

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE



MEMOIRE

De fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme :
D'Ingénieur d'état en Electrotechnique

Option : Réseaux Electriques

Thème

**ETUDE DES PROTECTIONS DES DEPARTS
MOYENNE TENSION
APPLICATION POSTE 60 / 30 kV DE TIZI MEDEN**

Proposé par :

SONELGAZ

Dirigé par :

C. BIROUCHE

Etudié par

M^{elle} : F. AMRANI
M^{elle} : R. BELKESSA

Promotion 2009

REMERCIEMENTS

Au terme de ce modeste travail. Nous tenons à remercier :

Notre promoteur *M^r BIROUCHE*, pour son encadrement, et ses précieux conseils durant la réalisation de ce projet.

Nous tenons à exprimer également nos remerciements à *M^r BOUJEMAI* de SONELGAZ.

Nos remerciements les plus distingués vont également à tout ceux et toute celle 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 juger notre travail.

SOMMAIRE

Sommaire

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

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

I-1 : Introduction.....	2
I-2 : Architecture des réseaux.....	2
I-2-1 : Réseau radial ou en antenne.....	2
I-2-2 : Réseau bouclé ou en coupure d'artère.....	4
I-2-3 : Réseau maillé.....	6
I-3 : Organisations des réseaux électriques.....	7
I-3-1 : Réseau de transport.....	7
I-3-2 : Réseau d'interconnexion.....	8
I-3-3 : Réseau de répartition.....	8
I-3-4 : Réseau de distribution.....	8
I-4 : Réseau de distribution moyenne tension (MT).....	10
I-4-1 : Différentes structures des réseaux MT.....	10
I-4-1-1 : Configuration en simple dérivation.....	10
I-4-1-2 : Réseau en coupure d'artère.....	11
I-4-1-3 : Réseau en double dérivation.....	12
I-4-2 : Différents types d'exploitation des réseaux moyenne tension.....	13
I-4-2-1 : Réseau aériens MT.....	13
I-4-2-2 : Réseaux souterrains MT.....	13
I-5 : Lignes aériennes.....	14
I-5-1 : Types des lignes.....	14
I-5-2 : Composants d'une ligne aérienne.....	15
I-5-3 : Propriétés des ligne de transport.....	16
I-6 : Conclusion	17

Chapitre II : Equipement d'un départ et calcul des courants de défauts

II-1 : Equipement d'un départ.....	18
II-1-1 : Origine d'un départ moyenne tension.....	18
II-1-2 : Les éléments d'un départ.....	19
II-1-2-1 : Le transformateur de courant	19
II-1-2-2 : Le transformateur de tension.....	21
II-1-2-3 : Les disjoncteurs.....	23
II-2 : Calcul des courants de défaut.....	23
II-2-1 : Introduction.....	23
II-2-2 : Les différentes perturbations touchant les réseaux électriques.	23
II-2-2-1 : Les courts- circuits.....	23
II-2-2-2 : Les surtension.....	27
II-2-2-3 : Les surcharges.....	28
II-2-2-4 : Le déséquilibre.....	28
II-3 : Régime du neutre.....	29
II-3-1 : Introduction	29
II-3-2 : Bases de choix du régime du neutre.....	29
II-3-3 : Les différents régimes du neutre.....	30
II-4 : Utilisation des composantes symétriques pour le calcul des courants court –circuit.....	33
II-4-1 : Introduction	33
II-4-2 : Décomposition d'un système triphasé.....	33
II-4-3 : Utilisation des composante symétrique pour le calcul de I_{cc}	34

Chapitre III : Protection d'un départ MT

III-1 : Introduction.....	41
III-2 : Plan de protection.....	41

III-4-4-3 : Le réenclenchement rapide +lente.....	69
III-5 : Protection des jeux de barres.....	69
III-5-1 : Protection de masse.....	69
III-5-2 : Protection différentielle.....	70
III-6 : Protection des transformateurs.....	70
III-6-1 : Protection thermique de cuve.....	70
III-6-2 :Protection par relais thermique.....	70
III-6-3 :Protection par image thermique.....	71
III-6-4 :Protection de masse-cuve	71
III-6-5-Protection différentielle.....	71
III-7 : Réglage des protections.....	72
III-7-1 : Réglage de seuil temporisé (éloigné)	72
III-7 -2 : Réglage du seuil violent.....	73
III-7 -3 : Réglage du seuil homopolaire.....	73
III-7 -4 : Réglage de protection arrivée transformateur.....	73
III-9:Conclusion	74

Chapitre IV : Application : Poste 60 /30 kV de Tizi Meden

IV-1 - Description du poste simplifié de Tizi Meden « 60 kV / 30 kV ».....	75
IV-2- Les données du poste	75
IV-3 -Caractéristiques techniques des départs 30Kv.....	76
IV-4-Calcul des courants de réglage pour chaque départ	77
Conclusion général.....	92

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Les réseaux électriques représentent des investissements importants consentis par les distributeurs pour garantir la qualité et la continuité de l'alimentation des clients en énergie.

Ces réseaux, 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; c'est l'objet des protections.

Notre objectif est d'étudier la protection des départs moyenne tension (MT) de TIZI MEDEN, pour se faire, on a subdivisé notre travail en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons donner quelques généralités sur les réseaux électriques. Le deuxième chapitre sera consacré à la représentation des équipements d'un départ et calcul des courants de défauts. Le troisième chapitre traitera les différentes protections des réseaux moyenne tension et leurs réglages. Le calcul des courants de réglage des départs de TIZI MEDEN fera l'objet du dernier chapitre. Nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les réseaux électriques

I-1- Introduction

On appelle réseau électrique, l'ensemble des infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Le réseau est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques, qui permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production-transport-consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

I-2- Architecture des réseaux [3]

L'architecture d'un réseau électrique est définie suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté requise. A partir de ces trois paramètres, on définit trois types de structures pour un réseau électrique :

I-2-1- Réseau radial ou en antenne

C'est le réseau le plus simple du point de vue conception. Il est disposé de façon à ce qu'en partant du point d'alimentation, toutes les lignes sont développées en antennes et alimentées par une seule ligne principale (figure I-1).

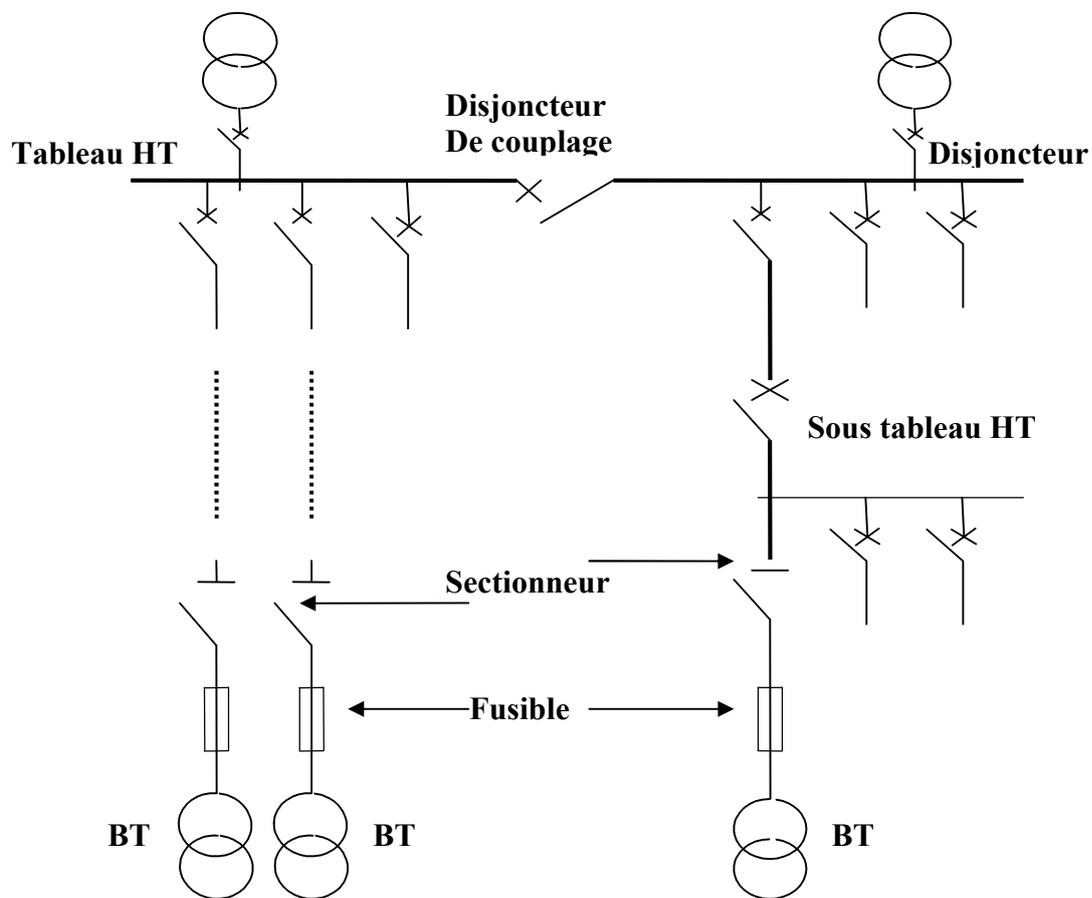


Figure I-1 : La structure des réseaux en antenne

❖ **Avantages**

Les avantages d'un réseau radial sont :

- Facilité de construction et d'exploitation.
- Les dépenses pour la réalisation et la protection d'un tel réseau sont minimales.

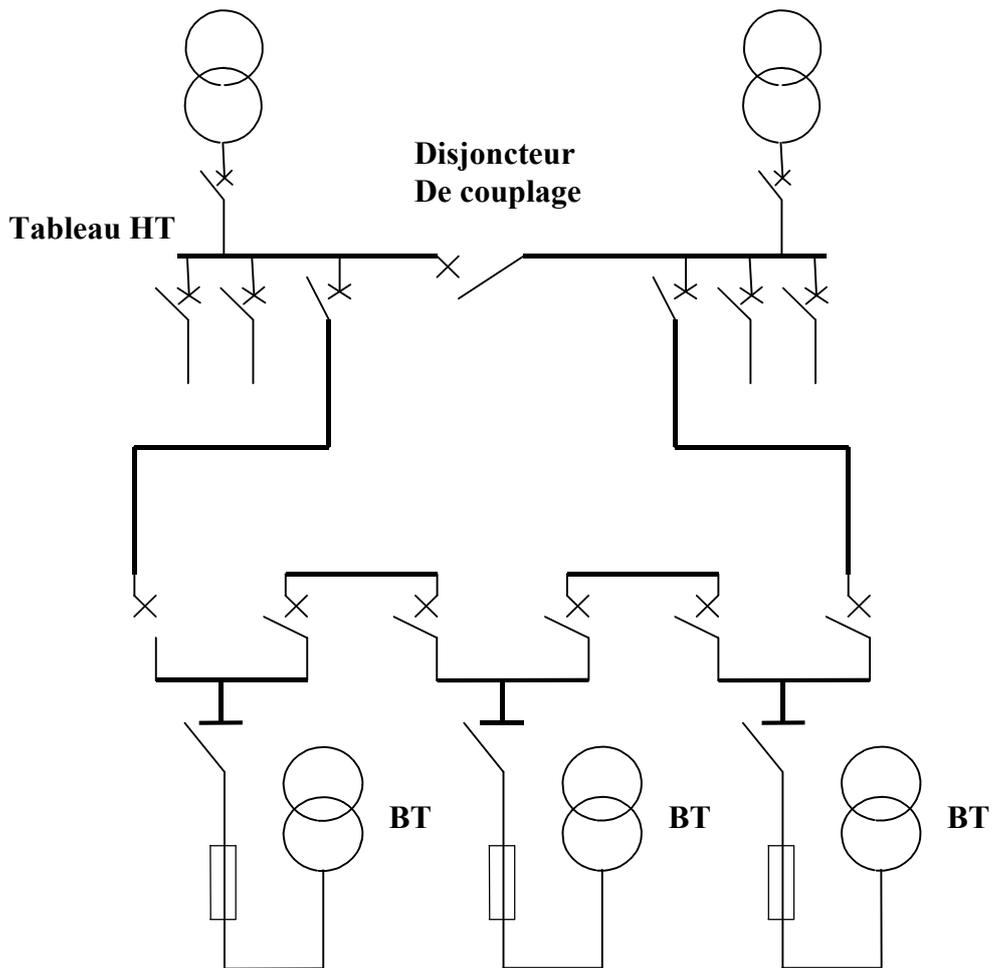
❖ Inconvénient

Ce réseau possède un inconvénient majeur qui est le déclenchement du disjoncteur principal qui entraîne une interruption du service pour tous les usagers en aval, en cas d'avarie sur une ligne.

I-2-2- Réseau bouclé ou en coupure d'artère

C'est un réseau maillé simplifié, présentant un certain nombre de boucles fermées. Chacune des ces boucles contient un nombre limité de sources.

L'énergie donc peut transiter par des chemins différents, ainsi la mise hors tension accidentelle d'un tronçon n'entraîne pas de surcharges inadmissibles pour les autres tronçons (figure I-2).



I-2 : La structure des réseaux bouclés ou en coupure d'artère

❖ Avantages

Ce type de réseau possède l'avantage :

- D'avoir une meilleure continuité de service.
- D'être facile à construire et à étudier.

❖ Inconvénient

La construction d'un tel réseau est plus coûteuse que celle d'un réseau radial et il est plus difficile à exploiter.

I-2-3 : Réseau maillé

Le réseau est complètement maillé et tous les nœuds sont alimentés au moins de deux côtés (figureI-3).

❖ Avantages

Le réseau maillé est caractérisé par :

- Une grande sécurité d'exploitation.
- Une chute de tension réduite.

❖ Inconvénient

Les dépenses pour la réalisation d'un tel réseau sont énormes et nécessitent des protections sophistiquées.

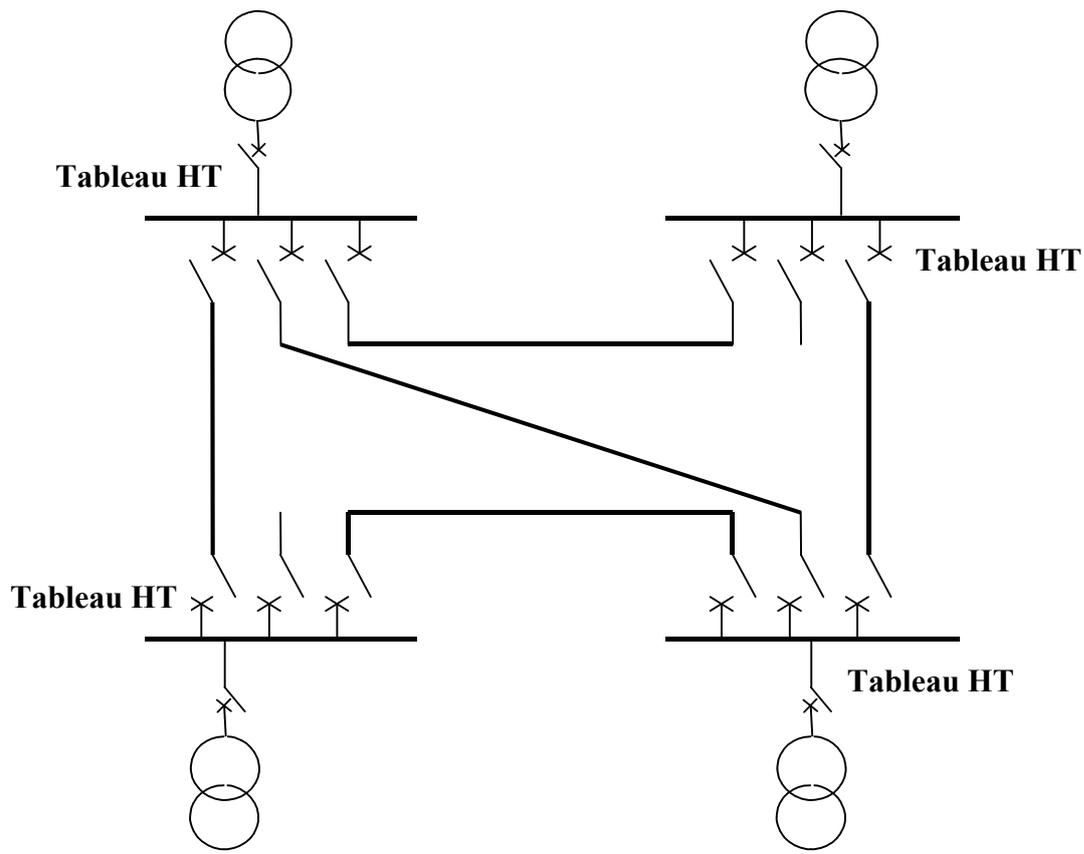


Figure I-3 : La structure des réseaux maillés

I-3 : Organisation des réseaux électriques [4]

I-3-1 : Réseau de transport :

Les réseaux de transport sont constitués des lignes à très haute tension (THT) et haute tension (HT).

La fonction de ces réseaux est de collecter la puissance produite par les centrales importantes et de l'acheminer vers les zones de consommation.

I-3-2 : Réseau d'interconnexion :

Les réseaux d'interconnexion assurent la liaison entre les centres de production et permettent des échanges d'énergie entre différentes régions et même avec les autres pays voisins.

