

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA



Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique

Mémoire de Fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en électrotechnique

Option : Réseaux Electrique

Thème

Etude des protection d'un départ HTA

Préparé par :

Mr.Kheloufi Sofiane

Mr.Maddi Hocine

Encadré par :

Dr. Atroune Salah

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciements

Nous tenons, tous d'abord à remercier en premier lieu et avant tous DIEU tous puissant, qui nous a donné la force, la patience de mener à bien ce modeste travail.

*Nous tenons à exprimer, de tout cœur, nos sincères remerciements à notre Promoteur, Monsieur **S.ATROUNE**, pour avoir bien voulu nous accompagner tout au long de la préparation de notre projet de fin d'étude, pour les dérangements que nous lui avons occasionnés pour nous suivre et surtout pour les sages conseils et recommandations utiles qui nous ont permis de réaliser ce modeste mémoire. Qu'il trouve ici, l'expression de notre profonde gratitude, respect et éternelle reconnaissance.*

Nos remerciements vont aussi s'adresser à tous les enseignants d'Electrotechnique qui ont contribué à notre formation. Enfin nos remerciements s'adressent également pour les membres de jury d'avoir accepté d'être témoins et de juger le fruit de notre cursus.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde **mon père et ma mère** à qui je dois le mérite d'être arrivée là, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mon affection.*

A mes très chers frères

Abdenour et Zahir

et leur conjoint

A ma très chère sœur et son mari

Katia , Nabil

A mes très chère niece et neveux

Tina et Malik

A ma famille en particulier mes cousins et cousines

A tous mes amis

***Omar, Amir, Nounou, Saïdi, Bezza, Simou, Bilouche, Didiine, Hanía ,
Thiziri , Chanez , Mina, Abdou , Mahrez , Blal .***

A tous mes camarades de la promotion *Électrotechnique* 2018/2019.

*A ma deuxiemme famille l`association *T-Hikers**

A mon très cher binôme et frere Soso et à toute sa famille.

A tous ceux qui m'aiment

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

*A mes très chers **PARENTS**, quoi que je fasse ou quoi que je dise, je ne saurai vous remercier comme il se doit, votre affection me couve, votre bienveillance me guide et votre amour m'encourage à toujours donner le meilleur de moi-même, tout ce qui est de bien en moi vient de vous.*

*A mon grand frère **FARES***

*A mes très chers amis : **Didine, Omar, Racim, Latif, Hania, Katy, Kiki, Juba**. Les meilleurs moments de mon cursus ont été passés à vos côtés. Merci pour votre amitié.*

*A mon très cher binôme et "frère" **Elho**, pour sa confiance, ses encouragements et sa bonne humeur. Je ne pourrai demander meilleur partenaire que lui.*

Sofiane

Table des matières

Remerciement	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Abréviations	
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I :	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Les niveaux de tensions des réseaux.....	2
I.3 Différents types de réseaux électriques.....	2
I.3.1 Réseaux de transport et d'interconnexion.....	2
I.3.2 Réseaux de répartition.....	3
I.3.3 Réseaux de distribution.....	3
I.4 Constitution des réseaux de distribution HTA.....	4
I.4.1 Réseaux HTA aériens	4
I.4.2 Réseaux HTA souterrains	4
I.5 Structure des réseaux HTA	4
I.5.1 Structure maillée :	4
I.5.2 Structure radiale :	5
I.5.2.1 Radial en simple antenne :	5
I.5.2.2 Radial en double antenne sans couplage.....	6
I.5.2.3 Radial en double antenne avec couplage :	7
I.5.3 Réseau bouclé :	8
I.5.3.1 Boucle ouverte :	8
I.5.3.2 Boucle fermée :	9
I.5.4 En double dérivation :	9
I. 6 Poste électrique	10
I.6.1 Définition d'un post.....	10
I.6.2 Types des postes électriques	11
I.6.2.1 Les postes de transformation (poste source).....	11
I.6.2.2 poste d'interconnexion.....	11
I.6.2.3 Les postes mixtes	11

Table des matières

I.6.2.4 Les poste de distribution	11
I.6.3 Différents éléments de poste électrique	11
I.7 Les anomalies dans un réseau électrique	12
I.7.1 Les défauts	12
I.7.1.1 Origines d'un défaut de court-circuit.....	13
I.7.1.1 Les différents types de court-circuit :	13
I.7.1.2 Les risques liés aux courts circuits.....	15
I.7.2 Les surtensions.....	16
I.7.2.1 Définition	16
Différents types de surtension dans les réseaux électriques.....	16
I.7.2.2 Causes d'une surtension	16
I.7.2.3 Effets d'une surtension électrique	17
I.7.3 Les surcharge :	17
I.7.3.1 définition	17
I.7.3.2 Conséquences.....	17
I.7.4 La baisse ou le manque de tension.....	17
I.7.4.1 Définition	17
I.7.4.2 Conséquences :.....	17
I.7.5 Les oscillations.....	18
I.7.6 Les déséquilibre	18
I.8 Conclusion	18

CHAPITRE II :

II.1 Définition.....	19
II.2 Rôle d'une protection	19
II.3 Principe d'un système de protection	19
II.4 Qualités fondamentales d'une protection électrique	20
II.4.1 Rapidité.....	20
II.4.2 Sélectivité	21
II.4.3 Sensibilité	21
II.4.4 Fiabilité.....	21
II.5.1 Les transformateurs de mesure	22

Table des matières

II.5.2 Transformateur de courant.....	23
II.5.3 Transformateur de tension	23
II.6 Protection ampérométrique.....	23
II.6.1 Protections à maximum de courant phase	24
II.6.2 Protections à maximum de courant terre	24
II.6.3 Protection différentielle	25
II.6.4 Protection de distance ou d'impédance	25
II.6.5 Protection wattmétriques homopolaire	26
II.6.6 Protections voltmétrique homopolaires	27
II.7 Les relais de protection.....	27
II.7.1 Principes de fonctionnement des relais de protection.....	28
II.7.2 Type de relais.....	28
II.8 Connexion des relais et zones de protection.....	29
II.9 Disjoncteur.....	30
II.9.1 Définition.....	30
II.9.2 Sectionneurs.....	31
II.9.2.1 Sectionneurs de mise à la terre	31
II.10 Tableaux MT(HTA)	31
II.11 Conclusion	32

CHAPITRE III :

III.1 Introduction	33
III.2 Paramètres générales des protections	33
III.2.1 rôle :.....	33
III.2.2 Réalisation :.....	33
III.2.3 Régime d'exploitation :.....	33
III.2.3.1 Le régime de secours normal :	33
III.2.3.2 Le régime Exceptionnel :	34
III.2.4 Principe de réglage :.....	34
III.3 Méthode de réglage des protections d'un départ.....	34
III.3.1 Relai d'impédance.....	34
III.3.1.1 Calcul des impédances :	34
III.3.1.2 Impédance du réseau amont :	35

Table des matières

III.3.1.3 Impédance du transformateur	35
III.3.2 Relais Ampère-métrique de phase.....	36
III.3.2.1 Principe.....	36
III.3.2.2 Réglage.....	36
III.3.4 Relais de Courant Homopolaire :	38
III 3.4.1 Principe et définition de " $3I_o$ "	38
III.3.4.2 Calcul de $3 I_o$:	39
III.3.4.3 Réglage.....	39
III.3.5 Relais de temps.....	40
III.3.5.1 Réglage de la temporisation :	40
III.5 Conclusion :	41

CHAPITRE IV :

IV.1 Introduction :	42
IV.2 Etude des protections d'un Réseau aérien.....	42
IV.2.1 Etude de la Protection HTA	43
IV.2.1.1 réglage des relais de phase	44
IV.2.1.3.1 calcule de la résistance du tronçon P-A :	44
IV.2.1.3.2 Calcule de la réactance du tronçon P-A :	44
IV.2.1.3.3 Calcule de la résistance du tronçon A-B :	44
IV.2.1.3.4 Calcule de la réactances du tronçons A-B:	44
IV.2.1.3.5 Calcul d'Iccb1 :	44
IV.2.1.4 Réglage du relais homopolaire.....	45
IV.2.2.2 Caractéristiques des protections.....	46
IV.2.2.3 Réglage des relais de phase.....	46
IV.2.2.3.1 Calcule de la résistance du tronçon P-C :	46
IV.2.2.3.2 Calcule de la réactance du tronçon P-C :	46
IV.2.2.3.3 Calcule Impédance du transformateur :	46
IV.2.2.3.4 Calcule de la résistance du tronçon C-D :	46
IV.2.2.3.5 Calcule de la réactance du tronçon C-D :	46
IV.2.2.3.6 Calcule de la résistance du tronçon D-E :	46
IV.2.2.3.7 Calcule de la réactance du tronçon D-E :	46
IV.2.2.4 Réglage du relais homopolaire.....	47

Table des matières

IV.3 Conclusion :	47
Conclusion Générale :	48
Bibliographie	
Annexe	

Table des Figures

Figure I. 1 : Schéma simplifié d'un réseau électrique.....	2
Figure I. 2: Architecture générale de réseaux.....	3
Figure I. 3: Structure des réseaux maillés.	5
Figure I. 4: Réseau HTA radial en simple antenne.	6
Figure I. 5: Réseau HTA radial en double antenne sans couplage.....	6
Figure I. 6 : Réseau HTA radial en double antenne avec couplage.	7
Figure I. 7: Réseau HTA en boucle ouverte.....	8
Figure I. 8: Réseau HTA en boucle fermée.....	9
Figure I. 9: Réseau HTA en double dérivation.	13
Figure I. 10: défaut monophasé.....	14
Figure I. 11 : défaut triphasé.	14
Figure I. 12: Défaut biphasé isolé.	14
Figure I. 13 : Défaut biphasé terre.....	15
Figure II. 1: constitutifs d'un système de protection.....	20
Figure II. 2: Eléments constitutifs d'un système de protection.....	20
Figure II. 3: Exemple de l'utilisation de transformateur de mesure.....	22
Figure II. 4 : Transformateur de tension	23
Figure II. 5: Protection à temps indépendant	24
Figure II. 6: Le principe de fonctionnement de la protection différentielle.....	25
Figure II. 7: Protection des lignes : Protection de distance.....	26
Figure II. 8: Relais différentiel.	29
Figure II. 9: Différentes parties à protéger dans le réseau électrique.....	30
Figure II. 10: Compartiment disjoncteur.....	31
Figure II. 11: Tableaux MT.....	32
Figure III. 1: Représentation d'un réseau triphasé avec un défaut sur la phase 3.....	38
Figure IV. 1 : structure d'un départ de réseau aérien.....	42

Liste des Tableaux

Tableau III. 1: Limite thermique des conducteurs MTA et MTS.	37
Tableau III. 2: Les valeurs de courant capacitif de chaque section.....	40

Abréviations

Abréviations	Significations
HTB	Haute tension B
HTA	Haute tension A
BTB	Basse tension B
BTA	Basse tension A
TBT	Très basse tension
HT	Haute tension
MT	Moyenne tension
BT	Basse tension
NO	Normalement Ouvert
NF	Normalement Fermé
CEI	Commission Electrotechnique International
TC	Transformateur de courant
TT	Transformateur de tension
T	Temporisation
I_e	Courant d'entrée
I_s	Courant de sortie
V	Tension simple
U	Tension composé
I	Courant
SF6	Gaz isolant
J1, J2, J3	Courants circulant dans les phases
Zd	Impédance direct
Zi	Impédance Inverse

Abréviations

I_{cc}	Courant court circuit
U_n	Tension nominal composé
S_{cc}	Puissance court circuit
Z_{HT}	Impédance haute tension
U_{cc}	Tension de court circuit
S_n	Puissance nominal
I_r	Courant réglage
I_{ntc}	Courant nominal transformateur de courant
I_p	Courant de pointe
I_s	Courant d'exploitation du Tronçon
K	Coefficient de surcharge admissible
L_T	Valeur de la limite thermique
MTA	Moyen tension aérien
MTS	Moyen tension souterrain
ALM	Almélec
ALU	Aluminium
C_u	Cuivre
$3I_o$	Courant homopolaire
I_{or}	Le courant de réglage d'homopolaire
Ph	Phase
C_0	Capacité d'un conducteur
ρ	Résistivité
L	Longueur
S	section

Abréviations

x	Valeur réactance kilométrique par phase
I_{ccb}	Courant de court circuit biphasé
I_{cc3}	Courant de court circuit triphasé
$3I_o$ (BT)	Courant homopolaire Basse tension
X_{Auto}	Impédance d'auto transformateur

Introduction générale

L'électricité est devenue un produit de consommation de première nécessité tant sur le plan domestique qu'industriel.

Les investissements humains et matériels, affectés aux réseaux électriques sont énormes. Pour cela, le réseau électrique doit répondre à trois exigences essentielles : stabilité, économie et surtout continuité du service.

Un réseau électrique comporte trois parties la production, les lignes de transport haut tension et la distribution à moyenne et basse tension.

Tout fonctionnement peut être sujet à l'apparition de défauts se manifestant souvent par des courants élevés de « court-circuit », Le court-circuit est l'un des incidents majeurs qui peuvent affecter les réseaux électriques et avec de lourdes conséquences qu'il est nécessaire de savoir gérer au mieux.

Une maîtrise parfaite du choix de dimensionnement et protections afin de fournir des conditions économiques optimales, en respectant les contraintes exigées par la sécurité, et en satisfaisant des exigences de disponibilité, fiabilité, qualité.

Notre travail, consiste à étudier les protections d'un départ HTA et nous l'avons organisé comme suit :

Dans le premier chapitre, nous avons présenté les définitions et généralités sur les réseaux électriques. Le deuxième chapitre quant à lui, sera consacré aux différents éléments de protections.

Le troisième chapitre, nous avons présentés les différentes méthodes de calcul de certains relais de protection utilisées, qui nous permettrons de procéder aux réglages de ces protections. Dans le quatrième chapitre nous avons calculé les réglages de départ HTA aérienne de 20 kV.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES RESEAUX

ELECTRIQUE

I.1 Introduction

Les réseaux électriques sont constitués 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 génération jusqu'aux clients les plus éloignées.

Les réseaux électriques ont pour fonction d'interconnecter les centres de production tels que les centrales hydrauliques, thermiques... avec les centres de consommation (villes, usines...).

L'énergie électrique est transportée en haute tension, voire très haute tension pour limiter les pertes joules (les pertes étant proportionnelles au carré de l'intensité) puis progressivement abaissées au niveau de la tension de l'utilisateur final [1].

