



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Electrotechnique  
Réseau électrique

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**ABASSI Karima**

Le : dimanche 24 juin 2018

## **Protection des réseaux électriques HTA au niveau de poste source PS 30/10kV For Turk & cabine mobile CM 220/30kV Tolga Biskra**

---

### **Jury :**

Mr : SALHI Ahmed	M.C.B Université de Biskra	Président
Mr : SAADI Ramzi	M.C.B Université de Biskra	Encadreur
Mme : BECHA Habiba	M.A.A Université de Biskra	Examineur

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Electrique

Filière : Electrotechnique

Option : Réseaux Electriques

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme:

**MASTER**

*Thème*

Protection des réseaux électriques HTA au niveau de poste  
source PS 30/10kV For Turk & cabine mobile CM  
220/30kV Tolga Biskra

**Présenté par :**

ABASSI Karima

**Avis favorable de l'encadreur :**

Mr. SAADI Ramzi

Signature

**Avis favorable du Président du Jury**

Mr. SALHI Ahmed

Signature

**Cachet et signature**



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option : Réseaux Electriques

## *Thème :*

Protection des réseaux électriques HTA au niveau de poste source PS 30/10kv For Turk & cabine mobile CM 220/30kv Tolga Biskra

Proposé par : **Dr. SAADI Ramzi**

Dirigé par : **Dr. SAADI Ramzi**

**RESUMES (Français et Arabe)**

L'énergie électrique est le moteur du développement économique et industriel des pays et les réseaux électriques est un élément essentiel de transmission de l'énergie électrique des centrales électriques vers les consommateurs. Les lignes de transport à moyenne tension sont l'artère des réseaux de distribution électrique. Cependant, de nombreux problèmes se posent à ce réseau, de sorte qu'un système électrique doit être mis en place pour le protéger. Ce travail consiste à une étude complète sur le réseau de distribution moyenne tension 30kV et 10 kV aux réseaux électriques moyens tension de Biskra. Nous isolons la partie infectée du réseau afin de maintenir sa fonction et assurer la continuité du service public des réseaux de distribution et assurer la protection des éléments. Ce mémoire de master consiste en une étude de l'état du réseau électrique de la moyenne tension de la ville de Biskra.

### **Les mots clés**

Les lignes de transport - réseaux de distribution – protection - moyenne tension - continuité du service.

الطاقة الكهربائية هي القوة المحركة لعجلة التنمية الاقتصادية والصناعية للبلدان والشبكات الكهربائية هي عنصر أساسي في نقل الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى المستهلكين و تعد خطوط نقل الطاقة ذات الضغط المتوسط شريان شبكات التوزيع الكهربائية لكن هناك مشاكل عديدة تواجه هذه الشبكة لذلك وجب وضع نظام كهربائي لحمايتها. يتكون هذا العمل من دراسة شاملة لشبكة توزيع الجهد المتوسط 30 كيلوفولط و 10 كيلوفولط في شبكات الكهرباء متوسطة الجهد في بسكرة. فنعزل الجزء المصاب من الشبكة من اجل الحفاظ علي وظيفتها و ضمان استمرار الخدمة العامة لشبكات التوزيع و توفير الحماية لجل عناصرها. إن مذكرة الماستر هذه تتكون من دراسة حالة الشبكة الكهربائية ذات التوتر المتوسط لمدينة بسكرة.

### **الكلمات المفتاحية**

خطوط نقل الطاقة – الحماية - التوزيع الكهربائي - التوتر المتوسط - استمرار الخدمة.

### **Remerciements**

*Je remercie Allah, le tout puissant, le miséricordieux, de m'avoir appris ce que j'ignorais, de m'avoir donné la santé et tout dont je necessitais pour l'accomplissement de ce mémoire.*

*Également, mon encadreur de mémoire Monsieur SAADI Ramzi, docteur à l'université Mohamed Khider Biskra, pour son encadrement, ses directives et sa disponibilité.*

*Ma gratitude s'exprime pareillement pour Dr. SALHI Ahmed, président des jurys.*

*Également, je remercie Dr, BECHA Habiba membre de juré pour la pertinence de ses remarques avisées, qui vont permettre l'amélioration de la qualité du manuscrit et l'essor vers de nouvelles perspectives.*

*Je remercie également tous les enseignants de département d'électrotechnique de l'université Mohamed Khider Biskra qui ont participé à ma formation pendant tout le cycle universitaire.*

*Enfin, je ne peux oublier de remercier les ingénieurs de la sonelgaz Mr. SAADALLAH Houcine et Mr. DJELOUL Mohamed Salah Eddine, de m'avoir aidé et encouragé pour accomplir ce travail.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste mémoire de Master à :*

*À ma mère Meriem*

*Mon père Mahboub*

*À ma sœur Imane*

*À toute mes familles : ABASSI & LAKHAL*

*À tous mes amis et collègues*

*À tous les enseignants de ma période d'étude*

*Karima*

# **LISTE DES MATIERES**

**Liste des matières**

Liste des matières..... I  
Liste des tableaux..... II  
Liste des figures..... III  
Liste des abréviations..... IV  
Symbole graphiques..... V  
Introduction générale..... 1

**Chapitre I**

**Généralités sur les réseaux électriques**

1 Définition d'un réseau électrique..... 4  
2 Différents types de réseaux..... 4  
    2.1 Réseaux de transport et d'interconnexion..... 4  
    2.2 Réseaux de répartition..... 4  
    2.3 Réseaux de distribution..... 5  
3 Les niveaux de tension..... 6  
4 Constitution des réseaux de distribution HTA..... 6  
    4.1 Réseaux HTA aériens..... 6  
    4.2 Réseaux HTA souterrains..... 7  
5 Structure générale d'un réseau privé de distribution..... 7  
6 Modes d'alimentation des tableaux HTA..... 8  
    6.1 Un jeu de barres avec une source d'alimentation..... 9  
    6.2 Un jeu de barres sans couplage avec deux sources d'alimentation..... 9  
    6.3 Deux jeux de barres avec couplage et deux sources d'alimentations..... 10  
    6.4 Un jeu de barres sans couplage et trois sources d'alimentation..... 10  
    6.5 Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation..... 11  
    6.6 Sources et départs en "Duplex"..... 11  
    6.7 Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources  
d'alimentation..... 12  
    6.8 Deux doubles jeux de barres couplés entre eux..... 13  
7 Structure des réseaux HTA..... 14  
    7.1 Structure maillée..... 14  
    7.2 Structure radiale..... 14

7.2.1 Radial en simple antenne.....	15
7.2.2 Radial en double antenne sans couplage.....	15
7.2.3 Radial en double antenne avec couplage.....	16
7.3 En boucle.....	17
7.3.1 Boucle ouverte.....	17
7.3.2 Boucle fermée.....	18
7.4 En double dérivation.....	19
8 Les postes HTA/BT.....	19
8.1 Les différents types de postes de livraison.....	19
8.1.1 Les postes d'extérieur.....	19
8.1.2 Les postes d'intérieur.....	20
8.2. Structure d'un poste HTA/BT.....	20

## **Chapitre II**

### **Type de défauts et les équipements de systèmes de protection**

1 Type de défauts.....	23
1.2 Courts-circuits.....	23
1.3 Surtensions.....	23
1.4 Surcharges.....	24
1.5 Oscillations.....	24
1.6 Déséquilibres.....	25
2 différents types de défauts.....	25
2.1 Situations des défauts par rapport aux conducteurs.....	25
2.3 Statistiques des répartitions des défauts.....	26
3 pourquoi la protection.....	26
4 Qualités principales d'un système de protection.....	26
4.1 Rapidité.....	26
4.2 Sélectivité.....	27
4.2.1 Sélectivité ampérométrique.....	27
4.2.2 Sélectivité chronométrique.....	28
4.3 Sensibilité.....	28
4.4 Fiabilité.....	29
5 Chaîne générale d'un système de protection.....	29
5.1 Transformateurs de mesure.....	30
5.1.1 Transformateurs de courant (TC).....	30
5.1.2 Transformateur de tension (TT).....	31
5.2 Relais de protection.....	31
5.2.1 Différents types des relais.....	32
5.3 Disjoncteur moyenne tension.....	34
5.4 Fusible moyenne tension.....	34

6 Différents types de protections.....	35
6.1 Protection à maximum de courant phase.....	35
6.2 Protection à maximum de courant terre.....	36
6.3 Protection à maximum de courant phase directionnel.....	37
6.4 Protection différentielle transformateur.....	39
6.5 Protection à maximum de tension.....	39
6.6 Protection à minimum de tension.....	39

### **Chapitre III**

#### **Résultats des essais et interprétation**

1 Méthodologie de réglage d'un système de protection.....	42
2 Protections des transformateurs HTB/HTA.....	43
3 Essais de relais de la protection sur un départ HTA 10kV.....	46
3.1 Caractéristiques et réglages de protection de départ bab darb 10 kV.....	46
3.2 Résultats Pratiques.....	47
3.2.1 Schéma global de test.....	47
3.2.2 Equipements des essais.....	48
A - Caisse d'injection OMICRON CMC 256 plus.....	48
B - Transformateur de courant ALCE.....	49
C – Disjoncteur HTA 10KV.....	50
D - Relais de protection sepam.....	51
E - Logiciel d'analyse et d'évaluation des défauts (SIGRA 4).....	51
3.2.3 Résultats et commentaires.....	51
4 Essais de relais de la protection sur un départ HTA 30 kV.....	55
4.1 Caractéristiques et réglages de protection de départ ourlal issu de la Cabine mobile de TOLGA 220/30 kV.....	55
4.2 Résultats Pratiques.....	56
4.2.1 Schéma global de test.....	56
4.2.2 Equipements des essais.....	56
A - Caisse d'injection OMICRON CMC 256 plus.....	56
B -Transformateur de courant et Transformateur de puissance.....	57
C - Disjoncteur HTA 30KV SIEMENS.....	58
D - Relais de protection SIEMENS.....	59
E - Logiciel d'analyse et d'évaluation des défauts (SIGRA 4).....	59

4.2.3 Résultats et commentaires.....	59
Conclusion générale.....	63
Bibliographie.....	65

**Liste des tableaux**

**Chapitre I**

Tableau I.1 : Tableau des domaines de tension.

## LISTE DES FIGURES

### Chapitre I

Figure I.1 : Schéma acheminement de l'électricité.

Figure I.2 : Structure générale d'un réseau privé de distribution.

Figure I.3 : Un jeu de barres avec une source d'alimentation.

Figure I.4 : Un jeu de barres sans couplage avec deux sources d'alimentation.

Figure I.5 : Deux jeux de barres avec couplage et deux sources d'alimentation.

Figure I.6 : Un jeu de barres sans couplage et trois sources d'alimentation.

Figure I.7 : Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation.

Figure I.8 : Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation.

Figure I.9 : Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources d'alimentation.

Figure I.10 : Deux doubles jeux de barres couplés entre eux.

Figure I.11: Structure des réseaux maillés.

Figure I.12 : Réseau HTA radial en simple antenne.

Figure I.13 : Réseau HTA radial en double antenne sans couplage.

Figure I.14: Réseau HTA radial en double antenne avec couplage.

Figure I.15.a : Réseau HTA en boucle ouverte.

Figure I.15.b : Réseau HTA en boucle fermée.

Figure I.16: Réseau HTA en double dérivation.

Figure I.17: Exemples de raccordement d'un poste sur poteau.

Figure I.18: Schéma général d'un poste ouvert.

Figure I.19: Structure générale d'un poste HTA/BT

### Chapitre II

Figure II.1 : Situations possibles des défauts par rapport aux conducteurs.

Figure II.2 : Fonctionnement d'une sélectivité ampérométrique.

Figure II.3 : Principe de la sélectivité chronométrique.

Figure II.4 : Fiabilité d'une protection.

Figure II.5 : Chaîne de protection.

Figure II.6 : Protection à temps indépendant.

Figure II.7: Protection à temps dépendant.

Figure II.8 : Mesure du courant résiduel par un tore.

Figure II.9 : Mesure du courant résiduel par trois transformateurs de courant.

Figure II.10 : Jeu de barres alimenté par deux sources.

Figure II.11 : Schéma de principe de la protection différentielle transformateur.

### **Chapitre III**

Figure III.1 : Méthodologie de réglage d'un système de protection.

Figure III.2 : Schéma unifilaire du réseau.

Figure III.3 : Schéma des impédances des éléments du réseau.

Figure III.4 : Figure Schéma équivalent.

Figure III.5 : Schéma global de test protection pour un départ 10kv.

Figure III.6 : Les appareils utilisés pour les tests simulation.

Figure III.7 : Caisse d'injection OMICRON CMC 256 plus.

Figure III.8 : Transformateur de courant ALCE.

Figure III.9 : Transformateur de courant tore.

Figure III.10 : Disjoncteur Schneider à gaz SF6.

Figure III.11 : Relais de protection sepam.

Figure III.12: Paramètre de réglage maximum de courant de phase : 50/51.

Figure III.13 : Trois courants pendant le défaut de surcharge.

Figure III.14 : Temporisation de déclenchement de disjoncteur pour un défaut de surcharge.

Figure III.15 : Configuration paramètre de protection max de phase : 50/51.

Figure III.16 : Trois courant de défaut de court circuit.

Figure III.17 : Temporisation de déclenchement de disjoncteur pour un défaut de court circuit.

Figure III.18 : Paramètre de réglage maximum de courant terre ( $I_0$  Résiduel) :50/51N.

Figure III.19 : Courants de ligne pendant le défaut homopolaire ( $I_0$  Résiduel).

Figure III.20 : Schéma global de test protection pour un départ 30kv.

Figure III.21 : TC protection.

Figure III.22 : TP protection marque SIEMEN.

Figure III.23 : Disjoncteur SIEMENS.

Figure III.24 : Relais de protection SIEMENS.

Figure III.25 : Trois courants pendant le défaut de surcharge.

Figure III.26 : Trois courants de défaut de court circuit.

Figure III.27 : Courants de ligne pendant le défaut homopolaire ( $I_0$  somme).

**LISTE DES ABREVIATIONS**

BT : Basse tension [V]

MT ou HTA : Moyenne tension [V]

HT ou HTB : Haute tension [V]

KV : Kilo Volt [KV]

Tr : Transformateur

TC : Transformateur de mesure de courant.

TT : Transformateur de mesure de tension.

TP : Transformateur de mesure de puissance.

JB : Jeu de barre.

L : Longueur de la ligne [km]

T : La terre.

$I_{cc}$  : Courant de court-circuit [A]

$I_{cc \text{ min}}$  : Courant de court-circuit minimum [A]

$I_{cc \text{ max}}$  : Courant de court-circuit maximum [A]

$I_{rsd}$  : Courant résiduel [A]

$I_{reg}$  : Courant de réglage [A]

$I_{ph}$  : Courant de phase [A]

$I_0$  : Courant homopolaire [A]

t : Temporisation [sec]

S : Section de câble [ $mm^2$ ]

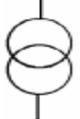
Un : Tension nominale [V]

Ucc : Tension de court-circuit d'un transformateur [%]

S : Puissance apparente [VA]



SYMBOLE GRAPHIQUES

Symbole	Mot clé
	La terre
	Arrivée HTA
	Départ HTA ou MT
	Court-circuit
	Disjoncteur
	Interrupteur fusible
	Fusible
	Transformateur de puissance
	Transformateur de courant
	Transformateur de tension

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'électricité est une énergie non stockable, elle doit être produite, transportée et distribuée pour être consommée. « L'énergie électrique consommée correspond toujours à l'énergie produite ».

Les réseaux électriques représentent des investissements considérables consentis par les compagnies d'électricité pour alimenter leurs clients à meilleures conditions de coût de qualité de service. Les investissements humains et matériels affectés aux réseaux électriques sont énormes.

Pour cela, le réseau électrique doit répondre à trois exigences essentielles :

- Stabilité.
- Économie.
- Continuité de service.

Les lignes et les câbles de distribution d'énergie électrique moyenne tension HTA constituent une partie essentielle d'un réseau électrique qui doit assurer la continuité de l'alimentation en électricité aux consommateurs HTA et BT. Ce qui n'est pas toujours le cas, car ces lignes sont souvent exposées à des incidents ou défauts qui peuvent interrompre ce service et engendrer des pertes financières importantes pour les industriels et des désagréments pour les simples consommateurs [8].

Depuis l'entrée sur le marché des relais numériques programmables ces quinze dernières années, pour la protection électrique, plusieurs algorithmes ont été développés afin de rendre ces relais plus performants aussi bien sur leur rapidité de fonctionnement que sur leur précision [8].

Pour cela le sujet traité dans ce mémoire s'intéresse à une étude réelle effectuée au niveau de Groupe SONELGAZ, Société de Distribution de l'Electricité et du Gaz de centre (S.D.C), Direction de la Distribution de Biskra (D.D.B), Division Technique Electricité.

Notre travail consiste à une étude complète sur le réseau de distribution moyenne tension 30kV et 10 kV aux réseaux électriques moyens tension de Biskra, ont calculant les valeurs de protection d'un départ HTA et en injectant plusieurs types

des défauts afin de déduire le degré de performance et la fiabilité des seuils de réglage des relais de protections.

Pour répondre à cette problématique, nous avons organisé notre mémoire comme suit :

- Le premier chapitre traite de généralité sur les réseaux électrique
- Le deuxième chapitre étudie les types de défauts et les équipements de systèmes de protection
- Dans le troisième chapitre, on présente les résultats des essais de protection et interprétation.