I-3-3 : Réseau de répartition

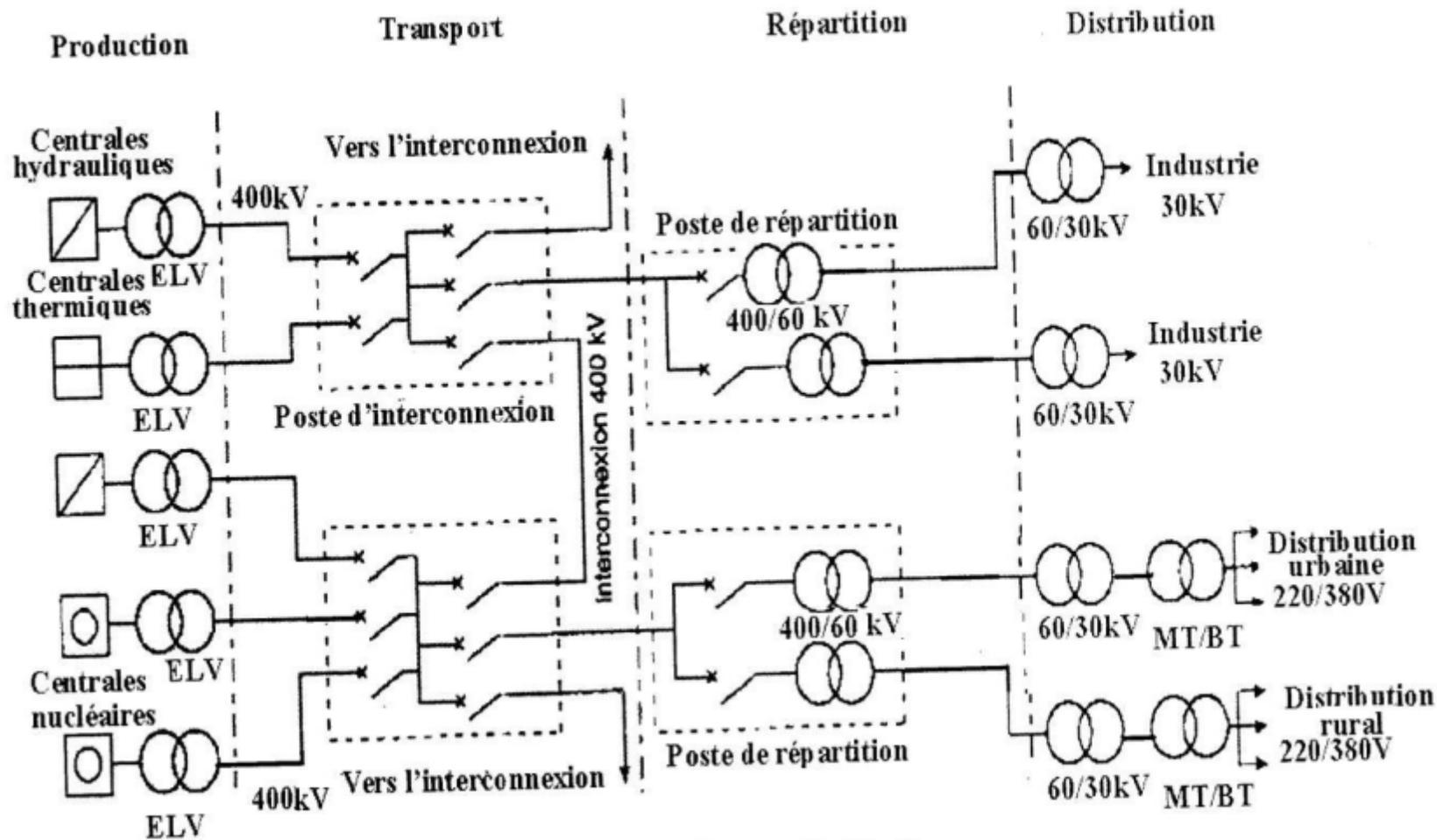
Les réseaux de répartitions sont à haute tension, ils jouent le rôle d'intermédiaire entre les réseaux de transport et les réseaux de distribution.

L'énergie est injectée essentiellement par le réseau de transport via des transformateurs, mais également par des centrales électriques de moyenne tension.

I-3-4 : Réseau de distribution

Ces réseaux alimentent un grand nombre d'utilisateurs, soit directement pour des puissances allant jusqu'à quelques MW, soit après transformation en basse tension.

La (Figure I-4) montre le schéma général des réseaux électriques (hiérarchisation par niveau de tension).



De la production vers l'utilisation

I-4- Réseau de distribution moyenne tension

Les réseaux moyenne tension s'étendent des postes sources constitués de transformateurs HT /MT jusqu'aux abonnés MT ou BT, suivant la puissance demandée, en passant par des lignes aériennes ou souterraines.

I-4-1- Différentes structures des réseaux moyenne tension [5]

Ces réseaux sont exploités selon différentes configurations, soit en simple dérivation, soit en coupure d'artère ou en double dérivation.

I-4-1-1- Configuration en simple dérivation

Son principe de fonctionnement est à une seule voie d'alimentation, tous les points de consommation sont alimentés par un seul chemin électrique possible. Il est de type arborescent (figure I-5). Cette arborescente se déroule à partir du point d'alimentation constitué de poste de distribution HT/MT et s'étale jusqu'aux consommateurs MT ou BT.

Cette disposition est particulièrement utilisée pour la distribution de la moyenne tension en milieu rural.

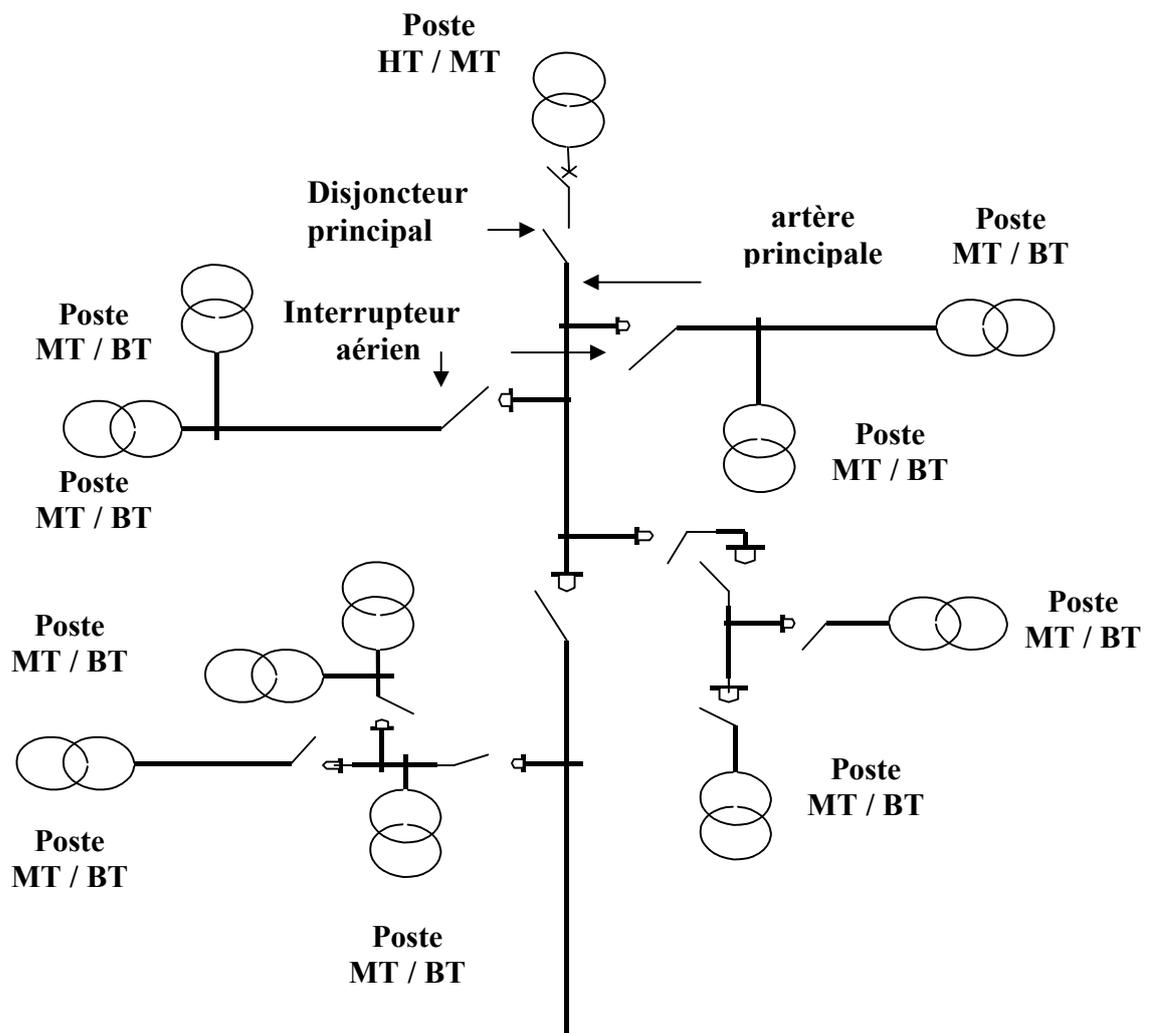


Figure I-5 : Réseau moyenne tension en simple dérivation

I-4-1-2- Réseau en coupure d'artère

Son principe de fonctionnement est à deux voies d'alimentation. Tous les points de consommation sont alimentés par deux chemins électriques dont seulement un est effectif (figure I-2). Cette disposition est souvent utilisée en zone urbaine à forte densité.

I-4-1-3- Réseau en double dérivation

Le principe de cette disposition est basé sur le fait que le réseau moyenne tension est doublé. Il est constitué de deux circuits <<A>>, <> (voir figure I-6) et chaque poste MT/BT est alimenté par ces deux circuits, mais seul un est effectif. Ces réseaux à double dérivation sont équipés d'un automatisme qui permet la permutation automatique en cas de manque de tension dans l'une des arrivées.

Cette disposition est aussi, souvent utilisée en zone urbaine à forte densité.

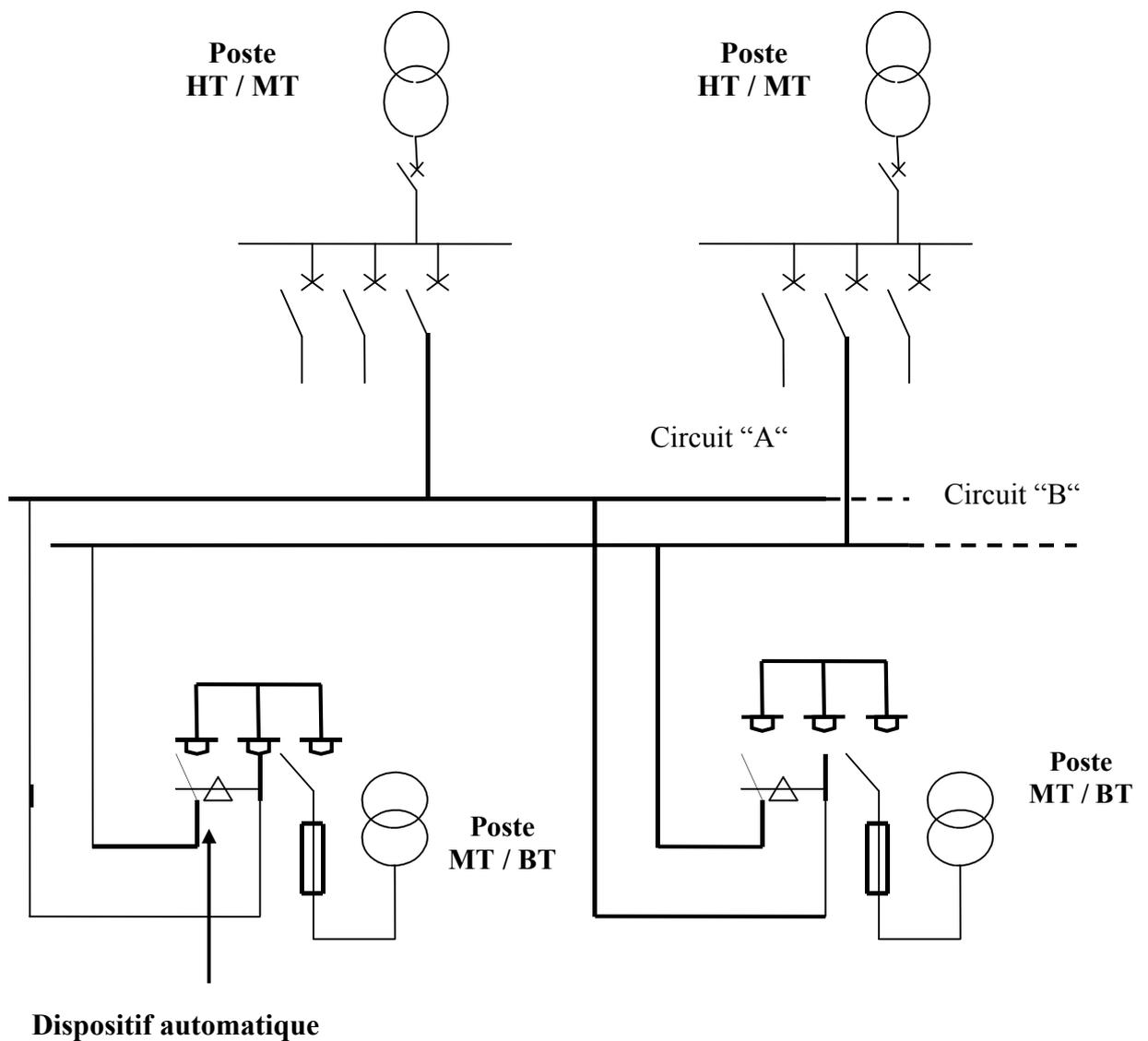


Figure I-6 : Réseau moyenne tension en double dérivation

I-4-2- Différents types d'exploitation des réseaux moyenne tension

Les réseaux moyenne tension sont utilisés suivant deux techniques, celle des réseaux aériens et celle des réseaux souterrains :

I-4-2-1- Réseau aériens moyenne tension (MTA) [3]

Ils existent généralement dans les zones rurales et ils sont exploités essentiellement, en antenne ou en simple dérivation (figure I-5).

Ils sont constitués de conducteurs en aluminium ou en cuivre. Ces conducteurs sont supportés, à l'aide d'isolateurs rigides ou suspendus réalisés en verre ou en porcelaine par des poteaux ou des pylônes béton d'une hauteur de 10 à 12mètres.

Le réseau MTA 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 300A.

Les lignes MT sont protégées par des disjoncteurs placés en tête de départ, au niveau des postes sources ou certains postes de coupure. Le rôle des ces équipements est le pouvoir de coupure en cas de défaut sur la ligne.

Les réseaux ou les lignes aériennes, malgré leur vulnérabilité aux intempéries sont économiques et accessibles, ce qui limite en cas de défaillance (panne), le temps de réparation.

I-4-2-2- Réseaux souterrains moyenne tension (MTS)

Leurs structures à un seul ordre de ligne, la dorsale exploitée en boucle ouverte permettant la reprise éventuelle en cas d'incident.

Le réseau souterrain est à neutre non distribué celui-ci étant mis à la terre au niveau des postes sources à travers une bobine, limitant ainsi le courant de défaut à 1000A.

Pour la section des câbles, elle est de 70mm² en cuivre.

I-5 - Lignes aériennes [6]

I-5-1- Types des lignes

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) Lignes de distribution BT

Ce sont des lignes installées à l'intérieur des édifices, usines et maisons pour alimenter les moteurs, les cuisinières, ect.

Les lignes sont habituellement des câbles ou des barres fonctionnant à des tensions inférieures à 600V.

b) Lignes de distribution MT

Ce sont des lignes qui relient les clients aux postes de transformation principaux de la compagnie de l'électricité. Leur tension est compris entre 2,4 kV et 69 kV.

c) Lignes de transport HT

Ce sont les lignes reliant les postes de transformation principaux aux centrales de génération. Les lignes fonctionnent généralement à des tensions inférieures à 230 kV.

Dans cette catégorie, on trouve aussi les lignes servant à échanger de l'énergie entre deux grands réseaux et à 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 1000km et elles fonctionnent à des tensions allant jusqu'à 750 kV.

I-5-2- Composants d'une ligne aérienne

Une ligne de transport se compose de conducteurs, d'isolateurs et de 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 âmes en acier, ces derniers sont généralement les plus économiques.

Les jonctions entre conducteurs doivent posséder une résistance faible. Ces joints sont ordinairement réalisés 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 et de la terre. Ils sont presque toujours en porcelaine.

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 distance 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.

Les isolateurs sont deux types principaux : rigides et à chaînes. Pour des tensions supérieures à 70 kV, on emploie toujours des chaînes d'isolateurs

constituées d'un certain nombre d'éléments en porcelaine réunies par des pièces métalliques

c) Supports

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

Pour les lignes de moins de 70 kV, on peut employer comme supports des simples poteaux en bois ou en métal, pour des tensions supérieures, on emploie toujours des pylônes métalliques.

I-5-3- Propriétés des lignes de transport

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

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

- a) La tension doit demeurer constante sur toute la longueur de la ligne et pour toutes les charges comprises entre zéro et la charge nominale.
- b) Les pertes doivent être faibles afin que la ligne possède un bon rendement.
- c) Les pertes joule ne doivent pas faire surchauffer les conducteurs.

I-6 - Conclusion

Ce premier chapitre est consacré à l'étude des généralités sur les réseaux électriques où nous avons fait des rappels sur les différentes structures topologiques et les différents éléments constituant les réseaux électriques (postes, lignes aériennes, câbles souterraines,....etc).

Vu l'objectif de notre travail, nous avons beaucoup insisté sur le réseau de distribution MT et des éléments qui le forme, afin qu'on facilite la compréhension de la suite de travail.

Chapitre II

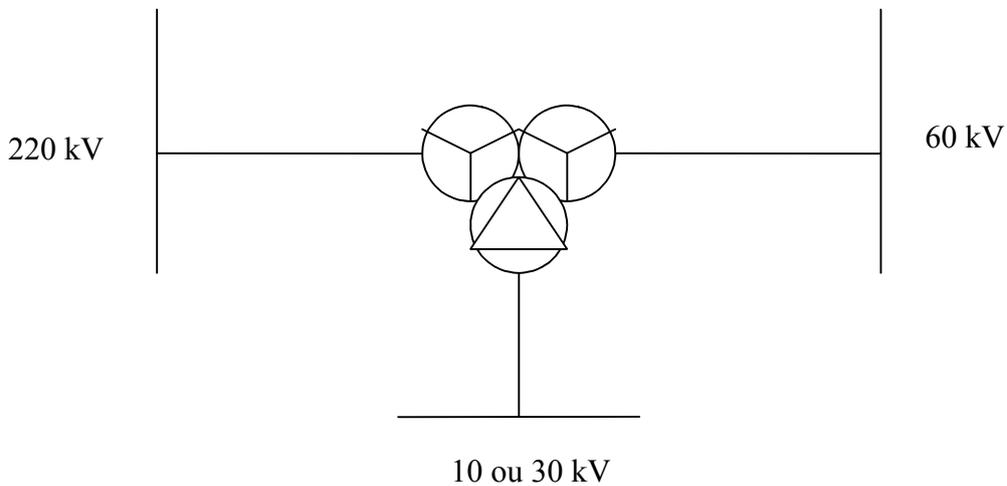
Equipement d'un départ et calcul des courants de défauts

Un poste moyenne tension est un ouvrage à un noeud d'un réseau, qui regroupe un ensemble d'équipements destiné à en assurer la protection et faciliter l'exploitation.