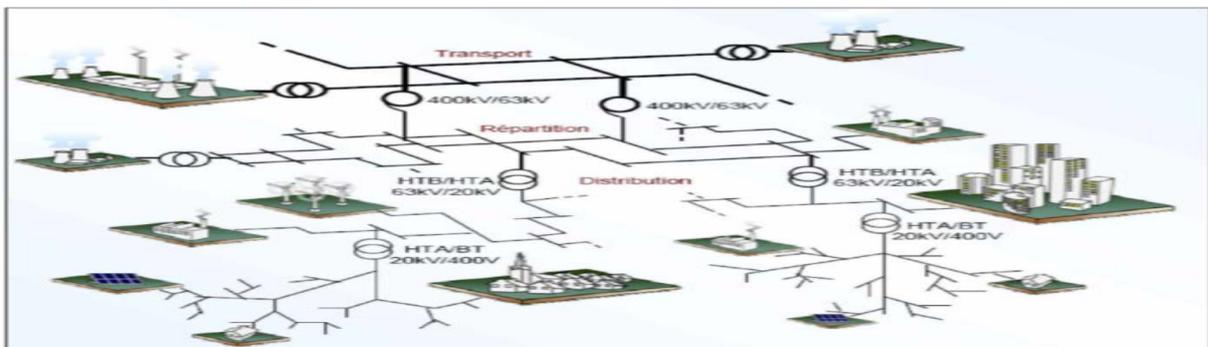


Figure I. 1 : Schéma simplifié d'un réseau électrique [2].

I.2 Les niveaux de tensions des réseaux

Définissent les niveaux de tension alternative comme suit :

- **HTB** : pour une tension composée supérieure à 50 kV ;
- **HTA** : pour une tension composée comprise entre 1 kV et 50 kV ;
- **BTB** : pour une tension composée comprise entre 500 V et 1 kV ;
- **BTA** : pour une tension composée comprise entre 50 V et 500 V ;
- **TBT** : pour une tension composée inférieure ou égale à 50 V.[2]

I.3 Différents types de réseaux électriques [3] [1]

I.3.1 Réseaux de transport et d'interconnexion

La principale mission des réseaux de transport et d'interconnexion consiste à :

- Collecter l'électricité produite par les centrales électrique et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport) ;

- Permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation d'énergie électrique (fonction interconnexion) ;
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV ;
- Réseau maillé.

I.3.2 Réseaux de répartition

Ces réseaux, sont en grande partie constitués de lignes aériennes dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est soit en boucle fermée soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation.[2]

I.3.3 Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV, des postes de transformation HTB/HTA reliaent des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA, le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et d'autre part les utilisateurs industriels dont la taille est (supérieure à 60 MVA) qui nécessite un raccordement à cette tension.[2]

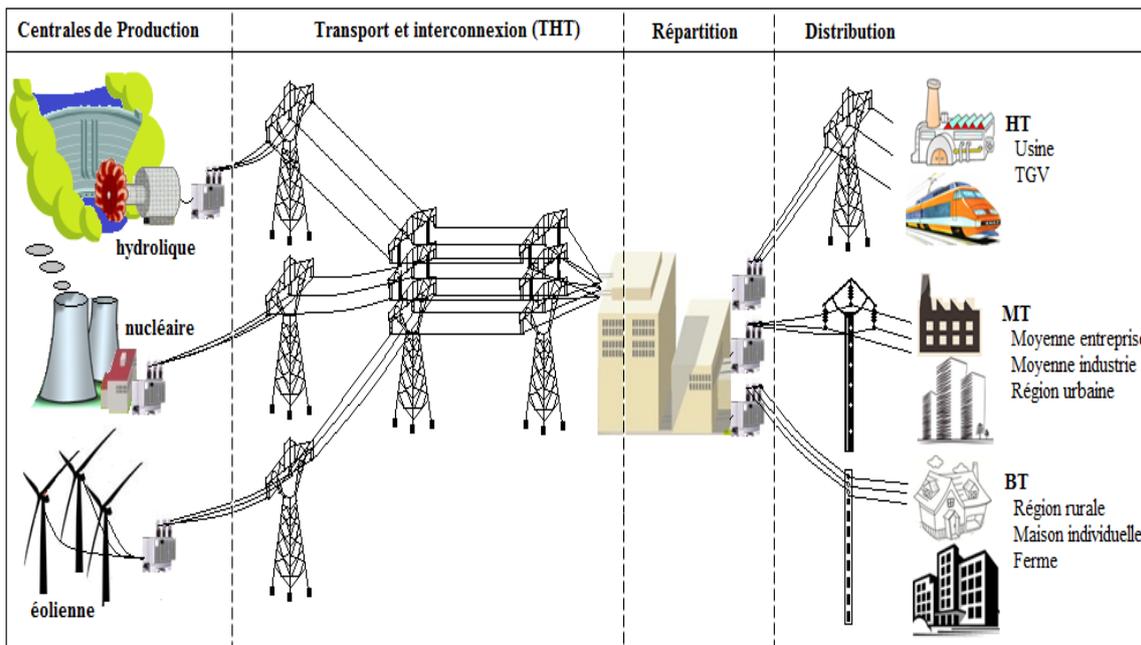


Figure I. 2: Architecture générale de réseaux.

I.4 Constitution des réseaux de distribution HTA

Nous pouvons distinguer deux principaux types de réseaux HTA, selon la pose des conducteurs.

I.4.1 Réseaux HTA aériens

La structure des réseaux est arborescente à deux ordres de lignes : dorsales et dérivations.

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

Des interrupteurs automatiques seront installés à l'endroit de dérivation, pour permettre l'élimination de la dérivation en défaut.

Leur installation se fera suivant l'importance et la probabilité d'incidents sur la dérivation.

Les sous-dérivations doivent être équipées, au point de raccordement à la dérivation, d'interrupteurs manuels.

I.4.2 Réseaux HTA souterrains

La structure des réseaux souterrains est à un seul type de lignes : les dorsales. Ces réseaux, de par leur construction (faible longueur et forte section des conducteurs) sont le siège de chutes de tension réduites.

De ce fait, et tenant compte de l'importance des incidents, il sera prévu une réalimentation soit par les réseaux voisins soit par un câble de secours.

I.5 Structure des réseaux HTA [1] [2]

On distingue trois structures :

- Maillée
- radiale
- bouclée

I.5.1 Structure maillée :

Elle permet la réalimentation en cas d'indisponibilité d'un tronçon ou d'un poste HTA/BT après l'élimination de l'élément défectueux. Elle présente l'inconvénient de n'utiliser les câbles que partiellement par rapport à leur capacité. Elle exige, de plus, un point commun par paire de câble et demande une surveillance continue du réseau en fonction de l'accroissement de la charge [1].

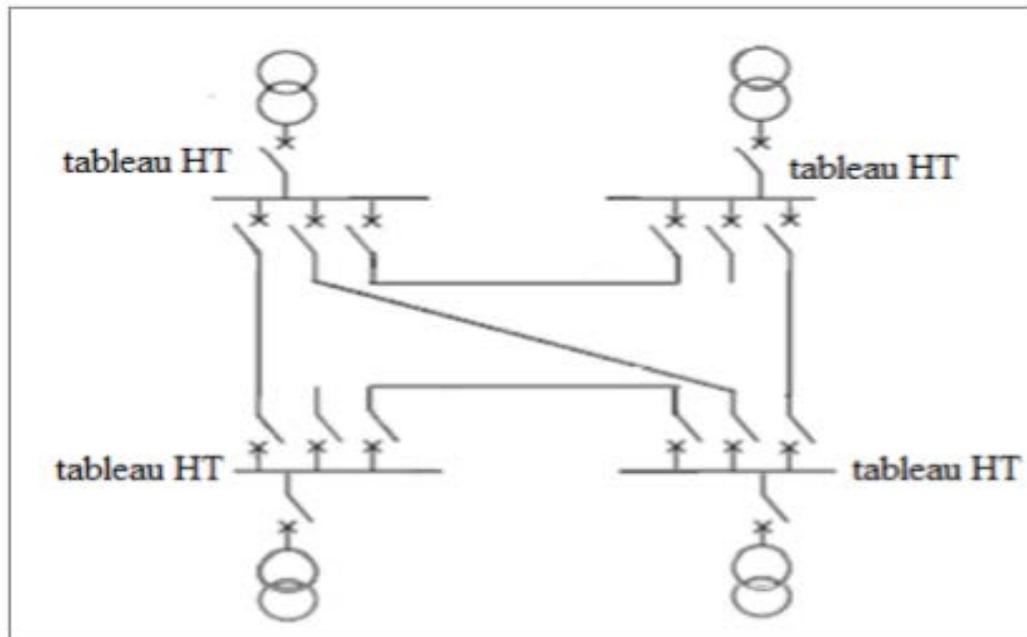


Figure I. 3: Structure des réseaux maillés [4].

I.5.2 Structure radiale :

A partir d'un poste d'alimentation, elle est constituée de plusieurs artères, dont chacune va en se ramifiant, mais sans jamais retrouver un point commun (structure d'un arbre).

Les réseaux radiaux sont de structure simple et peuvent être contrôlés et protégés par un appareillage simple. Ce sont les réseaux les moins coûteux.

I.5.2.1 Radial en simple antenne :

Cette structure est préconisée lorsque les exigences de disponibilité sont faibles, elle est souvent retenue pour les réseaux (coût excessif par exemple).

Les tableaux 1 et 2 et les transformateurs sont alimentés par une seule source, il n'y a pas de solution de dépannage.

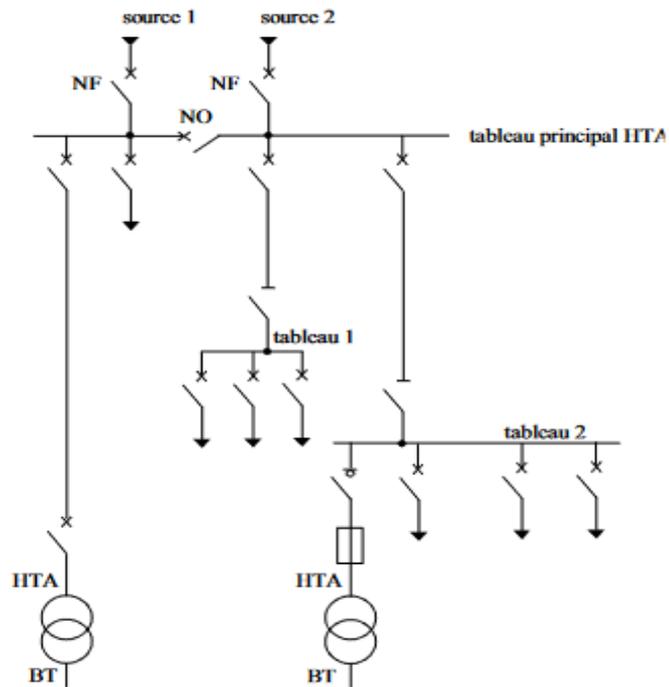


Figure I. 4: Réseau HTA radial en simple antenne [4].

I.5.2.2 Radial en double antenne sans couplage

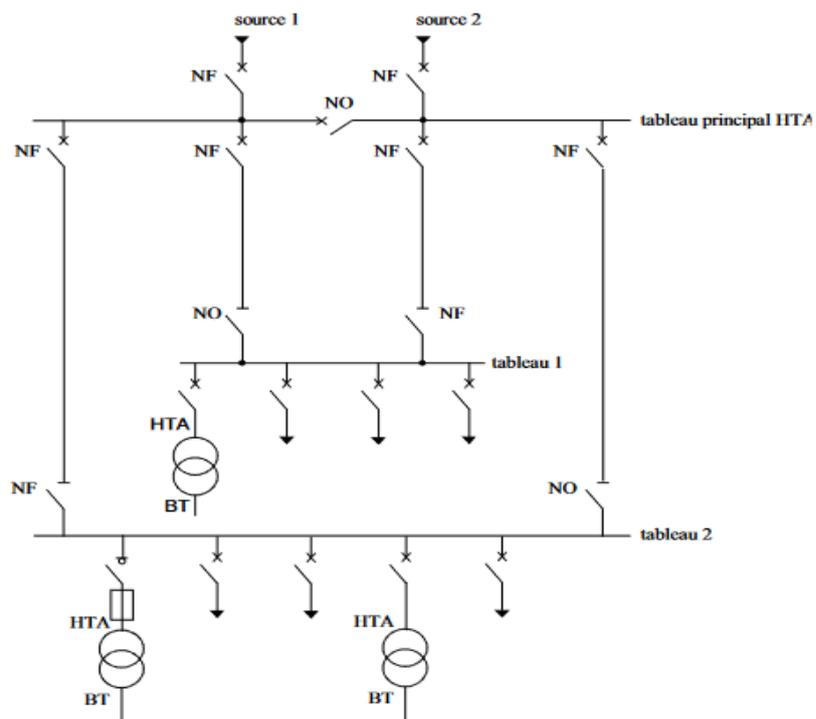


Figure I. 5: Réseau HTA radial en double antenne sans couplage [4].

Légende :

-NF : normalement fermé.

-NO : normalement ouvert.

Tous les appareils de coupure sans légende sont normalement fermés ;

- les tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 sources sans couplage, l'une en secours de l'autre - la disponibilité est bonne.

- l'absence de couplage des sources pour les tableaux 1 et 2 entraîne une exploitation moins souple.

I.5.2.3 Radial en double antenne avec couplage :

Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 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.

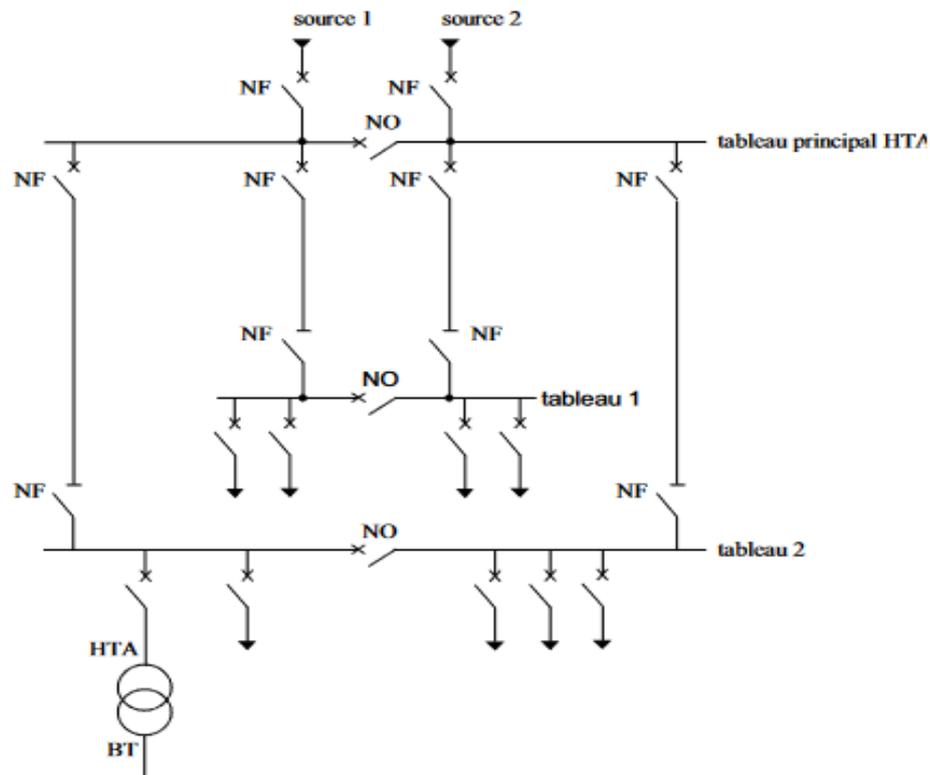


Figure I. 6 : Réseau HTA radial en double antenne avec couplage [4].