Ce travail se termine par une conclusion générale on résume les principaux résultats obtenus et on énumérera les perspectives à ce travail.

**CHAPITRE I**

**Généralité sur les réseaux  
électrique**

**Introduction**

Ce chapitre présente des notions générales sur le réseau électrique et explique les différents postes de livraison moyenne tension, et la structure des réseaux moyenne tension et basse tension, Cela va nous permettre, de connaître les parties essentielles à prendre en considération.

**1 Définition d'un réseau électrique**

Le réseau électrique est l'ensemble des équipements utilisés pour le transport de l'électricité entre les centres de production (centrales électriques), vers les consommateurs d'électricité.

**2 Différents types de réseaux****2.1 Réseaux de transport et d'interconnexion**

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement les caractéristiques:

- De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport).
- De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion) [1].
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV.
- Neutre directement mis à la terre.
- Réseau maillé.

**2.2 Réseaux de répartition**

Les réseaux de répartition ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions.

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

En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres. Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et, d'autre part, les utilisateurs industriels [1].

- La tension est 90 kV ou 63 kV.
- Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre.
  1. Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV.
  2. Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV.
- Réseaux en boucle ouverte ou fermée.

### 2.3 Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique [1].

Les caractéristiques de ces réseaux sont :

#### Pour les réseaux de distribution à moyenne tension HTA [1] :

- 10 et 30 kV le plus répandu.
- Neutre à la terre par une résistance.
- Limitation du courant neutre à 300 A pour les réseaux aériens.
- Limitation du courant neutre à 1000 A pour les réseaux souterrains.
- Réseaux souterrains en boucle ouverte.

#### Pour les réseaux de distribution à basse tension BTA [1] :

- 230 / 400 V.
- Neutre directement à la terre.
- Réseaux de type radial, maillé et bouclé.

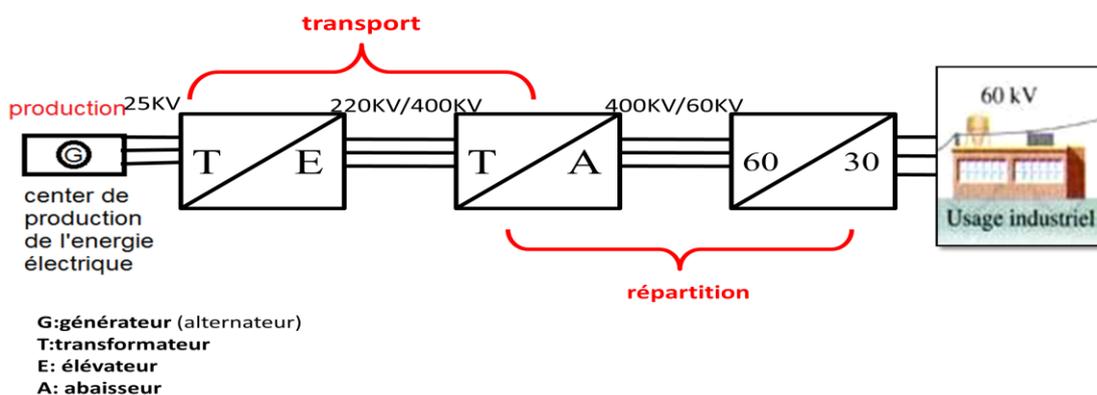


Figure I.1 : Schéma acheminement de l'électricité.

### 3 Les niveaux de tension

Selon la nouvelle normalisation attribuée par CEI, les niveaux de tension sont normalisés comme suit [2] :

**Tableau I.1** : Tableau des domaines de tension [2].

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale (Un en Volts)	
		Courant alternatif	Courant continu
Très Basse Tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse Tension (BT)	BTA	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA	$1000 < U_n \leq 50\ 000$	$1500 < U_n \leq 75\ 000$
	HTB	$U_n > 50000$	$U_n > 75000$

### 4 Constitution des réseaux de distribution HTA

Il y'a deux principaux types de réseaux HTA, selon la pose des conducteurs:

#### 4.1 Réseaux HTA aériens

Le réseau de distribution HTA aérien Exploité, entretenu et développé par Électricité Réseau Distribution en Algérie, il permet de transporter l'énergie électrique à l'échelle locale, des centres de distribution vers le client final : les petites et moyennes entreprises, les villes, les grandes surfaces, les commerces, les artisans, les particuliers.

## 4.2 Réseaux HTA souterrains

Les réseaux de distribution souterrains ont comme point de départ les postes sources. Ils comportent des transformateurs HTB/HTA à partir des quels la HTB est distribuée en triphasé sans neutre et entre 5 et 33 kV (souvent 10kV) [14].

## 5 Structure générale d'un réseau privé de distribution [3]

Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau privé de distribution comporte (figure I.2) :

- un poste de livraison HTB alimenté par une ou plusieurs sources, il est composé d'un ou plusieurs jeux de barres et de disjoncteurs de protection.
- une source de production interne.
- un ou plusieurs transformateurs HTB / HTA.
- un tableau principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres.
- un réseau de distribution interne en HTA alimentant des tableaux secondaires ou des Postes HTA / BT.
- des récepteurs HTA.
- des transformateurs HTA / BT.
- des tableaux et des réseaux basse tension.
- des récepteurs basse tension.

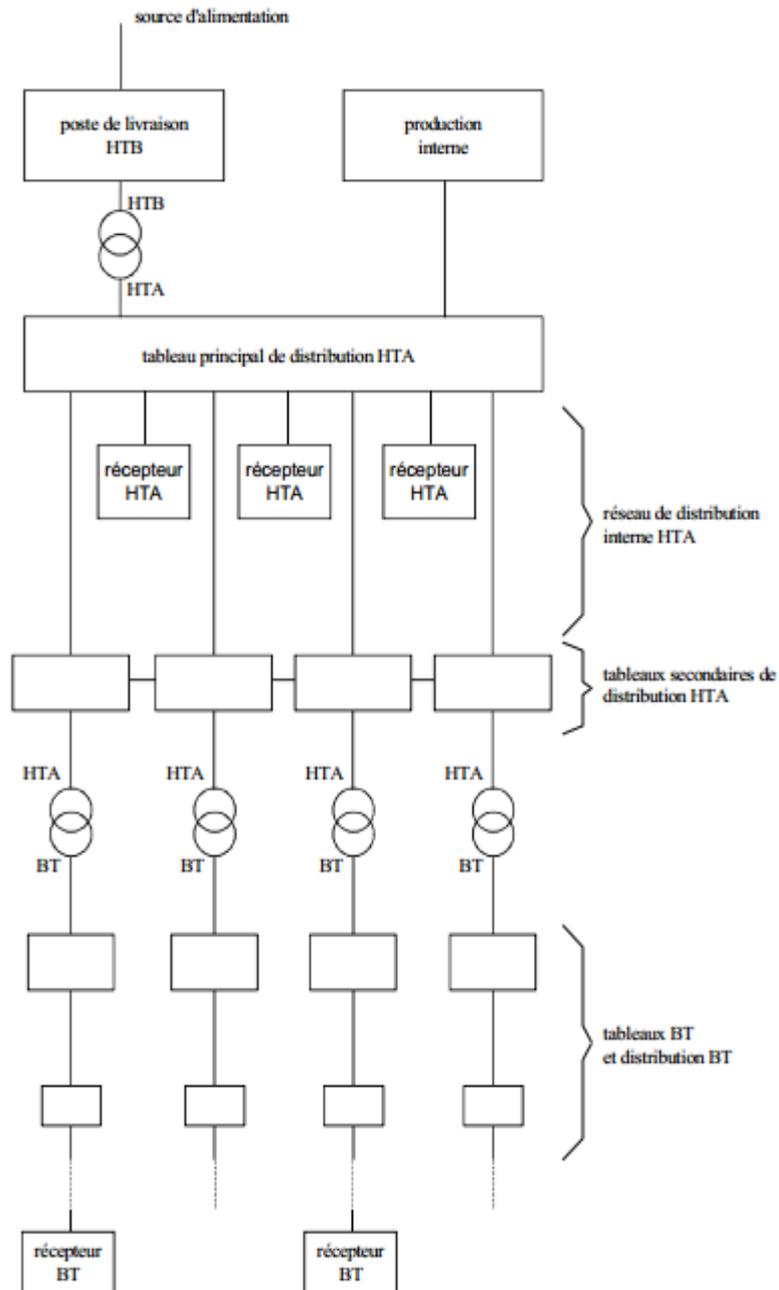


Figure I.2 : structure générale d'un réseau privé de distribution [3].

### 6 Modes d'alimentation des tableaux HTA

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

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

Les schémas sont classés dans un ordre tel que la sûreté de fonctionnement s'améliore tandis que le coût d'installation augmente [3].

### 6.1 Un jeu de barres avec une source d'alimentation

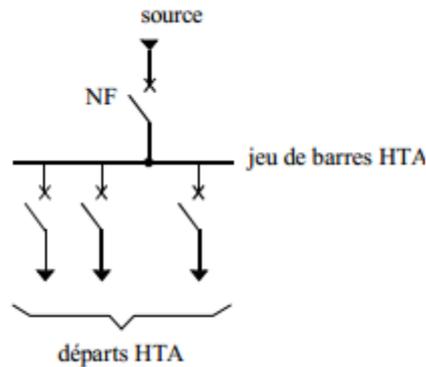


Figure 1.3 : un jeu de barres avec une source d'alimentation [3].

#### Fonctionnement :

-En cas de perte de la source d'alimentation, le jeu de barres est hors service jusqu'à l'opération de réparation [3].

### 6.2 Un jeu de barres sans couplage avec deux sources d'alimentation

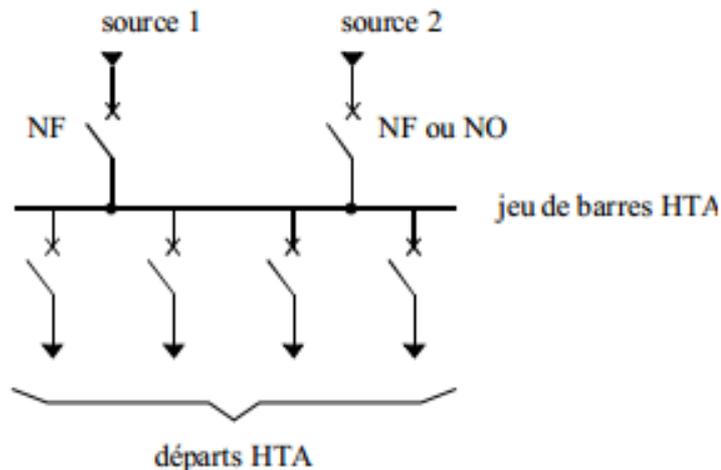
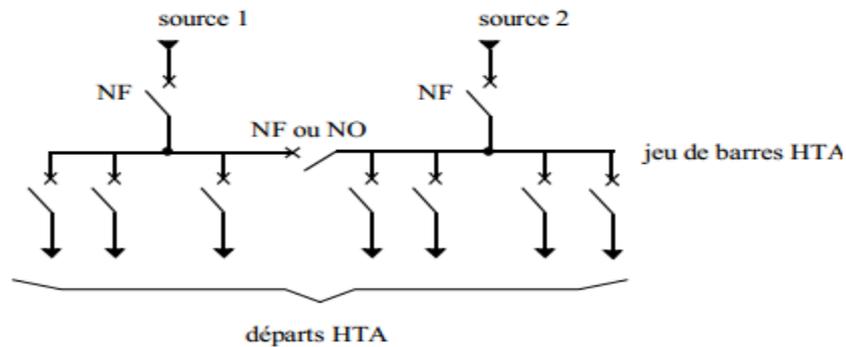


Figure 1.4: Un jeu de barres sans couplage avec deux sources d'alimentation [3].

#### Fonctionnement :

-Les deux sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours de l'autre. En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés [3].

### 6.3 Deux jeux de barres avec couplage et deux sources d'alimentations

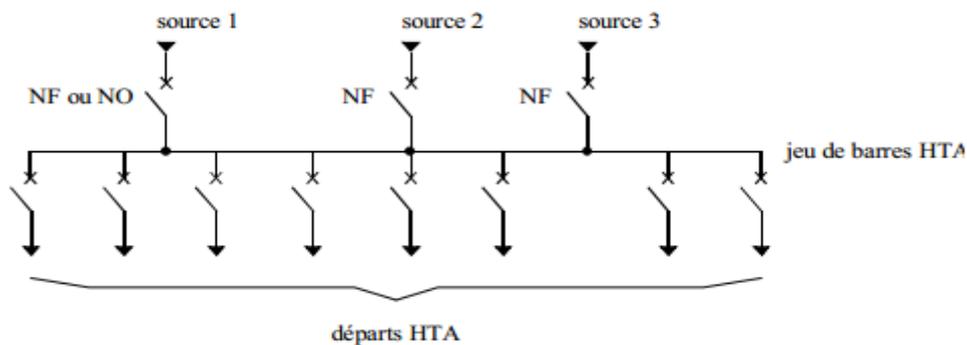


**Figure 1.5:** deux jeux de barres avec couplage et deux sources d'alimentation [3].

#### Fonctionnement :

- Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert.
- S'il est ouvert, chaque source alimente un jeu de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé et l'autre source alimente les deux jeux de barres.
- En cas de défaut sur un demi jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée [3].

### 6.4 Un jeu de barres sans couplage et trois sources d'alimentation



**Figure 1.6:** Un jeu de barres sans couplage et trois sources d'alimentation [3].

#### Fonctionnement :

- Les 3 sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours des deux autres.
- En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés [3].

6.5 Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation

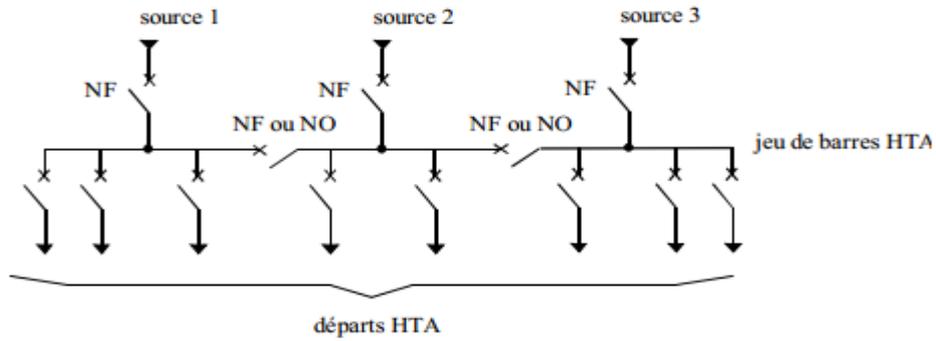


Figure 1.7: Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation [3].

Fonctionnement :

-Les 2 disjoncteurs de couplage peuvent être maintenus ouverts ou fermés.

-S'ils sont ouverts, chaque source alimente sa section de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage associé est fermée, une source alimente 2 sections de barres et l'autre 1 section de barres.

-En cas de défaut sur une section de barres (ou maintenance de celle-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée [3].

6.6 Sources et départs en "Duplex"

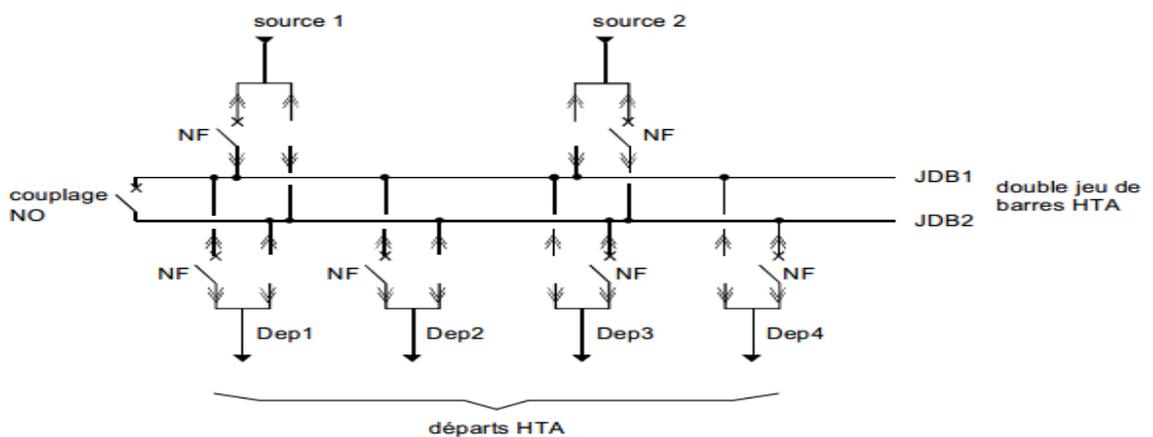


Figure I.8 : Trois jeux de barres avec couplages et trois sources d'alimentation [3].

Fonctionnement :

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

-Chaque source peut alimenter l'un ou l'autre des jeux de barres par ses deux cellules disjoncteur

débrochable. Par souci d'économie, il n'y a qu'un seul disjoncteur pour les 2 cellules débrochable qui sont installées tête-bêche. On peut ainsi facilement déplacer le disjoncteur d'une cellule à l'autre. Ainsi, si l'on veut que la source 1 alimente le jeu de barres JDB2, on déplace le disjoncteur dans l'autre cellule associée à la source 1.

