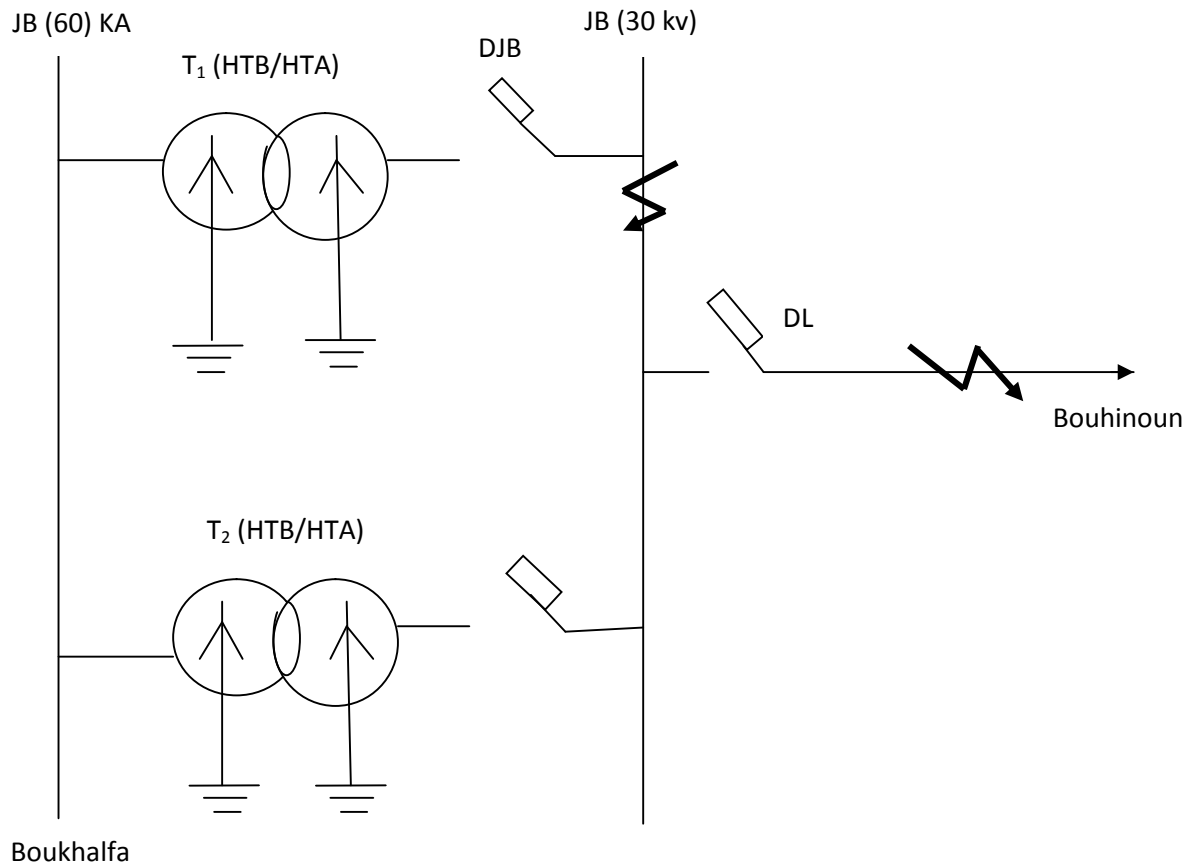


Figure V.1 : Schéma du PS BOUKHALFA et départ BOUHINOUN

V.4.3 Choix de la valeur de base

On a choisi les valeurs nominales comme grandeurs de base :

$$U_b = 30 \text{ kV}, S_b = 100 \text{ MVA}$$

Et on déduit :

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} U_b} = \frac{100 \cdot 10^6}{1,732 \cdot 30 \cdot 10^3} = 1.926 \text{ kA}$$

$$Z_b = X_b = \frac{(ub)^2}{S_b} = \frac{(30 \cdot 10^3)^2}{100 \cdot 10^6} = 9 \, \Omega \quad (R_b = 0)$$