I.5.3 Réseau bouclé :

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.[6]

I.5.3.1 Boucle ouverte :

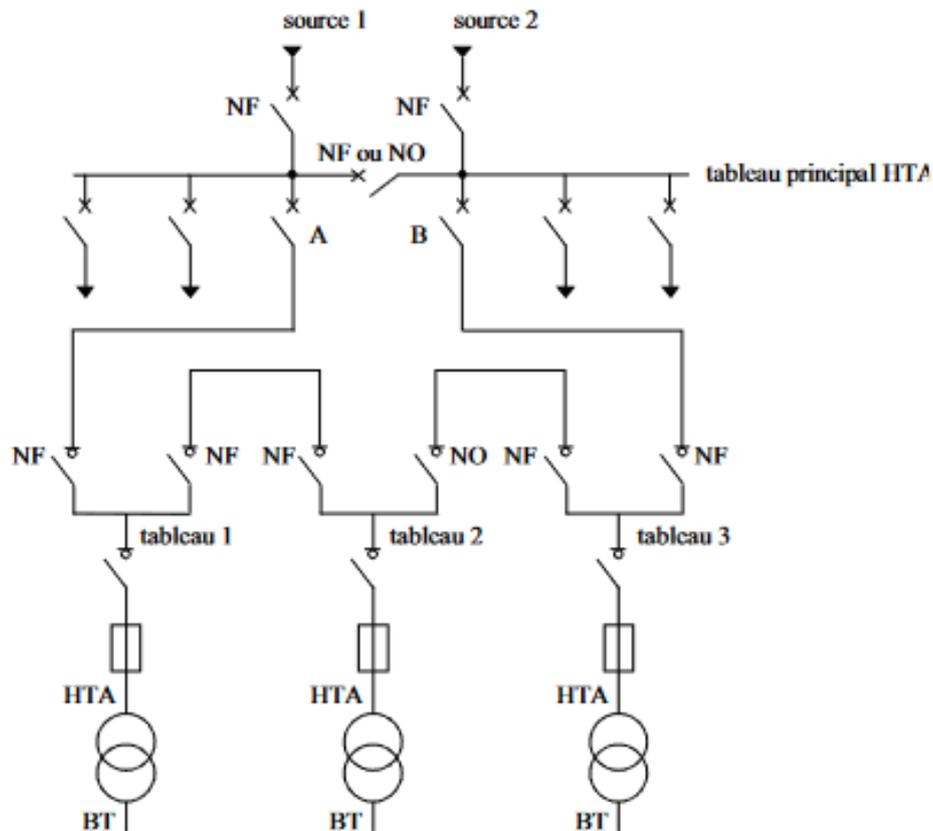


Figure I. 7: Réseau HTA en boucle ouverte [4].

- 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 (sur la figure, elle est ouverte au niveau du tableau2).
- 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 pallié par une reconfiguration de la boucle
- cette reconfiguration engendre une coupure d'alimentation de quelques secondes si un automate de reconfiguration de boucle est installé.[6]

La coupure est d'au moins plusieurs minutes ou dizaines de minutes si la reconfiguration de boucle est effectuée manuellement par le personnel d'exploitation.

I.5.3.2 Boucle fermée :

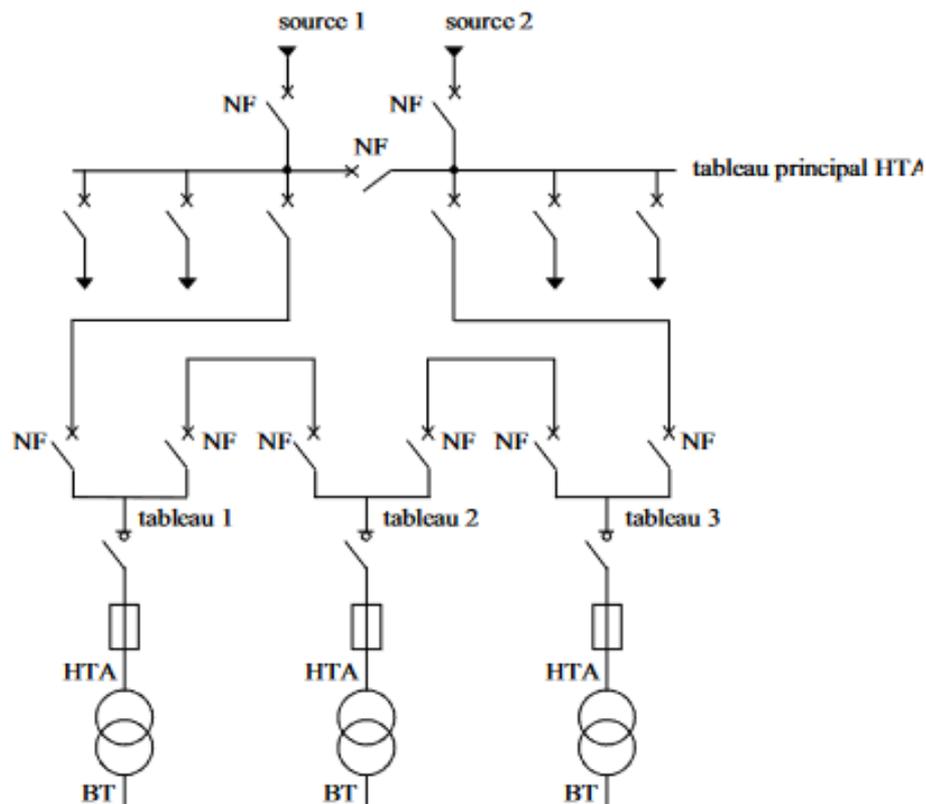


Figure I. 8: Réseau HTA en boucle fermée [4].

- tous les appareils de coupure de la boucle sont des disjoncteurs.
- en fonctionnement normal, la boucle est fermée.
- le système de protection permet d'éviter les coupures d'alimentation lors d'un défaut.

Cette solution est plus performante que le cas de la boucle ouverte car elle évite les coupures d'alimentation. Par contre, elle est plus onéreuse car elle nécessite des disjoncteurs dans chaque tableau et un système de protection plus élaboré.[6]

I.5.4 En double dérivation :

- 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.

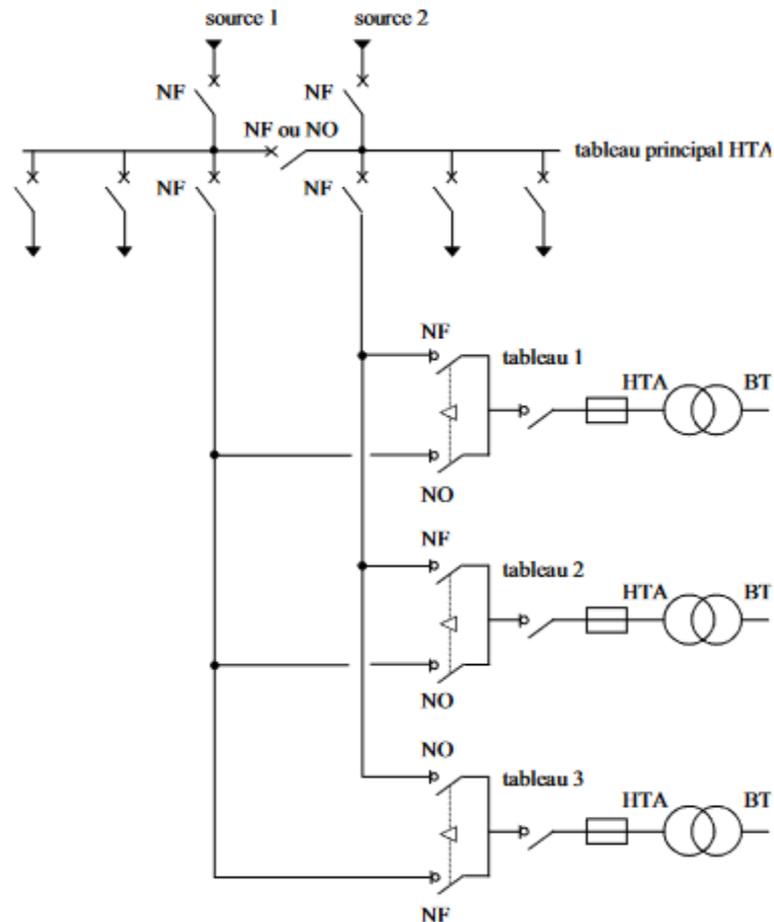


Figure I. 9: Réseau HTA en double dérivation.[4]

I. 6 Poste électrique

I.6.1 Définition d'un post

Un poste électrique est un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels). Les postes électriques se trouvent donc aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution [6].

I.6.2 Types des postes électriques**I.6.2.1 Les postes de transformation (poste source)**

Les postes de transformation permettent de passer d'un niveau de tension d'entrée donné à un niveau de tension de sortie qui peut être supérieur (on parle alors de transformateurs éleveurs) ou inférieur (abaisseur) [1] [2].

I.6.2.2 poste d'interconnexion

Qui comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs triphasés appelés jeu de barres, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs, etc.) de même tension peuvent être aiguillés [9].

I.6.2.3 Les postes mixtes

Les postes mixtes, les plus fréquents, qui assurent une fonction dans le réseau d'interconnexion et qui comportent en outre un ou plusieurs étages de transformation.

I.6.2.4 Les poste de distribution

Le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.

Il existe deux modes d'emplacement du poste de distribution selon la puissance du transformateur :

- Poste sur support
- Poste cabiné (maçonné)

I.6.3 Différents éléments de poste électrique

Les éléments d'un poste électrique se décomposent en deux parties "éléments primaires" (les équipements hauts tension) et "éléments secondaires" (équipements basse tension) Parmi les équipements primaires. [6] [9]

- Transformateur de puissance
- Disjoncteur
- Sectionneur
- Sectionneur de mise à la terre
- Transformateur de courant

- Transformateur de tension
- Jeux de barres

I.7 Les anomalies dans un réseau électrique

Lorsque un défaut se produit sur un élément de réseau (ligne, câble ou barre, transformateur, alternateur, moteur), il est indispensable de mettre hors circuit cet élément de réseau pour :

- Limiter les dégâts que l'arc ou le courant de défaut peut causer.
- éviter les répercussions que le maintien du défaut aurait sur le fonctionnement général du réseau ou sur la bonne marche du réseau.

I.7.1 Les défauts

Les courts-circuits sont des phénomènes transitoires, ils apparaissent lorsque l'isolement entre deux conducteurs de tensions différentes ou entre un conducteur sous tension et la terre est rompu. Ils engendrent des courants très importants dans les éléments constituant le réseau [8].

- **Nature d'un défaut**
 - **Défaut fugitif**

Ce défaut nécessite une coupure très brève du réseau d'alimentation de l'ordre de quelques dixièmes de seconde

- **Défaut permanent**

Ce défaut provoque un déclenchement définitif de l'élément de protection. Il nécessite l'intervention du personnel d'exploitation.

- **Défaut auto- extincteur**

C'est le défaut qui disparaît spontanément en des temps très courts sans qu'il provoque le fonctionnement de la protection.

- **Défauts semi- permanent**

Ce défaut exige une ou plusieurs coupures relativement longues de l'ordre de quelques dizaines de secondes. Il ne nécessite plus l'intervention du personnel d'exploitation. Au niveau des réseaux aériens de transport de SONELGAZ, les défauts sont :

- De 70 à 90% fugitifs.
- De 5 à 15% semi permanents.
- De 5 à 15% permanents.

I.7.1.1 Origines d'un défaut de court-circuit

La hiérchisation des réseaux est conçue, construite et entretenu de façon à réaliser le meilleur compromis entre coût et risque de défaillance. Ce risque n'est donc pas nul et des incidents ou défauts viennent perturber le fonctionnement des installations :

- Pour les lignes aériennes, sont en particulier les perturbations atmosphériques (foudre, tempêtes,...etc.) qui peuvent enclencher un défaut de court-circuit. Aussi les défauts d'isolement et les agressions mécaniques peuvent conduire à un Court-circuit.
- Pour les câbles souterrains, sont les agressions extérieures, engins mécaniques de terrassement par exemple, qui entraînent des défauts de Court-circuit.
- Le matériel du réseau et des postes peuvent être aussi le siège d'un défaut de court-circuit. Ce matériel comporte des isolants placés entre pièces sous tensions et masses. Alors, les isolants subissent des dégradations conduisant à des défauts.

I.7.1.1 Les différents types de court-circuit :

➤ Court-circuit monophasé

Il correspond à un défaut entre une phase et la terre

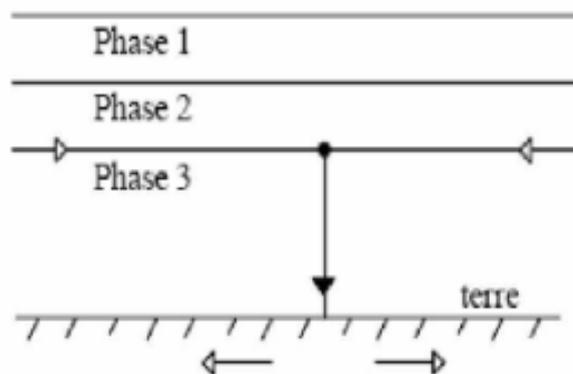


Figure I. 10: défaut monophasé [10]

➤ **Court-circuit triphasé**

Il correspond à la réunion des trois phases, il provoque généralement les courants les plus élevés.