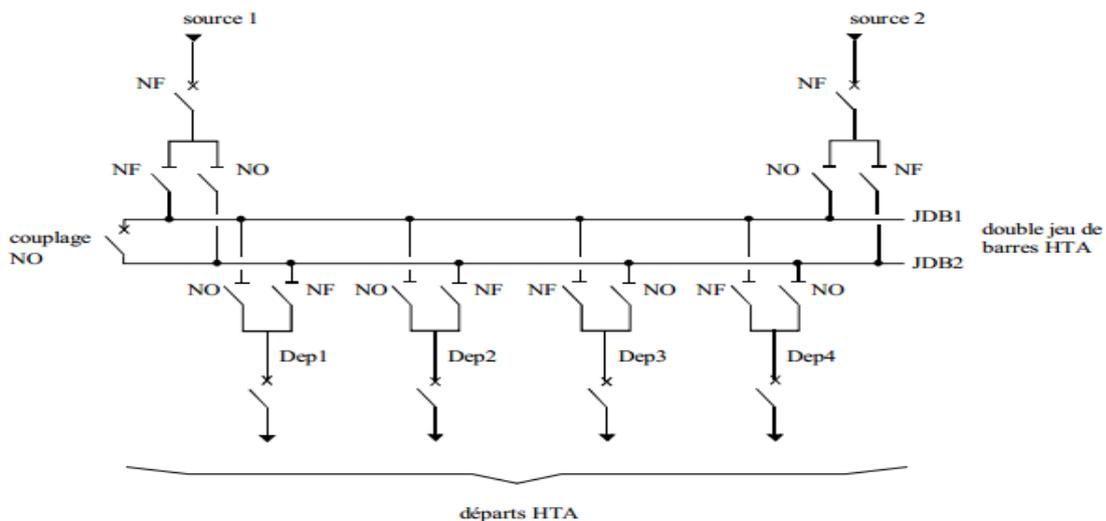
-Le même principe est mis en place pour les départs. Ainsi, à chaque départ sont associées deux cellules débrochables et un seul disjoncteur. Chaque départ peut être alimenté par l'un ou l'autre des jeux de barres suivant l'emplacement du disjoncteur. Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JDB1 et les départs Dep1 et Dep2. La source 2 alimente le jeu de barres JDB2 et les départs Dep3 et Dep4.

-En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

-En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et chaque disjoncteur est placé sur le jeu de barres en service, afin que tous les départs soient alimentés.

-L'inconvénient du système "Duplex" est qu'il ne permet pas les permutations automatiques. En cas de défaut, chaque permutation à effectuer dure plusieurs minutes et nécessite la mise hors tension des jeux de barres [3].

**6.7 Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources d'alimentation**



**Figure I.9** : Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources d'alimentation [3]

**Fonctionnement :**

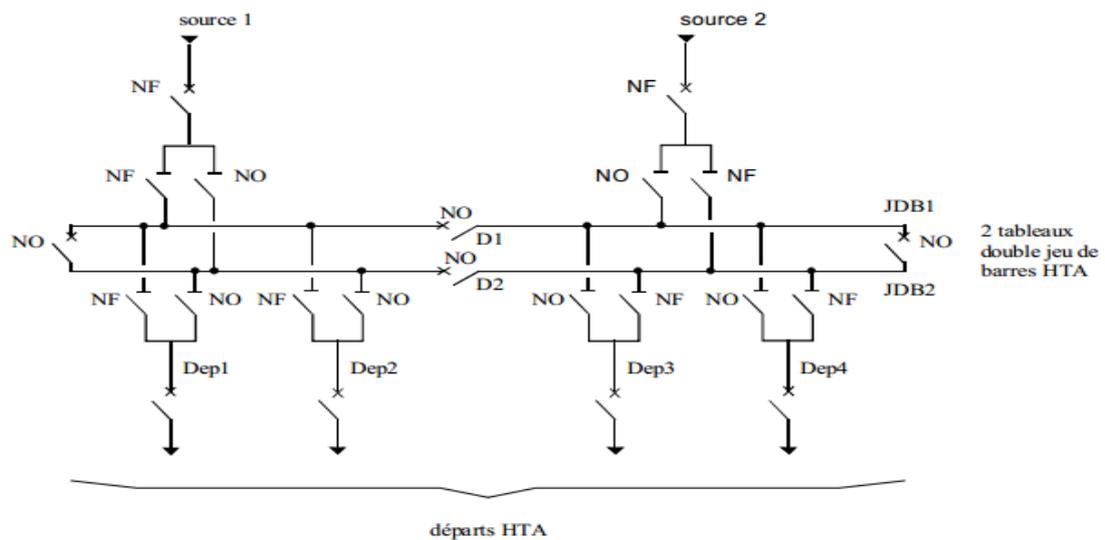
-Le disjoncteur de couplage est maintenu ouvert en fonctionnement normal.

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

-Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JDB1 et les départs Dep1 et Dep2. La source 2 alimente le jeu de barres JDB2 et les départs Dep3 et Dep4.

-En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

-En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et l'autre jeu de barres alimente la totalité des départs [3].

**6.8 Deux doubles jeux de barres couplés entre eux**

**Figure I.10 :** Deux doubles jeux de barres couplés entre eux [3].

**Fonctionnement :**

-Il est presque identique au schéma précédent (2 jeux de barres, 2 attaches par départ, 2 sources d'alimentation). La décomposition du double jeu de barres en 2 tableaux avec couplage (par D1 et D2) permet une plus grande souplesse d'exploitation.

-Chaque jeu de barres alimente un nombre de départs moins important en fonctionnement normal [3].

## 7 Structure des réseaux HTA

### 7.1 Structure maillée

Elle permet la réalimentation en cas d'indisponibilité d'un tronçon ou d'un poste HTA/BT après l'élimination de l'élément défectueux.

Elle présente l'inconvénient de n'utiliser les câbles que partiellement par rapport à leur capacité.

Elle exige, de plus, un point commun par paire de câble et demande une surveillance continue du réseau en fonction de l'accroissement de la charge [5].

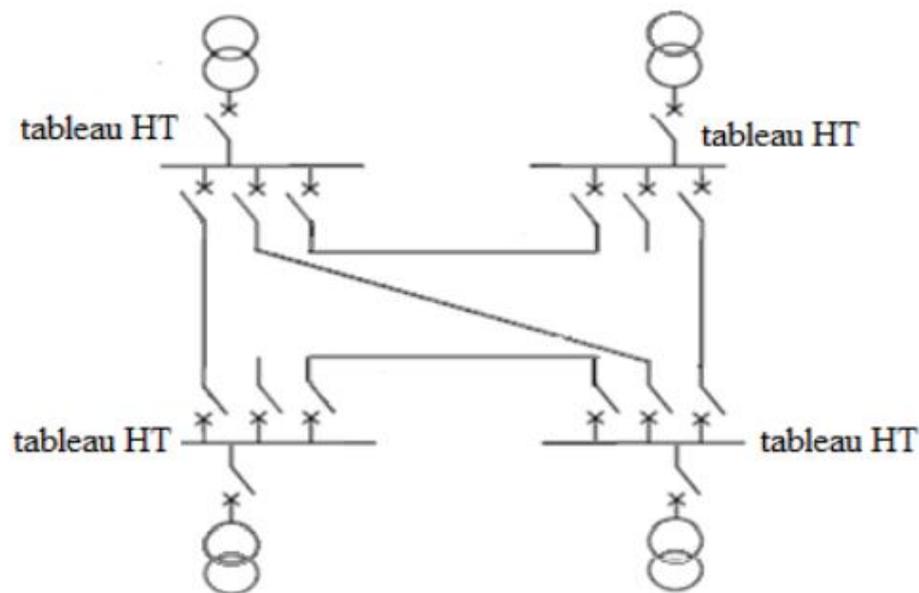


Figure I.11: Structure des réseaux maillés.

### 7.2 Structure radiale

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

Les réseaux radiaux sont de structure simple et peuvent être contrôlés et protégés par un appareillage simple. Ce sont les réseaux les moins coûteux [5].

7.2.1 Radial en simple antenne

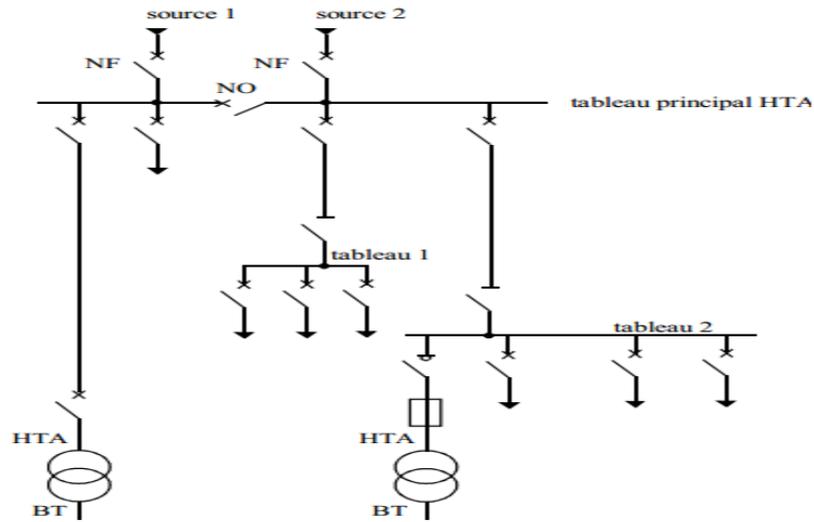


Figure I.12 : Réseau HTA radial en simple antenne [3].

Fonctionnement :

- Les tableaux 1 et 2 et les transformateurs sont alimentés par une seule source, il n'y a pas de solution de dépannage.
- Cette structure est préconisée lorsque les exigences de disponibilité sont faibles, elle est souvent retenue pour les réseaux de cimenterie [3].

7.2.2 Radial en double antenne sans couplage

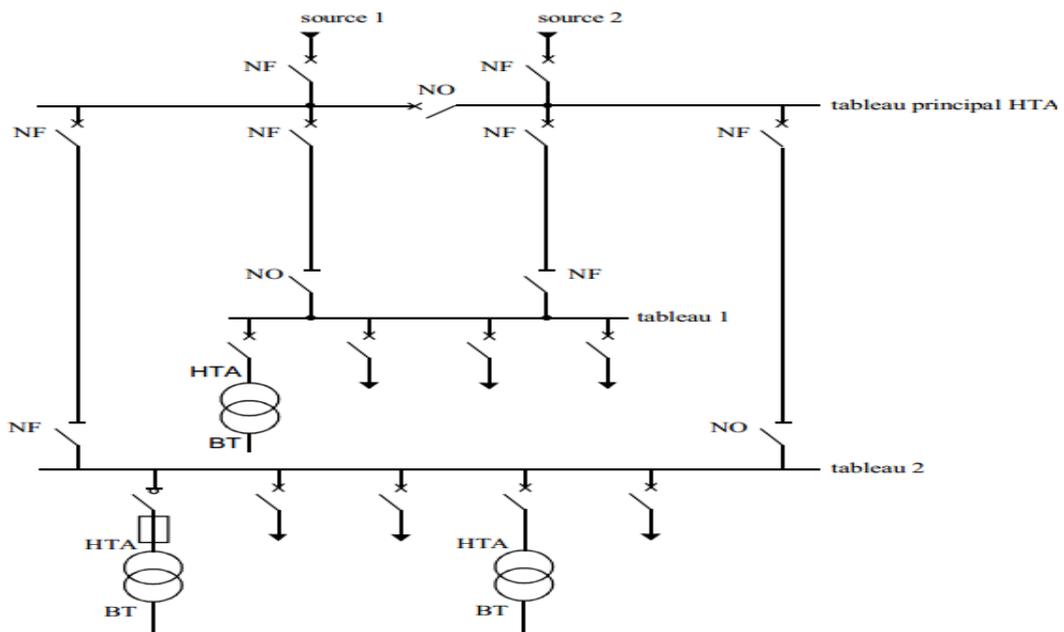
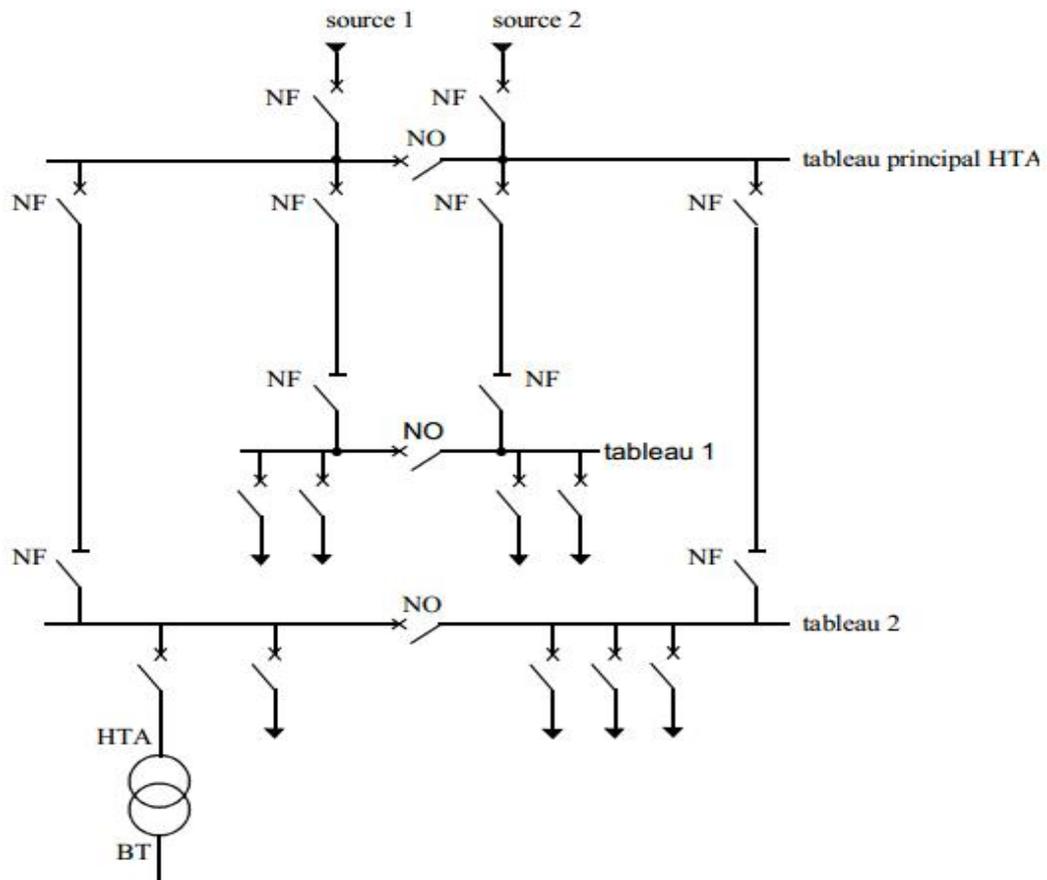


Figure I.13: réseau HTA radial en double antenne sans couplage [3].

**Fonctionnement :**

- Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 sources sans couplage, l'une en secours de l'autre.
- La disponibilité est bonne.
- L'absence de couplage des sources pour les tableaux 1 et 2 entraîne une exploitation moins souple [3].

**7.2.3 Radial en double antenne avec couplage [3]**

**Figure I.14:** réseau HTA radial en double antenne avec couplage [3].

**Fonctionnement :**

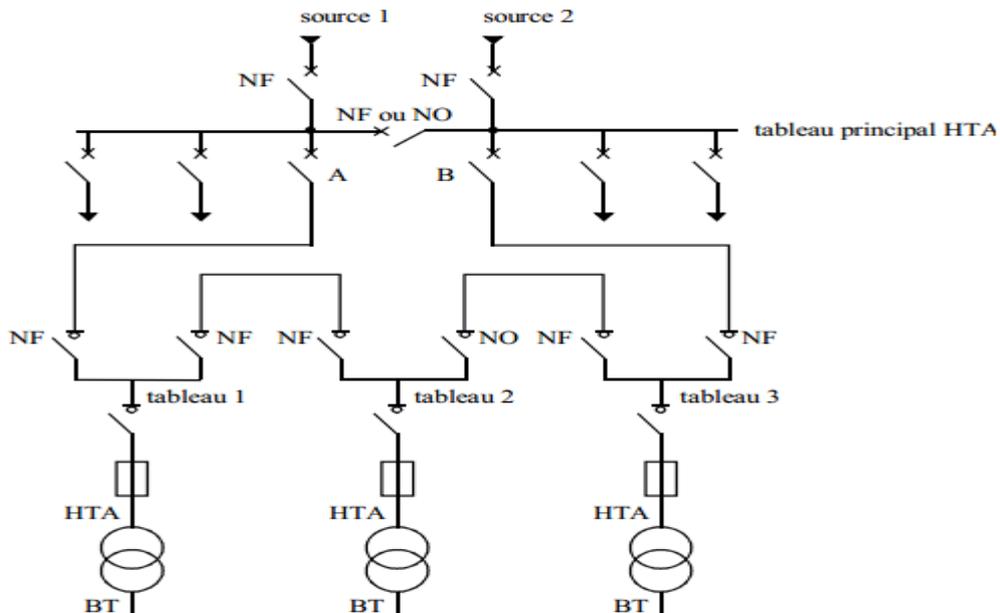
- Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 sources avec couplage. En fonctionnement normal, les disjoncteurs de couplage sont ouverts.
- chaque demi jeu de barres peut être dépanné et être alimenté par l'une ou l'autre des sources
- cette structure est préconisée lorsqu'une bonne disponibilité est demandée, elle est souvent retenue dans les domaines de la sidérurgie et de la pétrochimie [3].