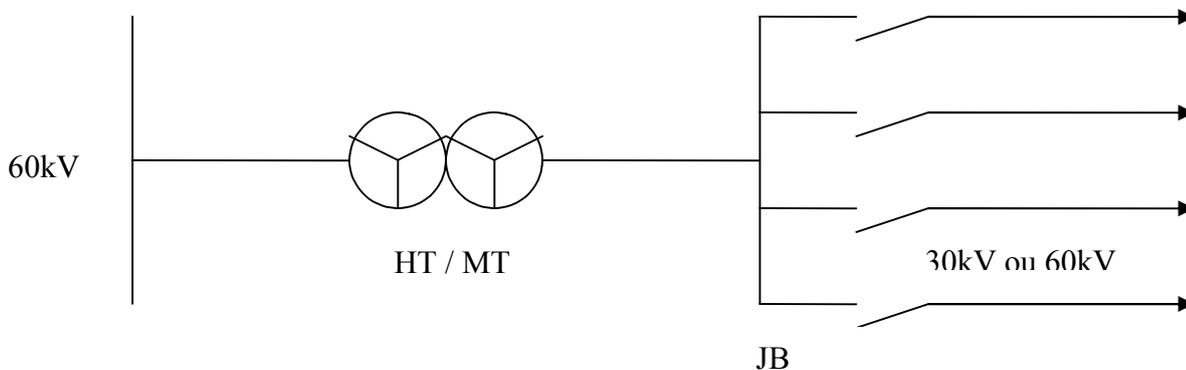
II-1- Equipement d'un départ

II-1-1- Origine d'un départ MT

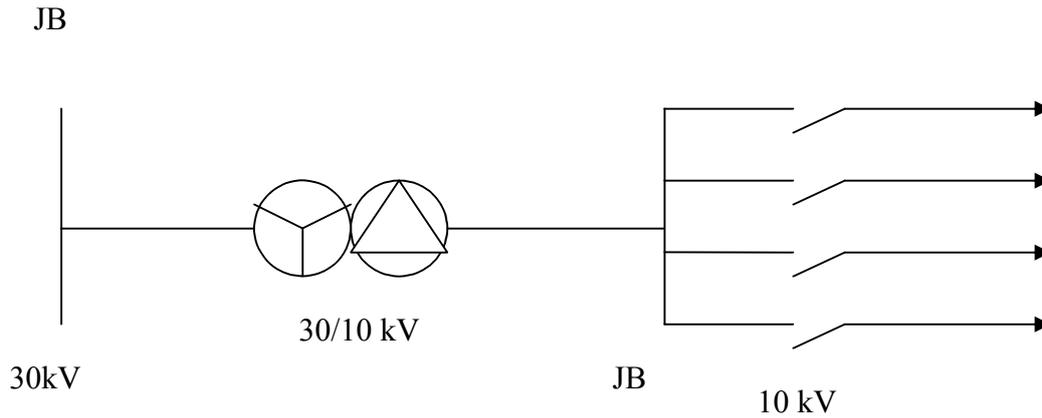
II-1-1 : à partir d'un poste d'interconnexion 220 kV /60 kV /10kV



II-1-2 : à partir d'un poste source ou de répartition (répartition HT)



II-1-3 : à partir d'un poste MT/MT' appelé poste de répartition



II-1-2- Eléments d'un départ [7]

II-1-2-1- Le transformateur de courant (d'intensité)

Il est destiné à alimenter les appareils de mesure, de protection et d'automatismes de reprise de service (réenclencheurs) nécessaire à la conduite du réseau.

➤ Différents types

- 1) Extérieur : dont le primaire est bobiné 3 à 5 spires
- 2) Intérieur : mono-conducteur, une seule spire au primaire.
- 3) Tore

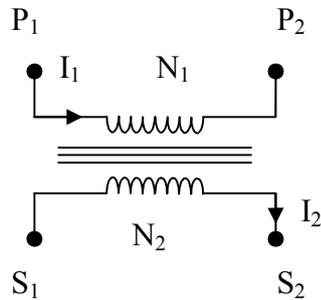


Figure II-1 : Transformateur de courant

➤ **Caractéristiques [8]**

-**Nombre de secondaire** : Dans certains cas d'utilisation, les transformateurs de courant peuvent comporter plusieurs enroulement secondaires :

- L'un destiné à alimenter les appareils de mesure
- L'autre pour alimenter les protections

-**Classe de précision** : Elle définit l'erreur possible sur le rapport de transformation et le déphasage entre le primaire et secondaire en %. Exemple : 5p ou 10p c'est-à-dire : 5% ou 10% fournira au secondaire un courant avec une erreur au plus égale à 10%.

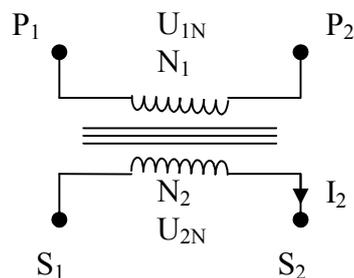
-Facteur limite de saturation : Le TC ne doit pas se saturer au dessous d'un certain courant multiple du courant nominale I_n ($F \cdot I_n$) ou F est le facteur limite de saturation avec :

$$F = \frac{100}{\sqrt{3}} = 5, 10, 15, 20 \dots \text{etc.}$$

-Puissance de précision : C'est la puissance apparente que peut fournir le transformateur à son courant nominal, sans modification de l'erreur. Elle est exprimée en VA et adaptée aux charges secondaires branchées sur le TC. Pour conserver sa précision, il faut alors respecter les limites de charge données par les normes.

II-1-2-2- Le transformateur de tension (TT)

La tension U_1 produit à travers l'enroulement primaire par l'intermédiaire d'un courant I_1 un flux magnétique, ce flux canalisé par le circuit magnétique vers l'enroulement secondaire, dont lequel est engendré la tension U_2 normalisé à 100V (composée), $\frac{100}{\sqrt{3}}$ (Simple), et son rapport de transformation $\frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{N_1}{N_2}$.



FigureII-2 : Transformateur de tension

➤ **Caractéristiques techniques**

La tension d'isolement : Elle est supérieure à la tension nominale et constitue la marge de sécurité pour éviter des échauffements anormaux lors des surtensions accidentelles.

La puissance de précision P_p : C'est la puissance apparente que le transformateur peut fournir au secondaire sous sa tension nominale sans que l'erreur introduite dans les mesures dépasse les valeurs garanties.

Puissance d'échauffement P_e : C'est la puissance que l'appareil peut débiter en permanence sans risque d'échauffement exagéré en dehors des limites de précision

$$P_e > P_p.$$

Erreur de tension : C'est l'erreur que le transformateur introduit dans la mesure d'une tension et qui provient de au fait que le rapport de transformation n'est pas égal au rapport de transformation nominal, elle est exprimée en %, est donnée par :

$$E_t = \frac{K_N U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100$$

II-1-2-3- Le disjoncteur

Le disjoncteur est un appareil capable d'établir, de supporter et de couper des courants de service ou d'établir et de couper automatiquement, dans des conditions prédéterminées, des courants anormalement élevés, tels les courants de court circuit et les courants de surcharge.

II-2- Calcul des courants de défauts

II-2-1- Introduction

Les réseaux électriques peuvent être le siège de nombreux incidents dus à l'apparition de différentes perturbations liées soit au réseaux lui-même, soit à des phénomènes extérieurs.

II-2-2- Différents perturbations touchant les réseaux électriques

II-2-2-1- Les courts-circuits

Le court circuit se traduit par une réduction de l'impédance entre les phases ou entre la phase et la terre à zéro ou à une petite valeur, ce qui engendre, ainsi, une augmentation importante de l'intensité du courant.

Ces courts-circuits sont causés par des agents de nature extérieure ou de nature intérieure.

➤ Origine des courts-circuits

a) Origine externe

-Origine mécanique

C'est le cas de la rupture d'un support, d'un conducteur ou d'un isolateur sur une ligne aérienne, amorçage dus au contact de branches, de brindilles ou même d'oiseaux avec les conducteurs.

-Origine atmosphérique

C'est le cas de la foudre qui frappe les conducteurs d'une ligne, d'un poste ou tombe dans leur voisinage immédiat, on peut aussi inclure les amorçages qui résultent des dépôts conducteurs accumulés sur les isolateurs.

b) Origine interne

Ils caractérisent les différentes avaries liées aux matériels du réseau telles que la dégradation de l'isolement liée à la chaleur, à l'humidité ou à une ambiance corrosive, ainsi que les fausses manœuvres dans le réseau.

➤ Les différents types de court-circuit

D'après l'ordre de fréquence, on distingue quatre types de courts-circuits :

a) Courts-circuits monophasés

Les défauts monophasés sont les défauts les plus fréquents, ils résultent de la mise en contact d'un conducteur à la terre (figure II-3).

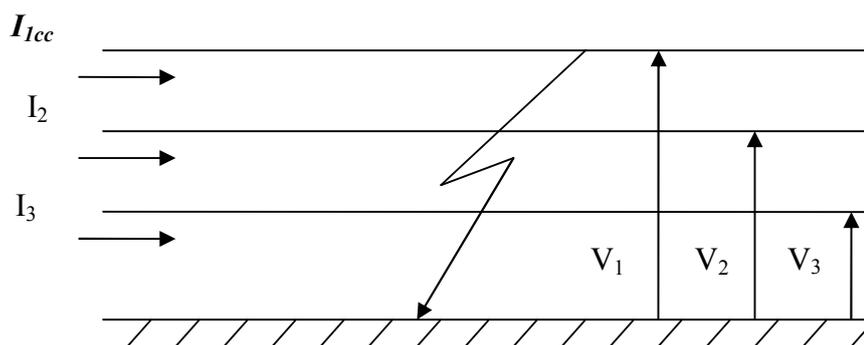


Figure II-3 : Schéma d'un défaut monophasé

b) Courts-circuits biphasés

C'est la mise en contact de deux conducteurs se trouvant à différents potentiels, (figure II-4).

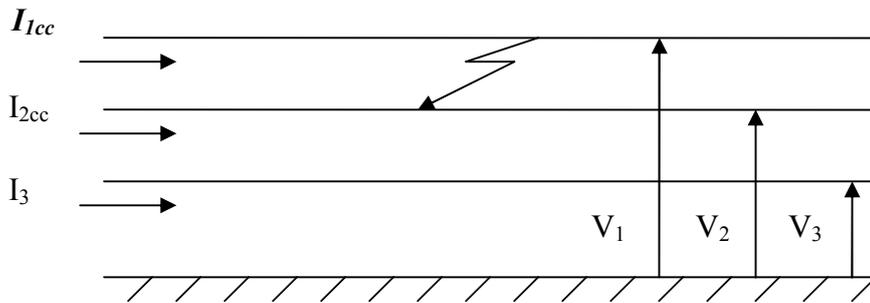


Figure II-4 : Schéma d'un défaut biphasé

c) Courts-circuits biphasés –terre

C'est la mise en contact de deux conducteurs se trouvant à différents potentiels à la terre, (figure II-5).

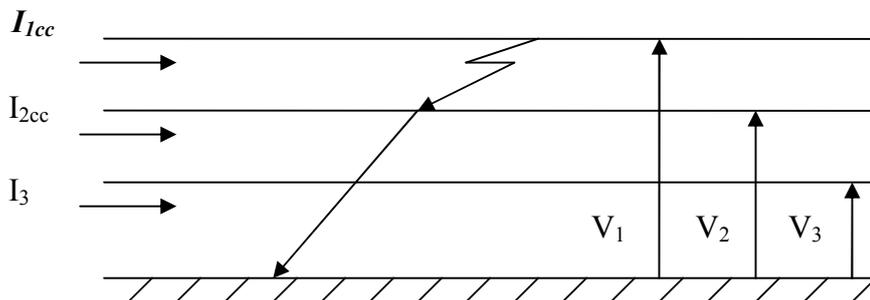


Figure II-5 : Schéma d'un défaut biphasé-terre

d) Court –circuits triphasés

C'est la mise en contact des trois phases se trouvant à différents potentiels.

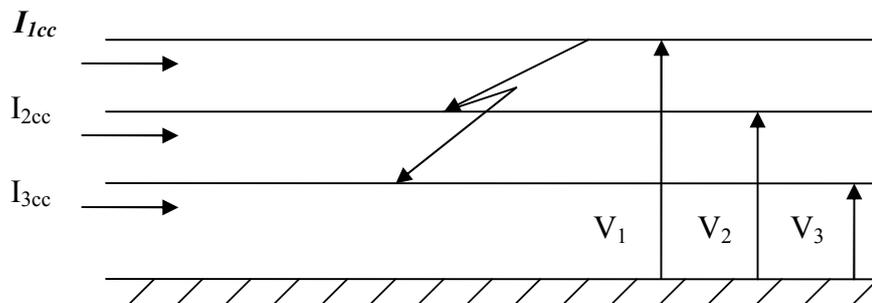


Figure II-6 : Schéma d'un défaut triphasé

➤ Conséquences des courts-circuits [2]

Parmi les effets des courts-circuits, on peut citer :

- Apparition d'une surintensité ;
- Apparition d'efforts électrodynamiques avec déformation des jeux de barres et arrachement des câbles ;
- Chute de tension qui provoque le décrochage des machines
- Déséquilibre du réseau ;
- Pertes de synchronisme ;
- Influence sur les lignes de télécommunication.

II-2-2-2- les surtensions

On appelle surtension toute tension fonction du temps qui dépasse la tension de crête du régime permanent.

➤ Les causes des surtensions

Les surtensions sont dues à différentes causes :

a) Causes internes :

- Déclenchement ou extinction des courants inductifs ou capacitifs.
- Arrachage d'un arc électrique.
- Commutation de l'électronique de puissance.
- Apparition ou disparition d'un défaut
- Pertes de charge.

b) Causes externes

Une foudre touchant directement ou indirectement une ligne électrique.

➤ Classification des surtensions

On distingue quatre types de surtension :

a) Surtension permanente

D'une durée de plusieurs heures.

b) Surtension temporaire

D'une durée d'une ou plusieurs secondes. Par exemple, le court-circuit d'une des phases d'un réseau à la terre peut introduire une surtension temporaire dans les autres phases.

c) Surtension de manœuvre

Elle est liée à une manœuvre dans le réseau considéré. Sa durée est de quelques dizaines de microsecondes ou millisecondes.

d) Surtension de foudre

Elle est due à la décharge d'une foudre sur une ligne électrique.

➤ Conséquences des surtensions

Une surtension élevée peut provoquer un claquage des isolants de l'installation, ce qui engendre des courts-circuits

II-2-2-3- Les surcharges [2]

La surcharge est caractérisée par l'augmentation de la valeur de la puissance demandée, ainsi que celle du courant appelé sur la ligne d'alimentation au-delà de la valeur nominale.

➤ Conséquences

L'augmentation de la puissance appelée est traduite par un appel de courant plus important qui engendre l'augmentation de la température de l'installation au-delà de ses limites normales de fonctionnement. Cette augmentation de température provoque l'usure des isolant qui entraîne à la longue leurs claquages ainsi que l'apparition d'autres défauts.

II-2-2-4- Le déséquilibre [14]

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° .

➤ **Les causes de déséquilibre**

Le déséquilibre est causé par :

- Le courant de court-circuit
- La rupture de phase.
- Le mauvais fonctionnement du disjoncteur.

➤ **Conséquences**

Les conséquences de déséquilibre sont :

- échauffement des conducteurs.
- Vibration des moteurs.

II-3- Régime du neutre [11], [12]

II-3-1- Introduction

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

Un neutre mis directement à la terre limite fortement les surtensions, par contre, il engendre des courants de défauts très importants, au contraire un neutre isolé limite les courants de défaut à des valeurs très faibles, mais favorise l'apparition de surtension élevées.

II-3-2- Bases de choix du régime du neutre

Le choix du régime du neutre s'effectue en fonction des critères suivants :

- Niveau de tension, car le matériel doit avoir un niveau d'isolement compatible avec les surtensions engendrées lors des défauts monophasés.

- Réglementation et législation concernant les élévations de tensions, des masses, la sensibilité de détection
- Continuité de service.
- Limitation du courant de défaut à la terre pour diminuer les contraintes électrodynamiques sur le matériel, et réduire les phénomènes d'induction sur les lignes de télécommunication et les surtensions sur le matériel BT.
- Recherche de l'auto extinction des défauts monophasés.

II-3-3- Les différents régimes de neutre [13]

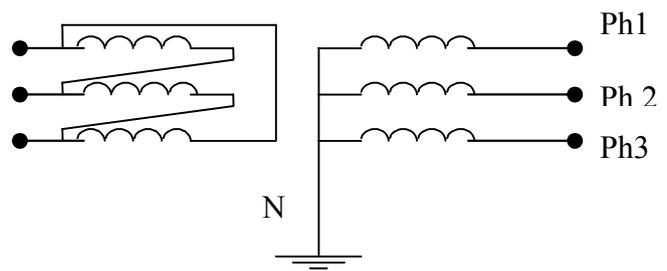
Les différents modes de raccordement du point neutre à la terre sont indiqués sur le tableau II-1.

On distingue :

- le neutre directement mis à la terre
- le neutre isolé, ou fortement impédant
- le neutre mis à la terre par l'intermédiaire d'une résistance
- le neutre mis à la terre par l'intermédiaire d'une réactance
- le neutre mis à la terre par l'intermédiaire d'une réactance accordée (bobine de Petersen).

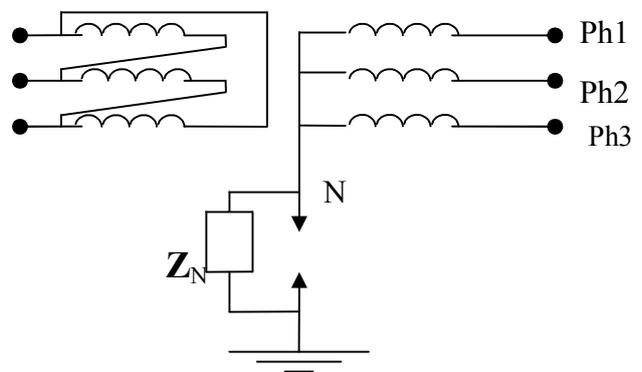
Neutre mis directement à la terre

Une liaison électrique est réalisée intentionnellement entre le point neutre et la terre.



Neutre isolé

Il n'existe aucune liaison électrique entre le point neutre et la terre, à l'exception des appareils de mesure ou de protection.

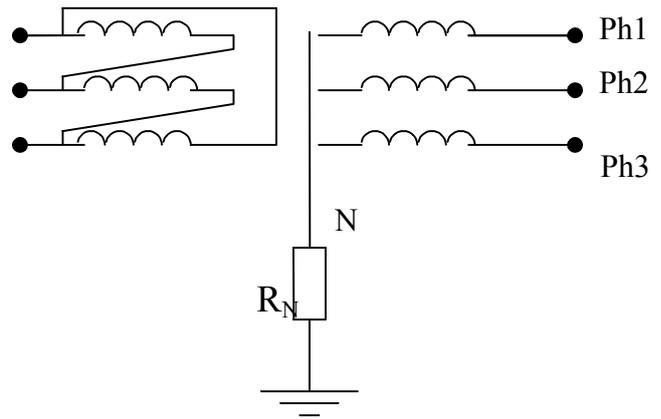


Neutre fortement impédant

Une impédance de valeur élevée est intercalée entre le point neutre et la terre.

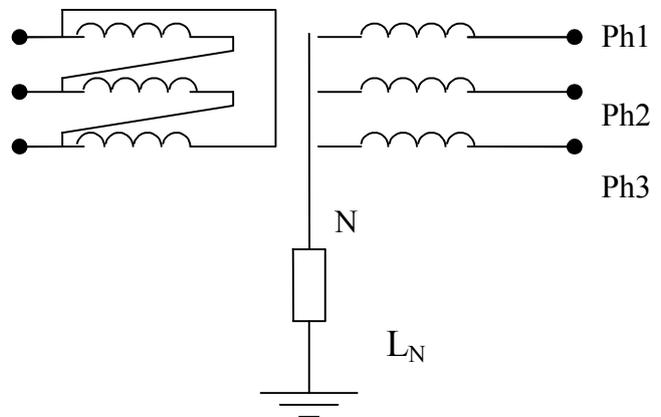
Neutre mis à la terre par résistance

Une résistance est intercalée volontairement entre le point neutre et la terre



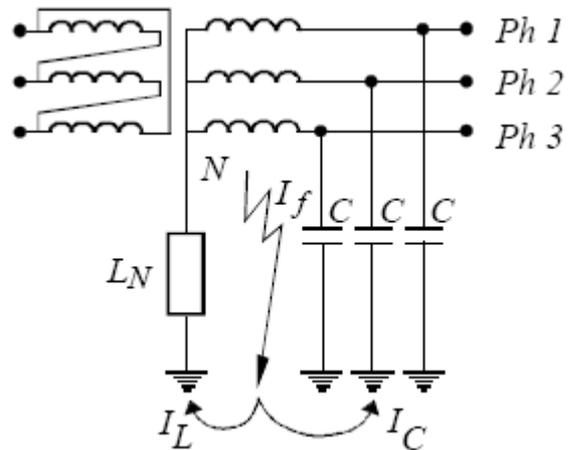
Neutre mis à la terre par réactance

Une réactance est intercalée volontairement entre le point neutre et la terre



Neutre mis à la terre par bobine d'extinction de Petersen

Une réactance accordée sur les capacités du réseau est volontairement 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 nul.



$$I_f = I_L + I_C = 0$$

I_f : courant de défaut

I_L : courant dans la réactance de mise à la terre du neutre

I_C : courant dans les capacités phase-terre

Tableau II-1 : Modes de raccordement du point neutre

II-4-Utilisation des composantes symétriques pour le calcul des courant de Court-circuit

II-4-1- Introduction

Le principe consiste à ramener un système triphasé quelconque à trois systèmes de vecteurs symétriques.