V.4.4 Valeurs des impédances réduites

V.4.4.1 Composantes directes

❖ Ligne

$$Z_{dl} = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_b}{U_b^2}$$

$$Z_{dl} = (0,4 \cdot 114,216 + 0,1 \cdot 4,013) \times \frac{100}{30^2} = 5,12$$

$$Z_{dl}^* = 5,12$$

❖ Transformateur à deux enroulements

$$Z_{dtr}^* = \frac{U_{cc}}{100} \frac{S_b}{S_n}$$

$$Z_{dtr}^* = \frac{12}{100} \frac{100}{40} = 0,3$$

❖ Réseau amont

$$Z_{da}^* = \frac{U^2}{S_{cc}} * \frac{1}{x_b} \left(\frac{U_x}{U} \right)^2$$

$$Z_{da}^* = \frac{(60 \cdot 10^3)^2}{500 \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{9} * \left(\frac{30}{60} \right)^2 = 0,2$$

$$Z_{da}^* = 0,2$$

V.4.4.2 Composantes homopolaires

❖ Ligne

$$Z_{oL} = 3 \cdot Z_{dL}$$

$$Z_{oL} = 3 \cdot 5,12 = 15,362$$

$$Z_{oL}^* = 15,362$$

❖ Transformateur à deux enroulements (étoile-étoile)

Le transformateur utilisé est à couplage étoile-étoile dont le neutre primaire est à la terre au moins de deux et on déduit la valeur de Z_{otr} du tableau V.2

$$Z_{otr}=Z_{dtr}$$

$$Z_{otr}^*=Z_{dtr}^*=0.3$$

❖ Réseau amont

$$Z_{oa}^*=3Z_{da}^*=0.2*3=0.6$$

$$Z_{oa}^*=0.6$$

V.4.5 Valeur des courants de court-circuit

V.4.5.1 Court circuit triphasé (I_{ccT})

❖ Court-circuit à l'extrémité de la ligne

Schéma équivalent : il est donné dans la figure V.1

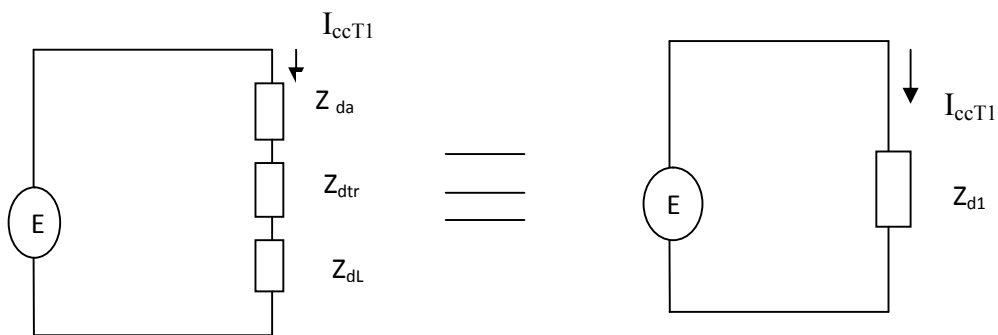


Figure V.1 : Schéma monophasé équivalent

❖ Calcul de Z_{d1}^*

$$Z_{d1}^*=Z_{da}^*+Z_{dtr}^*+Z_{dL}^*$$

$$Z_{d1}^*=0,2+0,3+5,12$$

$$Z_{d1}^*=5,62$$

❖ Valeur de I_{ccT1}^*

$$I_{ccT1}^* = \frac{U^*}{\sqrt{3}Z_d} / U^* = \frac{1.1U_n}{U_b} = \frac{1.1(30)}{30} = 1.1$$