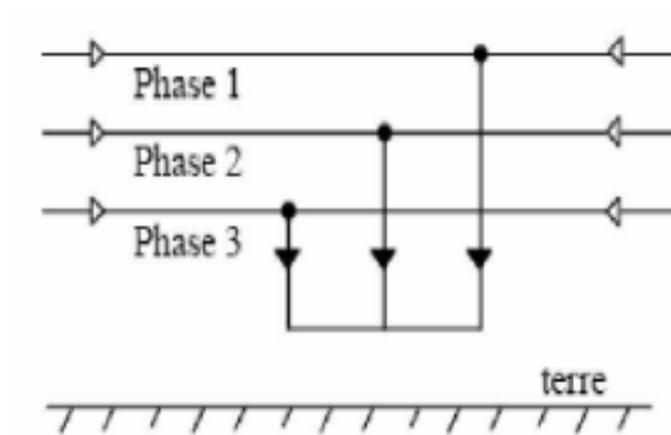


Figure I. 11 : défaut triphasé [10]

➤ **Court-circuit biphasé isolé**

Il correspond à un défaut entre deux phases sous tension composées et le courant résultant est plus faible que le cas du défaut triphasé sauf lorsqu'il se situe à proximité d'un générateur.[10]

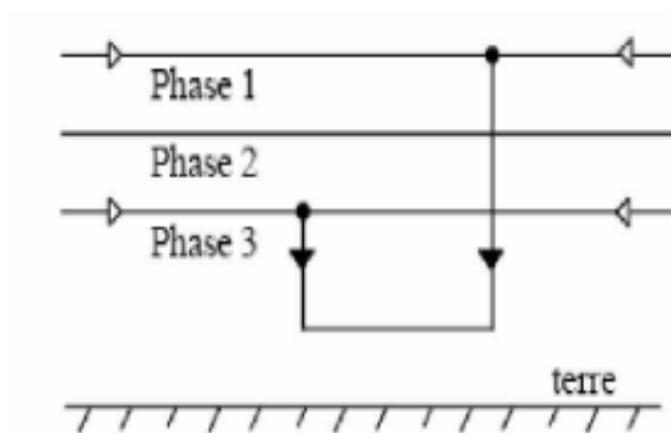


Figure I. 12: Défaut biphasé isolé.[10]

➤ **Court-circuit biphasé terre**

Il correspond à un défaut entre deux phases et la terre

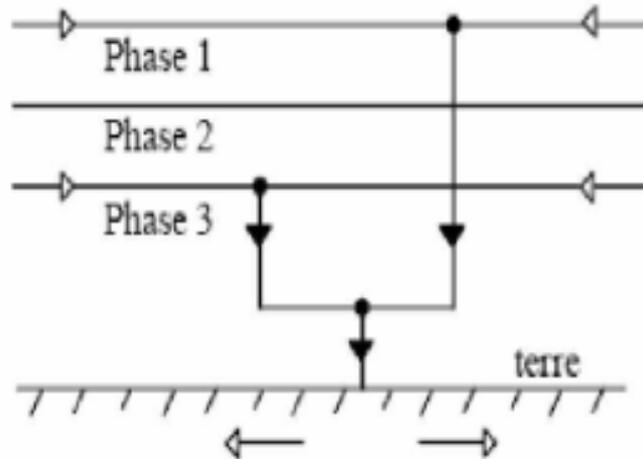


Figure I. 13 : Défaut biphasé terre [10]

Outre ces caractéristiques, les courts-circuits peuvent être :

- Monophasés : 80 % des cas.
- Biphasés : 15 % des cas. Ces défauts dégénèrent souvent en défauts triphasés.
- Triphasés : 5 % seulement dès l'origine.

I.7.1.2 Les risques liés aux courts circuits

Le court-circuit peut parfois passer inaperçu. On parle alors de court-circuit auto-extincteur, lorsque le court-circuit se passe sur un temps très court et ne déclenche pas les organes de protection du système électrique.

Le court-circuit peut également être fugitif, s'il provoque des coupures courtes au niveau du réseau sans nécessiter l'intervention d'un électricien. Si les coupures au niveau du réseau sont plus longues, on parle alors de court-circuit semi-permanent. Enfin, si l'interruption du réseau est longue et nécessite une intervention d'un électricien, on parle de court-circuit permanent.

Les risques liés aux courts circuits peuvent être plus ou moins importants. Ils peuvent générer des dégradations irréversibles du matériel ou des circuits électriques. Ces dégradations peuvent également générer des électrocutions ou des incendies. Parfois, les courts circuits peuvent faire apparaître des arcs électriques.[1]

I.7.2 Les surtensions**I.7.2.1 Définition**

Le bon fonctionnement des appareils électriques est relatif à la tension. Une sous-tension peut entraîner un dysfonctionnement, voire le non-fonctionnement de l'appareil, et une surtension peut provoquer son endommagement [8] [2].

La surtension est un phénomène qui se traduit lorsque la tension à l'entrée des bornes d'un appareil est supérieure au seuil accepté : c'est une augmentation sur une courte durée du voltage.

Différents types de surtension dans les réseaux électriques

- Surtension permanente : d'une durée de plusieurs heures (l'effet Ferranti peut être une cause de surtension permanente)
- d'une durée d'une ou de plusieurs secondes. Un court-circuit d'une des phases d'un réseau triphasé à la terre (défaut d'isolement d'un câble HT par exemple) peut produire une surtension temporaire sur les autres phases (phénomène non négligeable en haute tension).
- Surtension de manœuvre : liée à la manœuvre d'un disjoncteur ou d'un sectionneur, d'une durée de quelques dizaines microsecondes à quelques millisecondes. La manœuvre d'un sectionneur dans un poste électrique à isolation gazeuse engendre en particulier des surtensions à fronts très raides.
- Surtension de foudre : due au foudroiement d'une ligne à haute tension.

I.7.2.2 Causes d'une surtension

Les causes d'une surtension sont variées et peuvent être internes ou externes à l'habitat :

- En interne, les surtensions sont dues aux pics de tension produits par des avaries ou par les appareils électroménagers eux-mêmes (réfrigérateur, lave-linge, lave-vaisselle, four micro-onde, climatiseur etc.) ; lors de leur démarrage, ces surtensions sont appelées « pointes de tension ».
- En externe, les surtensions sont dues aux vacillations de la tension, aux interventions sur le réseau électrique, à la foudre ou encore à la proximité d'industries, etc.).
- Surtensions de commutation : Ces surtensions sont générées dans les lignes électriques, principalement en raison des commutations de machines de grande puissance.

I.7.2.3 Effets d'une surtension électrique

Les surtensions, internes ou externes, ont des effets directs sur les équipements électriques :

- Les surtensions internes provoquent une dégradation lente mais continue des appareils électroménagers de l'habitat jusqu'à l'endommagement de l'appareil, car les microprocesseurs des appareils se court-circuitent.
- Les surtensions externes endommagent directement l'appareil ou l'équipement électrique en le « grillant ».

I.7.3 Les surcharge :**I.7.3.1 définition**

Une surcharge électrique se produit lorsqu'une quantité trop importante de courant passe dans des fils électriques. Ces derniers s'échauffent et peuvent fondre, au risque de provoquer un incendie [2].

Les origines de surcharges sont :

- Les courts circuits.
- Les pointes de consommation.
- L'enclenchement des grandes charges.

I.7.3.2 Conséquences

- Echauffement lent et progressif des parties actives.
- Echauffement lent et progressif des masses métalliques.
- Echauffement lent et progressif des isolants.

I.7.4 La baisse ou le manque de tension**I.7.4.1 Définition**

Chute de tension, trop importante dans un réseau, déséquilibre d'un réseau triphasé de distribution.

I.7.4.2 Conséquences :

- Mauvais fonctionnement des récepteurs

I.7.5 Les oscillations

Les oscillations de la tension et du courant sont dues aux variations plus ou moins rapides de la charge qui agit directement sur la vitesse de rotation (fréquence) des machines de production de l'énergie électrique. Elles sont liées directement à la mécanique des machines électriques, c'est la raison pour laquelle on les appelle phénomènes transitoires électromécaniques.

I.7.6 Les déséquilibre

Les déséquilibres sont généralement dus à la mauvaise répartition des charges sur les trois phases. Ils apparaissent surtout dans les réseaux de distribution, ils donnent naissance à la composante inverse du courant, cette composante provoque :

- Des chutes de tension supplémentaires.
- Des pertes de puissance.
- Des échauffements.

I.8 Conclusion

Dans ce chapitre, on a énuméré les différentes Structure des réseaux HTA. Ces structures sont très importantes et très sensibles, ce qui engendrent différents types d'anomalies telles que les courts circuits, les surtensions, ...etc

CHAPITRE II

ELEMENTS DE PROTECTION

II.1 Définition

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité d'un réseau électrique.

Cette protection est nécessaire pour éviter la destruction accidentelle d'équipements coûteux et pour assurer une alimentation électrique ininterrompue. Elle doit également garantir la stabilité des réseaux électriques.

La Commission électrotechnique internationale (C.E.I) définit la protection comme l'ensemble des dispositions 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.2 Rôle d'une protection

Lorsqu'un défaut ou une perturbation se produit sur un réseau électrique, il est indispensable de mettre hors tension la partie en défaut à l'aide d'un système de protection. Ce dernier aura pour rôle de limiter les dégâts qui peuvent être causés par le défaut [11] [1].

II.3 Principe d'un système de protection

Quelque soit la technologie, le système de protection est composé de trois parties fondamentales [1]

- Des capteurs ou réducteurs de mesure qui abaissent les valeurs à surveiller (courant, tension...) à des niveaux utilisables par les protections ;
- Des relais de protection ;
- Un appareillage de coupure (un ou plusieurs disjoncteurs).

Un exemple d'un système de protection pour une ligne HT est montré sur la Figure II.1. L'autre extrémité de la ligne possède un système de protection similaire. Dans le cas d'un défaut, les deux relais ont besoin de fonctionner, donc les deux disjoncteurs s'ouvrent et la ligne est mise hors service.

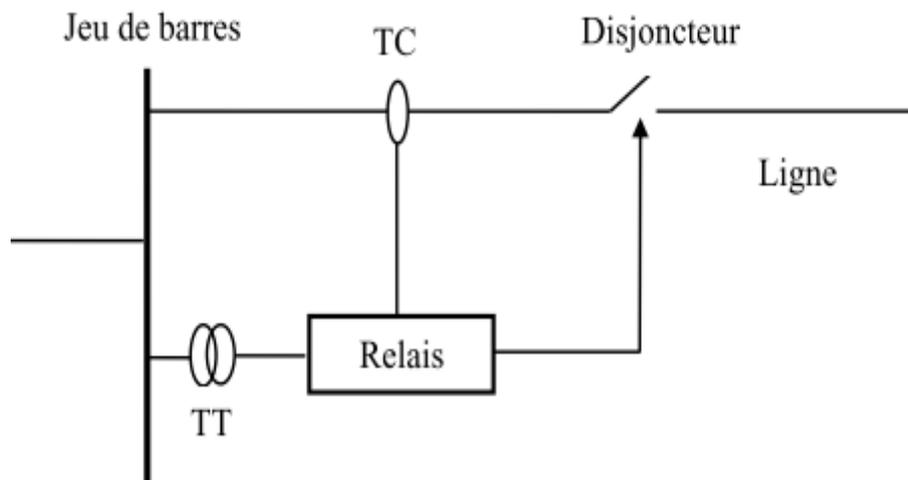


Figure II. 1: Eléments constitutifs d'un système de protection [2].

Les relais de protection sont connectés aux transformateurs de mesure (TC et TT) pour recevoir des signaux d'entrée et aux disjoncteurs pour délivrer des commandes d'ouverture ou de fermeture.

Donc en cas de défaut, la tâche du disjoncteur consiste à éliminer le défaut tandis que la tâche du de relais de protection est de détecter ce défaut. En HT, les relais sont situés dans des sous stations. Le temps d'élimination de défauts comprend :

- Le temps de fonctionnement des protections (détection du défaut) ;
- Le temps d'ouverture des disjoncteurs (élimination du défaut).

II.4 Qualités fondamentales d'une protection électrique

Une protection électrique se doit de posséder les qualités suivantes :

II.4.1 Rapidité[1] [23]

Les défauts sont donc des incidents qu'il faut éliminer le plus vite possible, c'est le rôle des protections dont la rapidité de fonctionnement est des performances prioritaires. Le temps d'élimination des courts-circuits comprend deux composantes principales :

- Le temps de fonctionnement des protections (quelques dizaines de millisecondes) ;
- Le temps d'ouverture des disjoncteurs, avec les disjoncteurs modernes (SF6 ou à vide), ces derniers sont compris entre 1 et 3 périodes.

II.4.2 Sélectivité [20]

Protections constituent entre elles un ensemble cohérent dépendant de la structure du réseau et de son régime de neutre. Elles doivent donc être envisagées sous l'angle d'un système reposant sur le principe de sélectivité. Elle consiste à isoler le plus rapidement possible la partie du réseau affectée et uniquement cette partie, en laissant sous tension toutes les parties saines du réseau. Différents modes de sélectivité peuvent être mis en œuvre :

- La sélectivité ampérométrique par les courants ;
- La sélectivité chronométrique par le temps ;
- La sélectivité logique par échange d'informations.

La sélectivité a pour but d'assurer d'une part la continuité de service d'alimentation en énergie électrique et d'autre part la fonction secours entre les protections.

II.4.3 Sensibilité[20][12]

La protection doit fonctionner dans un domaine très étendu de courants de courts-circuits entre:

- Le courant maximal qui est fixé par le dimensionnement des installations et est donc parfaitement connu ;
- Un courant minimal dont la valeur est très difficile à apprécier et qui correspond à un court-circuit se produisant dans des conditions souvent exceptionnelles.

La notion de sensibilité d'une protection est fréquemment utilisée en référence au courant de court-circuit le plus faible pour lequel la protection est capable de fonctionner [12].

II.4.4 Fiabilité

Une protection a un fonctionnement correct lorsqu'elle émet une réponse à un défaut sur le réseau en tout point conforme à ce qui attendu. A l'inverse, le fonctionnement incorrect comporte deux aspects qui sont le défaut de fonctionnement et le fonctionnement intempestif. Le défaut de fonctionnement ou non fonctionnement lorsqu'une protection qui aurait de fonctionner n'a pas fonctionné. [20]

Le fonctionnement intempestif est un fonctionnement non justifié, soit en l'absence de défaut, soit en présence d'un défaut pour laquelle la protection n'aurait pas à fonctionner. En effet, la fiabilité d'une protection, qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect c-à-d évité les déclenchements intempestifs, est une combinaison entre sûreté et

sécurité. La sûreté est la probabilité de ne pas avoir de défaut de fonctionnement. Tandis que la sécurité est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement intempestif.

Cependant, il faut être conscient des limites de la protection : les défauts doivent tout d'abord se produire pour qu'elle agisse. La protection ne peut donc empêcher les perturbations ; elle ne peut que limiter leurs effets et leur durée. De plus, le choix d'une protection est souvent un compromis.[12]

II.5 Les différents types de protection

Les protections sont utilisées pour détecter et isoler tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique. La fonction de protection est réalisée par des relais ou des appareils multifonctions, qui comparent en permanence les grandeurs électriques du réseau à des seuils réglables. En fonction du type de protection, les grandeurs mesurées par les capteurs peuvent être : courant, tension, fréquence et les grandeurs calculées peuvent alors être : puissances, impédances. Lorsque la mesure dépasse le seuil, la protection donne des ordres d'action comme l'ouverture du disjoncteur, après une temporisation.[1]

II.5.1 Les transformateurs de mesure

Selon la définition de la Commission électrotechnique internationale, un transformateur de mesure est un transformateur destiné à alimenter des appareils de mesure, des compteurs, des relais et autres appareils analogues. Ils sont utilisés pour permettre la mesure de la tension ou du courant quand ceux-ci ont une valeur trop élevée pour être mesurée directement. Ils doivent transformer la tension ou le courant de manière proportionnelle et sans déphasage [13] [2].