Pour faciliter cette opération, on fait appel à un nouvel opérateur appelé $\langle\langle a \rangle\rangle$ définie par :

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

Un vecteur \bar{V} affecté de l'opérateur « a » est un vecteur qui est déphasé de 120° en avance par rapport au vecteur \bar{V} , le sens du déphasage étant le sens trigonométrique.

Un vecteur \bar{V} affecté de « a^2 » est un vecteur qui a fait une rotation de $4\pi/3$ dans le sens trigonométrique.

on peut écrire :

$$\bar{V} + a\bar{V} + a^2\bar{V} = 0 \implies \bar{V}(1 + a + a^2) = 0 \quad \text{d'où: } 1 + a + a^2 = 0$$

II-4-2-Décomposition d'un système triphasé

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

$\bar{V}_{d1}, \bar{V}_{d2}, \bar{V}_{d3}$: vecteurs constituant le système direct

$\bar{V}_{i1}, \bar{V}_{i2}, \bar{V}_{i3}$: vecteurs constituant le système inverse

$\bar{V}_{o1}, \bar{V}_{o2}, \bar{V}_{o3}$: vecteurs constituant le système homopolaire

Et on peut écrire :

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_{d1} + \bar{V}_{i1} + \bar{V}_{o1} = \bar{V}_d + \bar{V}_i + \bar{V}_o$$

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_{d2} + \bar{V}_{i2} + \bar{V}_{o2} = a^2 \bar{V}_d + a \bar{V}_i + \bar{V}_o$$

$$\bar{V}_3 = \bar{V}_{d3} + \bar{V}_{i3} + \bar{V}_{o3} = a \bar{V}_d + a^2 \bar{V}_i + \bar{V}_o$$

Construction des composantes symétriques :

$$\bar{V}_o = \frac{1}{3} [\bar{V}_1 + \bar{V}_2 + \bar{V}_3]$$

$$\bar{V}_d = \frac{1}{3} [\bar{V}_1 + a \bar{V}_2 + a^2 \bar{V}_3]$$

$$\bar{V}_i = \frac{1}{3} [\bar{V}_1 + a^2 \bar{V}_2 + a \bar{V}_3]$$

II-4-3- Utilisation des composantes symétriques pour le calcul de Icc :

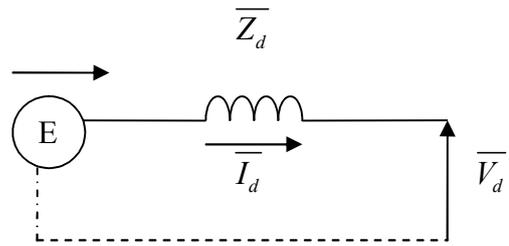
Le calcul de Icc nécessite le recours aux composantes symétriques pour les défauts asymétriques (biphasé, monophasé,...). Pour l'étude d'un défaut, on fait appelle au principe de superposition.

- **Principe de superposition**

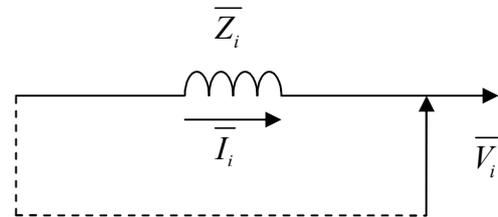
Soit une f.e.m équilibrée \bar{E} , les courants et les tensions peuvent être déséquilibrés suite à un court-circuit. Par convention, \bar{E} constitue un système direct, c'est-à-dire ses composants inverse et homopolaire sont nules.

L'impédance du réseau entre la source et le point du défaut prend les valeurs Z_d , Z_i et Z_o , les composantes symétriques des tensions et des courants au lieu du défaut sont successivement V_d , V_i , V_o et I_d , I_i , I_o . Les trois régimes superposés sont les suivants.

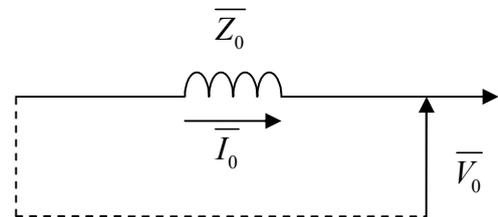
Régime direct : $\bar{E} = \bar{V}_d + \bar{Z}_d \bar{I}_d$



Régime inverse : $\bar{V}_i + \bar{Z}_i \bar{I}_i = 0$



Régime homopolaire : $\bar{V}_0 + \bar{Z}_0 \bar{I}_0 = 0$



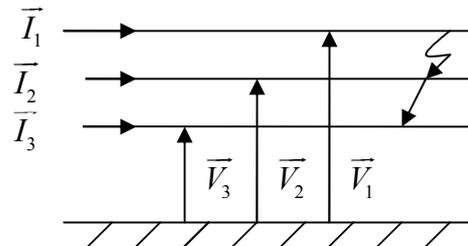
• Calcul de Icc triphasé

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

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_d + \bar{V}_i + \bar{V}_o = 0$$

$$\bar{V}_2 = a^2 \bar{V}_d + a \bar{V}_i + \bar{V}_o = 0$$

$$\bar{V}_3 = a \bar{V}_d + a^2 \bar{V}_i + \bar{V}_o = 0$$



On déduit: $\bar{V}_d = \bar{V}_i = \bar{V}_o = 0$

En appliquant les équations de superposition on aura :

$$\bar{I}_o = \bar{I}_i = 0 \quad , \quad \bar{I}_d = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_d}$$

Au point de défaut, les courants constituent un système direct donc :

$$\overline{I_{ccT}} = \frac{\overline{E}}{Z_d} = \frac{\overline{V_n}}{Z_d}$$

On a :

$$\begin{cases} \overline{I_1} = \overline{I_d} + \overline{I_i} + \overline{I_0} \\ \overline{I_2} = a^2 \overline{I_d} + a \overline{I_i} + \overline{I_0} \\ \overline{I_3} = a \overline{I_d} + a^2 \overline{I_i} + \overline{I_0} \end{cases}$$

Ce qui donne :

$$\begin{cases} \overline{I_1} = \overline{I_d} = \frac{\overline{E}}{Z_d} \\ \overline{I_2} = a^2 \frac{\overline{E}}{Z_d} = a^2 \overline{I_1} \\ \overline{I_3} = a \frac{\overline{E}}{Z_d} = a \overline{I_1} \end{cases}$$

- **Calcul de I_{cc} biphasé**

Le court circuit atteint les phases 2 et 3, On aura :

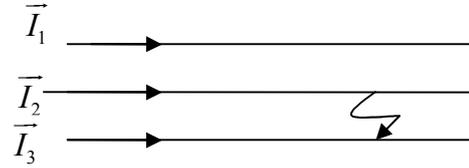
$$\bar{V}_2 = \bar{V}_3$$

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

$$\bar{I}_0 = 0 \text{ (pas de courant avec la terre)}$$

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_d + \bar{I}_i = 0 \implies \bar{I}_d = -\bar{I}_i$$

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_3 \implies \bar{V}_d = \bar{V}_i$$



En appliquant les équations de superposition, nous aurons :

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

On a :

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = \bar{I}_d + \bar{I}_i \\ \bar{I}_2 = a^2 \bar{I}_d + a \bar{I}_i \\ \bar{I}_3 = a \bar{I}_d + a^2 \bar{I}_i \end{cases}$$

Ce qui donne :

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = 0 \\ \bar{I}_2 = (a^2 - a) \bar{I}_d \\ \bar{I}_3 = -(a^2 - a) \bar{I}_d \end{cases} \implies \begin{cases} \bar{I}_1 = 0 \\ \bar{I}_2 = (a^2 - a) \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \\ \bar{I}_3 = -(a^2 - a) \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \end{cases}$$

$\bar{Z}_d = \bar{Z}_i$ alors le courant de défaut biphasé sera :

$$\bar{I}_{ccB} = |\bar{I}_2| = |\bar{I}_3| = \frac{E\sqrt{3}}{2Z_d} = \frac{\bar{U}_n}{2Z_d}$$

$$\boxed{\bar{I}_{ccB} = \frac{\sqrt{3}}{2} \bar{I}_{ccT}}$$

- **Calcul de I_{cc} monophasé-terre (résistant)**

Les équations au point de défaut :

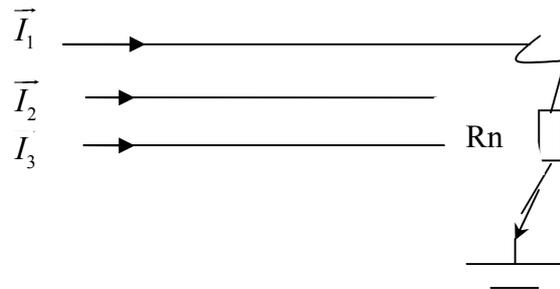
$$\bar{I}_2 = \bar{I}_3 = 0 \text{ (non concernées par le défaut)}$$

$$\bar{V}_1 = 3 R_n \bar{I}_o$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_3 \implies \bar{I}_d = \bar{I}_i$$

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_o + \bar{V}_d + \bar{V}_i = 3 R_n \bar{I}_o$$

$$\bar{I}_2 = 0 \implies \bar{I}_o = \bar{I}_i = \bar{I}_d$$



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

$$\bar{I}_1 = 3\bar{I}_o = \frac{3\bar{E}}{\bar{Z}_o + \bar{Z}_d + \bar{Z}_i + 3R_n}$$

Pour un défaut franc on aura :

$$\bar{I}_1 = \frac{3\bar{E}}{\bar{Z}_o + \bar{Z}_d + \bar{Z}_i}$$

- **Valeur du courant de défaut à la terre [10]**

Les courants capacitifs jouent un rôle primordial dans le calcul des courants de défaut à la terre.

La formule générale pour un défaut franc est :

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

Avec:

$$\bar{Z}_o = \bar{Z}_{oT} + \bar{Z}_{oL} + \bar{Z}_{oR}$$

\bar{Z}_{oT} : Impédance homopolaire du transformateur.

\bar{Z}_{oL} : Impédance homopolaire de ligne .

E : La tension simple secondaire du transformateur HT / MT.

\bar{Z}_{oR} : L'impédance due à la capacité homopolaire C_o du réseau considéré et

\bar{I} est la somme des courants capacitifs relatifs aux différents départs.

-la capacité C_o est la somme des capacités homopolaires des ces départs

$$C_o = C_{o1} + C_{o2} + \dots$$

Donc :

$$\bar{Z}_{oR} = \frac{j}{C_o \omega} \text{ Avec } C_o \text{ avoisine } 5000\text{pF} / \text{km} \text{ pour une ligne aérienne.}$$

Comme : Z_{oL} , Z_{oT} , Z_d et Z_i peuvent être négligées devant Z_{oR} on aura :

$$\bar{Z}_o = \bar{Z}_{oR}$$

$$\bar{I} = \frac{3E}{\bar{Z}_{oR}} = \frac{3E}{-j / C_o \omega} \implies \bar{I} = J3\bar{E}C_o\omega$$

\bar{I} déphasé de $\frac{\pi}{2}$ sur \bar{E}

Pour un défaut résistant à la terre, la valeur de courant est donnée par :

$$\bar{I} = \frac{3\bar{E}}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_{0R} + 3R}$$

Comme Z_d et Z_i sont négligeable devant $\bar{Z}_{0R} + 3R$, on aura alors :

$$\bar{I} = \frac{3\bar{E}}{\bar{Z}_{0R} + 3R} \implies \bar{F} = \frac{j3\bar{E}C_0\omega}{1 + 3jRC_0\omega}$$

Donc le déphasage de \bar{I} sur \bar{E} est inférieur à $\frac{\pi}{2}$.

Chapitre III

Protection d'un départ MT

III-1- Introduction

L'apparition et la propagation d'un défaut dans un réseau électrique engendre des effets néfastes sur ce dernier. C'est pour cette raison qu'il faut l'éliminer le plus rapidement possible et cela en utilisant des dispositifs de protection.

III-2- Plan de protection [12]

III-2-1- Définition d'un système de protection

C'est le choix des éléments de protection et de la structure globale de l'ensemble, de façon cohérente et adaptée au réseau.

III-2-2- Constitution d'un système de protection

Le système de protection se compose d'une chaîne constituée des éléments suivants :

- Capteurs de mesure de courant et de tension fournissant les informations de mesure nécessaire à la détection des défauts.
- Relais de protection, chargé de la surveillance permanente de l'état électrique du réseau, jusqu'à l'élaboration des ordres d'élimination des parties défectueuses et leur commande par le circuit de déclenchement.
- Organes de coupure dans leur fonction d'élimination de défaut : disjoncteurs, interrupteurs, fusibles.

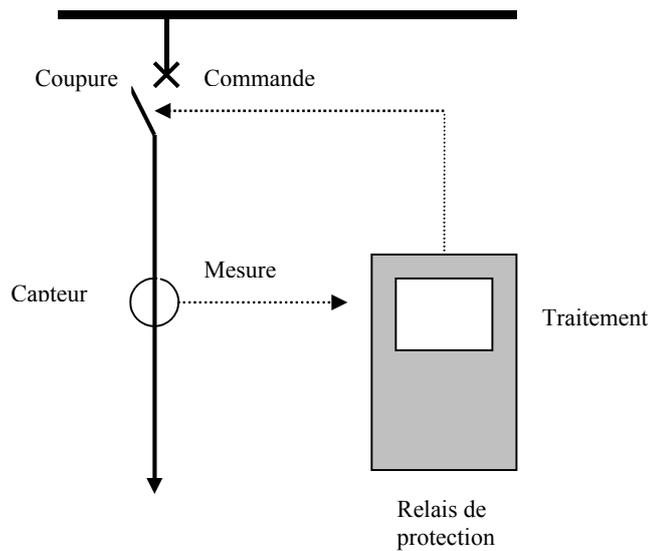


Figure III-1 : Chaîne de protection

III-2-3- Qualité d'un système de protection

Pour qu'un système de protection accomplisse convenablement sa mission, il doit présenter les qualités suivantes :

- a- Fiabilité** : un dispositif de protection doit être sûr de ses décisions.
- b- Sélectivité** : seuls les appareils de coupure encadrant le défaut doivent s'ouvrir.
- c- Rapidité d'action** : pour éviter l'augmentation de la zone perturbée.
- d- Sensibilité** : doit détecter la moindre variation des paramètres de l'élément surveillé
- e- Consommation** : doit avoir une consommation réduite.

III-2-4- Fonction du dispositif de protection

Le dispositif de protection a pour rôle de détecter, d'élaborer les données, de couper et d'informer.

Le rôle d'un système de protection peut être assuré :

-Soit directement à partir d'éléments incorporés aux dispositifs de coupure (par exemple le relais magnétothermique dans les disjoncteurs).

-Soit indirectement à partir d'ensemble extérieurs au dispositif de coupure comprenant les éléments suivants :

a- Réducteurs de mesure

Ce sont des transformateurs, soit de courant soit de tension, utilisés pour l'alimentation des dispositifs de comptage et de protection. Leur but est d'isoler du réseau les dispositifs de protection, qui ont un niveau d'isolement inférieur, en leur délivrant des courants de 1 à 5A et des tensions de 100V ou de $\frac{100}{\sqrt{3}}$ V.

b- Relais de protection

Ce sont des dispositifs de surveillance des grandeurs électriques du réseau. Ils sont destinés à donner des ordres de coupure ou de mise hors tension du circuit de ce réseau lorsque les grandeurs qui l'alimentent franchissent un seuil prédéterminé.

c- Circuit de déclenchement

Il sert à transmettre à l'organe de coupure l'ordre issu du relais.

III-2-5- Notion de sélectivité

III-2-5-1- Principe de la sélectivité :

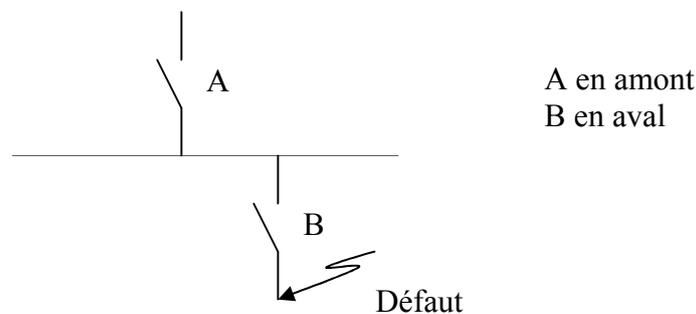
Une protection est dite sélective si un défaut apparaissant en un point quelconque du circuit est éliminé par l'appareil de protection situé immédiatement en amont du défaut et par lui seul.

III-2-5-2- Différents types de sélectivité

On distingue trois types de sélectivité :

➤ Sélectivité ampéremétrique

Elle résulte de l'écart entre les seuils des déclencheurs des appareils de protection en série dans le circuit. La sélectivité est assurée si le seuil de déclenchement du dispositif de protection aval B est inférieur au seuil de déclenchement est décroissant vers l'aval du réseau, plus on est près du consommateur, plus le courant réglé sera faible.



➤ Sélectivité chronométrique

Son principe est de retarder le déclenchement du disjoncteur sélectif (amont) par rapport celui du disjoncteur aval. Pour réaliser cette sélectivité, le disjoncteur sélectif est muni d'une temporisation réglable.

➤ Sélectivité logique

Cette sélectivité requiert un transfert ou échange d'informations entre les différents organes de protection. En effet, la première protection détectant un défaut envoie un ordre de blocage aux autres protections empêchant, ainsi, leurs déclenchements.

En général, on utilise au moins deux à trois types de sélectivité sur les réseaux de distribution afin d'avoir un système de protection sure, efficace et fiable.

III-2-5-3- Degrés de sélectivité

Dans le domaine de la protection à maximum d'intensité, on peut distinguer deux degrés de sélectivité:

- **Sélectivité totale** : il y a sélectivité totale entre deux appareils de protection si, un défaut est éliminé par l'appareil de protection en amont du défaut pour toute valeur du courant de défaut présumé.
- **Sélectivité partielle** : l'appareil en amont fonction seul lors d'un défaut jusqu'à une certaine valeur de courant de défaut.