### 7.3 En boucle

- Cette solution est bien adaptée aux réseaux étendus avec des extensions futures importantes.

- Il existe deux possibilités suivant que la boucle est ouverte ou fermée en fonctionnement normal [3].

#### 7.3.1 Boucle ouverte

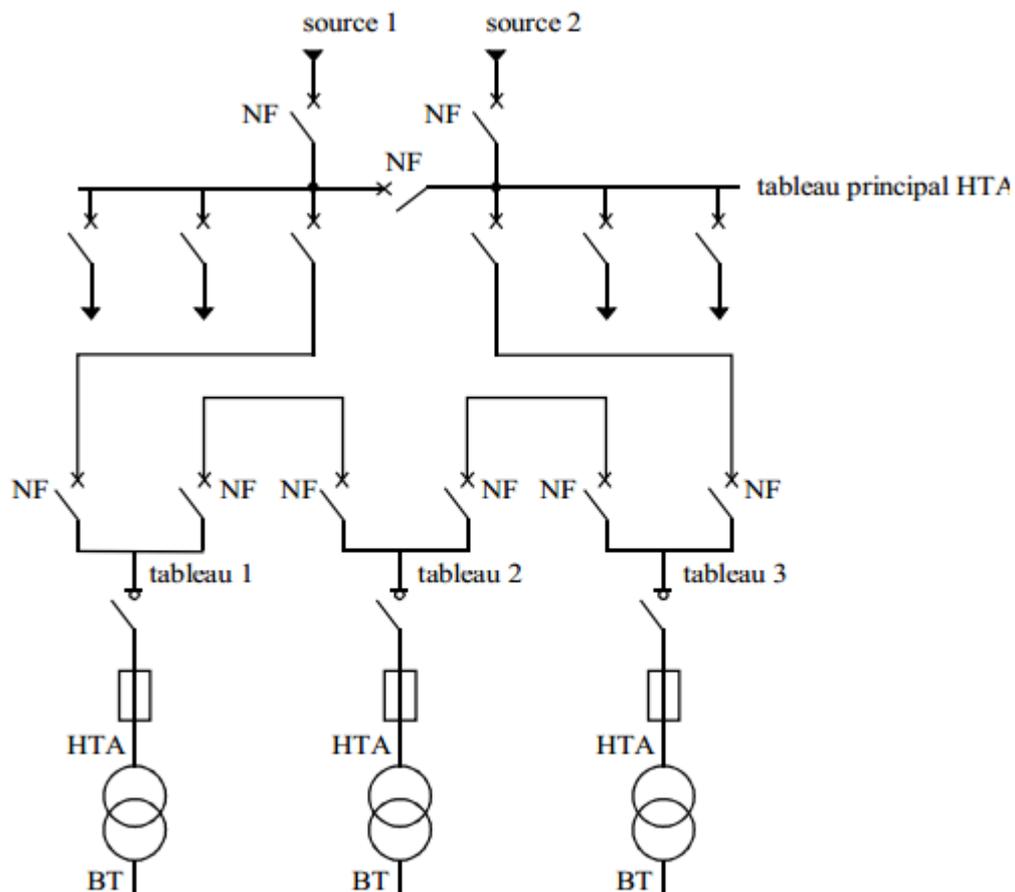


**Figure I.15.a** : Réseau HTA en boucle ouverte [3].

#### Fonctionnement :

- Les têtes de boucle en A et B sont équipées de disjoncteurs.
- Les appareils de coupure des tableaux 1, 2 et 3 sont des interrupteurs.
- En fonctionnement normal, la boucle est ouverte (sur la figure, elle est ouverte au niveau du tableau 2).
- Les tableaux peuvent être alimentés par l'une ou l'autre des sources.
- un défaut sur un câble ou la perte d'une source est palier par une reconfiguration de la boucle
- cette reconfiguration engendre une coupure d'alimentation de quelques secondes si un automatisme de reconfiguration de boucle est installé. La coupure est d'au moins plusieurs minutes ou dizaines de minutes si la reconfiguration de boucle est effectuée manuellement par le personnel d'exploitation [3].

## 7.3.2 Boucle fermée



**Figure I.15.b** : Réseau HTA en boucle fermée [3].

**Fonctionnement :**

- Tous les appareils de coupure de la boucle sont des disjoncteurs.
- En fonctionnement normal, la boucle est fermée.
- Le système de protection permet d'éviter les coupures d'alimentation lors d'un défaut.
- Cette solution est plus performante que le cas de la boucle ouverte car elle évite les coupures d'alimentation.
- Par contre, elle est plus onéreuse car elle nécessite des disjoncteurs dans chaque tableau et un système de protection plus élaboré [3].

## 7.4 En double dérivation

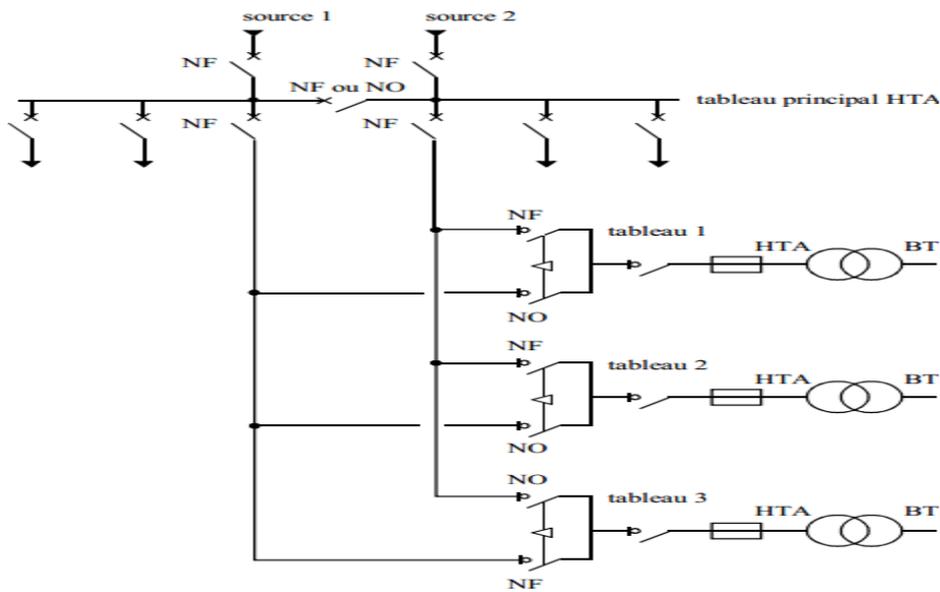


Figure I.16 : réseau HTA en double dérivation [3].

### Fonctionnement :

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

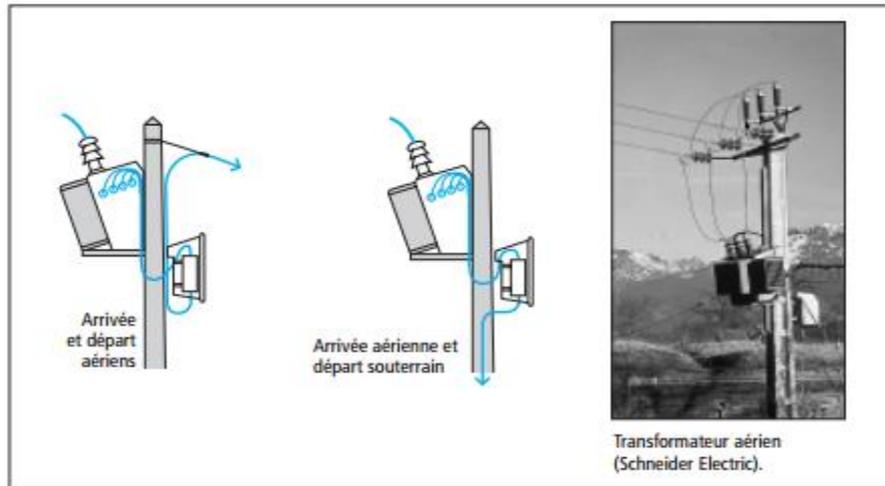
## 8 Les postes HTA/BT [4]

### 8.1 Les différents types de postes de livraison

On peut classer les postes HTA/BT en deux catégories.

#### 8.1.1 Les postes d'extérieur

- Poste sur poteau : puissances 25 – 50 – 100 KVA.
- Postes préfabriqués :
  - en bas de poteau : de 100 à 250 KVA.
  - poste compact : de 160 à 1 250 KVA.
- Poste maçonné traditionnel : de 160 à 1 250 KVA

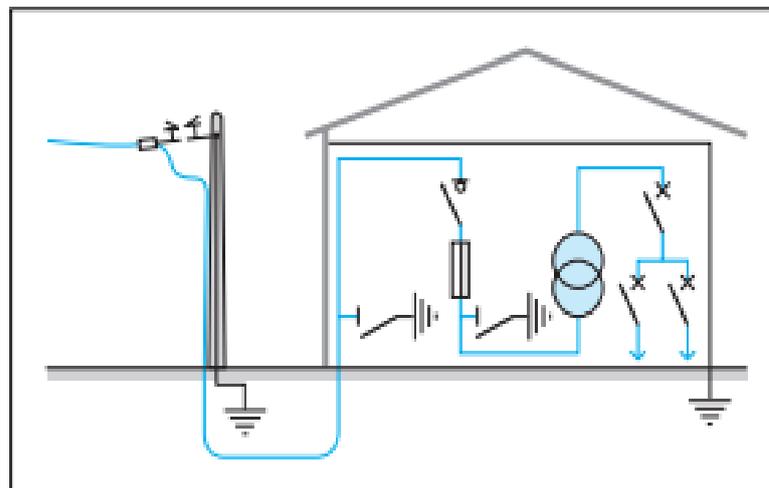


**Figure I.17:** Exemples de raccordement d'un poste sur poteau [4].

### 8.1.2 Les postes d'intérieur

- Postes ouverts maçonnés ou préfabriqués.
- Postes en cellules préfabriquées métalliques.

Les puissances sont comprises entre 100 et 1 250 KVA. Le comptage BT doit être remplacé par un comptage HT dès que l'installation dépasse 2 000 A, ou s'il existe plusieurs transformateurs [4].



**Figure I.18:** Schéma général d'un poste ouvert [4].

### 8.2 Structure d'un poste HTA/BT [4]

Le poste de livraison comporte essentiellement de l'appareillage et un ou plusieurs transformateurs afin d'assurer les fonctions suivantes :

- dérivation du courant sur le réseau.
- protection du transformateur côté HT.
- transformation HTA/BT.
- protection du transformateur côté BT.
- comptage d'énergie. Toutes les masses métalliques du poste sont reliées à la terre. Pour l'intervention dans le poste, les arrivées doivent être sectionnées et les câbles reliés entre eux mis à la terre.

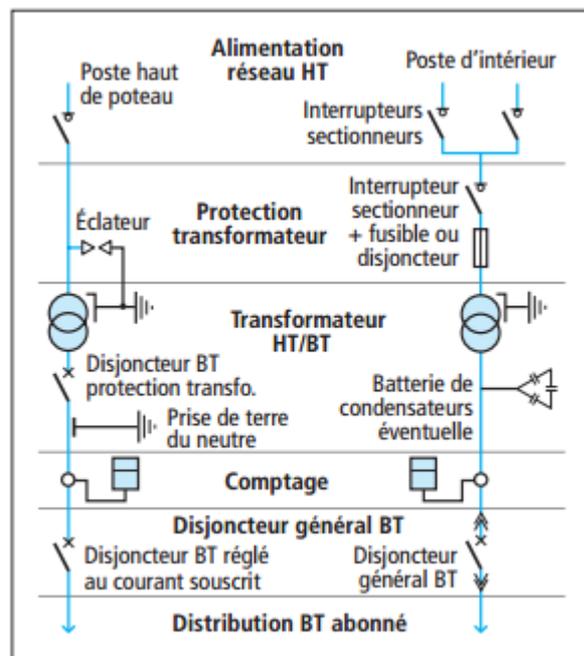


Figure I.19: Structure générale d'un poste HTA/BT [4].

### Conclusion

L'ensemble des constituants d'un réseau électrique peut être agencé selon différentes structures, dont la complexité détermine la disponibilité de l'énergie électrique et le coût d'investissement.

Le choix de l'architecture sera donc fait pour chaque application sur le critère de l'optimum technico-économique. Il est donc important de surveiller en permanence l'état électrique des éléments et développer un système de protection adaptée à ces conditions contre tous types de défauts.

# **CHAPITRE II**

## **Types des défauts et les équipements de systèmes de protection**

**Introduction**

Ce chapitre présente l'étude des différents types de défauts, leurs causes et leurs conséquences. Par la suite, on va donner assez d'informations sur les différents éléments qui composent un système de protection moyenne tension.

**1 Type de défauts****1.1 Courts-circuits****Causes :**

- Contact entre conducteurs.
- Claquage d'isolants solides.
- Amorçage par arc.

**Conséquences :**

- Chute de tension: absence ou écrasement de tension chez les usagés.
- Surintensité:
  - échauffements à l'endroit du défaut.
  - Efforts électrodynamiques (barres, transformateurs) Induction électromagnétique (tension induite dans les lignes de télécommunication).

**1.2 Surtensions [6]****Causes :**

- Contact avec une ligne de plus forte tension.
- Coupure brutale d'une ligne.
- Capacité des longues lignes à vide.
- Coups de foudre directs ou indirects.

**Conséquences :**

- Vieillissement des isolants et claquage.
- Surcharge des lignes en cas de durée prolongée.

- Amorçage de court-circuit en cas de claquage des isolants.

### 1.3 Surcharges [6]

#### Causes :

- Courts-circuits résistants.
- Couplage difficiles, démarrage de moteur.
- Report de charge sur une ligne ou une machine, lors de la coupure de la parallèle.

#### Conséquences :

- Effets calorifiques.
- Effets déjà exposés pour les surintensités dues aux courts-circuits.

### 1.4 Oscillations [6]

#### Causes :

- Elles sont produites lors de manœuvres ou de déclenchements sur les réseaux de distribution ce sont des phénomènes transitoires. Les alternateurs subissent des variations de charge, brutales et le rotor, au lieu de se décaler de l'angle correspondant à cette variation, n'atteint sa phase définitive qu'au bout d'un certain nombre d'oscillations qui vont en s'amortissant.
- Un faux couplage produit des effets analogues.

#### Conséquences :

- Perte de synchronisme des alternateurs.
- Surintensité et baisse de tension périodique sur les réseaux.
- Variation de vitesse des moteurs.
- Clignotement des lampes.
- Contraintes mécaniques des alternateurs et des turbines.

### 1.5 Déséquilibres [6]

#### Causes :

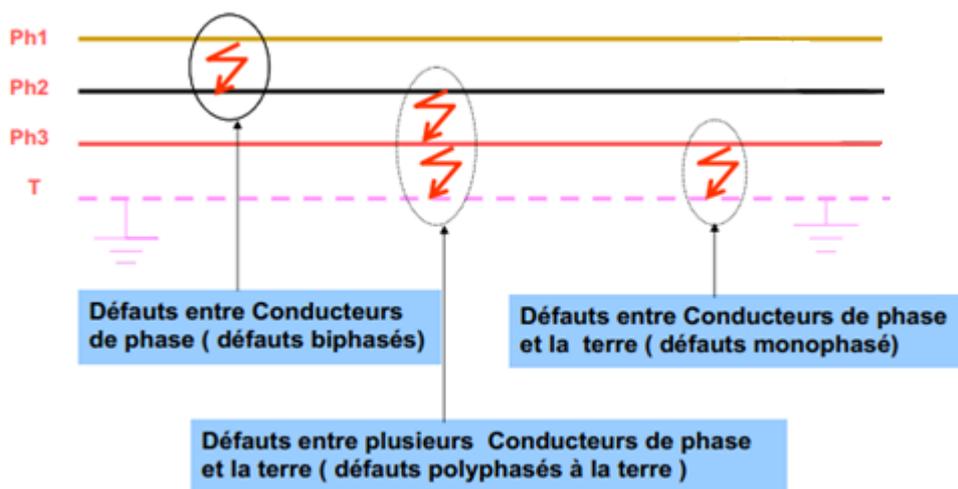
- Coupure d'une bretelle sans mis à la terre.
- Pôles de sectionneurs ou de disjoncteurs laissés ouverts.

**Conséquence :**

- Vibrations et échauffement anormaux des moteurs et des alternateurs.
- Lampes alimentées anormalement.
- Dans les réseaux HT ne comportant que 3 fils, la somme des courants n'est plus nulle. Un courant de retour passe dans le sol par le neutre des transformateurs et induit des tensions dangereuses dans les câbles de télécommunication voisins. En outre ce courant de retour produit dans l'appareillage, des courants de circulation engendrant des échauffements anormaux.

**2 différents types de défauts [7]****2.1 Situations des défauts par rapport aux conducteurs**

Les diverses situations possibles des défauts par rapport aux conducteurs sont :



**Figure II.1:** Situations possibles des défauts par rapport aux conducteurs [7]

**2.2 Classement des défauts en fonction de leur persistance [7]**

- **Auto-extincteurs:**

De très faible durée, ils disparaissent d'eux même sans qu'il soit nécessaire de couper le départ.

- **Défauts fugitifs:**

Disparaissent après une coupure très brève de l'ordre de 0,3 seconde (amorçage avec arc).