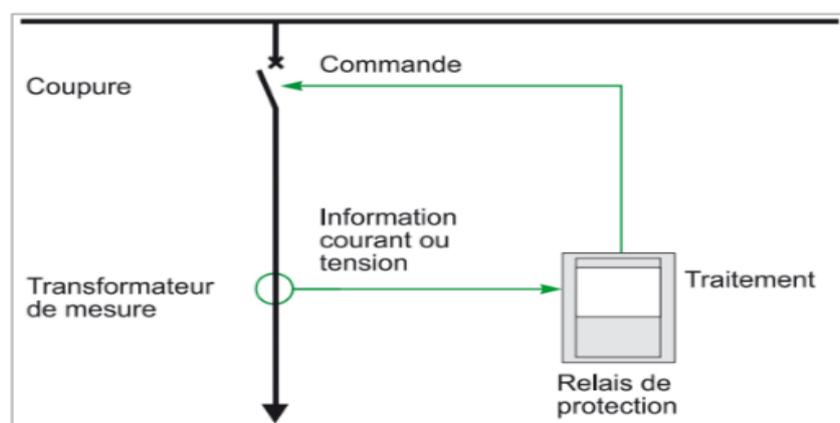


Figure II. 2: Exemple de l'utilisation de transformateur de mesure [2]

II.5.2 Transformateur de courant

Les transformateurs de courant utilisés permettent de réduire le niveau des courant de milliers d'Ampères vers des sorties standards de 5A ou 1A. Durant le défaut, le niveau du courant du transformateur augmente qui rendre leur choix critique pour un fonctionnement correct du relais. Avec cette image de l'intensité, le relais élabore à son tour un ordre de déclenchement en fonction du type de protection qu'il réalise et des valeurs auxquelles il a été prééglé (seuil, temporisation). Cet ordre est transmis à un ou plusieurs appareils de coupure (disjoncteur, contacteur, interrupteur). Suivant le type de protection à réaliser, les TC sont associés et utilisés selon des schémas différents, ils peuvent être isolés ou intégrées dan le disjoncteur.[2]

II.5.3 Transformateur de tension

Il s'agit donc d'un appareil utilisé pour la mesure de fortes tensions électriques. Il sert à faire l'adaptation entre la tension élevée d'un réseau électrique HTA ou HTB (jusqu'à quelques centaines de kilovolts) et l'appareil de mesure (voltmètre, ou wattmètre par exemple) ou le relais de protection, qui eux sont prévus pour mesurer des tensions de l'ordre de la centaine de volts.[18] [14]

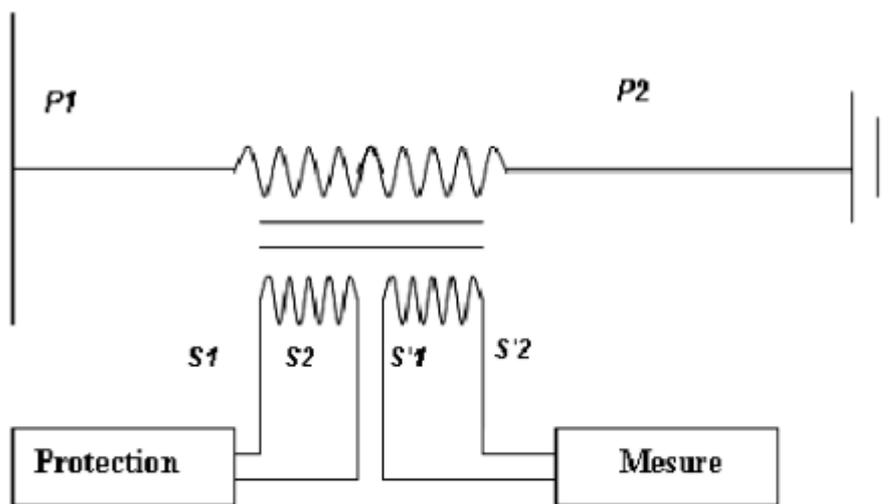


Figure II. 3 : Transformateur de tension.[14]

II.6 Protection ampérométrique

Les protections ampérométriques mesurent la valeur de courant de phase ou de terre. C'est pourquoi il existe des protections à maximum de courante phase et des protections à maximum de courant terre. Ces deux types de protections ampérométriques peuvent aussi être munis d'une fonction de directionnalité.[15] [16]

II.6.1 Protections à maximum de courant phase

Ce type de protection est utilisé pour détecter les surintensités monophasées, biphasées ou triphasées. La grandeur mesurée est alors le courant. Lorsqu'un, deux ou trois des courants Concernés dépassent la consigne correspondant au seuil, la protection devient active et déclenche.

La protection peut être utilisée avec une temporisation qui bloque la commande de déclenchement pendant un temps égal à la temporisation sélectionnée (de fonctionnement). Suivant le calcul de la temporisation en fonction du courant mesuré, il existe des protections à temps indépendant (ou constant) et à temps dépendant (ou inverse).[17] [11]

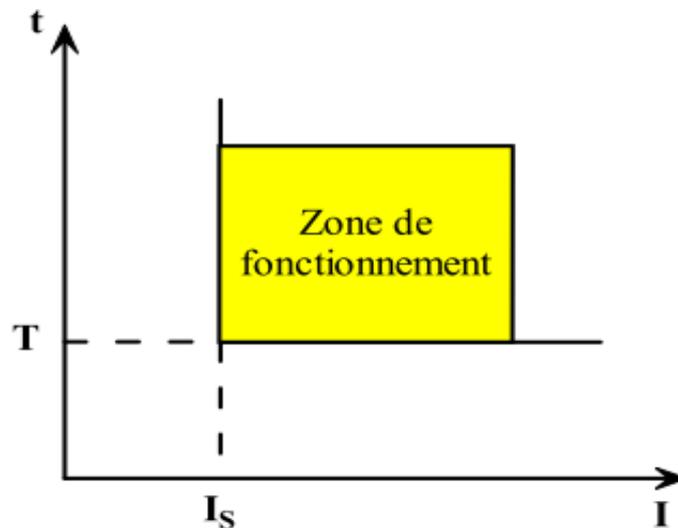


Figure II. 4: Protection à temps indépendant.[2]

➤ Les protections à temps indépendant ont une temporisation constante, indépendante de la valeur du courant. La courbe de déclenchement est simple et définit une zone de fonctionnement limitée à gauche par le seuil de fonctionnement en courant I_s- seuil de courant, et en bas par le retard de fonctionnement de la protection, T – temporisation.

➤ Les protections à temps dépendant ont une temporisation dépendant du rapport entre le courant mesuré et le seuil de fonctionnement. On l'appelle inverse parce que le retard diminue avec l'augmentation du courant mesuré, à l'image de la fusion d'un fusible en fonction de la surintensité qui le parcourt.

II.6.2 Protections à maximum de courant terre

Les protections ampèremétriques de terre sont utilisées pour détecter les défauts à la terre.

Elles sont activées lorsqu'il y a un courant résiduel qui circule dans la terre. En régime de fonctionnement normal, le courant résiduel $I_{rsd} = I_1 + I_2 + I_3$ est nul. Lors d'un défaut, il donne une image du courant de défaut qui passe par la terre (dans les cas des réseaux sans neutre distribué). [20] Comme la protection de phase, le principe de protection de terre est simple ; si la valeur mesurée de courant dépasse le seuil pendant une durée égale à la temporisation choisie, la protection est activée.

II.6.3 Protection différentielle

Le principe de la protection différentielle consiste à comparer les courants aux deux extrémités de la zone surveillée (Figure II.5). Les différences entre ces courants sont détectées et la protection signale la présence de défaut. Elle est intrinsèquement sélective en ne détectant que les défauts internes et pas les défauts externes. La protection différentielle est avantageuse parce qu'elle peut détecter des courants de court-circuit inférieurs au courant nominal et aussi parce que la temporisation peut être très faible. Elle peut protéger une zone de réseau (un ou plusieurs câbles), un jeu de barres ou un transformateur.

La stabilité de la protection différentielle est sa capacité à rester insensible s'il n'y a pas de défaut interne à la zone protégée, même si un courant différentiel est détecté (courant magnétisant de transformateur, courant capacitif de ligne, courant d'erreur dû à la saturation des capteurs de courant).

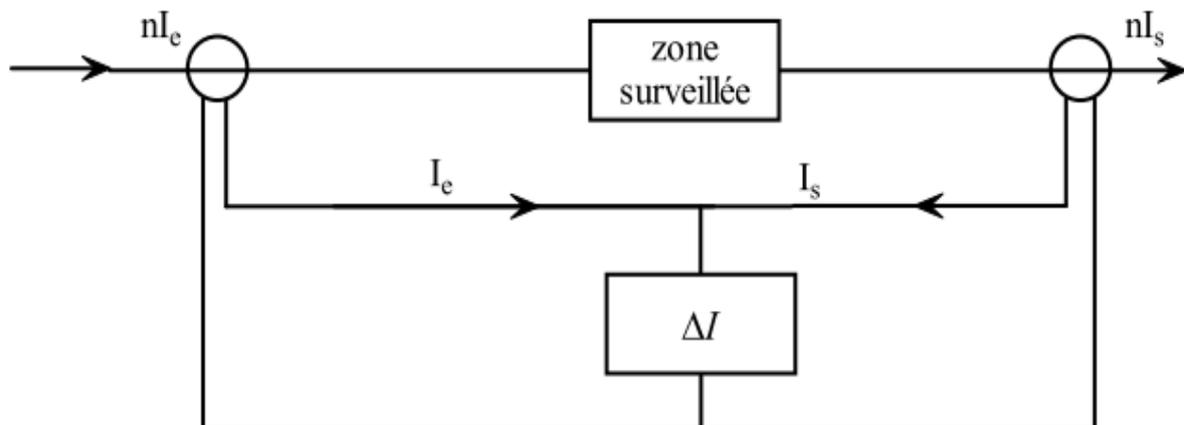


Figure II. 5: Le principe de fonctionnement de la protection différentielle.[2]

II.6.4 Protection de distance ou d'impédance[13]

Est l'une des protections les plus importantes utilisées pour les lignes électriques. Son principe est illustré sur la Figure. II.6. D'abord, la longueur de la ligne est partagée en plusieurs sections ou zone de protection. Pour chaque zone est couverte par des unités de

protection par la fonction protection de distance aux deux extrémités. Cette fonction calcule l'impédance apparente à partir de la mesure de la tension et du courant ($Z = V/I$). Pour un fonctionnement normale, cette impédance se situe autour d'une valeur normalement connue (Elle est généralement élevée et presque résistive), mais en cas de défaut, elle change de façon drastique et devient plutôt inductive.[2] A partir des paramètres de la ligne et sa puissance de court-circuit, la valeur calculée de Z permet d'estimer la distance entre le point de défaut et celui de la mesure, ce qui permettra de décider lequel des tronçons de ligne à isoler. Sur l'exemple de la Figure. II.6 trois zones de protection sont définies dans le plan de Z ; Si la valeur calculée de l'impédance appartient à la zone 1 dans le plan de Z , alors la fonction protection de distance comprendra que le défaut se situe entre A et B et décide par conséquent d'ordonner l'ouverture de son disjoncteur et d'envoyer l'information à l'unité située à l'autre extrémité de la ligne pour l'ouverture de son disjoncteur. Si par ailleurs, la valeur de l'impédance est située dans les zones 2 ou 3 dans le plan de Z alors la fonction AINSI 21 comprendra que le défaut est situé en dehors du tronçon AB, et par conséquent aucun des deux disjoncteurs ne devrait ouvrir.[23]

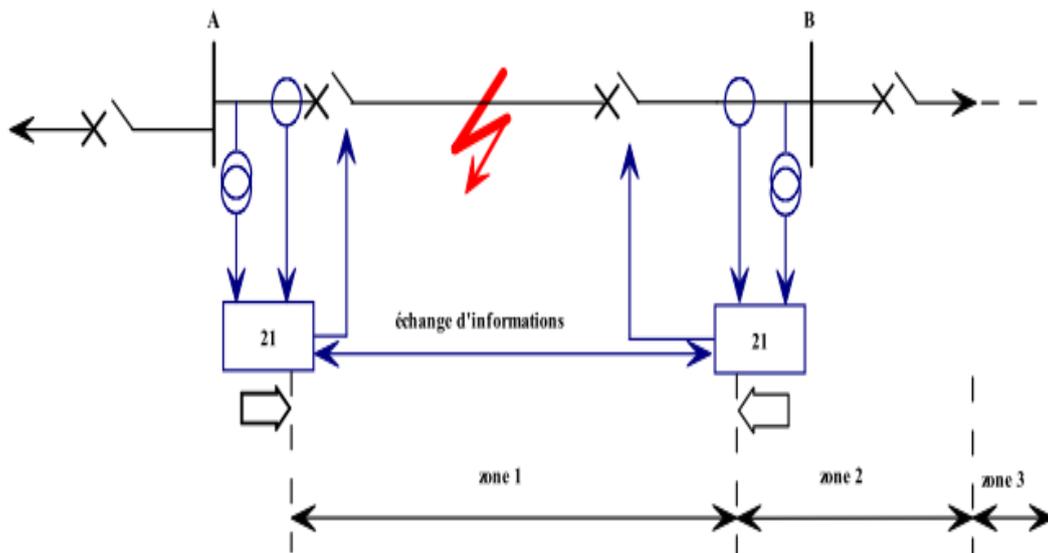


Figure II. 6: Protection des lignes : Protection de distance.[6]

21 : impédance.

II.6.5 Protection wattmétriques homopolaire

Dans le cas de mise à la terre du neutre HTA par bobine de compensation, le courant Dans le neutre, en cas de défaut monophasé, a deux composantes l'une active et l'autre réactive qui compense le courant capacitif homopolaire. Si cette composante réactive est du même ordre de grandeur que le courant capacitif et si la composante active est faible, le

courant de défaut sera fortement réduit. Le courant vu par la protection du départ en défaut peut être inférieur en module à celui vu sur un départ sain. Cela signifie que les protections à critère ampèremétrique, qu'elles soient à temps constant ou à temps dépendant, sont inadaptées. Lorsque le courant de défaut maximal est inférieur à quelques dizaines d'ampères, les défauts monophasés à la terre, fugitifs et semi permanents (environ 90 %) deviennent auto extincteurs.[6]

Les protections wattmétriques homopolaires sont installées sur les arrivées des jeux de barre et sur les départs HTA (en cas de départs fortement capacitifs ou de mise à la terre du neutre HTA par bobine de compensation).