III-3- Appareillage de protection [13], [14]

III-3-1- Matériels de protection contre les surintensités

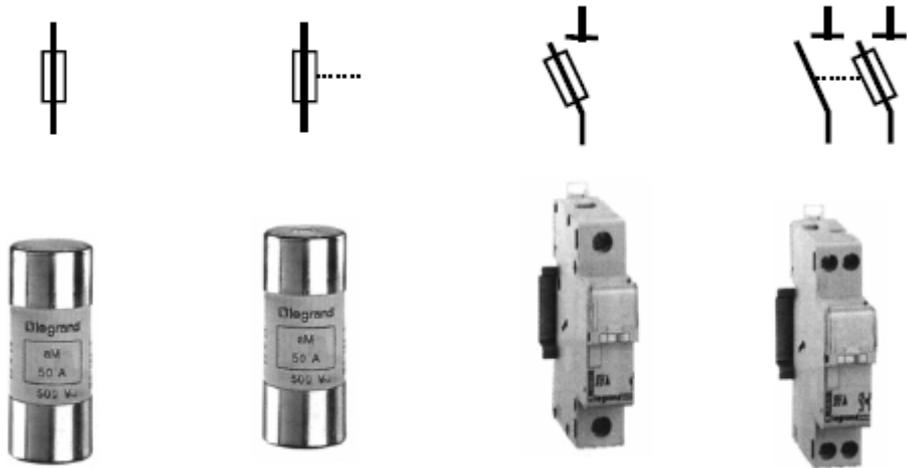
Les surintensités peuvent être considérées comme la conséquence de courant de surcharge et courant de court-circuit.

III-3-1-1- Fusible

a) Définition

Le fusible est un organe de sécurité dont le rôle est d'ouvrir, par fusion, le circuit dans lequel il est inséré et d'interrompre le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps déterminé une valeur donnée. Son nom découle du fait qu'il fonctionne par fusion d'un filament.

b) Symboles électriques



Cartouche fusible
Cylindrique

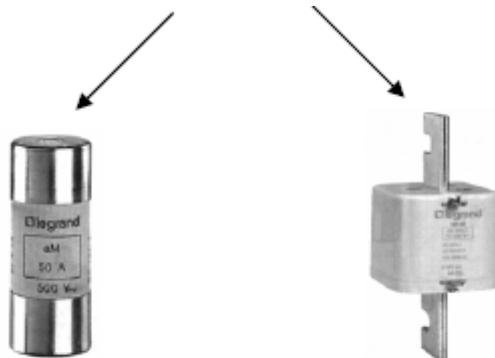
cartouche fusible
cylindrique
A percuteur

coupe-circuit
domestique
unipolaire

coupe-circuit
domestique
unipolaire+ neutre

c) Constitution des fusibles

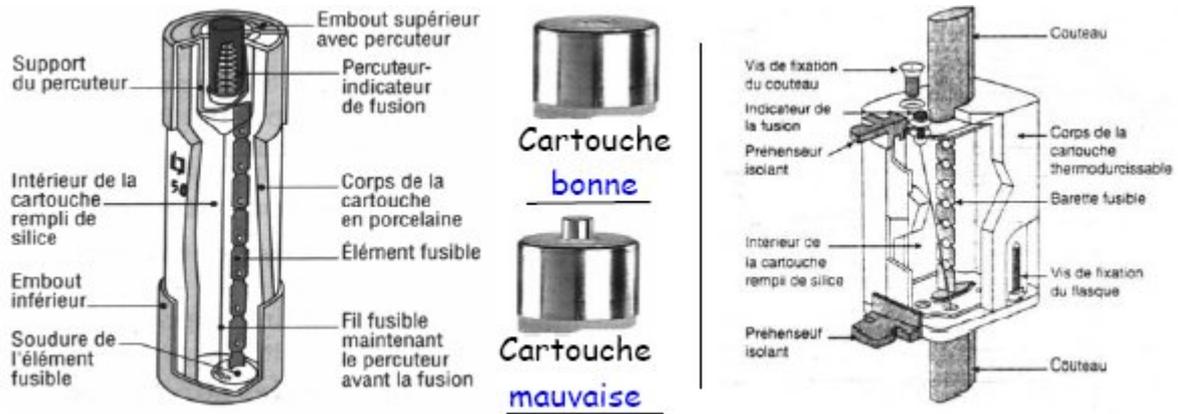
Il existe 2 types de cartouches fusibles



Cartouche cylindrique

Cartouche fusible à couteaux

❖ Une cartouche fusible est constituée d'une multitude d'éléments :



Cartouche fusible cylindrique à percuteur

Cartouche fusible à couteaux

d) Fonctionnement

Le courant circulant dans le circuit traverse entièrement le fusible. Lorsque le courant dépasse le calibre (valeur spécifiée pendant un temps précis). La partie conductrice du fusible fond et ouvre le circuit.

e) Différentes classes de fusibles

Il existe trois types de fusibles :

- Fusible à usage général (fusible gG) offrant une protection contre les surcharges et les courts-circuits.
- Fusible accompagnement moteur (aM) : il est utilisé pour la protection contre les courts-circuits uniquement.
- Fusible à fusion ultra rapide (uR) : Ce type de fusible est utilisé en électronique pour la protection des semi-conducteurs. Il protège contre les courts-circuits.

f) Caractéristiques des fusibles

Les caractéristiques des fusibles sont :

- Tension nominale (U_n) : 250, 400, 500, 660V.
- Courant nominal (I_n) : C'est le calibre du fusible ou de la cartouche de remplacement.
- Courant de non fusion (I_{nf}) : C'est la valeur du courant qui peut être supportée par l'élément fusible pendant un temps conventionnel sans fondre.
- Courant de fusible (I_f) : C'est la valeur du courant qui provoque la fusion du fusible avant la fin du temps conventionnel.
- Durée de coupure : C'est le temps qui s'écoule entre le moment où commence à circuler un courant suffisant pour provoquer la fusion et la fin de fusion.
- Pouvoir de coupure : C'est le courant maximal qu'un fusible peut couper en évitant la formation d'un arc électrique qui pourrait retarder dangereusement la coupure du courant. Les fusibles possèdent toujours des pouvoirs de coupure élevés (PDC en kA).
- Courbe de fonctionnement d'un fusible : on exprime le temps de fusion en fonction de l'intensité.

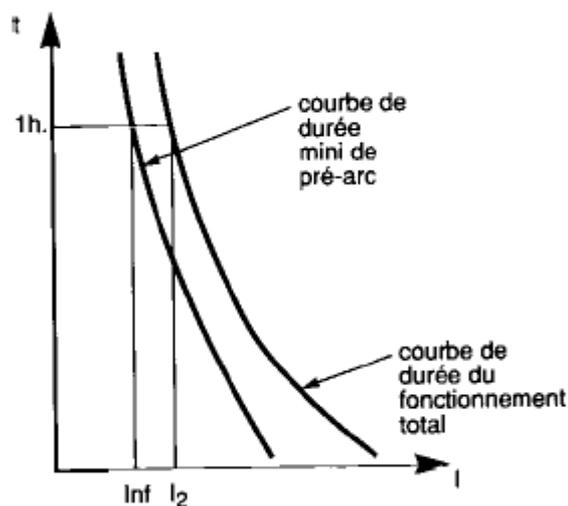


Figure III-2 : Zone de fusion et de non fusion pour fusible gG

g) choix des fusibles

Le choix d'un fusible est s'effectue selon plusieurs paramètres :

- L'emploi : on détermine la classe du fusible gG ou aM.
- Le calibre du fusible I_n : déterminé à partir du courant d'emploi de la partie protégée (I_b).

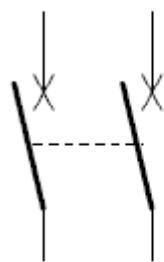
III-3-1-2- Disjoncteur

a-Définition

Un disjoncteur est un appareil mécanique de connexions capable :

- D'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit
- D'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées telles que celles des courts-circuits.

La fonction principale d'un disjoncteur est d'assurer la protection du circuit qu'il alimente.



*Symbole d'un
Disjoncteur
bipolaire*

b- Constitution générale

Un disjoncteur est l'association d'un ensemble de contacts avec un grand pouvoir de coupure et d'un système de protection contre les surcharges et les courts-circuits.

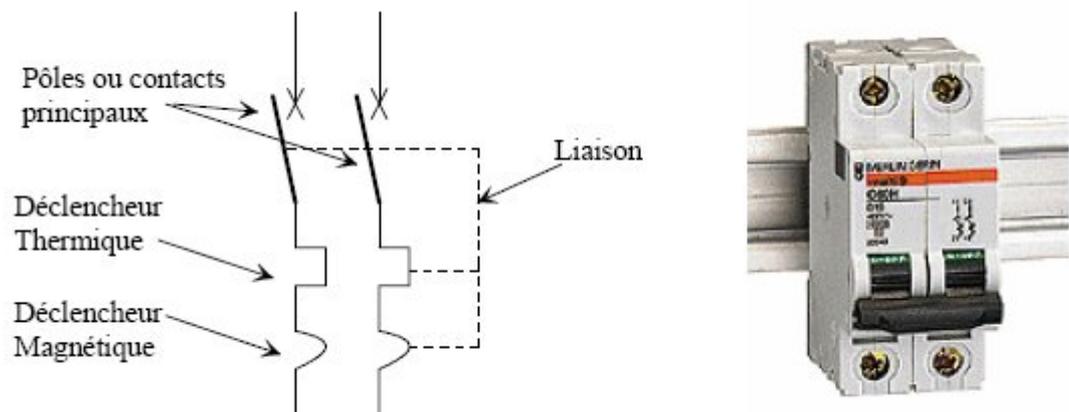


Schéma : Différentes gammes de disjoncteurs basse tension

c- Les caractéristiques principales d'un disjoncteur

Les caractéristiques principales d'un disjoncteur sont :

- La tension assignée (U_e)

C'est la tension du réseau sur lequel l'appareil peut être connecté.

- Le courant assignée (I_n)

C'est le courant que peut supporter indéfiniment le disjoncteur sans subir un échauffement anormal. C'est aussi le calibre du disjoncteur.

- Le courant de réglage (I_r)

C'est le courant maximal que peut supporter le disjoncteur sans déclenchement. Ce courant est lié au réglage du déclencheur magnétique (on peut en général, le régler, quand il est réglable, entre 0.7 et $1I_n$).

- Le courant de fonctionnement (I_m)

C'est le courant de fonctionnement du déclencheur magnétique en cas de court-circuit. I_m est compris entre $2,8I_n$ et $15I_n$.

- Le pouvoir de coupure (P_{dc})

C'est la plus grande intensité de court-circuit que peut interrompre le disjoncteur. Il est indiqué pour une tension donnée. Il s'exprime en kA.

b) Différents types des disjoncteurs

Les disjoncteurs fonctionnent suivant différentes techniques :

➤ **Thermique**

Le disjoncteur est muni d'un bilame. Le passage du courant engendre un effet joule sur les fils des spires ce qui entraîne l'échauffement de ce bilame. A une certaine température, ce dernier se déforme et à l'aide d'un contact électrique associé, le circuit de commande se déclenche, ouvrant le contact et interrompant le courant.

Les disjoncteurs thermiques sont assez simples et robustes. Par contre, ils ne sont pas très précis et leurs temps de réaction sont relativement longs. Ce type de disjoncteur est utilisé pour la protection des conducteurs contre les échauffements dus aux surcharges.

➤ **Magnétique**

Les disjoncteurs magnétiques ont un temps de réaction rapide (instantané). La protection contre les courts-circuits est assurée par le magnétisme des disjoncteurs

Le court-circuit provoque une brusque augmentation du courant. Cette forte variation en passant à travers la bobine engendre un fort champ magnétique. Le champ ainsi créé déclenche le déplacement d'un noyau de fer doux qui va faire ouvrir le circuit.

➤ **Magnétothermique**

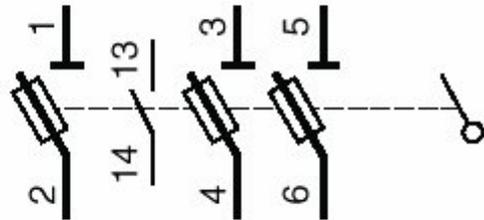
Ce type de disjoncteur rassemble les deux techniques décrites précédemment et cela est considéré comme un avantage car il permet de surveiller plusieurs paramètres à la fois :

- Surcharge : effet thermique.
- Court-circuit : effet magnétique

III-3-1-3- Sectionneur

a)Définition

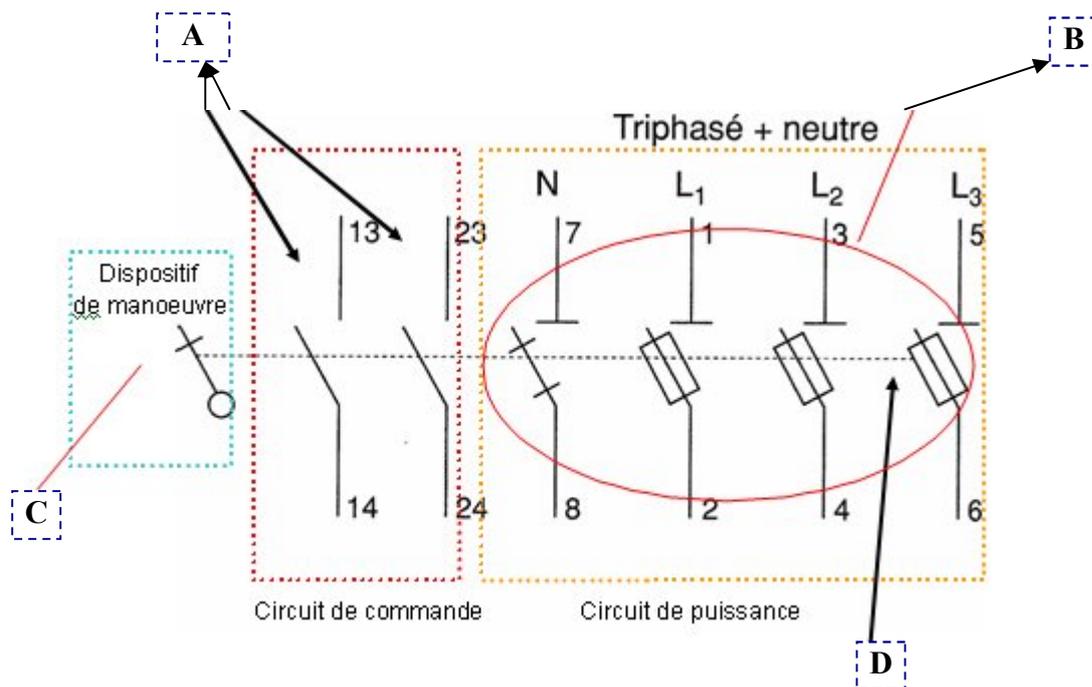
Les sectionneurs sont dépourvus du pouvoir de coupure par conséquent ils doivent être manœuvrés à vide, leur rôle principal est d'opérer une séparation visible sur une branche de l'installation. Ils sont placés à l'origine des installations et coupent tous les conducteurs sauf le conducteur de protection.



b) Constitution générale

Le sectionneur peut être décomposé en deux parties :

- Une partie puissance : ce sont les pôles repérés sur le symbole et l'appareillage par des chiffres allant de 1 à 6 (ou de 1 à 8 pour les sectionneurs tétra polaires).
- Une partie commande : Ce sont les contacts auxiliaires repérés 13-14, 23-24 ; ils permettent de couper le circuit de commande. Lors de l'ouverture, ces contacts s'ouvrent en premier et se ferment en dernier lors de la fermeture.



A : **Contacts de pré coupure**

Les contacts auxiliaires coupent le circuit de commande des contacteurs avant l'ouverture des pôles du sectionneur, ce qui évite la coupure en charge. De même, à la mise sous tension, le circuit de commande n'est fermé qu'après la fermeture des pôles du sectionneur.

B : **Les contacts principaux**

Ils assurent le sectionnement de l'installation, c'est une fonction de sécurité obligatoire

C : La poignée de commande (dispositif de manoeuvre) peut être verrouillée en position ouverte par un cadenas.

D : **Fusibles gG ou aM**

Les gG assurent une protection contre les surcharges et les courts-circuits dans l'installation ou l'équipement électrique.

Les fusibles aM assurent une protection contre les fortes surcharges et les courts-circuits pour les circuits d'alimentation des moteurs et des transformateurs de commande.

c) Types de sectionneurs

On distingue selon leurs rôles deux types de sectionneurs:

- Les sectionneurs de ligne, reliant deux parties du réseau.
- Les sectionneurs de terre, permettant de relier galvaniquement à la terre des parties flottantes du réseau.

III-3-1-4- Relais

a) Définition

Le relais est un dispositif à action mécanique ou électrique provoquant le fonctionnement des systèmes qui isolent une certaine zone du réseau en défaut ou actionnant un signal en cas de défaut ou de conditions anormales de marche (alarme, signalisation,.....).

b) Désignation d'un relais

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

- Relais à maximum de courant RMA ou TA
- Relais à minimum de tension RMV ou TV
- Relais à minimum d'impédance RMZ ou TZ
- Relais directionnel de puissance RDW ou TLW
- Relais à minimum de réactance RMX

c) Types de relais

Il existe différents types de relais :

➤ Relais de tension

Ce sont des relais sensibles à toutes variations de la tension de l'installation, soit par accroissement soit par diminution.

Dans ce type, on distingue :

- Les relais instantanés : Ils fonctionnent dès qu'on atteint la tension de réglage.
- Les relais temporisés : Ils réagissent si et seulement si la tension dépasse le seuil de réglage pendant un temps égale à la temporisation prédéterminée.

➤ Relais de courant

Ces relais réagissent pour toutes variations de courant dans l'installation considérée.

➤ Relais différentiels

Ils sont sensibles à la différence de deux grandeurs électriques. Leur principe repose sur la comparaison de deux grandeurs , l'une d'entrée et l'autre de sortie. Ils sont utilisés dans la protection des machines (alternateurs, transformateurs) ou des lignes de distribution.

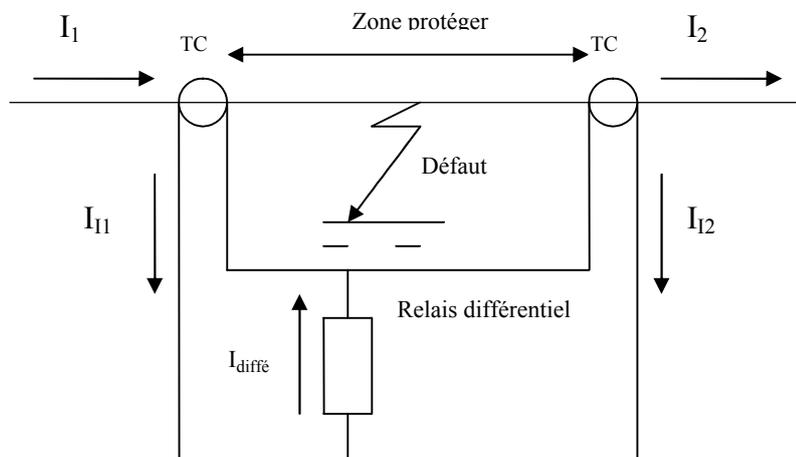


Figure III-3 : Schéma de principe d'un relais différentiel

d) Constitution d'un relais

➤ Relais électromagnétique

Un relais électromagnétique comporte une armature ou un équipage mobile sur lequel agissent les bobines où des aimant ou des conducteurs. Ils dépendent de la conception du circuit magnétique.