$$I_{ccT1}^* = \frac{1.1}{\sqrt{3} \cdot 5.62} = 0.113$$

❖ La valeur réelle de I_{ccT1}^* est

$$I_{ccT1} = I_{ccT1}^* \cdot I_b$$

$$I_{ccT1} = 0.113 \cdot 1.926$$

$$I_{ccT1} = 0.218 \text{ kA}$$

❖ Court-circuit sur le jeu de barre HTA

Schéma équivalent : Il est représenté à la figure V.3

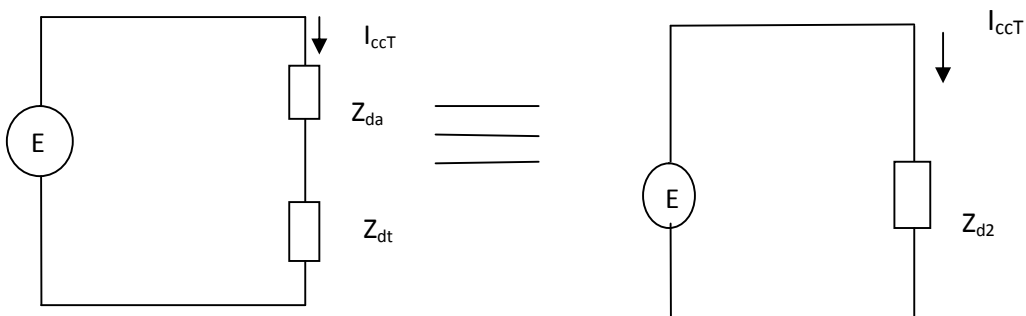


Figure V.2 : Schéma monophasé équivalent

❖ Calcul de Z_{d2}^*

$$Z_{d2}^* = Z_{da}^* + Z_{dtr}^*$$

$$Z_{d2}^* = 0.2 + 0.3$$

$$Z_{d2}^* = 0.5$$

❖ La valeur réelle de I_{ccT2}^* est

$$I_{ccT2}^* = \frac{1.1}{0.5\sqrt{3}} = 1.270$$

$$I_{ccT2} = I_{ccT2}^* \cdot I_b$$

$$I_{ccT2} = 1.270 \cdot 1.926$$

$$I_{ccT2} = 2.446 \text{ kA}$$

V.4.5.2 Court circuit biphas (I_{ccb})

❖ Court-circuit à l'extrémité de la ligne

$$I_{ccb1}^* = \frac{U_{\square}}{2 \cdot Z_{d1}}$$

$$I_{ccb1}^* = \frac{1.1}{2 \cdot 5.62} = 0.098$$

$$I_{ccb1}^* = 0.098$$

❖ La valeur réelle de I_{ccb1}^{*}

$$I_{ccb1} = I_{ccb1}^* \cdot I_b$$

$$I_{ccb1} = 0.098 \cdot 1.926 = 0.188$$

$$I_{ccb1} = 0.188 \text{ kA}$$

❖ Court-circuit sur le jeu de barre

$$I_{ccb2}^* = \frac{U_{\square}}{2 \cdot Z_{d2}}$$

$$I_{ccb2}^* = \frac{1.1}{2 \cdot 0.5} = 1.1$$

$$I_{ccb2}^* = 1.1$$

❖ La valeur réelle de I_{ccb2}^{*} est

$$I_{ccb2} = I_{ccb2}^* \cdot I_b$$

$$I_{ccb2} = 1.1 \cdot 1.926 = 2.118$$

$$I_{ccb2} = 2.118 \text{ kA}$$

V.4.5.3 Court-circuit monophasé (I_{ccm})