Le fonctionnement repose sur le fait que, lors d'un défaut, dans les départs sains, ne circulent que des courants résiduels résultant de leurs capacités homopolaires et seul le départ en défaut "voit" circuler un courant actif homopolaire. En effet, en parallèle de la bobine de compensation, il y a une résistance de mise à la terre qui crée ce courant actif.

II.6.6 Protections voltmétrique homopolaires

Le principe de fonctionnement est simple : lorsqu'un défaut à la terre apparaît, la tension homopolaire, qui était nulle, devient importante. Si on mesure la tension homopolaire, on peut détecter la présence d'un défaut à la terre. Le réglage est exprimé en pourcentage de la valeur nominale de la tension simple (10-20%). Le relais voltmétrique homopolaire est connecté à un générateur de tension homopolaire (transformateur avec le secondaire en triangle ouvert).

II.7 Les relais de protection

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations (signaux) à caractère analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température,...etc.) et les 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.[1] 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, et détermine quels disjoncteurs à ouvrir et alimente les circuits de déclenchement.

II.7.1 Principes de fonctionnement des relais de protection

Tous les paramètres d'un réseau électrique peuvent être utilisés pour sa surveillance et La détection de défauts. Il s'agit le plus souvent de mesure du courant et de la tension du réseau. En général, quand un défaut de court-circuit se produit le courant augmente et la tension baisse. A travers la variation de ces deux grandeurs, d'autres paramètres varient également et on obtient des mesures de paramètres plus complexes :

- Déphasage par comparaison des phases.
- Puissance apparente en effectuant le produit du courant par la tension.
- Puissances active et réactive à partir de la puissance apparente et du déphasage.

II.7.2 Type de relais

- **Relais de mesure** : La mesure de puissance dans un réseau triphasé peut être effectuée par des relais de puissance active ou réactive, monophasée ou triphasée.[12]
- **Relais de mesure courant** : Ces relais de courant mesurent un courant ou une combinaison de courants (courants direct, inverse, homopolaire). Il existe une grande variété qui se différencie par la définition de la grandeur mesurée et du mode de temporisation :
 - Valeur instantanée, valeur de crête, valeur moyenne ou valeur efficace ;
 - valeur mesurée sur une demi-alternance, sur deux demi-alternances successives, sur la valeur moyenne de plusieurs demi-alternances, à pourcentage, etc ;
 - valeur instantanée ou temporisée.
- **Relais de mesure tension** : Permet de surveiller les variations de tension dans un circuit et de signaler tout franchissement du seuil paramétré. Les relais de tension peuvent être à maximum de tension ou à minimum de tension. La mesure s'effectue sur une valeur instantanée ou sur une valeur de crête.[5]
- **Relais de mesure d'impédance** : Le relais d'impédance prend en compte en permanence les grandeurs V et I d'une même phase pour évaluer l'impédance du réseau sur cette phase, vue du point où est situé le relais de mesure. $V/I=Z$.
- **Relais différentiel** : Ce type de relais est bon marché et très sélectif. Il est parfois associé au relais de distance pour les lignes. Typiquement utilisé dans les postes (somme vectorielle des courants = 0), les transformateurs, les générateurs mais

également pour les lignes. Le relais différentiel compare le courant aux deux extrémités de l'alternateur.

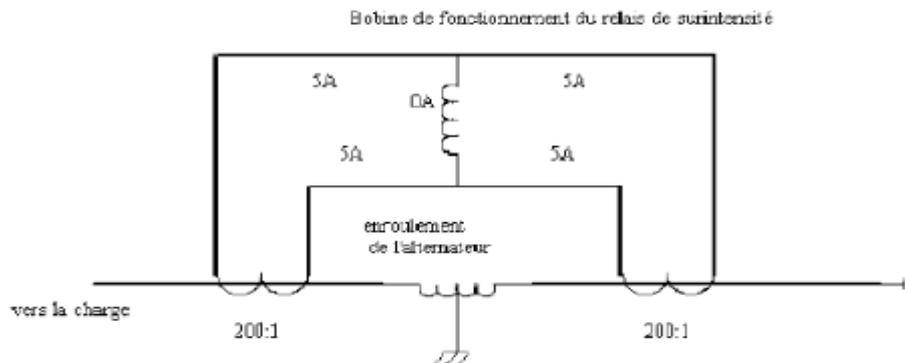


Figure II. 7: Relais différentiel.

- **Relais à distance :** Le principe du relais à distance est basé sur la mesure du courant et de la tension au point de défaut. A l'aide de ces informations, le relais calcule l'impédance de la ligne protégée (ou autre ouvrage). Cette protection exploite le principe de la baisse importante d'impédance d'un élément lorsqu'il est en court-circuit. L'impédance mesurée est proportionnelle à la distance entre le relais et le point de défaut sur la ligne, c'est pourquoi le mot distance est utilisé. Ce principe est utilisé principalement pour la protection des lignes HT dans les réseaux maillés.

II.8 Connexion des relais et zones de protection

Pour achever une protection effective, la connexion des relais est réalisée autour du concept de la zone du relais (relaying zone). La zone est définie pour inclure la partie du réseau qui doit être protégée et le disjoncteur (circuit breaker) nécessaire pour isoler cette partie du reste du réseau en cas de défaut.[20]

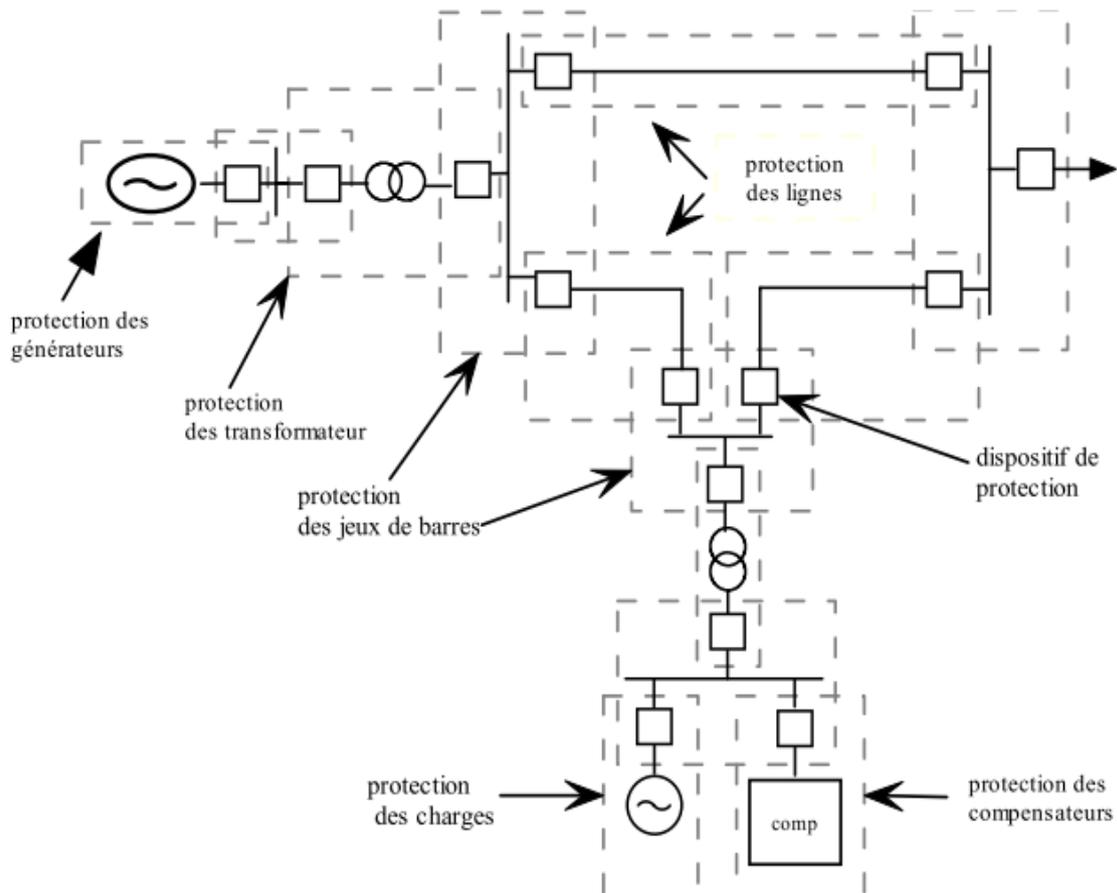


Figure II. 8: Différentes parties à protéger dans le réseau électrique.

II.9 Disjoncteur

II.9.1 Définition

Le disjoncteur est le dispositif qui ouvre le circuit en cas de défaut. Le disjoncteur doit être capable de réagir rapidement si un ordre est reçu de la part du relais. En haute tension (et même en moyenne tension), les disjoncteurs ouvrent le circuit dans des chambre à l'huile, ou des chambre à vide ou à gaz (SF6). Pour éviter des arcs électriques, les disjoncteurs sont parfois dotés d'un système de re-fermeture automatique (breaker autoreclosing system).[8]



Figure II. 9: Compartiment disjoncteur [8].

II.9.2 Sectionneurs

Appareils qui n'ont aucun pouvoir de coupure, ils ne permettent d'ouvrir un circuit qu'en l'absence de tout courant. Ils sont utilisés pour isoler un ensemble de circuit, un appareil, une machine, une section de ligne aérienne ou de câble, afin de permettre au personnel d'exploitation d'y accéder sans danger.[8]

II.9.2.1 Sectionneurs de mise à la terre

Interrupteurs de sécurité qui isolent un circuit et qui, grâce à leur mise à la terre, empêche l'apparition de toute tension sur une ligne pendant les réparations.

II.10 Tableaux MT(HTA)

La gamme étant un tableau HTA à appareil débrochable, se composant d'unités fonctionnelles assemblées entre elles pour réaliser les fonctions arrivée, départ, couplage, mesure et mise à la terre du jeu de barres.[2]



Figure II. 10: Tableaux MT.[8]

C'est un appareil sous enveloppe métallique pour installation à l'intérieur destinée à réaliser la partie HTA des postes HT/HTA et des postes HTA/HTA de forte puissance. Les équipements sont de type blindé à disjoncteur débrochables dès la conception a pris en compte trois principales attentes des utilisateurs :

- Fiabilité et maintenabilité pour assurer la continuité de service ;
- Simplicité de mise en place, de manœuvre et d'entretien ;
- Sécurité des personnes.

II.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents types de protections ainsi que les différents appareillages de protection utilisés pour assurer la continuité de fourniture d'électricité, et la sureté des bien et des personnes, qui existe au niveau du réseau de distribution électrique moyenne tension HTA.

CHAPITRE III

METHODES DE REGLAGES DES

PROTECTION

III.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude théorique des protections d'un départ HTA. On se basant sur les formules de calcul des différents défauts de court circuits, pour calculer les valeurs de réglages des relais de protection maximum de courant de phase et maximum de courant homopolaire.

III.2 Paramètres générales des protections**III.2.1 rôle :**

Les protections envisagées ici, sont destinées à la sélection et à l'élimination des défauts d'isolement de toute forme (monophasée, polyphasée). Elles ne sauraient tenir lieu de protection de surcharge, cette fonction étant, si nécessaire, assurée par d'autres dispositifs (protection Thermostatique, relais thermiques...). Elles doivent permettre de distinguer l'élément défectueux parmi les éléments de réseau suivants :

- Départ MT ;
- Jeux de barres MT ;
- Transformateur HT/MT et leur liaisons aux jeux de barres MT.

III.2.2 Réalisation :

Elle consiste à régler le seuil de chaque relais à une valeur inférieure à la valeur de court-circuit minimal observée sur la section de réseau surveillée.[12]

III.2.3 Régime d'exploitation :

Il est insuffisant de considérer uniquement le régime normal d'exploitation pour définir les grandeurs caractéristiques du réseau (à savoir : courant de pointe, court-circuit, de capacité homopolaire) et, par suite, le réglage des protections.

Il est nécessaire de considérer :

III.2.3.1 Le régime de secours normal :

Est celui que l'exploitant est conduit assez fréquemment à adopter. Il est prévu pour rétablir ou maintenir l'alimentation d'un élément de réseau (éventuellement plusieurs électriquement voisins) dans des conditions acceptables et durables. La mise en application de ce régime ne doit pas s'accompagner d'une modification du réglage des protections.

III.2.3.2 Le régime Exceptionnel :

Est destiné à parer à des situations délicates et difficilement prévisibles. Il correspond généralement à des indisponibilités simultanées d'éléments de réseau électriquement voisins, il peut être alors nécessaire de modifier le réglage de protection [2].

III.2.4 Principe de réglage :

Les relais de mesure des protections doivent détecter tous les défauts d'isolements survenant sur la fraction de réseau qu'ils doivent surveiller, ou de moins présenter la plus grande sensibilité possible sans risque de fonctionnement intempestif.

III.3 Méthode de réglage des protections d'un départ

III.3.1 Relai d'impédance

III.3.1.1 Calcul des impédances :

Il s'agit d'une méthode de calcul permettant d'établir une relation entre les impédances des différents étages de tension [12].

Les relais de protection, doivent être réglés en intensité d'une manière à avoir une valeur inférieure au plus petit courant de défaut susceptible de se manifester entre phases.

Ce courant est celui qui résulte d'un défaut biphasé sans contact à la terre à l'extrémité du réseau lorsque la tension des transformateurs d'alimentation est la plus basse possible.

En cas de court-circuit biphasé entre deux phases sans contact à la terre, le calcul donne, en négligeant la charge, si le défaut se situe entre les phases 2 et 3 :

$$J1=0$$

$$J2= - J3$$

Avec $J1$, $J2$ et $J3$ sont les courants circulant dans la phase 1, 2 et 3. Et $V2$, $V3$ les tensions par rapport à la terre au lieu de défaut des phases 2 et 3

Le système homopolaire n'existe pas en l'absence de contact entre les phases en défaut et la terre, d'où les valeurs :

$$j2 = -j3 = \frac{(a^2 - a)}{z_d - z_i} \quad (\text{III-1})$$

Avec $a = e^{j2\pi/3}$.