- **Défauts semi – permanents:**

Ne disparaissent que si le départ est coupé pendant plusieurs secondes (branchette entre conducteurs par exemple).

- **Défauts permanent :**

nécessitent l'intervention humaine. Leur durée ne dépend que de la rapidité de cette intervention.

### 2.3 Statistiques des répartitions des défauts [7]

Ces défauts ne se produisent pas à la même fréquence, car les statistiques donnent la répartition suivante :

- Auto-extincteurs : 5 %
- Fugitifs : 70 % à 80 %
- Semi- permanents : 05 % à 15 %
- Permanents : 05 % à 15 %

Ces chiffres justifient l'utilisation d'appareils automatiques qui coupent les départs affectés le temps nécessaire à l'élimination des défauts non permanents.

### 3 pourquoi la protection ?

C'est un critère très important fait le choix de fournisseur de réseau électrique dans un marché d'électricité.

## 4 Qualités principales d'un système de protection

### 4.1 Rapidité

Les courts-circuits sont donc des incidents qu'il faut éliminer le plus vite possible, c'est le rôle des protections dont la rapidité de fonctionnement et des performances prioritaires.

Le temps d'élimination des courts-circuits comprend deux composantes principales :

- Le temps de fonctionnement des protections (quelques dizaines de millisecondes).
- Le temps d'ouverture des disjoncteurs, avec les disjoncteurs modernes (SF6 ou à vide).ces derniers sont compris entre 1 et 3 périodes [8].

## 4.2 Sélectivité

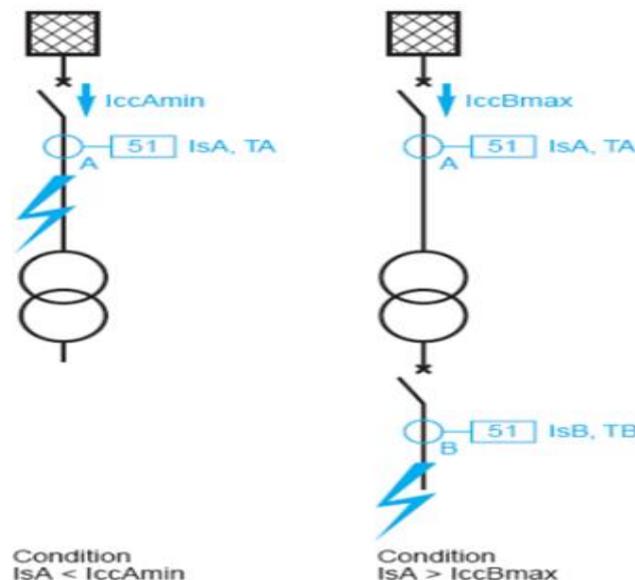
La sélectivité est une capacité d'un ensemble de protections à faire la distinction entre les conditions pour lesquelles une protection doit fonctionner de celles où elle ne doit pas fonctionner.

Les différents moyens qui peuvent être mis en œuvre pour assurer une bonne sélectivité dans la protection d'un réseau électrique, les plus importants sont les trois types suivants [8]:

- Sélectivité ampérométrique par les courants.
- Sélectivité chronométrique par le temps.
- Sélectivité par échange d'informations, dite sélectivité logique.

### 4.2.1 Sélectivité ampérométrique

Une protection ampérométrique (Figure II.2) est disposée au départ de chaque tronçon : son seuil est réglé à une valeur inférieure à la valeur de défaut minimal provoqué par un court-circuit sur la section surveillée, et supérieure à la valeur maximale du courant provoqué par un court-circuit situé en aval (au-delà de la zone surveillée) [8].



**Figure II.2 :** Fonctionnement d'une sélectivité ampérométrique [8].

Ainsi réglée, chaque protection ne fonctionne que pour les courts-circuits situés immédiatement en aval de sa position, à l'intérieur de la zone surveillée, elle est insensible aux courts-circuits apparaissant au-delà [8].

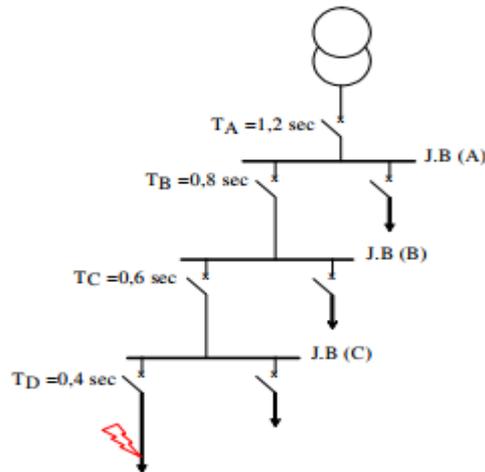
### 4.2.2 Sélectivité chronométrique

Sélectivité dans laquelle les protections sollicitées sont organisées pour fonctionner de manière décalée dans le temps. La protection la plus proche de la source a la temporisation la plus longue.

Ainsi, sur le schéma (Figure II.3), le court-circuit représenté est vu par toutes les protections (en A, B, C, et D). La protection temporisée D ferme ses contacts plus rapidement que celle installée en C, elle-même plus rapide que celle installée en B.

Après l'ouverture du disjoncteur D et la disparition du courant de court-circuit, les protections A, B, C qui ne sont plus sollicitées, reviennent à leur position de veille.

La différence des temps de fonctionnement  $\Delta T$  entre deux protections successives est l'intervalle de sélectivité [8].



**Figure II.3** : Principe de la sélectivité chronométrique [8].

### 4.3 Sensibilité

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

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

La notion de sensibilité d'une protection est fréquemment utilisée en référence au courant de court-circuit le plus faible pour lequel la protection est capable de fonctionner [8].

#### 4.4 Fiabilité

Les définitions et les termes proposés ici, sont dans la pratique, largement utilisés au plan international.

- Une protection a un fonctionnement correct lorsqu'elle émet une réponse à un court-circuit sur le réseau en tout point conforme à ce qui est attendu.
- A l'inverse, pour un fonctionnement incorrect, elle comporte deux aspects :
  - Le défaut de fonctionnement ou non-fonctionnement lorsqu'une protection, qui aurait du fonctionner, n'a pas fonctionné.
  - Le fonctionnement intempestif, qui est un fonctionnement non justifié, soit en l'absence de défaut, soit en présence d'un défaut pour laquelle la protection n'aurait pas du fonctionner.
- La fiabilité d'une protection, qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect (éviter les déclenchements intempestifs), est la combinaison de [8] :
  - La sûreté : qui est la probabilité de ne pas avoir de défaut de fonctionnement.
  - La sécurité : qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement intempestif.

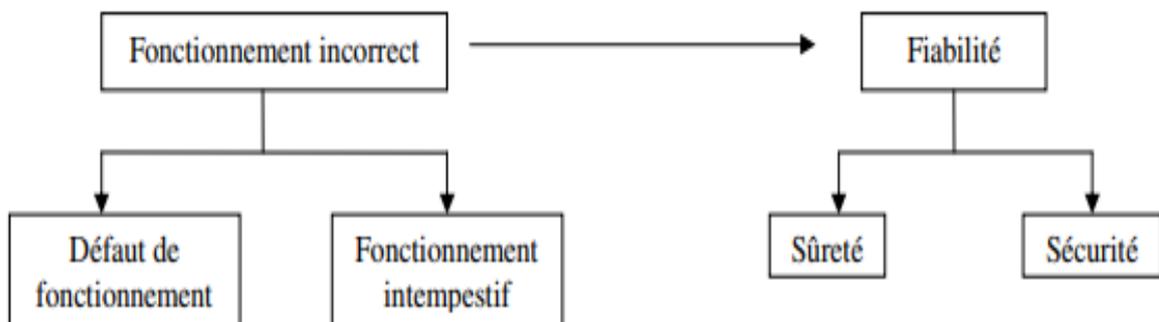
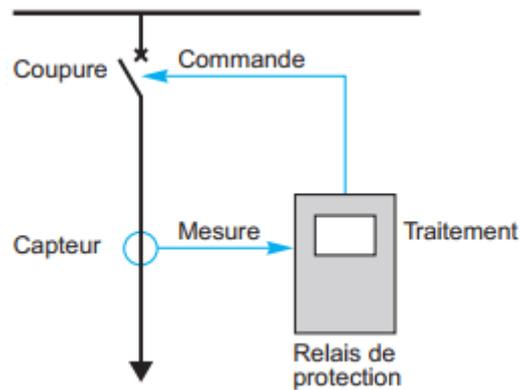


Figure II.4 : Fiabilité d'une protection [8].

#### 5 Chaîne générale 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 (figure II.5) [9].

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



**Figure II.5** : Chaîne de protection [9]

- capteurs de mesure – courant et tension – fournissant les informations de mesure nécessaires à la détection des défauts.
- relais de protection, chargés 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, contacteurs-fusibles [9].

### 5.1 Transformateurs de mesure

Les transformateurs de mesure doivent transmettre une information (un signal électrique) avec une précision garantie et assurent l'isolement entre le circuit primaire et le circuit secondaire (circuit de mesure). Cette isolation doit supporter la tension et la surtension du réseau ainsi que les courants de défauts. Les transformateurs de mesure (réducteur de mesure) sont principalement des transformateurs de tension (TT) et des transformateurs de courant (TC). Ils sont destinés à ramener les tensions et les courants sur les circuits principaux à des valeurs plus faibles et faciles à [10] :

- ✓ Mesurer et afficher.
- ✓ Utiliser pour des installations de comptage, pour calcul des puissances P et Q... etc.
- ✓ Utiliser pour alimenter des circuits de protections électriques ou des régulateurs.

#### 5.1.1 Transformateurs de courant (TC)

Les courants dans le réseau électrique sont souvent trop importants pour traverser directement les appareils de mesure. Les transformateurs d'intensité (transformateurs de courant) permettent de ramener ces courants forts à des valeurs acceptables pour la plupart des appareils,

généralement 1 ou 5 ampères. La fonction de ces transformateurs est de fournir au secondaire un courant proportionnel au courant primaire mesuré. Son utilisation concerne autant la mesure que la protection. Le rapport de transformation du TC s'exprime par [10] :

$$m=I_1/I_2 \quad (\text{II.1})$$

m : rapport de transformation du TC

I1 : courant primaire.

I2 : courant secondaire.

Cependant pour garantir une bonne exploitation de ces appareils il est utile de les exploiter dans leur partie linéaire en évitant le phénomène de saturation par les forts tensions et courants pour garantir fidèle ainsi :

- ✓ Il ne faut jamais laisser le secondaire d'un transformateur de courant ouvert.
- ✓ On ne peut pas utiliser un transformateur de courant en courant continu.
- ✓ On place un transformateur de courant sans chaque phase du réseau électrique.

### 5.1.2 Transformateur de tension (TT)

La fonction d'un transformateur de tension est de fournir à son secondaire une tension image de celle qui lui est appliquée au primaire. L'utilisation concerne autant la mesure que la protection. Les transformateurs de tension (TT) sont constitués de deux enroulements, primaire et secondaire, couplés par un circuit magnétique; les raccordements peuvent se faire entre phases ou entre phase et neutre (neutre à la terre). Le rapport de transformation de TT est [10]:

$$m=V_2/V_1 \quad (\text{II.2})$$

m : rapport de transformation du TT

V1 : tension primaire.

V2 : tension secondaire.

Il est strictement interdit de court-circuiter le secondaire d'un transformateur de tension TT, son secondaire doit être toujours ouvert présentant ainsi une charge infiniment grande contrairement au TC qui doit être court-circuité.

## 5.2 Relais de protection

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations (signaux) à caractère analogique ( courant, tension, puissance, fréquence, température, ...etc.) on les transformant à un ordre de fermeture ou ouverture d'un disjoncteur lorsque ces informations reçues atteignent les valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées à l'avance, Donc le rôle des relais de protection est de détecter tout phénomène anormal pouvant

se produire sur un réseau électrique tel que le court-circuit, variation de tension, augmentation de température, variation de fréquence...etc. Un relais de protection détecte l'existence de conditions anormales par la surveillance continue d'une installation [10].

### 5.2.1 Différents types des relais

Un relais de protection électrique, est partagé en trois types :

#### A-Relais électromécaniques :

Sont basés sur le principe système d'induction actionné par des bobines alimentées par des variables électriques du réseau via des transformateurs de courant et de tension. On utilise généralement un ressort de rappel réglable détermine la limite de l'action du disque sur un déclencheur (points de réglage). Les équipements électromécaniques sont des assemblages de plusieurs fonctions telles que détection de seuils et temporisation. Ils avaient l'avantage d'être robustes, de fonctionner sans source d'énergie auxiliaire et d'être peu sensibles aux perturbations électromagnétiques. Ces relais se caractérisent par leur solidité et leur grande fiabilité, pour cette raison, leur entretien est minime. Ils sont réputés pour leur fiabilité dans les environnements de travail les plus délicats surtout dans les zones poussières telles que les concasseurs les carrières. Mais un contrôle régulier est nécessaire dont la périodicité d'inspection dépend des conditions d'exploitation. Les inconvénients de ces dispositifs, qui demeurent néanmoins largement rencontrés, sont [10] :

- Le risque d'être hors d'état de fonctionner entre deux périodes de maintenance.
- Le manque de précision, le dispositif étant sensible à son environnement et aux phénomènes d'usure.
- Il est aussi difficile d'obtenir des réglages adaptés aux faibles courants de court-circuit.
- Son coût de fabrication est élevé.
- Des performances insuffisantes et n'autorisent l'emploi que de fonctions élémentaires simples, en nombre limité et sans redondance.

#### B- Relais statique:

Le développement de l'électronique a poussé les protections vers l'utilisation des composants électroniques discrets et les relais statiques. Ces protections, apparues sur le marché dans les années 1970, sont basées sur le principe de la transformation de variables électriques du réseau, fournies par des transformateurs de courant et de tension, en signaux électriques de faible voltage qui sont comparés à des valeurs de référence (points de réglage). Des comparateurs fournissent

des signaux temporisations qui actionnent des relais de déclenchement. Ces dispositifs nécessitent en général une source d'alimentation auxiliaire continue. Ils ont les caractères suivant [10]:

- Ils procurent une bonne précision et permettent la détection des faibles courants de défaut.
- Chaque unité opère comme une fonction unitaire et plusieurs fonctions sont nécessaires pour réaliser une fonction de protection complète.

Les inconvénients de ces dispositifs est le risque d'état de fonctionnement entre deux périodes de tests de maintenance.

- grande puissance consommée.
- Faible sécurité de fonctionnement (pas de fonction d'autocontrôle).

### C -Relais numériques :

La technologie numérique a fait son apparition au début des années 1980 Avec le développement des microprocesseurs et des mémoires, les protections numériques, sont basées sur le principe de la transformation de variables électriques du réseau, fournies par des transformateurs de mesure, en signaux numériques de faible voltage. L'utilisation de techniques numériques de traitement du signal permet de décomposer le signal en vecteurs, ce qui autorise un traitement de données via des algorithmes de protection en fonction de la protection désirée. En outre, ils sont équipés d'un écran d'affichage à cristaux liquides sur la face avant pour le fonctionnement local.

Ces dispositifs nécessitant une source auxiliaire, offrent un excellent niveau de précision et un haut niveau de sensibilité. Ils procurent de nouvelles possibilités, comme [10]:

- Intégration de plusieurs fonctions pour réaliser une fonction de protection complète dans une même unité.
- possibilité de traitement et le stockage de données, l'enregistrement des perturbations du réseau (perturbographe).
- Le diagnostic des dispositifs connectés (disjoncteurs, ....etc.).

Ces modèles intègrent des possibilités d'autotest et d'autocontrôle qui augmentent leur continuité de fonctionnement tout en réduisant la durée et la fréquence des opérations de maintenance.

En plus des fonctions de protection, ces équipements disposent également de fonctions complémentaires facilitant leur fonctionnement. Les liaisons séries permettent de les

paramétrer depuis un micro-ordinateur et de les connecter à un système de contrôle commande au niveau local et central. Ils permettent aussi de bénéficier des récentes découvertes dans le domaine de l'intelligence artificielle, comme les réseaux neuronaux et la logique floue [10].

### 5.3 Disjoncteur moyenne tension

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

- Dans des conditions normales de service, par exemple pour connecter ou déconnecter une ligne dans un réseau électrique.
- Dans des conditions anormales spécifiées, en particulier pour éliminer un court-circuit, et les conséquences de la foudre.

De par ses caractéristiques, un disjoncteur est l'appareil de protection essentiel des réseaux électrique HTA, car il est seul capable d'interrompre un courant de court-circuit et donc éviter que le matériel soit endommagé par ce court-circuit [8].

Les types de disjoncteurs tension les plus utilisés sont:

- Disjoncteur à huile.
- Disjoncteur à air comprimé.
- Disjoncteur à gaz SF6.
- Disjoncteur à vide.

### 5.4 Fusible moyenne tension

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

- Des récepteurs moyenne tension (transformateurs, moteurs, condensateurs... etc).
- Des réseaux de distribution électrique publique et industrielle.

Ils offrent une protection sûre contre des défauts importants qui peuvent survenir d'une part sur les circuits moyenne tension, d'autre part sur les circuits basse tension. Cette protection peut

être accrue en combinant les fusibles avec des systèmes de protection basse tension ou un relais de surintensité [8].