❖ Court-circuit à l'extrémité de la ligne

Schéma équivalent : Il est représenté dans la figure V.4

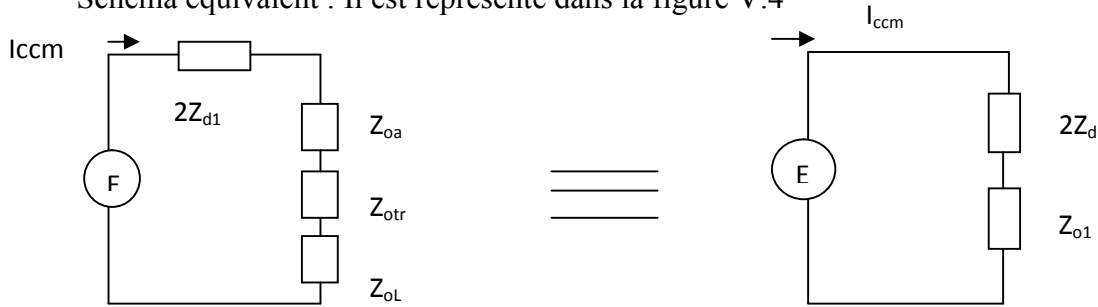


Figure V.3 : Schéma homopolaire équivalent du premier défaut

Z_{d1} : impédance équivalente directe

Z_{o1} : impédance équivalente homopolaire

❖ La valeur de l'impédance réduite homopolaire Z_{o1}

$$Z_{o1}^* = Z_{oa}^* + Z_{otr}^* + Z_{oL}^*$$

$$Z_{o1}^* = 0,6 + 0,3 + 15,362 = 16,262$$

$$Z_{o1}^* = 16,262$$

❖ Valeur de I_{ccm1}^*

$$I_{ccm1}^* = \frac{3.U^{\square}}{\sqrt{3}(2Z_{d1}^* + Z_{o1}^*)}$$

$$I_{ccm1}^* = \frac{3.3}{\sqrt{3}(2 \cdot 5,62 + 16,262)} = 0,069$$

$$I_{ccm1}^* = 0,069$$

❖ La valeur réelle de I_{ccm1}

$$I_{ccm1} = I_{ccm1}^* \cdot I_b$$

$$I_{ccm1} = 0,069 \cdot 1,926$$

$$I_{ccm1} = 0,133 \text{ kA}$$

❖ Court-circuit sur le jeu de barre

Schéma équivalent à la figure V.5

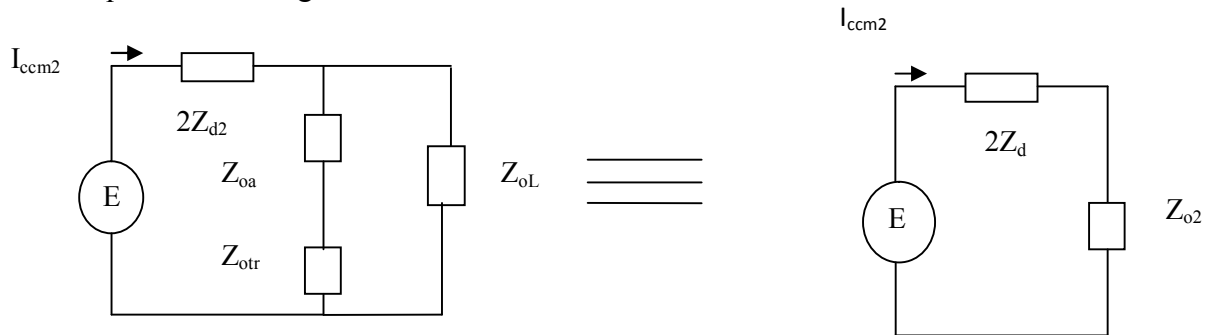


Figure V.4 : Schéma direct homopolaire équivalent

Z_{d2} : impédance équivalente directe

Z_{o2} : impédance équivalente homopolaire

❖ Valeur de l'impédance réduite homopolaire équivalent

$$Z_{o2}^* = \frac{(Z_{oa}^* + Z_{otr}^*) \cdot Z_{oL}^*}{Z_{oa}^* + Z_{otr}^* + Z_{oL}^*}$$

$$Z_{o2}^* = \frac{(0.6 + 0.3j) \cdot 15.362}{0.6 + 0.3j + 15.362} = 0.86$$

$$Z_{o2}^* = 0.86$$

❖ Valeur de I_{ccm2}^*

$$I_{ccm2}^* = \frac{3 \cdot U^*}{\sqrt{3} (2Z_{d2}^* + Z_{o2}^*)}$$

$$I_{ccm2}^* = \frac{3.3}{\sqrt{3} (2 \cdot 0.5 + 0.86)} = 1.02$$

$$I_{ccm2}^* = 1.02$$

❖ Valeur réelle de I_{ccm2} :

$$I_{ccm2} = I_{ccm2}^* \cdot I_b$$

$$I_{ccm2} = 1.02 \cdot 1.926$$

$$I_{ccm2} = 2 \text{ kA}$$

V.4.5.4 Récapitulatifs

Le tableau V.2 résume les valeurs des courants de court-circuit pour chaque cas de défaut :

Court-circuit	Courant de court circuit triphasé (kA)	Courant de court circuit biphasé (kA)	Courant de court circuit monophasé (kA)
à l'extrémité de la ligne	0.218	0.188	0.133
Sur le jeu de barre	2.446	2.118	2

Tableau V.3 : Récapitulatif des valeurs courant des courts-circuits

V.5 Les caractéristiques de disjoncteurs

Le disjoncteur utilisé de type SF6 a la caractéristique suivant :