Z_d et Z_i sont respectivement impédance directe et inverse et elles sont égales.

$$I_{cc \text{ biphasé}} = |J2| = |J3| = \frac{E\sqrt{3}}{2Z_d} \quad (\text{III-2})$$

$\sqrt{3}/2$ étant inférieur à 1, $I_{cc \text{ biphasé}}$ est inférieur à $I_{cc \text{ triphasé}} = I_{cc3} = \frac{U}{Z_d}$

Les défauts biphasés ayant une résistance négligeable, l'intensité est limitée par les impédances des éléments du réseau d'où :

$$I_{cc \text{ biphasé}} = \frac{U_n}{\sqrt{(Z_{\text{ligne}} + Z_{\text{réseau amont}} + Z_{\text{transformateur}})^2}} \quad (\text{III.3})$$

Avec : Impédance ligne $Z_{\text{ligne}} = R_{\text{ligne}} + jX_{\text{ligne}}$

III.3.1.2 Impédance du réseau amont :

Impédance du réseau amont HTB, S_{cc} étant la puissance de court-circuit minimale.

$$Z_a = \frac{U_n^2}{S_{cc}} \quad (\text{III.4})$$

U_n : Tension composée du réseau exprimée en kV

S_{cc} : Puissance du court – circuit exprimée en MVA

Z_{HT} : en ohm Ω

$$\text{Or, } X_a = \sqrt{Z_a^2 - R_a^2} \quad \text{d'où} \quad \frac{X_a}{Z_a} = \sqrt{1 - \left(\frac{R_a}{Z_a}\right)^2}$$

III.3.1.3 Impédance du transformateur

En général $R_T \ll X_T$, de l'ordre de 0,2 X_T , et l'impédance interne des transformateurs peut être assimilée à la réactance X_T .

$$X_T = \frac{U_{cc\%}}{100} \times \frac{U_n^2}{S_n} \quad (\text{III-5})$$

$U_{cc\%}$: Tension de court-circuit de transformateur exprimée en kV ;

S_n : Puissance nominale du transformateur exprimée en MVA ;

U_n : Tension nominale secondaire du transformateur exprimé en KV.

La valeur de la réactance kilométrique par phase est approximativement :

- 0,4 Ω pour les lignes aériennes ;
- 0,1 Ω environ pour les câbles souterrains.

Si le départ comporte des autotransformateurs, les impédances situées à l'aval doivent bien entendu être multipliées par le carré du rapport de transformation.

III.3.2 Relais Ampère-métrique de phase

III.3.2.1 Principe

Les relais ampérométriques de phase doivent être réglé a une valeur de courant I_r inférieur au plus faible courant de défaut susceptible de se manifester entre les phases, ce courant est celui relatif à un défaut biphasé I_{ccb} se produisant en bout de[1][16].

III.3.2.2 Réglage

Elle est fixée à :

$$I_r < 0.8 I_{ccb} \quad (\text{III.6})$$

Elle doit être toute fois choisie, supérieure à l'intensité du courant admissible dans le départ qui peut dépendre :

- Du calibre de ses transformateurs (TC) de courant (I_{ntc}) ou du courant maximal de la ligne ou du câble ($I_{câble}$) ; dans le cas où l'intensité nominale de l'appareil est inférieure à I_{ntc} , c'est elle qu'il faut prendre en compte.
- éventuellement du courant maximal admissible dans les dérivations.

Bien entendu, l'intensité de réglage I_r doit aussi être choisie supérieure à l'intensité du courant de pointe I_p appelée par le départ, compte tenu des régimes de secours prévus. Normalement les conditions suivantes sont réalisées.[1]

$$I_p < I_{câble} < I_{ntc} < 0.8 I_{ccb} \quad (\text{III.7})$$

I_p : Intensité de courant de pointe

$I_{câble}$: Courant de câble

I_{ntc} : Courant nominale de transformateur de courant

I_{ccb} : Courant de court-circuit

Par suite, des possibilités de surcharge des transformateurs de courant, il est donc Généralement possible de prendre :

$$1.3 I_{ntc} < I_r < 0.85 I_{ccb} \quad (\text{III.8})$$

I_r : Intensité de réglage.

La valeur de courant I_r doit être supérieur au courant $I_r = 1,3 I_p$ donc le réglage des relais devra satisfaire aux conditions suivantes :

I_p : Courant de la pointe

$I_S < I_r < 0.8 I_{ccb}$ Si $0.8 I_{ccb} < K L_T$

$I_S < I_r < K L_T$ Si $0.8 I_{ccb} > K L_T$

I_S : Courant d'exploitation du traçons concerné

K : coefficient de surcharge admissible sur les conducteurs K = 1.2

L_T : Valeur de la limite thermique des conducteurs (voir le tableau suivant)

Tableau III.1 : Limite thermique des conducteurs MTA et MTS

R.X. MT TYPE	Section de conducteur	Limite thermique (t_{hm})
MTA 30 KV (Arrien)	93.3 ALM	270
	34.4 ALM	140
	54.6 ALM	190
MTS 30 KV (Souterrain)	50 CU	180
	70 CU	225
	95 CU	275
	120 ALU	280

Il est toujours souhaitable, quel que soit le type de relai installé, d'éviter d'utiliser les valeurs extrême des plages de réglage.

Dans les réseaux à forte densité industrielle, l'élimination d'un défaut HTA ayant provoqué une chute de tension importante, est suivie d'une surintensité dans tous les départs, correspondant à l'appel de courant des moteurs qui sont restés raccordés au réseau moyen tension (HTA) .

III.3.4 Relais de Courant Homopolaire :

III 3.4.1 Principe et définition de " $3I_o$ " [2] [23]

Lorsqu'un départ est le siège d'un défaut monophasé, son relais homopolaire est traversé par un courant I_{or} qui varie en fonction de la résistance du défaut, de l'impédance de mise à la terre du neutre HTA, de la tension HTA et de la capacité homopolaire du réseau.

L'intensité à régler I_{or} du relais homopolaire doit être la plus faible possible afin de détecter les défauts dont la résistance est la plus grande possible.

Le réglage ne peut être inférieur à 6 % du calibre des transformateurs de courant, en raison de la saturation de ces derniers lors des réenclenchements.

En outre, le réglage I_{or} doit être supérieur à la valeur du courant résiduel $3I_o$ du départ lorsqu'un défaut franc apparaît sur un autre départ. (I_{or} étant la valeur du courant avant application des rapports de transformation des transformateurs de courant).

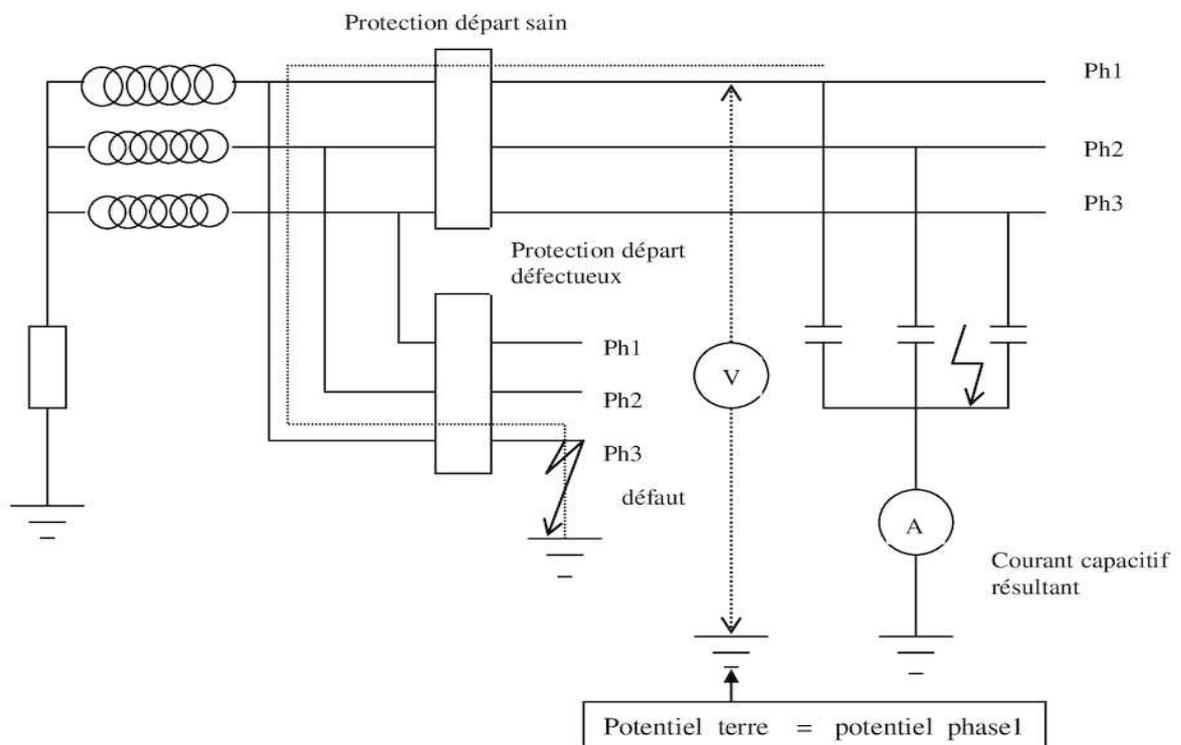


Figure III.1 : Représentation d'un réseau triphasé avec un défaut sur la phase 3

Au moment où le défaut phase-terre apparaît (voir figure 1), les tensions entre phases et terre du départ sain sont déséquilibrées.

La tension V_3 de la phase en défaut est nulle, le courant mesuré par le relais de courant homopolaire est dans ces conditions :

$$3I_0 = I\sqrt{3}$$

III.3.4.2 Calcul de $3I_0$:

Pratiquement on s'intéresse à la relation existant entre le courant de court-circuit et le courant homopolaire I_0

On a:

$$V = Z \times I \quad (\text{III.9})$$

$$\Rightarrow V = \frac{I}{C_0 \omega} \quad (\text{III.10})$$

$$\Rightarrow I_0 = V \times C_0 \times \omega \quad (\text{III.11})$$

C_0 : étant la capacité d'un conducteur par rapport à la terre.

Comme les trois capacités sont parallèles alors les courants s'ajoutent et on aura :

$$3I_0 = 3 V \cdot C_0 \cdot \omega$$

(III.12)

Avec : $\omega = 2\pi f$

III.3.4.3 Réglage

La protection contre les défauts entre phase et terre est assurée par un relais à maximum de courant résiduel. Ce courant est obtenu soit à partir de l'étoile formée par le secondaire des trois transformateurs de courant, soit au moyen d'un tore quand le câble en sortie de la cellule est tripolaire.

Afin de permettre à cette protection de détecter les valeurs maximales des résistances de défaut à la terre, il convient de lui donner la plus grande sensibilité possible.[23]

Ce réglage doit cependant garder la protection insensible au courant capacitif mis en jeu sur les liaisons saines quand un défaut monophasé affecte une ligne adjacente.

- Le courant capacitif est de l'ordre de 5/100 Km pour les lignes aériennes
- Pour les câbles souterrains, les valeurs du courant capacitif sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau III-2 : Les valeurs de courant capacitif de chaque section.[2]

Section /nature	10	30
30 Cuivre	1.25	2.44
35 Cuivre	1.28	2.52
50 Cuivre	1.30	2.64
70 Cuivre	1.46	3.10
95 Cuivre	1.57	3.26
120 Cuivre	1.68	3.42

Le courant de réglage à prendre en compte sera :

$$I_0 \geq K \times 3I_0 \quad (\text{III.13})$$

Avec : k coefficient de sécurité dépend du type de relais utilisé.

III.3.5 Relais de temps

La temporisation des protections sélectives des départs a deux rôles :

- D'une part assurer une priorité au fonctionnement de certains automatismes « instantanés » ;
- D'autre part assurer l'échelonnement de fonctionnement des protections du départ et des protections placées en aval (protection des abonnés, protection de dérivation,...).[23]

III.3.5.1 Réglage de la temporisation :

Les temps indiqués ci-après sont des temps globaux (entre l'instant d'apparition du défaut et l'ouverture du disjoncteur) ; chaque réglage doit être vérifié par une mesure.

S'il n'y a pas de protection temporisées en aval, l'échelon de temporisation entre deux protections doit être au minimum de 0.3s et au plus de 0.6s.

III.5 Conclusion :

Dans ce chapitre en a présenter les différents paramètres des protections d'un départ dans lesquelles en a défini différents réglages des relais.

CHAPITRE IV

CALCUL DES REGLAGES DES

PROTECTIONS

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre est étudié le réglage des protections présentées au chapitre précédent. Pour cela, on prend pour faire cette étude un réseaux aérien . Ces calculs seront faits à la main.

IV.2 Etude des protections d'un Réseau aérien

Sur la figure IV.1, on a une présentation d'un schéma unifilaire d'un réseau radiale, constitué de deux départs 1 et 2. Le réseau est alimenté par un transformateur HTB/HTA de 60/20kV, d'une puissance de court-circuit $S_{cc} = 200$ MVA, d'une puissance apparente $S_n = 40$ MVA et d'une tension de court-circuit égale à 10%.

Le départ 1 est constitué transformateur de courant d'un rapport 100/5A, d'une ligne en Almélec de 30km de section 75mm^2 entre (PA) et de 14km en Almélec 34mm^2 entre (AB) la longueur total avec les dérivation est de 100 km.

Le départ 2 est constitué d'un transformateur de courant d'un rapport 100/5A, d'une ligne en Almélec de 10km de section 75mm^2 entre (PC) et de 7km en Almélec 34mm^2 entre (DE).

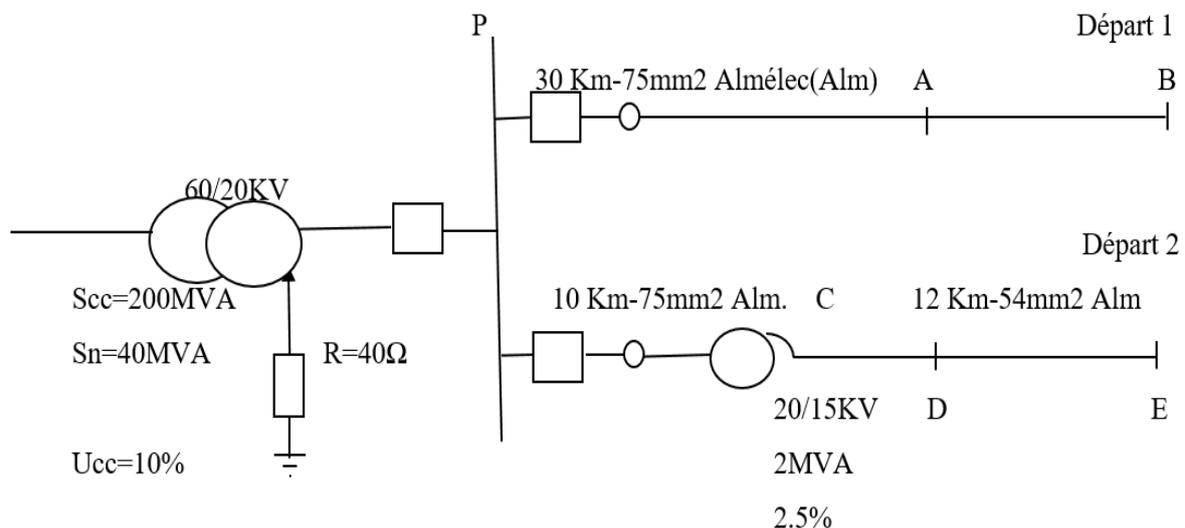


Figure IV. 1: structure d'un départ de réseau aérien.[23]

IV.2.1 Etude de la Protection HTA

Dans ce calcul, on prend le départ 1 qui est constitué de 30km 75mm² entre les points PA et 14 km de 34 mm² entre les points AB.