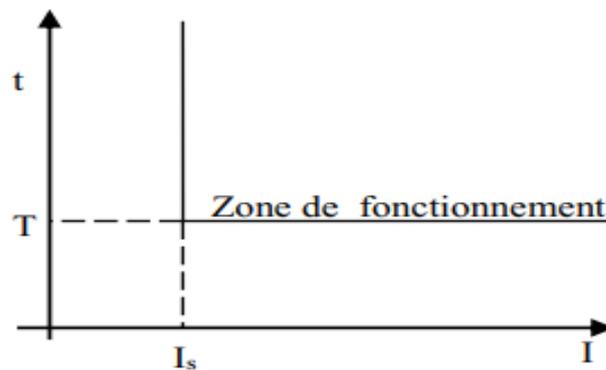
## 6 Différents types de protections

### 6.1 Protection à maximum de courant phase

Elle a pour fonction de détecter les surintensités monophasées, biphasées ou triphasées. La protection est activée si un, deux ou trois des courants concernés dépassent la consigne correspondant au seuil de réglage. Cette protection peut être temporisée, dans ce cas elle ne sera activée que si le courant contrôlé dépasse le seuil de réglage pendant un temps au moins égal à la temporisation sélectionnée. Cette temporisation peut être à temps indépendant au à temps dépendant [11].

#### 6.1.1 Protection à temps indépendant

La temporisation est constante, elle est indépendante de la valeur du courant mesuré (Figure II.6). Le seuil de courant et la temporisation sont généralement réglables par l'utilisateur.



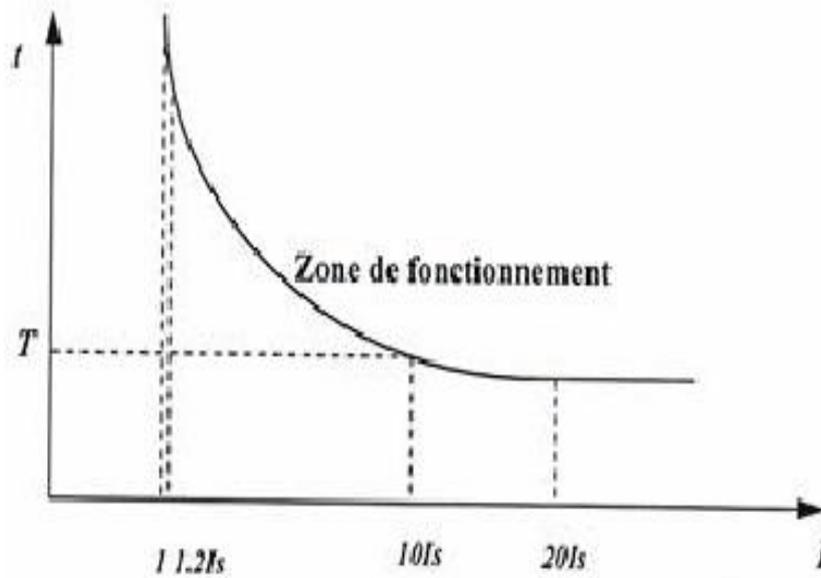
$I_s$  : seuil de fonctionnement en courant (seuil de courant)

$T$  : retard de fonctionnement de la protection (temporisation)

**Figure II. 6** : Protection à temps indépendant [11].

#### 6.1.2 Protection à temps dépendant

La temporisation dépend du rapport entre le courant mesuré et le seuil de fonctionnement. Plus le courant est élevé et plus la temporisation est faible (Figure II.8)



$I_s$  : seuil de fonctionnement en courant correspondant à l'asymptote verticale de la courbe.

$T$  : temporisation pour  $10 I_s$

**Figure II. 7** : Protection à temps dépendant [11].

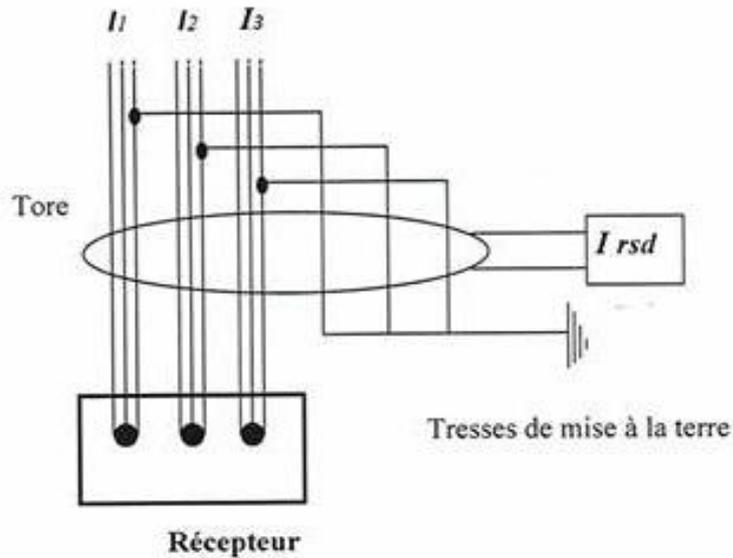
## 6.2 Protection à maximum de courant terre

Elle est utilisée pour détecter les défauts à la terre. La protection est activée si le courant résiduel défini par  $I_{rsd} = I_1 + I_2 + I_3$ , dépasse le seuil de réglage pendant une durée égale à la temporisation choisie. En l'absence de défaut à la terre, la somme des trois phases est toujours nulle. Le courant résiduel donne la mesure du courant passant par la terre lors d'un défaut [11].

### 6.2.1 Mesure du courant résiduel

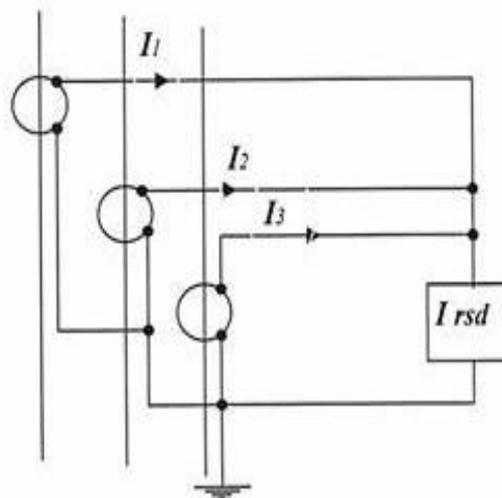
Deux méthodes pour mesurer un courant résiduel :

- par un seul transformateur (figure II.8) de courant de type tore enserrant les trois conducteurs de phases. Les spires du secondaire du transformateur de courant embrassent
- un flux magnétique  $\Phi_{rsd} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$ ,  $\Phi_2$  et  $\Phi_3$  sont proportionnelle aux courants de phases  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$  respectivement.  $\Phi_{rsd}$  Est alors proportionnelle au courant résiduel [11].



**Figure II.8 :** Mesure du courant résiduel par un tore [11].

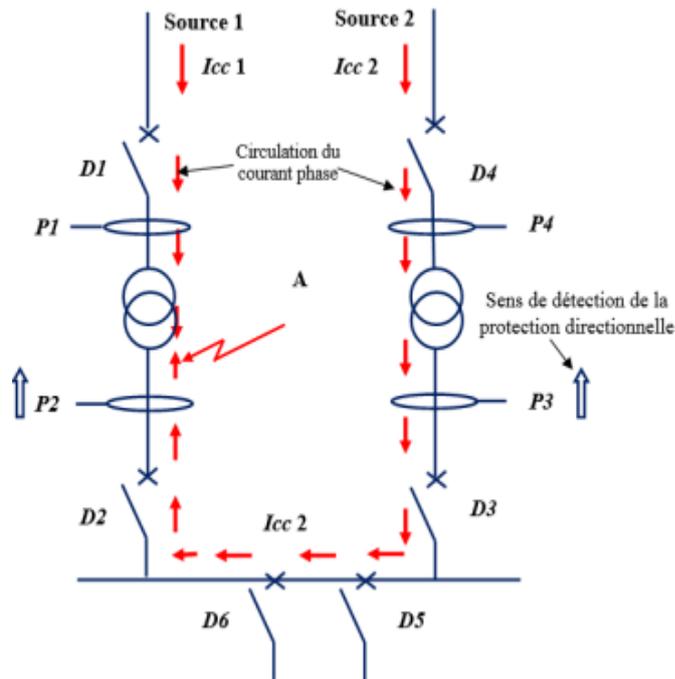
- par trois transformateurs de courant, comme montre la figure



**Figure II.9 :** Mesure du courant résiduel par trois transformateurs de courant [11].

### 6.3 Protection à maximum de courant phase directionnel

Elle possède une fonction à maximum de courant phase définie associée à une détection du sens du courant. Pour analyser son fonctionnement, nous allons montrer un exemple d'utilisation de cette protection. Considérons un jeu de barres alimenté par deux sources (figure. II.11).



**Figure II.10:** jeu de barres alimenté par deux sources [10].

→ Circulation du courant de court-circuit.

↑ Sens de détection de la protection directionnelle.

P1, P4 : protection à maximum de courant phase.

P2, P3 : protection à maximum de courant phase directionnel.

Icc1 : courant de court-circuit alimenté par source 1.

Icc2 : courant de court-circuit alimenté par source 2.

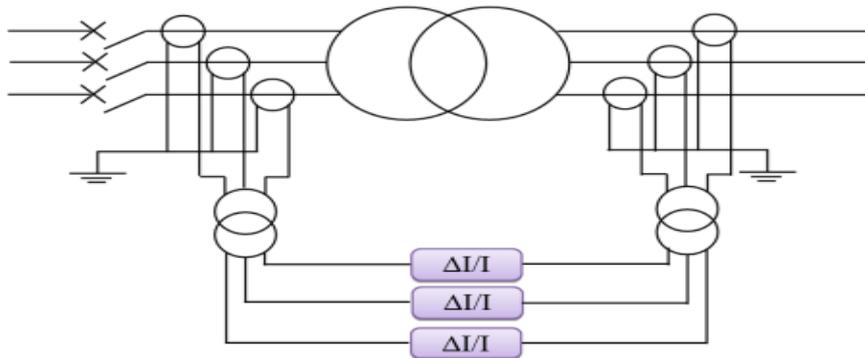
Lors d'un défaut en A, les deux courants de court-circuit  $I_{cc1}$  et  $I_{cc2}$  s'établissent simultanément. Les quatre protections P1, P4, P2 et P3 sont traversées par un courant de court-circuit. Pour éliminer le défaut sans coupure l'alimentation seuls les disjoncteurs D1 et D2 doivent déclencher. Pour y parvenir, on installe des protections à maximum de courant phase directionnelle en P2 et P3. Le système de protection se comporte alors de la façon suivante [11] :

- P3 n'est pas activée car elle est traversée par un courant circulant dans un sens opposé à son sens de détection.
- P2 est activée car elle est traversée par un courant circulant dans le sens de sa détection. Elle provoque le déclenchement du disjoncteur D2.
- Ensuite déclenchement de D1.
- P4 n'est activée car elle est temporisée.
- Le tronçon en défaut est donc isolé.

On dit que la protection détecte le sens du courant, mais en réalité, elle détecte le signe de la puissance active.

### 6.4 Protection différentielle transformateur

La protection différentielle transformateur est pour but de protéger cette machine contre les défauts d'origine interne tels que les court circuits entre spires de la même phase ou court circuits entre phases ou encore entre phase et masse, le principe de fonctionnement de cette protection est donné par la figure sous dessous. A fin d'éviter les déclenchements intempestif causés par les forts courants dus aux défauts d'origine externe hors de la zone protéger, cette protection est à pourcentage [10].



**Figure II.11** : Schéma de principe de la protection différentielle transformateur [10].

### 6.5 Protection à maximum de tension

Elle est utilisée pour les récepteurs contre une tension plus élevée que la tension nominale de service, la protection est activée lorsque la tension composée aux moins d'une phase est plus élevée au seuil de réglage pour une temporisation généralement constante.

Généralement le réglage se fait pour un seuil de tension supérieure à 1,1 un pour une durée de 1s, cependant cette dernière dépend du système de sélectivité employé entre les autres protections. Le contrôle de tension est surveillé par l'utilisation des transformateurs se tension déjà étudié aux paragraphes précédents [10].

### 6.6 Protection à minimum de tension

Elle a pour but de protéger les installation industrielles, les câbles et les lignes de transmission contre les surcharges causées par la diminution de tension, pour les moteurs électrique les conséquence sont plus graves notamment à l'instant de démarrage des moteurs asynchrones de fortes puissance car une diminution de tension entraine une diminution importante du couple de démarrage cela va entraines un échauffement excessif de la machine

accompagné par un freinage du rotor jusqu'à le calage et la machine est trouvée en court circuit [10].

### **Conclusion**

Les dispositifs de protection surveillent en permanence l'état électrique des éléments d'un réseau et provoquent leur mise hors tension (par exemple l'ouverture d'un disjoncteur), lorsque ces éléments sont le siège d'une perturbation indésirable : court-circuit, défaut d'isolement...

Le choix d'un dispositif de protection n'est pas le fruit d'une réflexion isolée, mais une des étapes les plus importantes de la conception d'un réseau électrique.

A partir de l'analyse du comportement des matériels électriques (moteurs, transformateurs...) sur défauts et des phénomènes qui en découlent, le présent travail a pour but d'aider à choisir les dispositifs de protection les mieux adaptés.

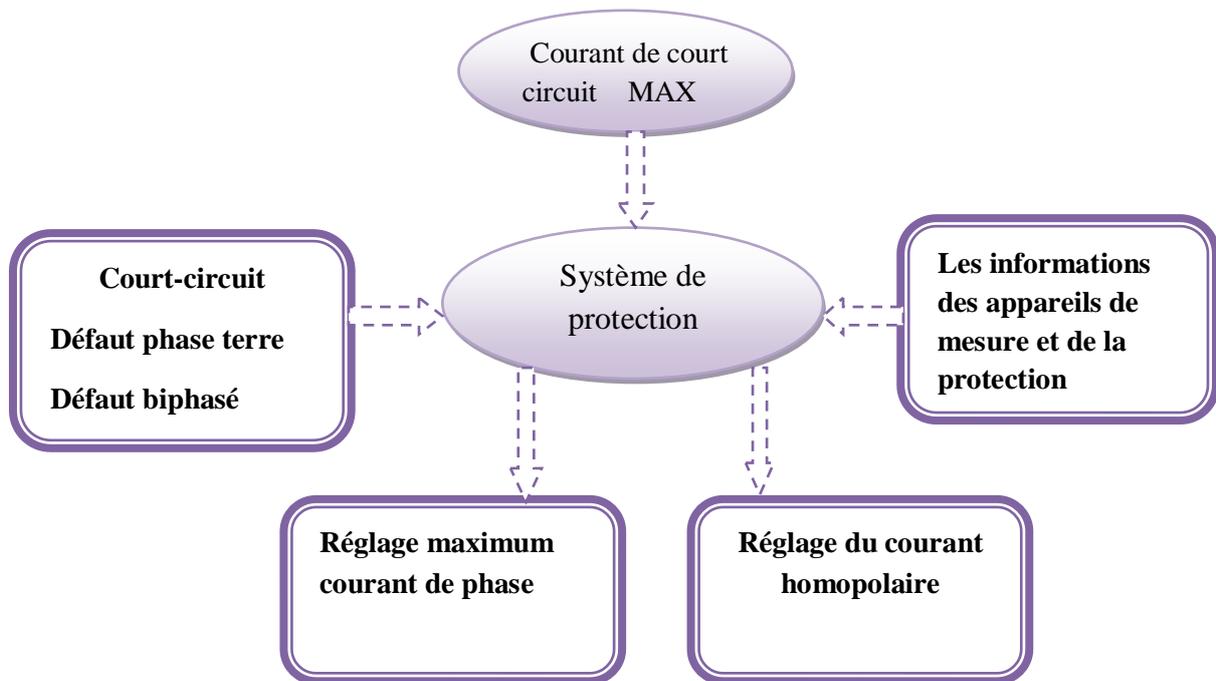
**CHAPITRE III**  
**Etude pratique et les**  
**résultats obtenus**

## Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude pratique, concernant les calculs des réglages des protections du départ HTA, On se basant sur les formules des calculs des défauts de court-circuit pour calculer les valeurs de réglages des relais de protection maximum de courant phase (court-circuit phase-phase) et maximum de courant homopolaire (court-circuit phase-terre) avec des essais réels au poste source HTB/HTA (30/10 KV) poste Biskra.

### 1 Méthodologie de réglage d'un système de protection

Etablir un système de protection efficace consiste à déterminer les différents courants de court circuit, les caractéristiques des TC et TP, ainsi que les caractéristiques techniques des départs et arrivées. La (Figure III.1) présente la méthodologie d'analyse permettant d'établir un plan de protection efficace.