Courant nominale $I_n = 1250A$;

Pouvoir de coupure $PC = 25kA$;

$TC = 150-300/1$ (le rapport de transformation soit 1 ou 2) ;

V.6 Réglage de relais protection Sepam 2000

V.6.1 Réglage de protection de départ HTA[9]

Les réglages se basent sur les valeurs de court circuit calculées à l'extrémité de la ligne pour avoir une protection de tout le réseau électrique

-Le réglage de premier seuil (I_{R1}) devra satisfaire aux conditions suivantes : [9]

- ✓ Si $0.85I_b > KI_{lt}$ le seuil sera réglé à : $I_R < KI_{lt}$
- ✓ Si $0.85I_b < KI_{lt}$ le seuil sera réglé à : $I_R < 0.85I_b$

I_{lt} : Courant limite thermique de la ligne $I_{lt} = 140A$ (Tableau 4 annexe)

I_b : Courant de court circuit biphasé à l'extrémité de la ligne ;

K : Coefficient de surcharge admissible sur les conducteurs (valeur de $K=1.2$) ;

$$0.85I_b = 0.85 \times 0.188 = 160 \text{ A}$$

$$K \cdot I_{lt} = 1.2 \times 140 = 168 \text{ A}$$

$160 < 168$ le seuil donc sera réglé à : $I_{R1} \leq 160 \text{ A}$

Donc le premier seuil sera réglé à : **$I_{R1} = I_{ph} = 160 \text{ A}$**

-Le second seuil **I_{R2}** : élimine les courts-circuits violent.

Dans les conditions les plus défavorables, le courant de court-circuit en aval du transformateur HTA/BT, reporté au primaire, sera :

$$I_{cc} = \frac{P_2}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot U_{cc}}$$

$$I_{cc} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot \frac{6}{100}} = 320.75 \text{ A}$$

$$I_{R2} = 1.3 \cdot I_{cc} = 1.3 \times 320.75 = 416.97 \text{ A}$$

$$I_{R2} \geq 2 \cdot I_{R1}$$

Donc le deuxième seuil sera réglé à : **$I_{R2} = 416.97 \text{ A}$**

Le but de calcul des deux seuils est :

- Le premier seuil donnera un signal d'alarme
- Le deuxième seuil donnera signal de déclenchement.

le réglage du neutre moyenne tension côté transformateur égale à 60A donc on est obligé de régler les défauts monophasés homopolaires au niveau du départ BOUHINOUE à une valeur inférieure à 60 A (GRTE :Gestionnaire du Réseau de Transport Electrique à installer une protection Neutre moyenne tension pour assurer la protection homopolaire, pour cela, elle a réglé la valeur de courant homopolaire à 60A).

On prend $I_h = 50 \text{ A} / 0.8 \text{ s}$.

Pour le système à deux seuils, le temps de retards du premier seuil est de 0.8s car on a un seul disjoncteur en aval du disjoncteur au départ de la ligne HTA.

Afin de contourner les dommages du courant I violant sur notre réseau nous avons opté à réduire le temps de retard du déclenchement du deuxième seuil à 0.1s.

Type des courts circuits	Seuils (A)	Temporisation (s)
I_{ph}	160	0,8
I_v	417	0,1
I_h	50	0,8

Tableau V.4 : Les valeurs de réglage de SEPAM 2000

V.9 Conclusion

Après les calculs on a vu que la SEPAM 2000 réalise toutes ces fonctions de façon globale c'est-à-dire que l'ensemble des appareils et dispositifs généralement situés dans le caisson de contrôle d'une cellule HTA est remplacé par un seul dispositif.

Nous avons constaté que ses avantages son dominant, l'intégration de cette gamme dans le plan de travail est vraiment très important pour répondre aux exigences de la protection.



Conclusion générale

Conclusion générale

La protection des réseaux électriques est une nécessité et une condition incontournable pour assurer la continuité et une meilleure qualité de service.

Le travail que nous avons effectué nous a permis d'avoir des connaissances sur les structures du réseau HTA ainsi les différents défauts provoquant ce réseau, et les organes de coupure, ainsi les différentes protections qui empêchent leurs propagation vers d'autres zones.