La bobine parcourue par un courant, provoque l'aimantation du circuit magnétique dont la partie mobile se déplace.

La force d'attraction sur la partie mobile sera d'autant plus grande que l'intensité du courant sera plus élevée et l'entre fer plus faible.

Le relais électromagnétique intervient pour protéger le système contre les courants de court-circuit.

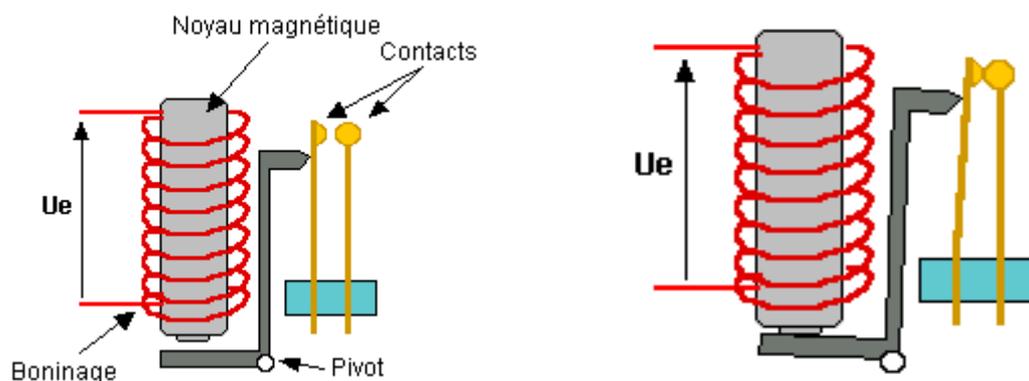


Figure III-4 : Relais électromagnétique

➤ Relais thermique

Le relais thermique protège le système contre les courants de surcharge. Il est constitué par un bilame à action directe ou indirecte.

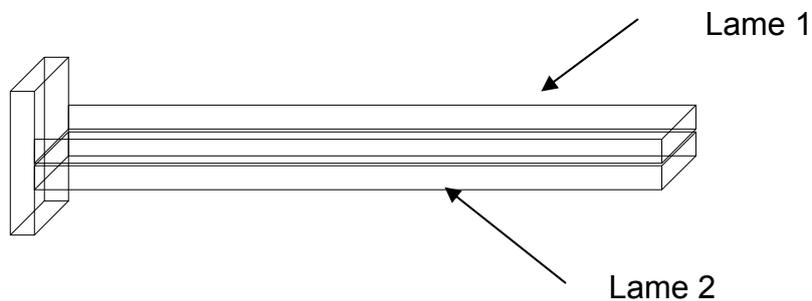


Figure III-5 : Principe du relais thermique

III-3-2- Matériel de protection contre les surtensions

Les dispositifs de protection contre les surtensions sont groupés en deux classes :

les éclateurs et les parafoudres.

III-3-2 -1- Les parafoudre

Les parafoudres sont des dispositifs de protection destinés à protéger les appareilles et les installations contre les coups de foudres directs ou indirects.

On distingue les différents parafoudres suivants :

a)Le parafoudre moyenne tension

Il est constitué de plusieurs résistances non linéaires, au carbure de silicium associées en série avec un ou plusieurs éclateurs. L'ensemble est rempli d'un gaz sec (Azote). Ce type de parafoudre est appelé parafoudre à expulsion.

b) Parafoudre haute tension

Il comporte en série des éclateurs et une résistance(R), sa valeur décroît quand la tension augmente. Les condensateurs assurant l'équilibre de la tension entre les éclateurs. Ce dispositif est assez coûteux, il est utilisé en THT.

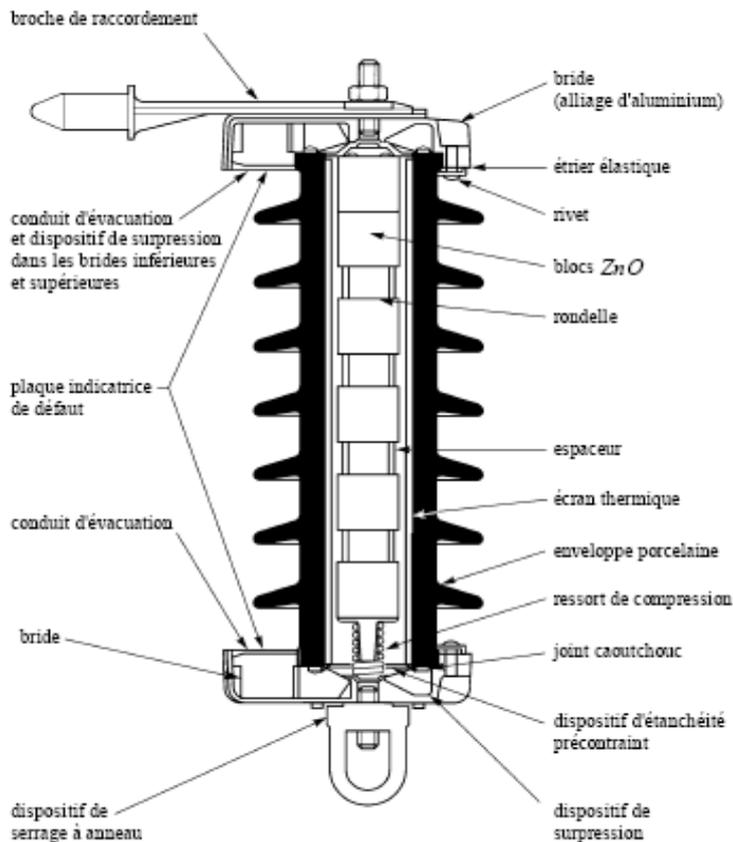


Figure III-6 : Exemple de structure d'un parafoudre ZnO en enveloppe porcelaine pour le réseau 20 kV

III-3-2-2- Les éclateurs

L'éclateur est un dispositif simple constitué de deux électrodes, la première reliée au conducteur à protéger, la deuxième reliée à la terre. A l'endroit où il est installé dans le réseau, l'éclateur représente un point faible pour l'écoulement des surtensions à la terre et protège ainsi le matériel.

La tension d'amorçage de l'éclateur est réglée en agissant sur la distance dans l'air entre les électrodes, de façon à obtenir une marge entre la tenue au choc du matériel à protéger et la tension d'amorçage au choc de l'éclateur.

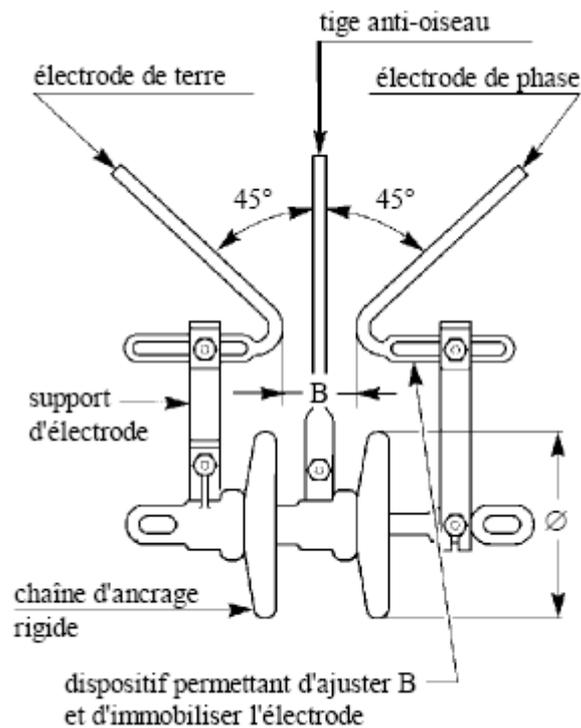


Figure III-7 : Un éclateur MT avec tige anti-oiseaux

III-4- Protection d'un départ MT [11]

Les protections sont installées en tête des départ dans le poste HT/MT et dans les postes MT/MT. 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).

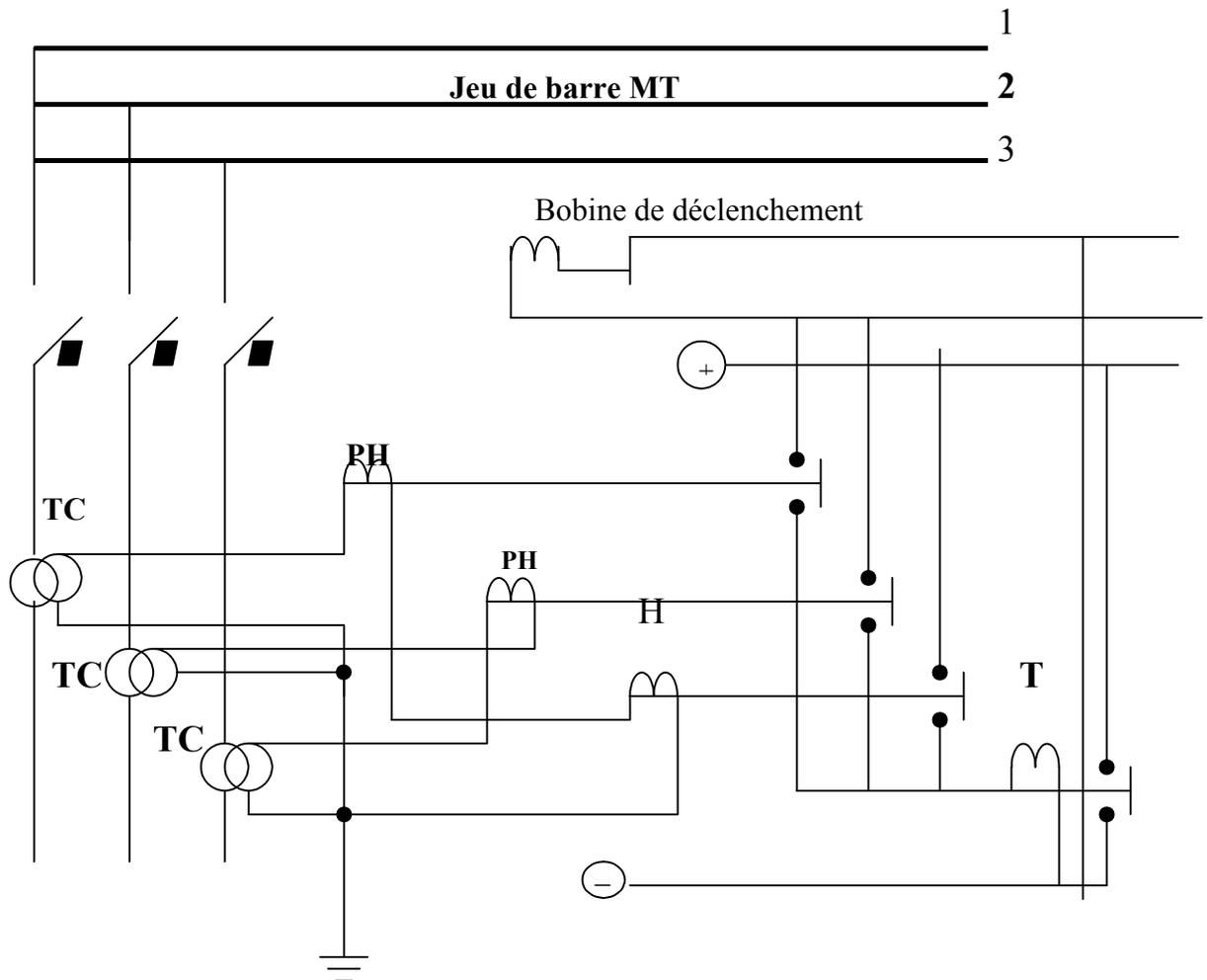


Figure III-8: Protection d'un départ MT

Avec :

PH : relais de phases

H : relais homopolaire

T : relais de temps

On utilise le système de détection ampéremétrique à maximum d'intensité et à temps constant qui comprend :

- Deux relais à maximum d'intensité pour les défauts entre phases.
- Un relais homopolaire pour les défauts entre phase et terre.
- Un relais de temps.

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

III-4-1- Protection contre les défauts entre phases

Cette protection s'effectue pour chaque départ MT 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 selon le schéma suivant:

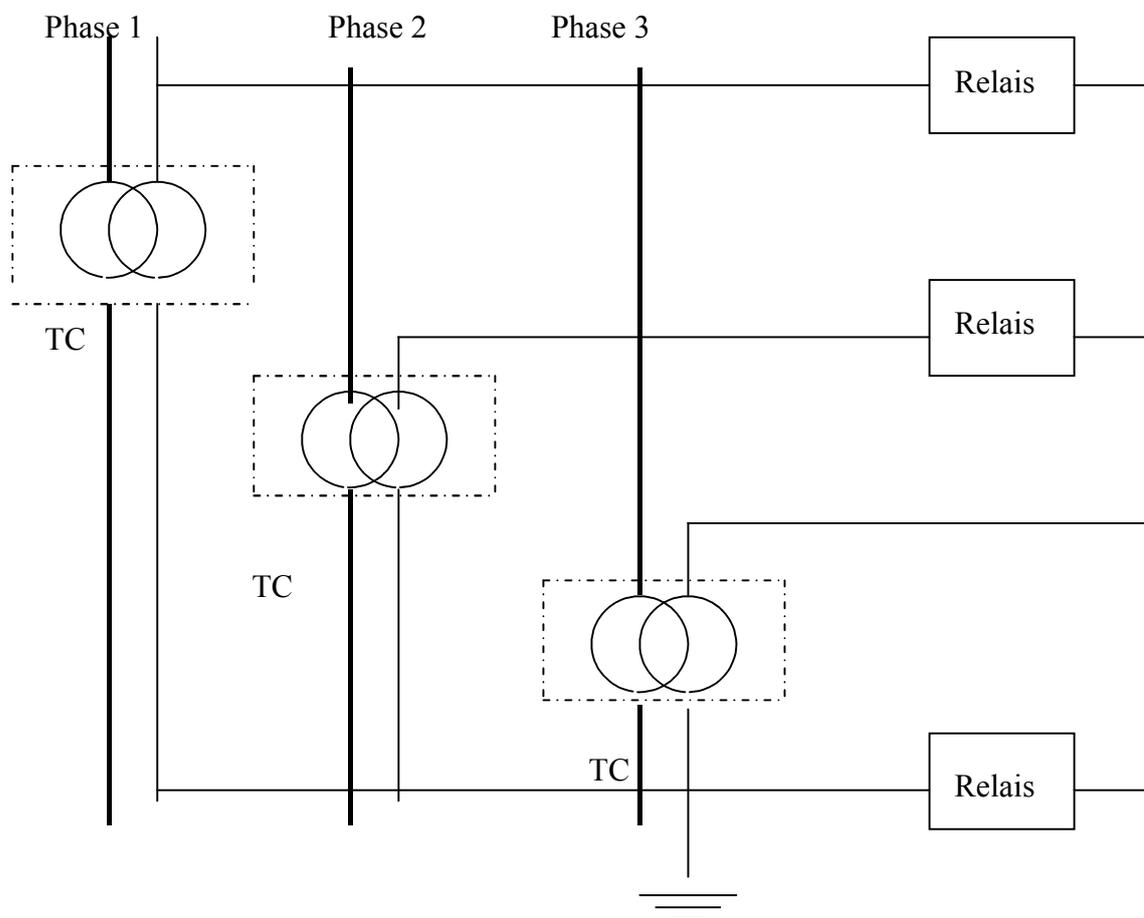


Figure (III-9) : Schéma de protection contre les défauts entre phase

III-4-1-1- Système de protection à un seul seuil

Cette protection se limite à la détection des courts-circuits.

Le réglage doit répondre aux conditions ci-dessous :

$$\begin{array}{ll} I_R \leq K I_{LT} & \text{Si } 0,85 I_{CCB} > K I_{LT} \\ I_R \leq 0,85 I_{CCB} & \text{Si } 0,85 I_{CCB} < K I_{LT} \end{array}$$

Avec :

I_R : Courant limite de la ligne.

I_{CCB} : Courant de court-circuit biphasé à l'extrémité de la ligne.

K : Coefficient de surcharge admissible sur les conducteurs ($K= 1,2$).

D'autre part on doit vérifier aussi les conditions suivantes :

-Pour éviter les déclenchements intempestifs, on a :

$$I_R > I_{\text{pointe}}$$

-Pour éviter le claquage des TC, on a :

$$I_R > 2I_n$$

La temporisation est de

0,8 seconde, si on a un seul disjoncteur en aval.

1 seconde, si on a deux disjoncteurs en aval.

III-4-1-2- Système de protection à deux seuils

Cette protection protège la ligne contre les surcharges et contre les courts-circuits éloignés prenant l'aspect de surcharge.

Ce seuil sera réglé à :

$$I_R = 1.3 I_{CC}$$

Tel que :

$$I_{CC} = \frac{100P_2}{\sqrt{3}V_n V_{CC}}$$

Avec :

I_{CC} : Courant de court-circuit en aval du transformateur rapporté au primaire.

P_2 : Puissance maximum du plus grand transformateur installé sur la ligne.

V_{n2} : Tension nominale du transformateur.

V_{CC} : Tension de court-circuit du transformateur en (%).

La temporisation est de 0,5 à 0,8 s ou 1 s suivant le nombre de disjoncteurs en cascades.

III-4-2- Protection contre les défauts entre phase et terre

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

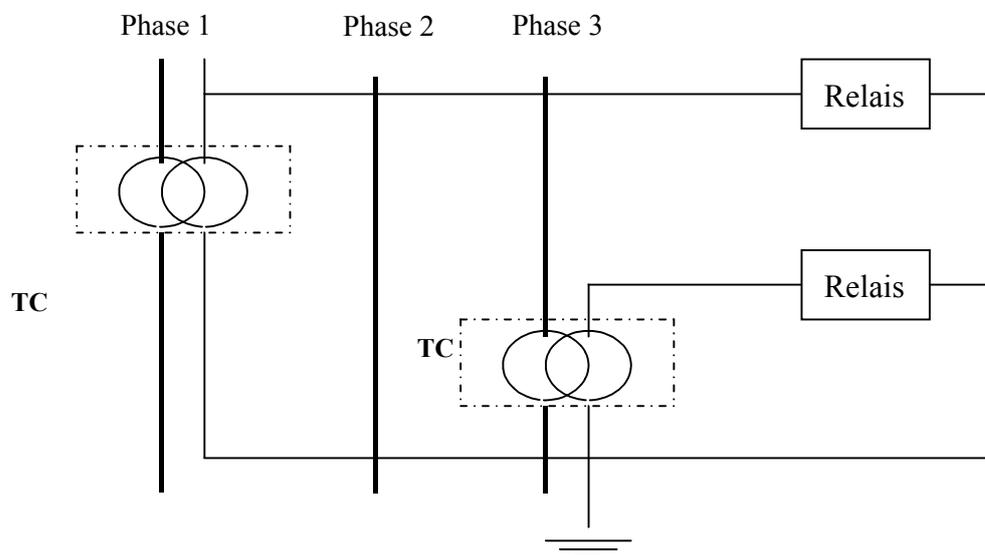


Figure (III-10): Schéma de principe de la protection contre les défauts phase – terre.