**Figure III.1:** Méthodologie de réglage d'un système de protection.

## 2 Protections des transformateurs HTB/HTA

Départ : Bab Edarb au poste For Turk 30/10 kv Biskra

Poste : 30/10 KV

Puissance nominale de transformateur 30/10kv : 10 MVA

Puissance de court-circuit : 250 MVA

Tension de court-circuit : 10.41%

Langueur de départ : 1.949Km

Tension nominal secondaire de transformateur : 10.5KV

La résistance linéique  $0.361\Omega /\text{km}$

La réactance linéique  $1.782 \Omega /\text{km}$

Section du câble 120 mm

Nombre de poste MT/BT : 05 DP et 05 LV

**Caractéristiques des protections :**

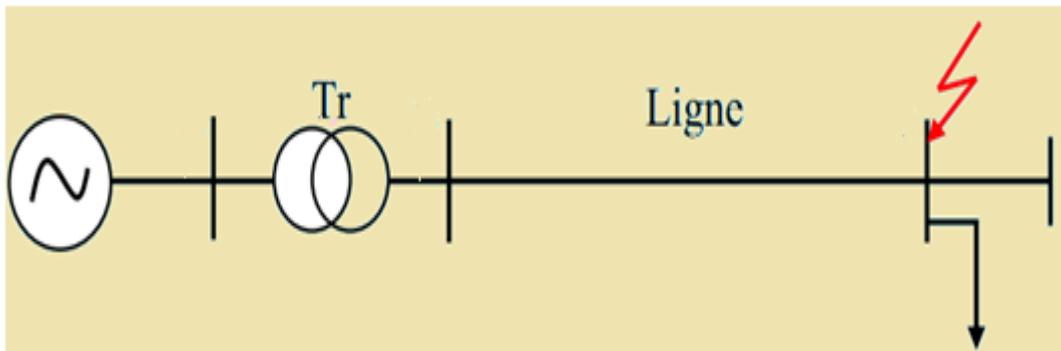


Figure III.2 : Schéma unifilaire du réseau.

**-Calcul de l'impédance amont ramenée en 10kv :**

$$X_A (\Omega) = \frac{U_N^2}{S_{cc}} \quad (\text{III.1})$$

$U_N$  : [KV]

$S_{cc}$  : [MVA]

$$X_A (\Omega) = \frac{10^2}{250} = j0.4\Omega$$

**-Calcul de l'impédance du transformateur 30/10kv :**

$$X_T(\Omega) = \left(\frac{U_{cc}\%}{100} \times \frac{U_{NT}^2}{S_N}\right) \quad (\text{III.2})$$

$$X_T(\Omega) = \left(\frac{10.41}{100}\right) \times \frac{(10.5)^2}{10} = 1.147\Omega$$

- $U_{NT}$  Tension nominale secondaire du transformateur
- 10.5 KV pour les réseaux 10 KV
- 30 KV pour les réseaux 30 KV

#### -Calcul de l'impédance de la ligne :

Les résistances kilométriques par phase d'un conducteur de section S est donnée par les expressions approximatives suivantes :

- Cuivre :  $R(\Omega) = 18/s$  ( $mm^2$ )
- Aluminium :  $R(\Omega) = 30/s$  ( $mm^2$ )
- Almélec :  $R(\Omega) = 33/s$  ( $mm^2$ )
- Aluminium Acier :  $R(\Omega) = 36/s$  ( $mm^2$ )

La valeur de la réactance kilométrique par phase est approximativement

- $X$  ( $\Omega/km$ ) = 0.4 pour les lignes aériennes.
- $X$  ( $\Omega/km$ ) = 0.1 environ pour les câbles souterrains.

La plus grande impédance de départ se trouve au point D (le plus éloigné).

$$Z_L = R_{AD} + j X_{AD} \quad (III.3)$$

$$R_{AD} = \rho \left(\frac{l}{S}\right) \quad (III.4)$$

$$R_{AD} = R_0 \times l \quad (III.5)$$

$$R_{AD} = R_{240} + R_{120} + R_{185} \quad (III.6)$$

$$R_{AD} = R_{01} \times l_{240} + R_{02} \times l_{120} + R_{03} \times l_{185} \quad (III.7)$$

$$R_{AD} = 0.125 \times 1.737 + 0.268 \times 1.379 + 0.164 \times 0.482$$

$$R_{AD} = 0.665\Omega$$

- $R_{01}$  ( $\Omega/km$ ): Résistance linéique du câble souterrain 240  $mm^2$  aluminium.
- $R_{02}$  ( $\Omega/km$ ): Résistance linéique du câble souterrain 120  $mm^2$  cuivre.
- $R_{03}$  ( $\Omega/km$ ): Résistance linéique du câble souterrain 185  $mm^2$  aluminium.

$$X_{AD}=0.1 \times 1 = 0.1 \times 1.949 = j0.1949\Omega \quad (\text{III.8})$$

$$Z_d = \sqrt{(R_{AD})^2 + (X_{dA} + X_{dT} + X_{AD})^2} \quad (\text{III.9})$$

$$Z_d = \sqrt{(0.665)^2 + (0.194 + 1.147 + 0.4)^2}$$

$$Z_d = 0.8636 \Omega$$

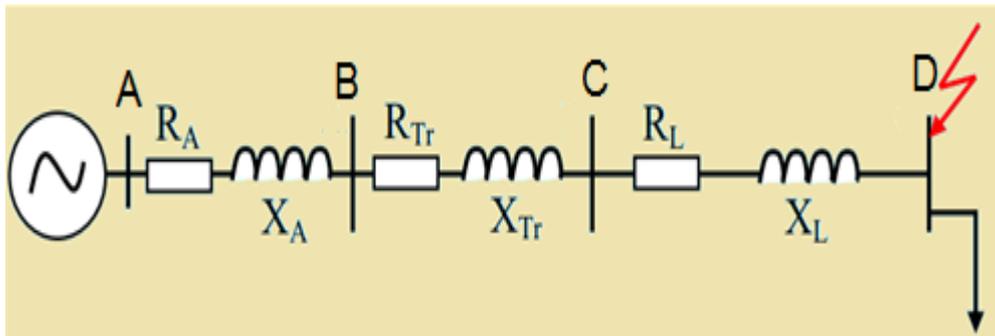


Figure III.3 : Schéma des impédances des éléments du réseau.

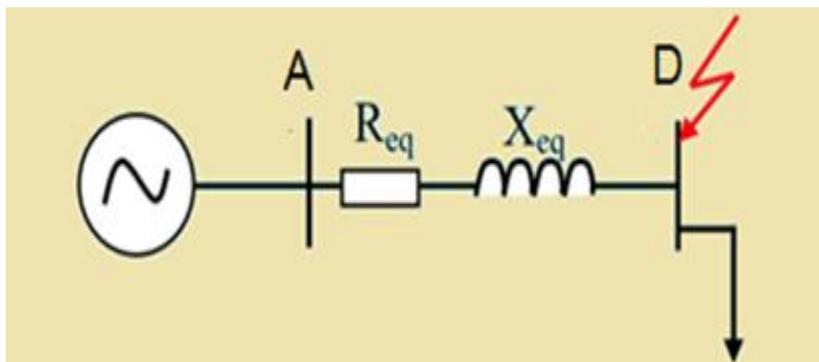


Figure III.4 : Figure Schéma équivalent.

Calcul de  $I_{ccb}$  :

$$I_{ccb} = \frac{\sqrt{3}V_N}{2Z_d} = \frac{10000}{2 \times 1.8636} = 2682.97 \text{ A} \quad (\text{III.10})$$

Réglage de relais de courant de phase :

-Si  $0.85 I_{ccb} > k \times \text{ilt}$  le seuil sera réglé à :  $I_s < IR < k \times \text{ilt}$

-Si  $0.85 I_{ccb} < k \times \text{ilt}$  le seuil sera réglé à :  $I_s < IR < 0.85 \times I_{ccb}$

$$I_s = 1.3 \times I_{NTC} = 1.3 \times 1 = 1.3 \text{ A} \quad (\text{III.11})$$

Coté primaire du TC :  $(1.3 \times 400)/1 = 520\text{A}$

$$I_{ccb} \times 0.8 = 0.8 \times 2682.97 = 2146.376 \text{ A} \quad (\text{III.12})$$

Coté secondaire du TC :  $(2146.376 \times 1) / 400 = 5.36 \text{ A}$

Le courant limite thermique de la section 185 mm<sup>2</sup> d'un câble en Aluminium est : 275A

Avec un coefficient de surcharge  $K=1.2$  on aura :

$$k \times ilt = 1.2 \times 275 = 330 \text{ A} \quad (\text{III.13})$$

on a :  $0.85 \times I_{ccb} > 1.2 \times ilt$

Alors :  $I_{reg} < 330 \text{ A}$

le réglage adopté  $I_{reg} = 310 \text{ A}$

### -Calcul de $3 I_0$ (courant homopolaire) :

D'après le tableau donnant la capacité homopolaire pour la section de 120mm<sup>2</sup> du câble a champ radial :  $3I_0 = A/\text{km}$

Pour notre départ :

$$3 I_0(240) = 1.737 \times (3 \times 0.810) = 3.41 \text{ A} \quad (\text{III.14})$$

$$3I_0 (120) = 1.379 \times (3 \times 0.488) = 0.531 \text{ A} \quad (\text{III.15})$$

$$3I_0 (185) = 0.482 \times (3 \times 0.722) = 0.389 \text{ A} \quad (\text{III.16})$$

$$3I_0 = 5.795 \text{ A}$$

Réglage du relais homopolaire :

Nous avons :  $I_{0R} > K \times 3I_0$

$K$  dépend du type du relais utilisé ici  $K=2$

Donc :  $I_{0R} > 2 \times 5.795 = 11.59 \text{ A}$

Réglage adopté :  $I_{0R} = 30 \text{ A}$

### 3 Essais de relais de la protection sur un départ HTA 10 kV

Nous avons créé un défaut de surcharge et court circuit permanent entre les trois phases et un défaut homopolaire monophasé.

#### 3.1 Caractéristiques et réglages de protection de départ Bab Edarb 10 kV Biskra

Départ : Bab Edarb au poste For Turk 30/10 kv Biskra

Poste : 30/10 KV

Puissance nominale de transformateur 30/10kv: 10 MVA

Puissance de court-circuit : 250 MVA

Tension de court-circuit : 10.41%

Langueur de départ : 3.598 Km

Tension nominal secondaire de transformateur : 10.5KV

La Puissance installé : 5210 MVA

La Puissance mise en disponibilité : 130KW

Section du câble :  $120 \text{ mm}^2$

Nombre de poste MT/BT : 07 DP - 01 AB- 02 MX

Le rapport du TC : 400/1 A

Le courant de phase a réglé :  $I_{\text{phase}} = 310\text{A}$   $t = 0.8\text{s}$

Le courant de phase à la terre (homopolaire) à réglé  $I_h = 30\text{A}$   $t = 0.6\text{s}$

### 3.2 Résultats Pratiques

#### 3.2.1 Schéma global de test

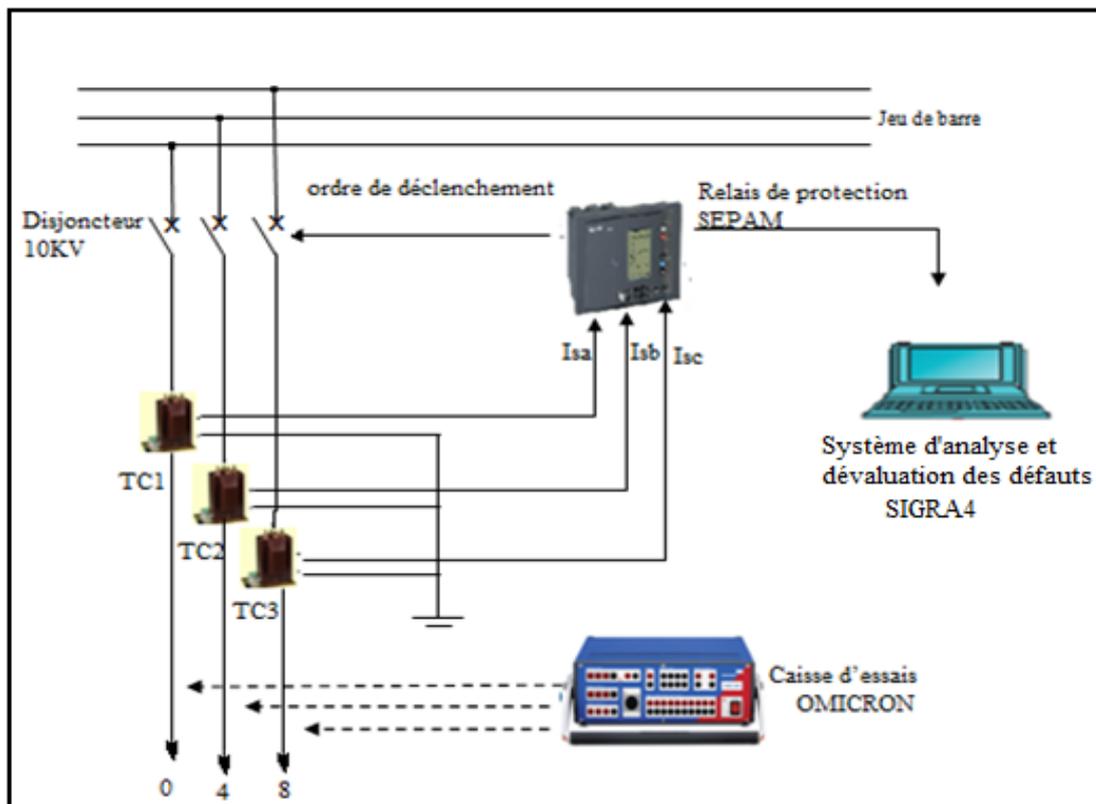


Figure III.5 : Schéma global de test protection pour un départ souterrain 10kv.



Figure III.6 : Les appareils utilisés pour les tests simulation.

### 3.2.2 Equipements des essais

#### A - Caisse d'injection OMICRON CMC 256 plus :

C'est un appareil de test des relais de protection des réseaux électriques moyenne ou haute tension (Figure III.7). Elle permet de mesurer les seuils de déclenchement et la temporisation associée au relais ou au disjoncteur.

Le CMC 256plus est le choix de prédilection pour les applications exigeant une très grande précision. Cette unité n'est pas seulement un excellent appareil de test pour les équipements de protection de toute sorte, mais c'est aussi un calibrateur universel [12].

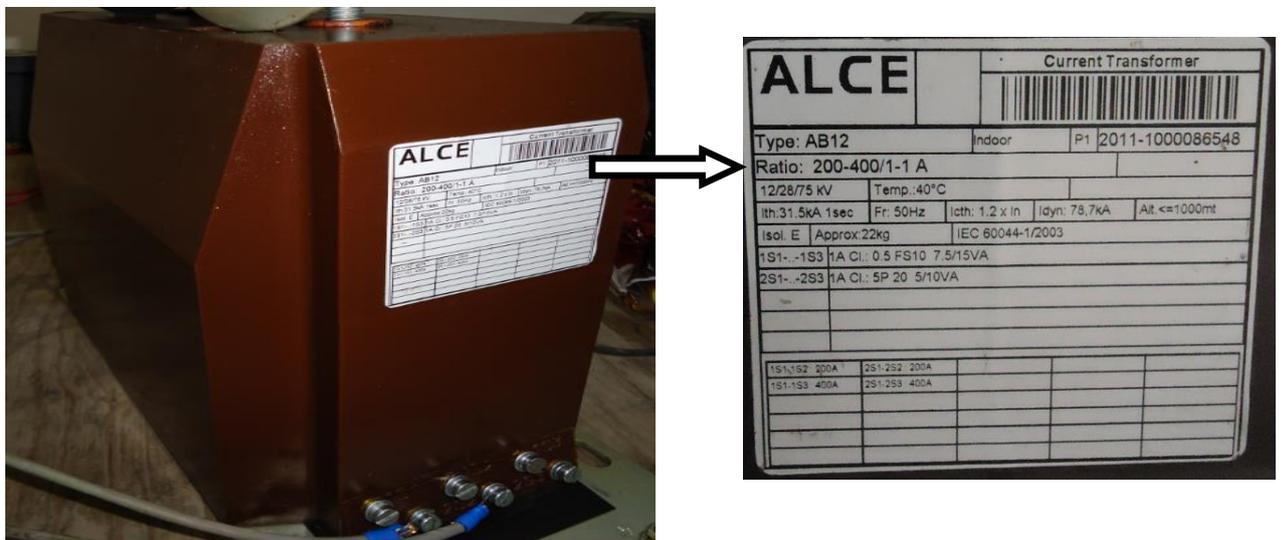


Figure III.7 : Caisse d'injection OMICRON CMC 256 plus.

**B - Transformateur de courant ALCE :**

La (Figure III.8) montre le transformateur de courant à double enroulement primaire et deux sortie pour mesure et protection avec les caractéristiques suivantes :

- Marque : ALCE
- TYPE : AB12
- Tension de service : 10 kV
- Calibre et couplage : 200- 400 / 1
- Classe de précision : 5P20
- Puissance de précision: 15 VA

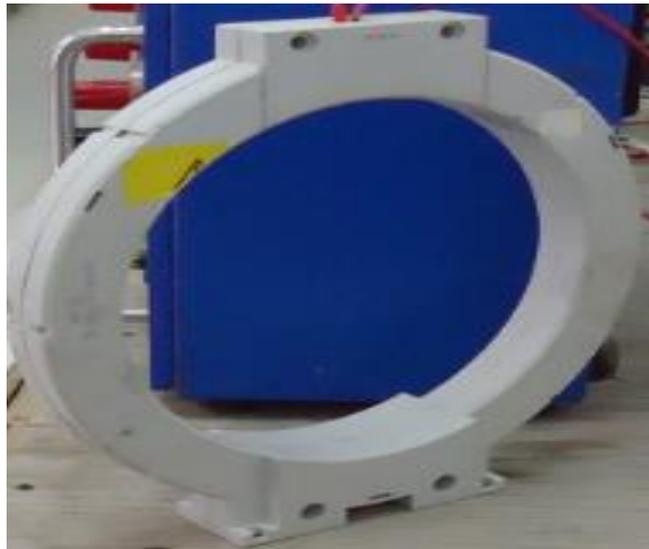


**Figure III.8 :** Transformateur de courant ALCE.

**-Transformateur de courant tore :**

Le tore homopolaire spécifique (Figure III.9) permet la mesure directe du courant résiduel. Ils diffèrent uniquement par leur diamètre.