Notre travail consiste à faire le paramétrage et le réglage du relais de protection du départ 30 KV BOUHINOUN issu du poste source BOUKHALFA. Nous avons calculé les valeurs des courants de court circuit biphasés et monophasés sur l'extrémité de la ligne et aussi le jeu de barre pour garantir une protection plus fiable de tous les organes du réseau électrique.

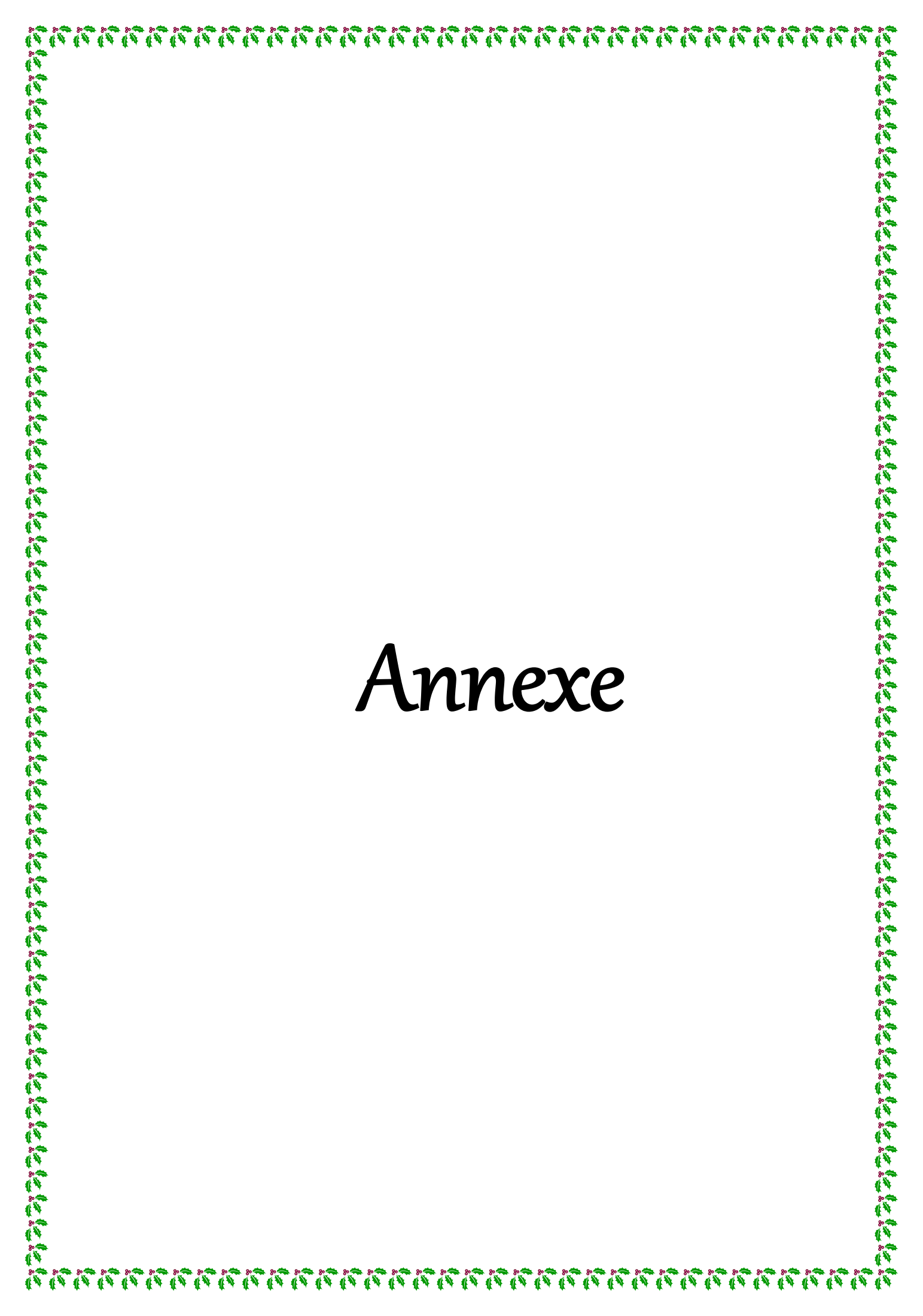
Les fonctions de protection SEPAM 2000, nous rassure contre les différents défauts qu'un réseau de moyenne tension peut subir, et aussi les fonctions de mesures nous donnent les valeurs des différentes grandeurs des courants, tension, puissances active et réactive.