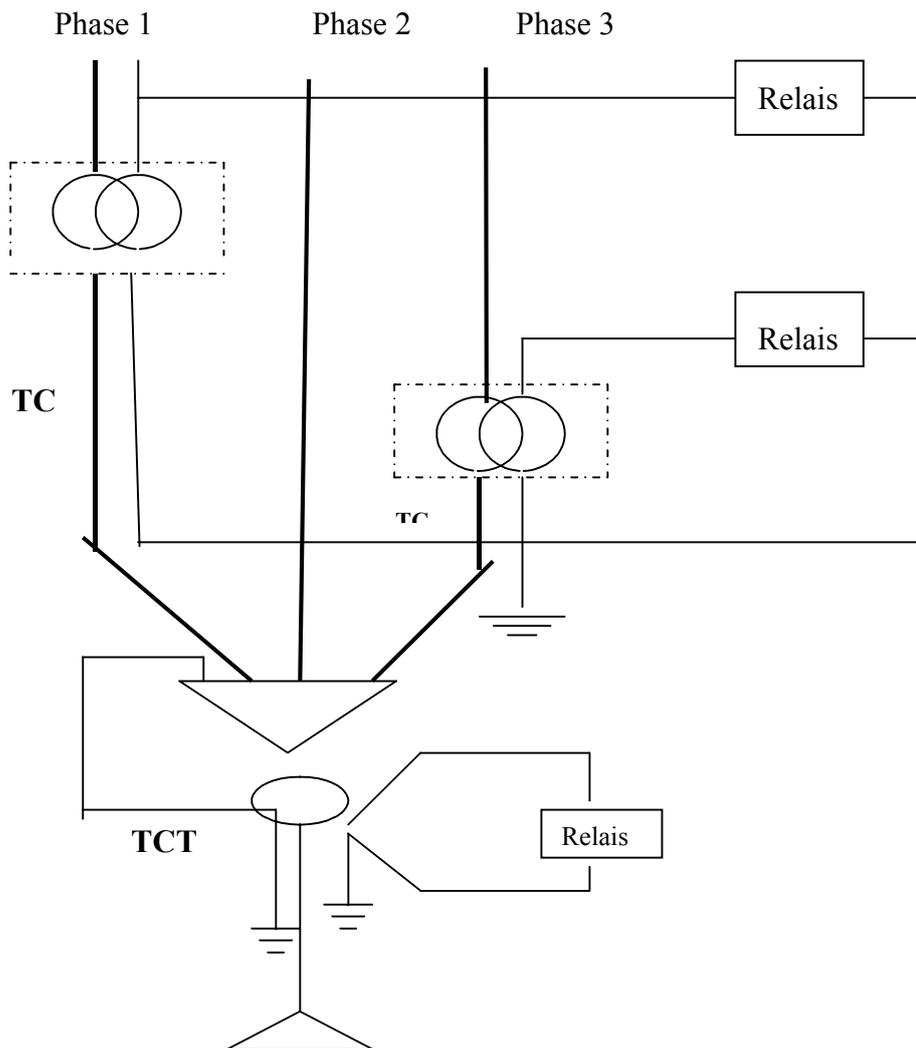


Figure III-11 : Protection contre les défauts phase-terre dans le cas où le raccordement entre le disjoncteur du départ et le premier pylône est fait par une liaison en câble.

Lorsqu'un départ est le siège d'un défaut monophasé, son relais homopolaire est traversé par un courant de $3I_0$ qui est inversement proportionnel à la résistance de défaut, l'intensité de réglage I_{R0} doit être la plus faible possible afin de pouvoir détecter des défauts, dont la résistance est la plus grand possible.

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

$$3I_0 = \sqrt{3}U_n \omega C_0$$

$3I_0 = 3$ calibre du transformateur

L'intensité de réglage doit être :

$$I_{R0} \geq K \cdot 3 \cdot I_{R0}$$

$$K = 1,3$$

Le relais détectera tous les défauts de résistance inférieure ou égale à :

$$R = \frac{U_n / \sqrt{3}}{\text{calibre du TC} \cdot K \cdot 3I_0} - R_n$$

R_n : Résistance de neutre mis à la terre de transformateur.

III-4-3- Protection des dérivations [12]

III-4-3-1- Généralités

La structure des réseaux aériens de distribution MT est en général arborescente. Elle comprend une ligne principale sur laquelle sont raccordées des dérivations.

Au départ de la ligne principale se trouve un disjoncteur de protection et les dérivations sont équipées d'interrupteurs aériens permettant de les isoler.

Lors d'un défaut survenant sur l'une des dérivations, le disjoncteur de départ déclenche. Tous les usagers du réseau sont privés d'énergie électrique tant que la dérivation en défaut n'a pas été isolée.

Pour limiter les conséquences des défauts, le disjoncteur de départ est équipé d'un cycle de réenclenchement automatique et les interrupteurs aériens des dérivations sont remplacés par des I.A.C.T.

III-4-3-2- interrupteur aériens à creux de tension (I.A.C.T)

L'interrupteur I.A.C.T est un appareil destiné à ouvrir ou fermer un circuit électrique, plus perfectionné que les sectionneurs. Il possède un pouvoir de coupure, en général il peut couper sous la tension nominale un courant d'une intensité égale à l'intensité nominale.

a) Constitution

Il comprend:

- Des détecteurs de courant de défaut.
- Un automate utilisant l'énergie du courant de défaut.
- Un percuteur actionnant le mécanisme de la commande.

b) Les fonctions que doit remplir l'automate de l'interrupteur aérien

- 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 0,25 s.
- Deux défaut écartés de moins 1,5 s doivent être comptés pour un seul.
- Provoquer l'ouverture automatique de l'interrupteur au plus de 10 s après l'ouverture du disjoncteur de départ dans le cas d'un défaut permanent.

III-4-4- Les automates associés aux protections des départs MT

Les dispositifs d'exploitation automatique de reprise de service sont des appareils qui ont pour but d'améliorer la qualité de service.

Donc il serait très pratique d'utiliser des automates tel que le réenclencheur mixte qui est capable de sélectionner la nature des défauts (fugitif, semi permanent)

Il existe deux sortes d'automates :

- Les réenclencheurs rapides pour les défauts fugitifs.
- Les réenclencheurs lents pour les défauts semi-perméables.

III-4-4-1- Dispositif de réenclenchement rapide (DRR)

La technique consiste à provoquer l'ouverture et la fermeture du disjoncteur du départ qui lui est associé après un temps d'isolement très court (0,3 s). Ce temps correspond à la désionisation du trajet de l'arc.

Cette opération se réalise de la façon suivante :

- Ouverture instantanée du disjoncteur du départ en défaut.
- Fermeture de ce même disjoncteur après un temps d'isolement de l'ordre de 0,3 s.

- Verrouillage du dispositif de réenclenchement rapide en cas de défaut permanent de manière à laisser les protections fonctionner avec la temporisation qui leur est propre et même un (DRR) doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Etre mis en route par un contact instantané et donner l'ordre de déclenchement du disjoncteur.

Donner l'ordre de réenclenchement à ce même disjoncteur en un temps réglable entre 0,2 et 0,5 s.

- Ne pas être mis en route si le disjoncteur est ouvert.
- Etre facilement mis hors tension.

III-4-4-2- Dispositif de réenclenchement lent (DRT)

Il a pour but d'éliminer les défauts semi permanents qui réapparaissent après un cycle de réenclenchement. Il provoque la fermeture du disjoncteur du départ avarié après un temps d'isolement relativement lent compris entre 15 à 30 s.

Il doit effectuer les opérations suivantes :

- Ouverture temporisée du disjoncteur après l'isolement du départ en défaut compris entre 15 à 30 s.

En conséquence il doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Etre mis en route par un contact temporisé de la protection en même temps que l'ordre de déclenchement du disjoncteur.

-Envoyer l'ordre de réenclenchement après réglage de 15 à 30 s.

III-4-4-3- Le réenclenchement rapide + lent

Avec regroupement des différentes techniques de réenclenchement (R + L) des défauts fugitifs seront éliminés par un cycle rapide, les défauts semi permanent entraînant un cycle de réenclenchement rapide suivi d'un cycle lent.

Un commutateur permettra manuellement de sélectionner la fonction désirée sur les réenclencheurs.

III-5- Protection des jeux de barres

Les jeux de barres sont rarement le siège de défauts à cause de leurs petites longueurs et leurs petits diamètres, mais il est nécessaire de prévoir leurs éliminations le plus rapidement possibles car ils peuvent engendrer des dégâts importants, comme ils peuvent déstabiliser une partie ou tout le réseau.

La protection des jeux de barres peut être effectuée par une protection différentielle, comme elle peut être effectuée par une protection de masse.

III-5-1- Protection de masse

Dans le cas d'une installation électrique avec neutre mis à la terre, un relais est utilisé pour la détection des défauts à la terre. Ce dernier est alimenté par un transformateur de courant inséré dans la liaison de terre. Dans le cas d'un défaut d'isolement, le relais le détecte et ordonne le déclenchement de la protection associée.

III-5-2- Protection différentielle

Son principe repose sur la comparaison entre le courant arrivant de la source et la somme des courants sortant par les départs. Si la différence est nulle le jeu de barres est sain, dans le cas contraire, il existe un défaut et l'appareil de coupure associé se déclenche.

III-6-Protection des transformateurs [12]

Les transformateurs sont les équipements les plus importants dans un réseau électrique. Ils peuvent être affectés par plusieurs défauts : mal refroidis, surchargés ou affectés par des courts-circuits. Il faut, donc les protéger à l'aide de différentes protections.

III-6-1-Protection thermique de cuve

Son principe repose sur la mesure de la température de l'huile contenue dans la cuve du transformateur. A une certaine température, la protection réagit par la fermeture d'un contact d'alarme puis, si la température continue à augmenter au-delà d'une température prédéterminée, la protection se déclenche (ces températures sont fixées à l'avance et elles sont généralement de 70°C pour l'alarme et de 80°C pour le déclenchement).

Cette protection est destinée à déceler les anomalies de refroidissement de la cuve dans les transformateurs (arrêt du dispositif de ventilation ou de circulation de l'huile).

III-6-2-Protection par relais thermique

Dès que la température dans la cuve du transformateur dépasse une valeur prédéterminée, le bilame composant le relais se déforme sous l'effet de la chaleur provoquant ainsi le déclenchement de la protection. Ce relais est placé sur chaque phase du transformateur.

III-6-3-Protection par image thermique

Elle permet le relevé et le contrôle de la température des enroulements du transformateur par la mesure du point le plus chaud de ces enroulements.

Elle est constituée d'une sonde à résistance. La sonde mesure la température de la résistance qui est parcourue par le courant traversant les enroulements du

transformateur à protéger. Dès que la température dépasse la valeur spécifique, la protection signale cette anomalie.

III-6-4-Protection de masse-cuve :

Cette protection est utilisée dans la détection des défauts d'isolement ou de courts-circuits à la masse. Pour cela, on utilise un relais à maximum de courant instantané alimenté par un transformateur de courant dont le primaire est monté en série avec la connexion de la mise à la terre de la cuve. Ce relais permet de détecter la circulation de courant entre la cuve et la terre. Quand le courant circulant dépasse la valeur de consigne, le relais bascule et ordonne l'ouverture du disjoncteur.

Cette protection est utilisée seulement pour les transformateurs dont le neutre est relié à la terre.

III-6-5-Protection différentielle

Son principe est basé sur le fait que tout courant entrant dans un organe électronique est égal à celui qui en sort et toute inégalité indique un défaut. Toutefois, cette inégalité n'entraîne pas essentiellement un déséquilibre, elle peut être due à l'incertitude des transformateurs de mesure ou encore au courant magnétisant du transformateur protégé. Ces sources de déséquilibre sont inévitables et c'est pour cette raison que le relais différentiel est à pourcentage et ne fonctionne que si le déséquilibre dépasse un certain pourcentage de courant de charge (20% à 40%).

III-7- Réglage des protections [10]

III-7-1- Réglage de seuil temporisé (éloigné)

Ce réglage protège la ligne contre les surcharges et par contre les défauts en bout de ligne quand celles-ci sont relativement longues.

Le courant de réglage (I_{R1}) de ce seuil tient compte de deux critères : la limite thermique de la ligne ($K I_{LT}$) et l'élimination des défauts entre phases considérés au bout de ligne.

On prend: $I_{R1} < KI_{LT}$ si $0,80 I_{CCB} > KI_{LT}$

Ou : $I_{R1} < 0,80 I_{CCB}$ si $I_{CCB} > KI_{LT}$

K : Coefficient de sécurité, pour Almelec $K=1,2$.

I_{LT} : courant de limite thermique des conducteurs.

I_{CCB} : Le courant biphasé.

Le courant de réglage doit être supérieur au courant de surcharge admissible:

$$I_p = 1,3 I_n \quad T_C < I_R$$

La temporisation de seuil éloigné est définie entre 0.6s et 1s.

III-7-2-Réglage de seuil violent :

Ce réglage doit éliminer rapidement les courts-circuits de ligne MT. Son réglage doit être suffisamment élevé.

Généralement, on prend $I_{R2} = 2I_{R1}$.

La temporisation du seuil violent est limitée à 0,3 secondes.

III-7 -3- Réglage du seuil homopolaire

Il est assuré par une protection à maximum de courant résiduel .Ce réglage est obtenu à partir de l'étoile bornée par les sorties des primaires des deux transformateurs d'isollements et la rentrée du troisième. Afin de permettre à cette protection de détecter le maximum des défauts résistants, il convient de lui donner la plus grande sensibilité possible.

Le courant de réglage doit être de $I_{R0} = K 3 I_0$

Avec: $I_0 = \sqrt{3} U C_0 \omega$ (le courant capacitif).

La valeur de I_0 est de l'ordre de 8 A/100km pour les lignes aériennes en 30kV et de 1,6 A/km pour les câbles souterrains de 10 kV.

Le coefficient K est le facteur de déséquilibre toléré pour éviter un déclenchement ($1,2 < K < 2\%$)

La temporisation du seuil homopolaire est identique à celle du seuil voilent (0,3s)

III-7 -4- Réglage de protection arrivée transformateur

C'est une protection contre les surcharges du transformateur HT/MT. Elle assure le secours aux départs MT. Le réglage en intensité et temporisation prend les valeurs suivantes:

- **Contre les surcharges**

$$I_{\text{arrivée}} = 1,3 \text{ à } 1,6 I_{\text{NT}}$$

Avec :
$$I_{\text{NT}} = \frac{S_N}{U_N \sqrt{3}}$$

U_{NT} : Tension nominale du transformateur

S_N : Puissance apparente du transformateur

La temporisation $T_{\text{arrivé}}$ peut atteindre deux seconds maximums

Contre les défauts homopolaires

Le réglage doit être égal à $1,2 I_{\text{OR max}} / \beta$ ou $I_{\text{OR max}}$ est l'intensité de réglage du relais homopolaire du départ réglé au seuil le plus élève. β est peu inférieur à l'unité ou supérieur à 0,9.

III-8-Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé et étudié les différents moyens de protection, contre les avaries ou les défauts affectant un réseau électrique.

Pour cela nous avons bien défini les qualités qu'un système de protection doit satisfaire, pour assurer une meilleure protection du réseau.

Chapitre IV

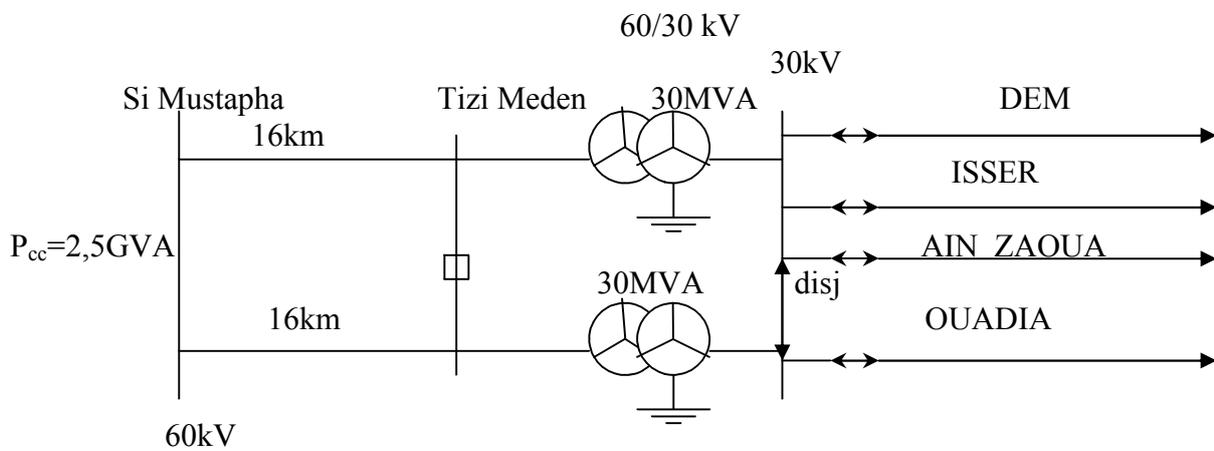
Application

Ce chapitre est une application du chapitre précédent. Il consiste à calculer les courants de réglage pour quatre (4) départs du poste simplifié de Tizi Meden.

IV-1 - Description du poste simplifié de Tizi Meden « 60 kV / 30 kV »

Il est alimenté par le poste d'interconnexion et de transformation THT -SI MUSTAPHA 220/60/30 kV par deux ligne 60 kV. Pour une distance de 16km en conducteur (Alemelec) de section $S= 288 \text{ mm}^2$, de réactance $x= 0,42\Omega /\text{km}$.

IV-2- Les données du poste :



Répartition des départs P.s TIZI MZDEN

IV-3 -Caractéristiques techniques des départs 30kV

Le poste contient deux transformateurs de puissance, la puissance apparente de chacun est de $S=30\text{MVA}$, sa tension de court-circuit vaut $U_{cc}=12,5\%$.

Le neutre du transformateur HT /MT relié à la terre, le courant de défaut est limité à 300A.

1) Disjoncteur MT

-Extinction de l'arc : SF6

$I_N: 1250\text{A}$

$P_C=12,5\text{kV}$

2) Transformateur de courant de rapport : $K=300 / 1$

3) Transformateur de tension de rapport : $K=\frac{30000 / \sqrt{3}}{100 / \sqrt{3}}$

4) Relais de protection des départs : MaxI statique (TA5320R)

5) Le réenclencheur T120R : les cycles de fonctionnement sont un cycle rapide et deux cycles lents.

6) Section des départs : les dorsales sont en Almelec de section $S=93,3\text{mm}^2$ et les dérivationes en Almelec de section $S=34,4\text{mm}^2$.

7) Nombre des départs en service : quatre départs.

➤ Les départs MT 30 kV

l : distance du point le plus éloigné du départ pour lequel l'impédance de court-circuit est la plus grande.

L : longueur totale du départ en aérienne compris les dérivationes

λ : longueur totale du départ en souterrain(MTS)

-La section de la ligne aérienne est : $S=93,3 \text{ mm}^2$ (Almelec), $r=0,35 \text{ } \Omega/\text{kM}$ et $x=0,45 \text{ } \Omega/\text{km}$.

-La section en MTS est : $S=70 \text{ mm}^2$ (cuivre).