➤ **Impédance du réseau HT ramenée en 20 kV :**

$$X_{HT} = \frac{U_n^2}{S_{cc}} \quad (IV.1)$$

$$X_{HT} = \frac{20^2}{200}$$

$$X_{HT} = 2 \Omega$$

➤ **Impédance du transformateur HTB/HTA :**

$$X_T = \frac{U_{cc}\%}{100} \times \frac{U_n^2}{S_n} \quad (IV.2)$$

$$X_T = \frac{10}{100} \times \frac{20^2}{10}$$

$$X_T = 4 \Omega$$

Le point pour lequel l'impédance de court-circuit est plus grande en régime normal est le point B. Donc on a le tronçon PA+AB :

-Tronçon PA 30Km ,75mm² Alm.

-Tronçon AB 14Km ,34mm² Alm.

-longueur total en aérien sans les dérivation est de 44km avec les dérivation est de 100Km.

-le départ comporte également 2Km de câble tri plomb de 48 mm².

➤ **Caractéristique des protections**

Transformateur de courant TC de rapport : 100A/5A, Protection comportant :

IV.2.1.1 réglage des relais de phase

IV.2.1.3.1 calcul de la résistance du tronçon P-A :

$$R_{PA} = L \times \frac{\rho}{s} \quad (IV.3)$$

Sachant que :

ρ : La résistivité du câble Almélec [$\Omega.m$]

L : longueur du câble [m]

S : la section du câble [mm²]

$$R_{PA} = 30 \times \frac{33}{75} = 13.2 \Omega$$

IV.2.1.3.2 Calcule de la réactance du tronçon P-A :

$$X_{PA} = L \times x \quad (IV.4)$$

L : longueur du câble

x : La valeur de la réactance kilométrique par phase pour tronçons aériens $x = 0.4 \Omega$

$$X_{PA} = 30 \times 0.4 = 12 \Omega$$

IV.2.1.3.3 Calcule de la résistance du tronçon A-B :

$$R_{AB} = 14 \times \frac{33}{34} = 13.6 \Omega$$

IV.2.1.3.4 Calcule de la réactances du tronçons A-B:

$$X_{AB} = 14 \times 0.4 = 5.6 \Omega$$

IV.2.1.3.5 Calcul d'I_{ccb1} :

$$I_{ccb1} = \frac{20 \times 10^3}{2\sqrt{(13.2 + 13.6)^2 + (2 + 4 + 12 + 5.6)^2}} \quad (IV.5)$$

$$I_{ccb1} = 280 \text{ A}$$

Le courant de défaut biphasé vu par le secondaire du TC aura pour valeur :

$$I_{ccb1(BT)} = 280 \times \frac{5}{100} = 14 \text{ A}$$

$$0.8 I_{ccb1(BT)} = 11.2 \text{ A}$$

$$1.3 I_{ntc} = 1.3 \times 5 = 6.5 \text{ A}$$

D'après la relation (III.8) on aura $1.3 I_{ntc} < I_r < 0.85 I_{ccb}$, ce qui va donner l'intensité de réglage I_r doit vérifier la relation :

$$6.5A < I_r < 11,2A$$

Réglage à adopter à **11A**

IV.2.1.4 Réglage du relais homopolaire

Calcul de $3I_0$:

$$3I_0 = \sqrt{3} \times U \times C_0 \times \omega \quad (IV.6)$$

Avec :

$$C_0 = 5 \times 10^{-9} F/km \text{ pour les lignes aériennes}$$

$$C_0 = 0.33 \times 10^{-6} F/km \text{ pour les lignes souterraines}$$

- Lignes aérienne :

$$3I_0 = \sqrt{3} \times 20000 \times 5 \times 10^{-9} \times 314 = 0.0543A/km$$

- Lignes souterraine :

$$3I_0 = \sqrt{3} \times 20000 \times 0.27 \times 10^{-6} \times 314 = 2.933 A/km$$

- Calcul du $3I_0$ en fonction de la longueur

-partie aérienne : $0.0543 \times 100 = 5.43 A$

-partie souterraine : $2 \times 2.933 = 5.86 A$

$$\text{Total } 3I_0 = 5.43 + 5.86 = \mathbf{11.29A}$$

$$3I_0(BT) = 11.29 \times \frac{5}{100} = \mathbf{0.565 A}$$

Le coefficient k à prendre en considération est égal à 2 selon le relai

$$k(3I_0) = 2 \times 0.565 = \mathbf{1.1A}$$

-Le réglage à adopter à **1.1 A**

Dans ce calcul, on prend le départ 2 qui est constitué de 10 km 75mm² entre les points PC et 12 km 54 mm² entre les points CD et 7 km 34 mm² entre les points DE.

IV.2.2.2 Caractéristiques des protections

Transformateur de courant TC de rapport : 100A/5A, Protection comportant :

IV.2.2.3 Réglage des relais de phase

- **Calcul de d'Iccb2**

IV.2.2.3.1 Calcul de la résistance du tronçon P-C :

$$R_{Pc} = 10 \times \frac{33}{75} = 4.4 \Omega$$

IV.2.2.3.2 Calcul de la réactance du tronçon P-C :

$$X_{Pc} = 10 \times 0.4 = 4 \Omega$$

IV.2.2.3.3 Calcul Impédance du transformateur :

$$X_{auto} = \frac{2.5}{100} \times \frac{20^2}{2} = 5 \Omega$$

IV.2.2.3.4 Calcul de la résistance du tronçon C-D :

$$R_{CD} = 12 \times \frac{33}{54} \times \frac{20^2}{15^2} = 13.1 \Omega$$

IV.2.2.3.5 Calcul de la réactance du tronçon C-D :

$$X_{CD} = 12 \times 0.4 \times \frac{20^2}{15^2} = 8.5 \Omega$$

IV.2.2.3.6 Calcul de la résistance du tronçon D-E :

$$R_{DE} = 7 \times \frac{33}{34} \times \frac{20^2}{15^2} = 12.1 \Omega$$

IV.2.2.3.7 Calcul de la réactance du tronçon D-E :

$$X_{DE} = 7 \times 0.4 \times \frac{20^2}{15^2} = 5 \Omega$$

$$I_{ccb2} = \frac{20 \times 10^3}{2\sqrt{(4.4 + 13.1 + 12.1)^2 + (2 + 4.4 + 4 + 8.5 + 5 + 5)^2}}$$

$$I_{ccb2} = 242 \text{ A}$$

$$I_{ccb(BT)} = \frac{242 \times 5}{100}$$

$$I_{ccb(BT)} = 12 \text{ A}$$

$$0,8 I_{ccb1(BT)} = 9,6 \text{ A}$$

La valeur du courant de réglage I_r doit vérifier la relation :

$$6,5\text{A} < I_r < 9,6\text{A}$$

Réglage à adopter : **9A**

IV.2.2.4 Réglage du relais homopolaire

Calcul de $3 I_0$:

$$0.054 \times (10 + 80) = 4.9\text{A}$$

$$3I_0(BT) = 4.9 \times \frac{5}{100} = 0,25\text{A}$$

Le coefficient K est égal à 2

$$K(3I_0) = 2 \times 0.25 = \mathbf{0.5A}$$

Réglage à adopter : **0.5A**

IV.3 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu calculer les différents réglages des relais rassurants la protection des deux départs aériens 1 et 2. Ce qui nous a permis de consolider et d'enrichir nos connaissances.

Conclusion générale

Nous avons présenté dans ce mémoire, les différents architecteurs du réseau. Ces architectures sont très importantes et très sensibles, ce qui nécessite une protection contre les différents types d'anomalies telles que les courts circuits, les surtensions, les surintensités, ...etc.

Par la suite on a expliqué les différents éléments qui composent un système de protection. Ces éléments ont une grande valeur et doivent être choisis minutieusement et avec précision.

Le bon choix de la protection assure à la fois une bonne sécurité des biens contre les effets destructifs des courants forts sur les câbles, lignes, jeux de barres, ... etc., ainsi qu'une bonne continuité de service globale du réseau HTA en isolant la partie en défaut du réseau afin d'en préserver le fonctionnement.

Dans notre étude nous avons passé en revue toutes les étapes nécessaires au réglage des protections. Cette étude nous a permis aussi de maîtriser les différentes formules de calcul des courants de défauts, et des formules résumées pour le calcul des valeurs des réglages des relais de protection.

Le calcul des valeurs de réglage de protection (réglage de phase et homopolaire) a permis le choix des relais de protection du départ.

Lors de notre étude nous avons pu acquérir des connaissances dans les techniques de protection des équipements électriques. Ce qui a permis d'élargir notre horizon.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] : ZELLAGUI Mohamed «étude des protections des réseaux électrique mt (30 ,10KV), Magister Electrotechnique, Université de MENTOURI Constantine, 01-012010.
- [2]: BENDARADJI Selsabil «Calcul des protections d'un depart hta », Master Electrotechnique, Université de KASDI MERBAH –Ouargla, 10-06-2014.
- [3] C. Puret, « les réseaux de distribution publique MT dans le monde », Cahier Technique Merlin Gerin 155, septembre1991.
- [4] Schneider Electric, « Les architectures de réseaux ».
- [5] : Merlin Gerin, « Protection des réseaux électriques », Pozzo Gros Monti – Italie 2003
- [6] : Guide de conception réseau .Schneider Electricque PDF.
- [7] Nouredine HADJSAID, " Les distribution d'énergie électrique en présence de protection décentralisée ", livre -2010.
- [8] L.Miloud,« Etude et modélisations des courants de court-circuit dans les réseaux MT/BT »,Master en génie électrique, université de Msila, 2015
- [9] Ph. CARRIVE, « Réseaux de Distribution - Structure et Planification », Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie électrique D 4210, 2006.
- [10] : Roland Calvas, Benoit De Metz Noblat, André Ducluzaux, Georges Thomasset. « Calcul des courants de court-circuit », cahier technique 158 édition septembre 1992
- [11] M. LAMI, « Protection et Surveillance des Réseaux de Transport d'Énergie Électrique »,Volume 2, Electricité de France (EDF), février 2003.
- [12] EDF, «Plan de protection des réseaux hta. b.61-24. électrotechnique de réseau», 1994
- [13] C. CLAUDE & D. PIERRE, « Protection des Réseaux de Transport et de Répartition »Direction de la Production et du Transport d'Electricité (EDF), octobre 2005.
- [14] Groupe SONELGAZ, « Réglage des Protection Moyenne Tension », Société de Distribution en Electricité et du Gaz de l'Est (SDE), Groupe SONELGAZ, décembre 2009
- [15] C. RUSSELL MASON, « The Art and Science of Protective Relaying », 1956 - New York.
- [16]Groupe Sonelgaz, « Manuel de réglage des protections des réseaux SONELGAZ », Aout 2004
- [17] Groupe Sonelgaz, « Guide Technique des Protections de Réseaux de Transport Electricité - Partie 2 : Protection Transformateur HT/MT », Document Technique de Gestionnaire Régionale de Transport Electricité, mars 2008.
- [18] C. PRÉVÉ, « Protection des Réseaux Electriques », Edition HERMES, Paris 1998.
- [19] Ph. CARRIVE, « Réseaux de Distribution - Structure et Planification », Techniques

Bibliographie

de l'Ingénieur, Traité Génie électrique D 4210, 2006.

[20] <http://thesis.univ-biskra.dz/1873/3/cha2.pdf> Date de consultation 02/05/2019

[21] http://www.unit.eu/cours/clickelecunit/Modules/85_LoisPhysiques_CourantsCourtCircuit/mod85seq3phase5.html date de consultation 29/05/2019

[22] M. Bahieddine Miloud « Calcul de courant de court-circuit dans les réseaux électriques » ingénieur d'état en Génie électrotechnique, Université de Msila, 2012

[23] Groupe Sonelgaz « Protection des réseaux moyenne tension »

Annexe

ANNEXE

Ordre de grandeur des capacités homopolaires (C_0) et des courants De capacités résiduels ($3 I_0$)

Tension De service KV	Tension Specifique kV	Section Mm ²	Câble souterrains isolés au papier						Lignes aériennes	
			Câble à champ radial		Câble tripolaire à champ non radial				C_0 F/km	$3I_0$ F/km
			C_0 F/km	$3I_0$ A/km	C_0 F/km	$3I_0$ A/km	C_0 F/km	$3I_0$ A/km		
5,5	3, 2	30			0,12	0,35	-	-	5 x 10 ⁻³	0,015
		38			0,12	0,37	0,16	0,49		
		48			0,13	0,38	0,17	0,52		
		75			0,13	0,4	0,20	0,60		
		95			0,14	0,41	0,22	0,65		
		116			0,14	0,43	0,23	0,70		
		148			0,15	0,45	0,25	0,76		
240			0,16	0,49	0,30	0,89				
10	5, 8	30	0,32	1,74	0,10	0,57	0,12	0,64	5 x 10 ⁻³	0,027
		38	0,35	1,9	0,11	0,58	0,13	0,69		
		48	0,40	2,18	0,11	0,60	0,14	0,73		
		75	0,48	2,61	0,12	0,65	0,15	0,84		
		95	0,52	2,83	0,12	0,67	0,16	0,90		
		116	0,58	3,16	0,13	0,70	0,18	0,96		
		148	0,64	3,48	0,13	0,73	0,19	01,04		
	240	0,79	4,3	0,14	0,78	0,22	1,18			
	11, 6	30	0,21	1,15						
		38	0,24	1,3						
		48	0,27	1,47						
		75	0,33	1,8						
		95	0,36	1,95						
		116	0,41	2,23						
148		0,46	2,5							
240	0,58	3,16								
15	8, 7	30			0,09	0,77	0,11	0,87	5 x 10 ⁻³	0,04
		38			0,10	0,81	0,11	0,92		
		48			0,10	0,86	0,12	0,99		
		75			0,11	0,92	0,14	1,12		
		95			0,12	0,96	0,15	1,21		
		116			0,12	0,99	0,16	1,3		
		148			0,13	1,04	0,17	1,39		
	240			0,14	1,12	0,19	1,57			
	11,6	30	0,21	1,72						
		38	0,24	1,96						
		48	0,27	2,21						
		75	0,33	2,69						
		95	0,36	2,94						
		116	0,41	3,35						
148		0,46	3,76							
240	0,58	4,74								
20	11, 6	30	0,21	2,29	0,08	0,91	0,09	1	5 x 10 ⁻³	0,054
		38	0,24	2,61	0,09	1,01	0,10	1,13		
		48	0,27	2,94	0,10	1,09	0,11	1,23		
		75	0,33	3,59	0,11	1,19	0,13	1,41		
		95	0,36	3,92	0,11	1,24	0,14	1,51		
		116	0,41	4,47	0,12	1,29	0,15	1,61		
		148	0,46	5,01	0,12	1,33	0,16	1,72		
		240	0,58	6,32	0,13	1,44	0,18	2		
30	17,5	75	0,33	5,39					0,081	