Actuellement, SONELGAZ utilise l'automate SEPAM pour régler ses problèmes de mesures et de protection des réseaux. D'autres dispositifs sont mis en service pour compléter les fonctions des SEPAM, tel que SCADA qui agit sur les disjoncteurs et les interrupteurs à distance.

Le travail qu'on a fait, nous a permis d'enrichir nos connaissances dans le domaine des réseaux électrique, et surtout la découverte des protections numérique. Nous espérons que ce modeste travail sera une base appréciable pour les étudiants qui auront à travailler dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : WILDI, G.SYBILLE <<Electrotechnique 4^{ème} édition>>, De Boeck, Septembre 2005.
- [2] : Christian PURET << Les réseau de distribution publique moyenne tension dans le monde>>, année 2002.
- [3] : <<Diagnostic du départ moyenne tension issu du central SOUK EL DJEMA>>, mémoire d'ingénieur, UMMTO, année 2008.
- [4] : F.AMRANI, R.BELKASSA << Etude d des protections des départ, application poste 60/30 kV de TIZI MEDEN >> Mémoire d'ingénieur, UMMTO, année 2009.
- [5]: <<SPECIFICATION TICHNIQUE ONE ST N° D22-P66>>, edition Août 2010.
- [6]: ZELLAGUE << Etude des protections des réseaux électrique MT 30 et 10 kV>> mémoire de magistère, université Constantine, Année 2010.
- [7] :F.KHEMRI, B.MOUEL <<Dimensionnement, protection numérique et mise en service d'une installation électrique et de son réseau de distribution >> Mémoire d'ingénieur, UMMTO, années 2009.
- [8] : N.SAIM << Restructuration de réseau moyenne tension d'AZAZGA>> mémoire d'ingénieur, UMMTO, année 2010.
- [9] : MERLIN GERIN << Guide de protection >>Schneider électrique, edition2006.
- [10] : L.BENARAB<< Détermination des seuils de réglage de protection de départ moyenne tension au complexe de l'ENIEM>> mémoire fin d'étude ingénieur UMMTO, année 2010.
- [11] : O.AITGUENISSAID, O.OUKHOUIA<<Protection numérique par SEPAM 80, d'un départ électrique HTA>>, mémoire fin d'étude master, UMMTO, année 2012.
- [12] : S.ABBASSEN, N.KACED << Etude de protection des départs moyenne tension, application poste de FREHA>> mémoire d'ingénieur, UMMTO, année 2008.
- [13] : Claude CORROYER << Protection des réseaux>> Technique de l'ingénieur.
- [14] : Y.SOUTOU, M.CHABANE, F.GUEZOU<<Etude des protections d'un départ MT, application poste de tizi-meden>> mémoire fin d'étude master , UMMTO, année 2013.
- [15] : M.BELKACEM, L.BELHARET<< Etude de l'installation de la station de pompage sise au barrage de TAKSEBT>> Mémoire d'ingénieur ETH, UMMTO. Année 2008.
- [16] : MERLIN GERIN <<Protection et contrôle commande>> Schneider électrique, édition 2006.
- [17] : <<Base de données >> des départs de TIZI OUZOU 12.03.2014 donné part SONELGAZ.