-Le courant capacitif est de l'ordre 8 A/100 km pour la ligne de 30kV aérienne avec $C_0=5. 10^9 \text{ F/km}$, et $3I_0= 5,38 \text{ A/km}$ pour le câble MTS 30kV, avec $C_0=0,33 .10^{-6} \text{ F/km}$.

Départ	l (MTA) km	L (MTA) km	λ (MTS)km
DEM	39,30	159,28	1,32
OUADHIA	42	176,565	0,715
ISSER	39,31	155,85	2,757
AIN ZAOUA	40,026	112,84	6, 038

IV-4-Calcul des courants de réglage pour chaque départ

- En schéma normal d'exploitation, chaque transformateur est alimenté par une ligne 60kV séparément.
- En schéma de secours, une seule ligne HT alimente les deux transformateurs en parallèle.

❖ Le seuil éloigné

Le courant de réglage est défini :

$$I_p < I_R < 0,8 I_{CCB} \quad \text{si} \quad 0,8I_{CCB} < K I_{LT}$$

$$I_p < I_R < K I_{LT} \quad \text{si} \quad K I_{LT} < 0,8I_{CCB}$$

-Valeur de KI_{LT}

$$KI_{LT} = 270 \cdot 1,2 = 324 \text{ A en MT}$$

$$KI_{LT}(\text{BT}) = 324/300 = 1,08 \text{ A}$$

- **K** : coefficient de sécurité pour Almelec égale à 1,2.
- **I_{LT}** : courant de limite thermique égale à 270A pour une section de 93,3mm²
- **I_p** : courant de pointe inférieur à la valeur de 300A
- **I_R** : courant de réglage à adopter.
- **I_{CCB}** : courant de court-circuit biphasé.

$$I_{CCB} = \frac{U_N}{2 \left[\left(R_L^2 + (X_a + X_{HT} + X_T + X_l)^2 \right) \right]^{1/2}} \text{ [A]}$$

- **X_a**: Impédance du réseau HT amant ramenée en MT

$$X_a = \frac{U_N^2}{P_{cc}} \text{ (}\Omega\text{)}$$

U_N : Tension en kV

P_{cc} : Puissance de court-circuit en (MVA)

$$X_a = \frac{(30)^2}{2500} = 0,36 \Omega$$

- X_{HT} : Impédance de la ligne HT (60 kV)

$$X_{HT} = x.L$$

$$X_{HT} = 0,42 \cdot 16 = 6,72 \Omega$$

L'impédance de la ligne HT ramenée en MT est :

$$X_{HT} = 6,72 \cdot \left(\frac{30^2}{60^2} \right) = 1,68 \Omega$$

- X_T : Impédance du transformateur HT/MT

$$X_T = \frac{U_{CC}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N}$$

$$X_T = \frac{12,5 \cdot 33}{100 \cdot 30} = 4,53 \Omega$$

S_N : La puissance nominale du transformateur en MVA

U_{NT} : L tension nominale du transformateur prise égale à 33 kV

U_{CC} : tension de court-circuit en %.

- X_L : Impédance de la ligne MT

$$X_L = x.L$$

- R_L : résistance de la ligne

$$R_L = r.L$$

$$Z_L = R_L + j X_L$$

a)Départ DEM

$$R_L = 0,35 \cdot 39,30 = 13,76\Omega$$

$$X_L = 0,45 \cdot 39,30 = 17,69\Omega$$

b) Départ OUADIA

$$R_L = 0,35 \cdot 42 = 14,7\Omega$$

$$X_L = 0,45 \cdot 42 = 18,9\Omega$$

c) Départ ISSER

$$R_L = 0,35 \cdot 39,31 = 13,76\Omega$$

$$X_L = 0,45 \cdot 39,31 = 17,69$$

e) Départ AIN ZAOUA

$$R_L = 0,35 \cdot 40,026 = 14\Omega$$

$$X_L = 0,45 \cdot 40,026\Omega = 18,01\Omega$$

Les valeurs de X_L , R_L de chaque départ :

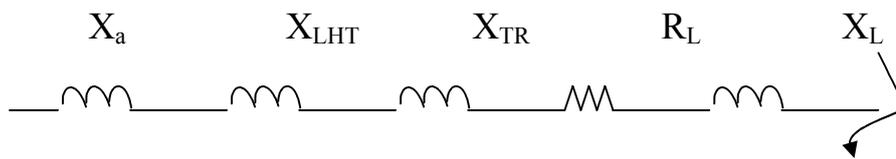
Départ	R_L	X_L
DEM	13,76	17,69
OUADIA	14,7	18,9
ISSER	13,76	17,69
TALA GUILF	0,09	0,12
AIN ZAOUA	14	18,01

➤ **Calcul des courants de réglage**

a)Départ DEM

❖ **Calcul de I_{CCB}**

1) Régime d'exploitation normal (les deux transformateurs fonctionnent séparément)



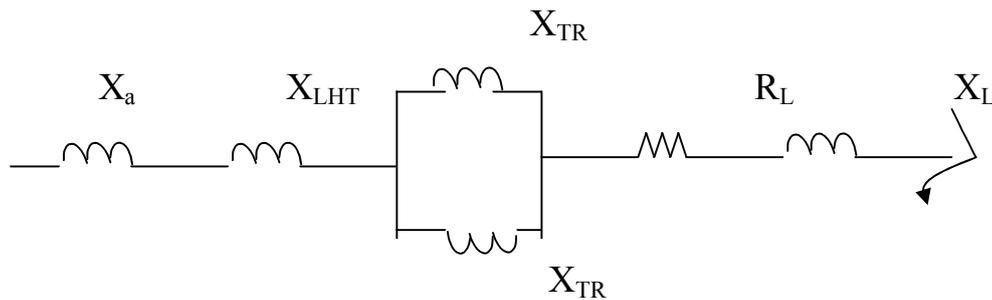
$$I_{CCB1} = \frac{U_N}{2 \left[\left(R_L^2 + (X_a + X_{HT} + X_T + X_l)^2 \right) \right]^{1/2}}$$

$$I_{CCB1} = \frac{30000}{2 \left[(13,76)^2 + (0,36 + 1,68 + 4,53 + 17,69)^2 \right]^{1/2}}$$

$$I_{CCB1} = 537,81 \text{ A}$$

2) Régime de secours (les deux transformateurs fonctionnent en parallèle)

Dans ce cas la réactance diminue, donc le courant I_{CCB} devient plus important.



$$I_{CCB2} = \frac{30000}{2 \left[(13,76)^2 + (0,36 + 1,68 + 2,265 + 17,69)^2 \right]^{1/2}}$$

$$I_{CCB2} = 578,16 \text{ A}$$

$$0,8 I_{CCB1} = 430,248 \text{ A}$$

$$0,8 I_{CCB2} = 462,528 \text{ A}$$

$$K I_{LT} = 324 \text{ A}$$

Donc : $K I_{LT} < 0,8 I_{CCB1} < 0,8 I_{CCB2}$ alors

$$I_R < K I_{LT}$$

Pour des TC de rapport : 300/1

$$I_p < I_R \text{ (BT)} < 324 \cdot \frac{1}{300} = 1,08\text{A}$$

-Le seuil éloigné (1^{er} seuil)

$I_R \text{ (BT)} = 1\text{A}$ qui est la valeur de réglage adoptée au niveau de sonalgaz et correspond à $I_R \text{ (MT)} = 300\text{A}$

-Le seuil violent (2^{ème} seuil)

$$I_{R2} = 2 I_{R1} = 2\text{A}$$

La valeur de réglage adoptée sur le relais (TA5320R) :

$$I_R \text{ (BT)} = 2,4\text{A} \text{ correspond à } I_R \text{ (MT)} = 720\text{A}$$

-Réglage de seuil homopolaire

Pour le départ DEM le courant capacitif total est égale à :

$$\text{-Partie souterraine : } 3I_{\text{COS}} = 1,32 \cdot 5,38 = 7,1\text{A}$$

$$\text{- Partie aérienne : } 3I_{\text{COA}} = 159,28 \cdot 0,08 = 12,74\text{A}$$

$$K (3I_{\text{COS}} + 3I_{\text{COA}}) = 1,5(7,1 + 12,74) = 29,76\text{A}$$

K : Coefficient pour éviter le déclenchement par déséquilibre égal à 1,5

La valeur du courant de réglage doit être insensible au courant capacitif total du départ. On lui donne aussi la plus grande sensibilité possible pour détecter le maximum des défauts résistants. On aura :

$I_{Rh} > 29,76A$, alors la valeur de réglage adoptée au niveau de sonalgaz est $I_R (BT) = 0,12A$ correspond à $I_{Rh} (MT) = 36A$.

Ce réglage détectera aussi tous les défauts résistants dont la résistance est inférieure ou égale à :

$$R = \frac{U/\sqrt{3}}{I_{Rh}} - 57,7$$

$$R = \frac{30000/\sqrt{3}}{36} - 57,7 = 423,42\Omega$$

b) Départ OUADHIA

❖ Calcul de I_{CCB}

1) Régime normal

$$I_{CCB1} = \frac{30000}{2 \left[(14,7)^2 + (0,36 + 1,68 + 4,53 + 18,9)^2 \right]^{1/2}}$$

$$I_{CCB1} = 510,07 \text{ A}$$

2) Régime de secours

$$I_{CCB2} = \frac{30000}{2 \left[(14,7)^2 + (0,36 + 1,68 + 2,265 + 18,9)^2 \right]^{1/2}}$$

$$I_{CCB2} = \mathbf{546,06A}$$

$$0,8 I_{CCB1} = 408,056 \text{ A}$$

$$0,8 I_{CCB2} = 436,848 \text{ A}$$

$$K I_{LT} = 324 \text{ A}$$

Donc : $K I_{LT} < 0,8 I_{CCB1} < 0,8 I_{CCB2}$ alors $I_R < K I_{LT}$

Pour des TC de rapport : 300/1

$$I_p < I_R (\text{BT}) < 324 \cdot \frac{1}{300} = 1,08 \text{ A}$$

- Réglage de seuil éloigné $I_p < I_R < K I_{LT}$

Réglage à adopter $I_R (\text{BT}) = \mathbf{1A}$

-Le seuil violent

$$I_{R2}(\text{BT}) = 2 I_{R1}(\text{BT}) = \mathbf{2,4A}$$

-Réglage de seuil homopolaire

Le courant capacitif total $3I_{CO}$:

$$\text{-Partie souterraine : } 3I_{COS} = 0,715 \cdot 5,38 = 3,85A$$

$$\text{- Partie aérienne : } 3I_{COA} = 176,565 \cdot 0,08 = 14,125A$$

$$K3I_{CO} = K (3I_{COS} + 3I_{COA}) = 1,5(3,85 + 14,125) = 26,96A$$

Le réglage à adopter: $I_R > K3I_{CO} (BT)$

$$I_R(BT) > 0,09A$$

$$I_R(BT) = \mathbf{0,1A} \text{ correspond à } I_{Rh} (MT) = \mathbf{30A}$$

Ce réglage détectera aussi tous les défauts résistants dont la résistance est inférieure ou égale à

$$\mathbf{R=519,65\Omega}$$

b) Départ ISSER

❖ Calcul de I_{CCB}

1) Régime normal

$$I_{CCB1} = \frac{30000}{2 \left[(13,76)^2 + (0,36 + 1,68 + 4,53 + 17,69)^2 \right]^{1/2}}$$

$$\mathbf{I_{CCB1}=537,8 A}$$

2) Régime de secours

$$I_{CCB2} = \frac{30000}{2 \left[(13,76)^2 + (0,36 + 1,68 + 2,265 + 17,69)^2 \right]^{1/2}}$$

$$I_{CCB2} = 578,16 \text{ A}$$

$$0,8 I_{CCB1} = 430,024 \text{ A}$$

$$0,8 I_{CCB2} = 462,528 \text{ A}$$

$$K I_{LT} = 324 \text{ A}$$

$$K I_{LT} < 0,8 I_{CCB1} < 0,8 I_{CCB2} \text{ alors } I_R < K I_{LT}$$

$$I_p < I_R (\text{BT}) < 324 \cdot \frac{1}{300} = 1,08 \text{ A}$$

- Réglage de seuil éloigné $I_p < I_R < K I_{LT} \Rightarrow$ Réglage à adopter $I_R (\text{BT}) = 1 \text{ A}$

-Le seuil violent :

$$I_{R2}(\text{BT}) = 2 I_{R1}(\text{BT}) = 2 \text{ A} \Rightarrow \text{le réglage à adopter } I_{R2}(\text{BT}) = 2,4 \text{ A}$$

-Réglage de seuil homopolaire

Le courant capacitif total $3I_{CO}$:

$$\text{-Partie souterraine : } 3I_{COS} = 2,757 \cdot 5,38 = 14,833 \text{ A}$$

$$\text{- Partie aérienne : } 3I_{COA} = 155,85 \cdot 0,08 = 12,468 \text{ A}$$

$$K3I_{CO} = K (3I_{COS} + 3I_{COA}) = 1,5(14,833 + 12,468) = 40,95A$$

Le réglage à adopter: $I_R > K3I_{CO}(BT)$

$$I_R(BT) > 40,95 \cdot \frac{1}{300} = 0,136A$$

$$I_R(BT) = \mathbf{0,16A}$$
 correspond à $I_{Rh}(MT) = \mathbf{48A}$

Ce réglage détectera aussi tous les défauts résistants dont la résistance est inférieure ou égale à

$$R = \frac{30000}{40} \frac{1}{\sqrt{3}} - 57,7 = 303,14\Omega$$

b) Départ AIN ZAOUA

❖ Calcul de I_{CCB}

1) Régime normal

$$I_{CCBI} = \frac{30000}{2 \left[(14)^2 + (0,36 + 1,68 + 4,53 + 18,01)^2 \right]^{1/2}}$$

$$\mathbf{I_{CCBI} = 530,27 A}$$

2) Régime de secours

$$I_{CCB2} = \frac{30000}{2 \left[(14)^2 + (0,36 + 1,68 + 2,265 + 18,01)^2 \right]^{1/2}}$$

$$I_{CCB2} = 569,40 \text{ A}$$

$$0,8 I_{CCB1} = 424,22 \text{ A}$$

$$0,8 I_{CCB2} = 455,52 \text{ A}$$

-Le seuil éloigné:

$$\text{Réglage à adopter : } I_R (\text{BT}) = 1 \text{ A}$$

$$I_R (\text{MT}) = 300 \text{ A}$$

-Le seuil violent:

$$I_{R2}(\text{BT}) = 2 I_{R1}(\text{BT}) = 2 \text{ A} \Rightarrow \text{le réglage à adopter } I_{R2}(\text{BT}) = 2,4 \text{ A}$$

-Réglage de seuil homopolaire

Le courant capacitif total $3I_{CO}$:

$$\text{-Partie souterraine : } 3I_{COS} = 6,038 \cdot 5,38 = 32,48 \text{ A}$$

$$\text{- Partie aérienne : } 3I_{COA} = 112,84 \cdot 0,08 = 9,27 \text{ A}$$

$$K3I_{CO} = K (3I_{COS} + 3I_{COA}) = 1,5(32,48 + 9,27) = 62,25 \text{ A}$$

Le réglage à adopter: $I_R > K3I_{CO}(\text{BT})$

$$I_R(\text{BT}) > 40,95 \cdot \frac{1}{300} = 0,207\text{A}$$

$$I_R(\text{BT}) = \mathbf{0,24\text{A}}$$
 correspond à $I_{Rh}(\text{MT}) = \mathbf{72\text{A}}$

Ce réglage détectera aussi tous les défauts résistants dont la résistance est inférieure ou égale à

$$R = \frac{30000/\sqrt{3}}{72} - 57,7 \Rightarrow \mathbf{R=182,87\text{A}}$$

Tableau récapitulatif des valeurs de réglages du poste 60/30kV de TIZI MEDEN

Départ	Seuil éloigné (A)	Seuil violent (A)	Seuil homopolaire (A)
DEM	1	2,4	0,12
OUADIA	1	2,4	0,12
ISSER	1	2,4	0,16
AIN ZAOUA	1	2,4	0,24

Interprétation des résultats

On remarque un écart entre la valeur de réglage adoptée et la valeur calculée. Ceci revient aux caractéristiques technologiques de MAXI(TA5320R). Ce dernier présente des valeurs bien définies, d'où la nécessité de prendre la valeur directement supérieure à la valeur calculée.

- En seuil éloigné et violent, les valeurs sont les mêmes, par contre le seuil homopolaire dont le réglage dépend des courants capacitifs de chaque départ ils sont différents.

Il a été constaté que tous les départs ont le même réglage et de longueur de réseaux différents, ce qui explique le manque d'efficacité des protections de quelque départ.

-Le départ de AIN ZAOUA enregistre un courant capacitif élevé, cela revient aux longueurs MTA et le réseau souterrain relativement long, ce qui explique sa valeur de réglage calculée.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

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

Le travail que nous avons effectué nous a permis, de cerner les différents défauts qui peuvent survenir, puis de mettre en évidence les différentes protections et leurs réglages au niveau des départs moyens tension de TIZI MEDEN.

D'après le calcul des courants de réglage des protections que nous avons effectué, nous remarquons un écart entre la valeur de réglage calculée et celle adoptée par la SONELGAZ. Ce qui nous permet, de conclure que la protection existante est insuffisante.

Pour bien protéger les départs, il est préférable de passer vers la protection digitale (numérique).

Ce travail nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances acquises pendant notre formation universitaire et nous espérons que ce travail apportera un plus à ceux qui le consulteront.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Y.Meliti et S.Mekhtoub
Amélioration d'un réseau aérien basse tension
Mémoire de fin d'étude (D.E.U.A).Année 2004 U.M.M.T.O
- [2] : PATRICK LAGONOTTE « Installations électriques »
Edition HERMES. Année 1988.
- [3] : VALENTIN CRASTAN « Les réseaux d'énergie électrique 1 »
Edition LAVOISIER. Année 2006.
- [4] :H.BELMAHDI et N.ABDELLI : Etude de la protection d'un réseau de distribution moyenne tension, « application au poste de transformation et de distribution HT /MT
Oued Aissi /Tizi-Ouzou . Mémoire de d'ingénieur. U.M.M.T.O.
- [5] : HENRY NEY « Equipements de puissance »
Edition NATHAN. Année 1988.
- [6] : THEODORWILDI : « Electrotechnique », Edition 2000.
- [7] : Notice technique du service de transport-EDF.
Les disjoncteurs- fascicule n° 5. Année 1977.
- [8] : Document-ETB-SONELGAZ. « Les transformateurs de mesure »
- [9] : CLAUDE CORROYER, protection des réseaux, généralités.
Technique de l'ingénieur, traité génie électrique.
- [10] : SONELGAZ Direction de la distribution
Calculs de courant de courts-circuits et réglages des protections.
- [11] :D. MOHAMMED, DJ. MOHAMMED, T.MOHAND SAID.
Détermination des seuils de réglage des protections moyenne tension
Projet de fin d'étude. U.M.M.T.O. Année 2000 ;
- [12]: ALAIN GROGUENOC « Protection des réseaux à moyenne tension »
Technique de l'ingénieur D4810. Année 1991.
- [13] : Guide de conception des réseaux électrique industriel, T& D
6883 427/ A, Schneider électrique.
- [14] : Electrotechnique-fr.com« Appareillage de protection ».