Annexe

Tableau 1 : Les codes de protection

Protections	Code ANSI
Maximum de courant de phase	50/51
Maximum de courant terre/ Terre sensible	50N/51N 50G/51G
Défaillance disjoncteur	50BF
Maximum de composante inverse	46
Image thermique câble	49RMS
Image thermique machine	49RMS
Image thermique condensateur	49RMS
Déséquilibre gradins de condensateur	51C
Différentielle de terre restreinte	64REF
Différentielle de transformateur	87T
Différentielle machine	87M
Maximum de courant de phase directionnelle	67
Maximum de courant de terre directionnelle	67N/67NC
Maximum de puissance active directionnelle	32P
Maximum de puissance réactive directionnelle	32Q
Minimum de puissance active directionnelle	37P
Minimum de courant de phase	37
Démarrage trop long, blocage rotor	48/51LR
Limitation de nombre de démarrage	66
Perte d'excitation (minimum d'impédance)	40
Perte de synchronisme	78PS
Maximum de vitesse (2 seuil)	12
Minimum de vitesse (2seuil)	14
Maximum de courant à retenue de tension	50V/51V
Minimum d'impédance	21B
Mise sous tension accidentelle	50/27
Minimum de tension résiduelle harmonique 3/100% masse stator	27TN/64G2 64G
Surfluxage (V/Hz)	24
Minimum de tension (L-L ou L-N)	27
Minimum de tension direct	27D
Minimum de tension rémanente	27R
Maximum de tension (L-L ou L-N)	59
Maximum de tension résiduelle	59N
Maximum de tension inverse	47
Maximum de fréquence	81H
Minimum de fréquence	81L
Dérivée de fréquence	81R
Réenclencheur (4 cycles)	79
Surveillance température (16 secondes)	38/49T
Contrôle de synchronisme	25

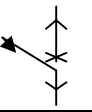
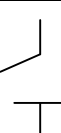
Tableau 2 : Les codes de Commende et Surveillance

Commende et surveillance	Code ANSI
Commende disjoncteur/contacteur	94/69
Automatise de transfert de sources (ATS)	
Délestage/redémarrage automatique	
Désexcitation	
Arrêt groupe	
Commende gradins de condensateurs	
Sélectivité logique	68
Accrochage/acquittement	86
Signalisation	30
Adaptation par équations logiques	
Programmation par logipam (Langage à contacts)	

Nomenclature

kV:	Kilovolt.
km:	Kilomètre.
Ω/km :	Ohm par kilomètre.
A:	Ampère.
kA:	Kiloampère.
kVA :	Kilovoltampère.
MVA:	Mégavoltampère.
THT :	Très haute tension.
HTB :	Haute tension
HTA :	Moyenne tension.
BT :	Basse tension
I_{lt} :	Courant limite thermique.
PS :	Poste source.
JB :	Jeu de barres.
TR1 ; TR2 :	Transformateur HTB/HTA 1 et 2.
O :	Ouverture (manœuvres à effectuer).
F :	Fermeture (manœuvres à effectuer).
Mw :	Mégawatt.
mm^2 :	Millimètre carré.
D :	Disjoncteur.
Dép :	Départ.
GRTE :	Gestionnaire du Réseau de Transport Electrique.
SCADA:	Supervisory Control And Data Acquisition (Système de contrôle et d'acquisition de données).
EMS :	Enregistreur de manœuvre et de signalisation.

Légende (1)

Symbole	Indication abrégée	Description
	BHT	Barre haute tension
	BMT	Barre moyenne tension
	CA	Poste en cabine
	CP	Cellule de départ tension HTA
	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
	SMT	Sectionneur de ligne avec couteaux de mise à la terre

Légende (2)

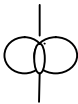
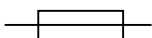
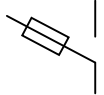
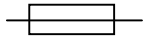
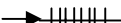
Symbole	Indication abrégée	Description
	TRH	Transformateur HT/MT
	TR	Transformateur MT/BT
	RM	Relais de phase
	RH	Relais homopolaire
	TC	Transformateur de courant
	TTO	Transformateur de courant toroïdal
	TRR	Temps de réenclenchement rapide
	TRL	Temps de réenclenchement lent
	TNE	Temps de neutralisation
	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.

Tableau 4 : Limite thermique des conducteurs

Type de réseau		Section (mm ²)	LT (A)	Tenue thermique (KA pendant 1 S)	
Aérien 30 KV	Cu	17,8	140	3,2	
	Al	93,3	270	8,8	
Câble 10 KV	Cu	120	300	15,3 ^(A)	17,2 ^(B)
	Al	180	300	15,3 ^(A)	17,2 ^(B)
Câble 30 KV	Cu	70	230	9,2 ^(A)	10,0 ^(B)

(A) en papier-huile

(B) En isolation sèche

SCHEMA DU POSTE SIMPLIFIE 60/30 KV BOUKHALFA (04 départs souterrains : Pompage, CFPA, ENIEM et BDL)