- Marque : Merlin gerin
- TYPE : CSH200
- Tension de service : 12kV
- Calibre et couplage : 20/ 1



**Figure III.9 :** Transformateur de courant tore.

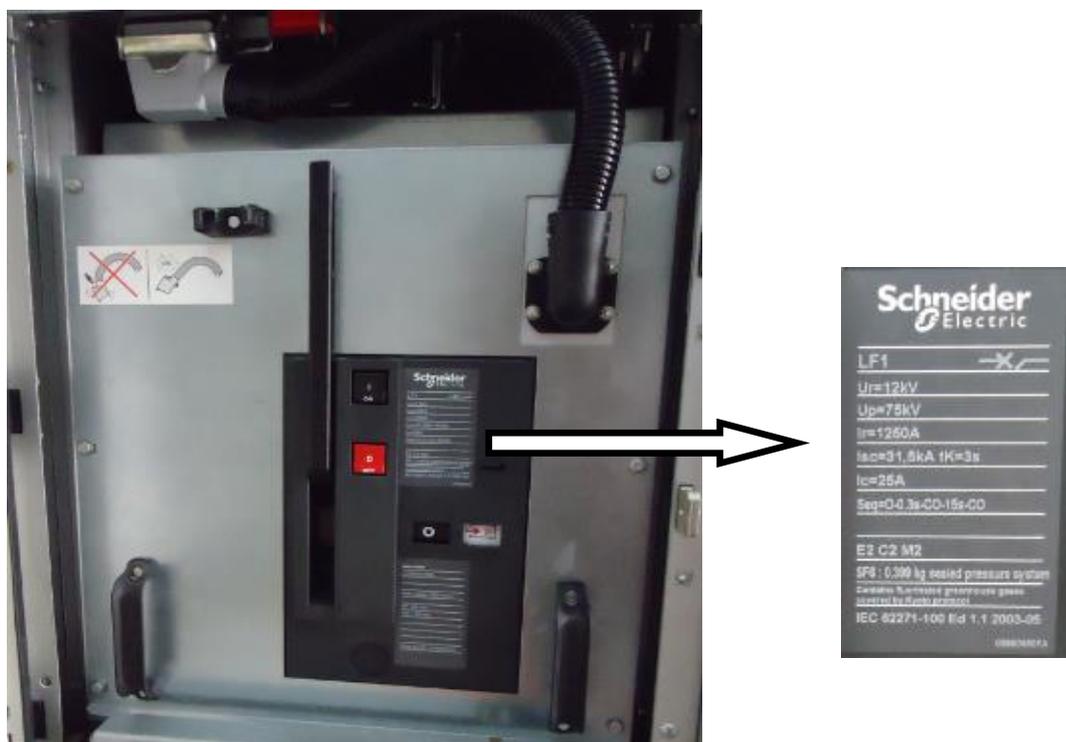
**C– Disjoncteur HTA 10KV :**

la (Figure III.10) montre le disjoncteur utilisé au départs 10 KV avec les caractéristiques suivantes Marque : Schneider

In :1250A

Un :12KV

Isc :31.5 KA tK : 3s



**Figure III.10 :** Disjoncteur Schneider à gaz SF6.

### D- Relais de protection sepam :

Le sepam (système électronique de protection d'automatise et de mesure) est un relais de protection programmable il est conçu pour mesurer (Figure III.11), analyser et afficher (courants, tension, fréquence, température ...) de manière a piloté un disjoncteur, un contacteur.



Figure III.11 : Relais de protection sepam.

### E - Logiciel d'analyse et d'évaluation des défauts (SIGRA 4) :

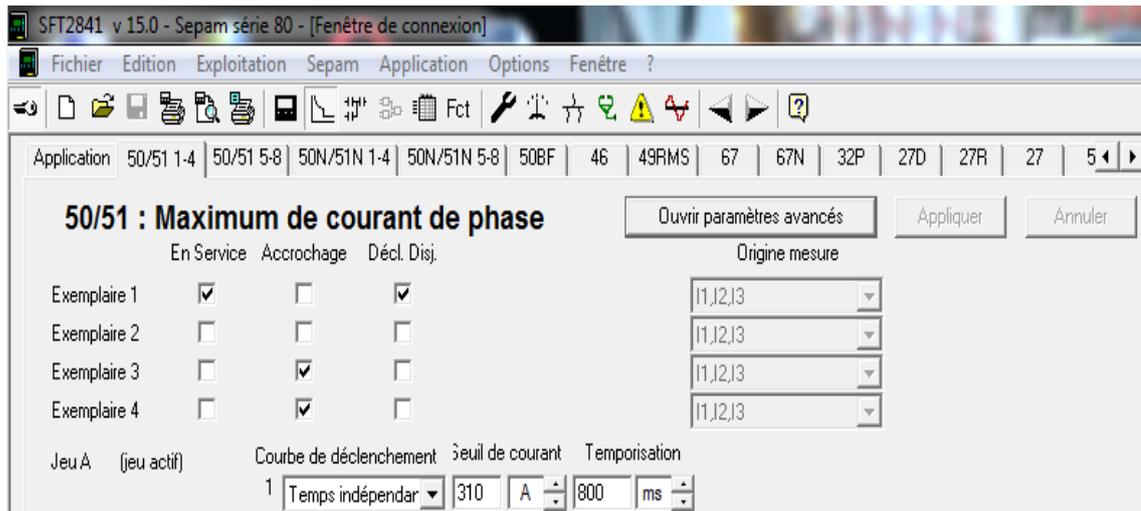
Le programme d'application **SIGRA 4** il est assisté pour analyser les défauts dans les réseaux électriques.

Il exploite les données sous forme graphique enregistrées pendant le défaut sur la base des valeurs de mesure et calcule d'autres valeurs complémentaires par exemple les impédances les puissances et les valeurs effectives qui facilitent l'exploitation de l'enregistrement de défauts.

#### 3.2.3 Résultats et commentaires

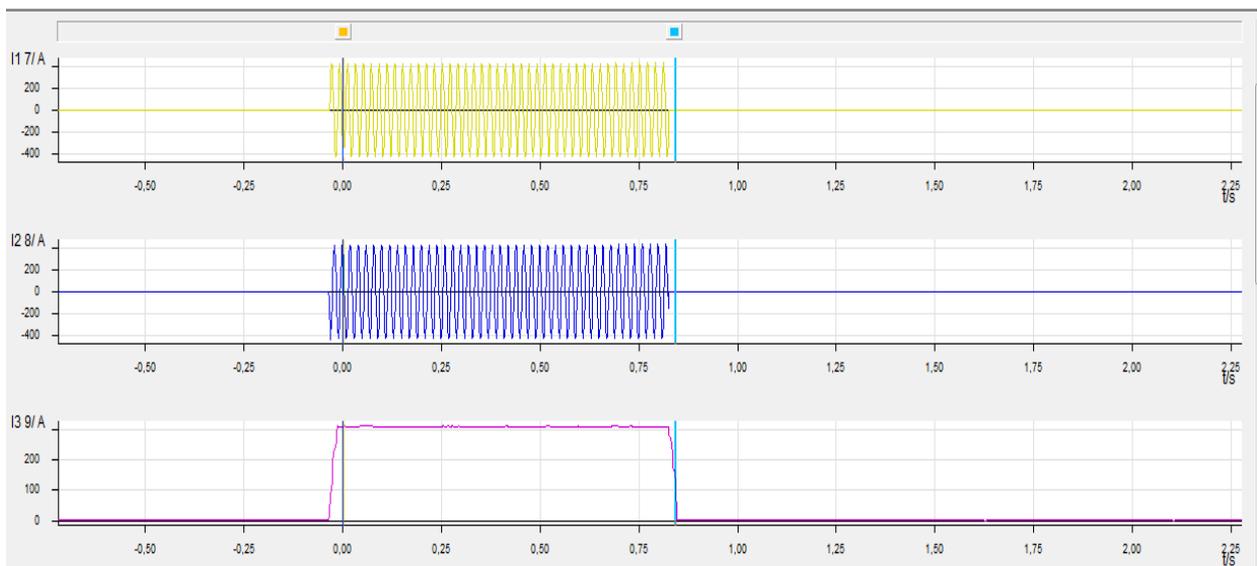
##### 1<sup>er</sup> Essai :

- On va faire la simulation pour un défaut de surcharge entre trois phases, on a choisir l'exemplaire 1 (figure III.12), Les paramètre de réglage comme suit : I phase =310A avec t=0.8s.



**Figure III.12 :** Paramètre de réglage maximum de courant de phase : 50/51.

- Les valeurs affichées pendant le défaut :
- La (figure III .13) montre les trois courants pendant le défaut



**Figure III.13:** Trois courants pendant le défaut de surcharge.

Ces courbes montre l'évolution des courant de charge de ligne avec une valeur qui dépasse le courant de réglage ce qui provoque une coupure temporisé.

La (figure III.14) montre la temporisation de déclenchement de disjoncteur

Entrées binaires / Trigger			
Déc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	858,5 ms
Détec.	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	n/a
Inutilisé			

Figure III.14 : Temporisation de déclenchement de disjoncteur après un défaut de surcharge.

On remarque que la temporisation réglé( $t= 0.8s$ ) et la temporisation après le défaut ( $t= 0.85s$ ) ce qui valide que la coupure de défaut rapide et efficace suite à la protection numérique et l’entretien d’appareillage.

**2<sup>ème</sup> Essai :**

- La simulation pour un défaut de court circuit instantané entre trois phases, on a choisir l'exemplaire 2(figure III.15)

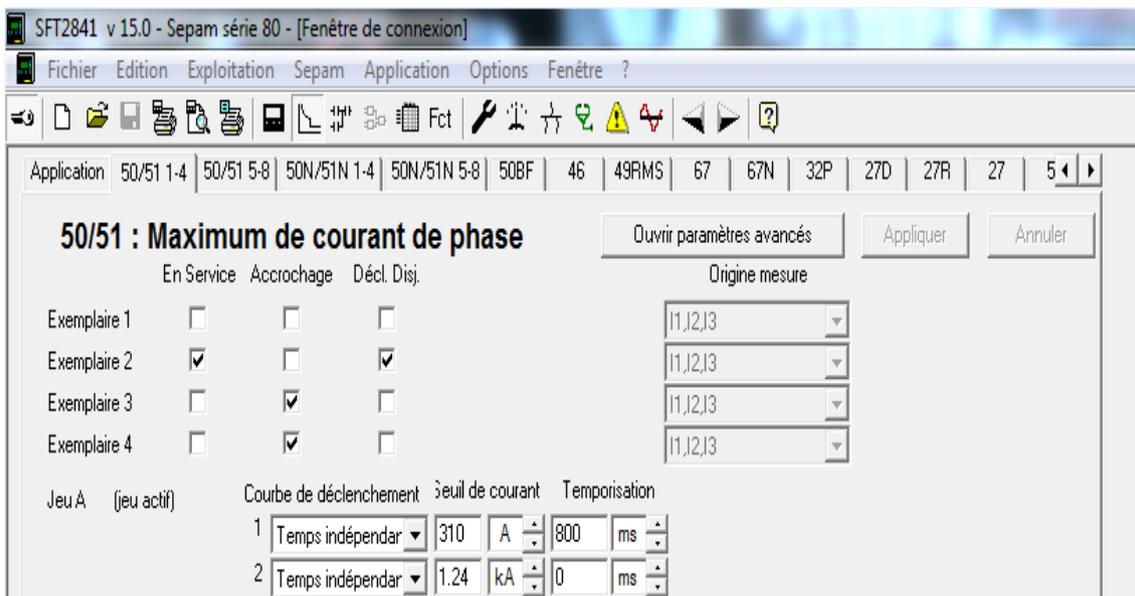
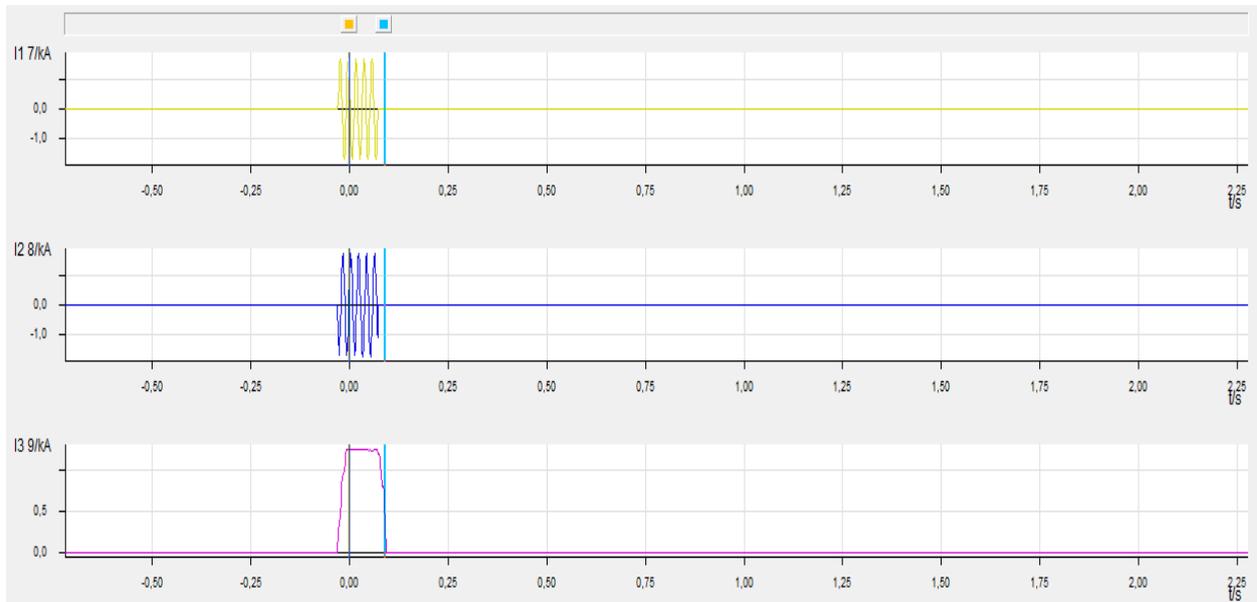


Figure III.15: Configuration paramètre de protection max de phase : 50/51.

- Les valeurs affichées pendant le défaut :
- ✚ Les trois courants pendant le défaut (figure III.16)



**Figure III.16:** Trois courants de défaut de court circuit.

D’après la figure on remarque un courant du court circuit important entre les phases qui signifie un défaut violent qui provoque un déclenchement instantané.

- ✚ La temporisation de déclenchement de disjoncteur (figure III.17)

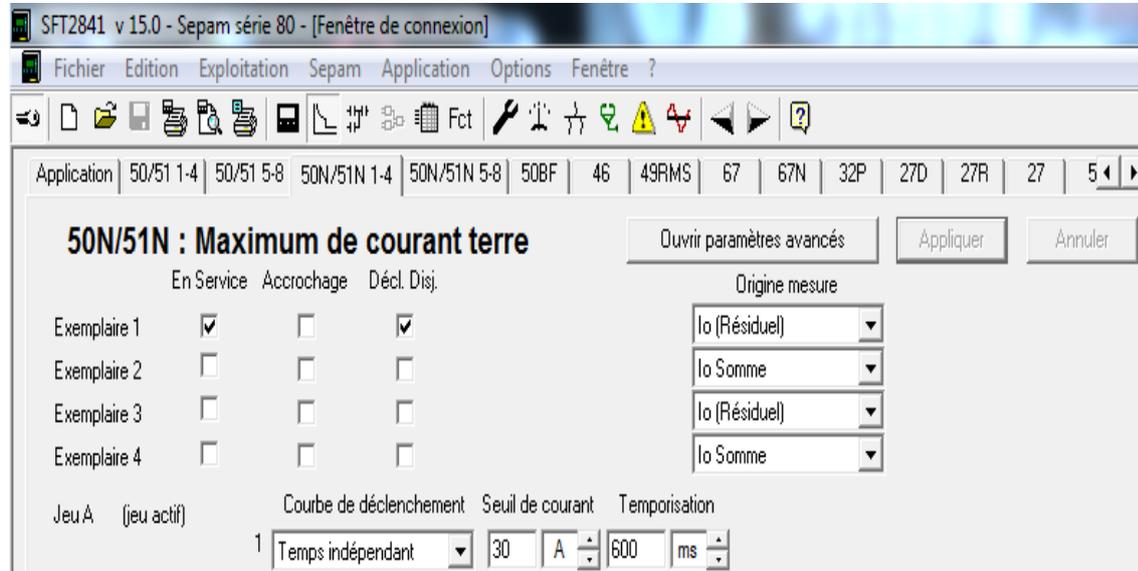
Entrées binaires / Trigger			
Déc	<input checked="" type="checkbox"/>		100,5 ms
Détec.	<input type="checkbox"/>		n/a
Inutilisé	<input type="checkbox"/>		

**Figure III.17:** Temporisation de déclenchement de disjoncteur suite un défaut de court circuit.

On remarque que la temporisation est instantané soit(  $t=0s$ ) la valeur réglé ,donc la valeur affichée ( $t=0.1s$ ) .

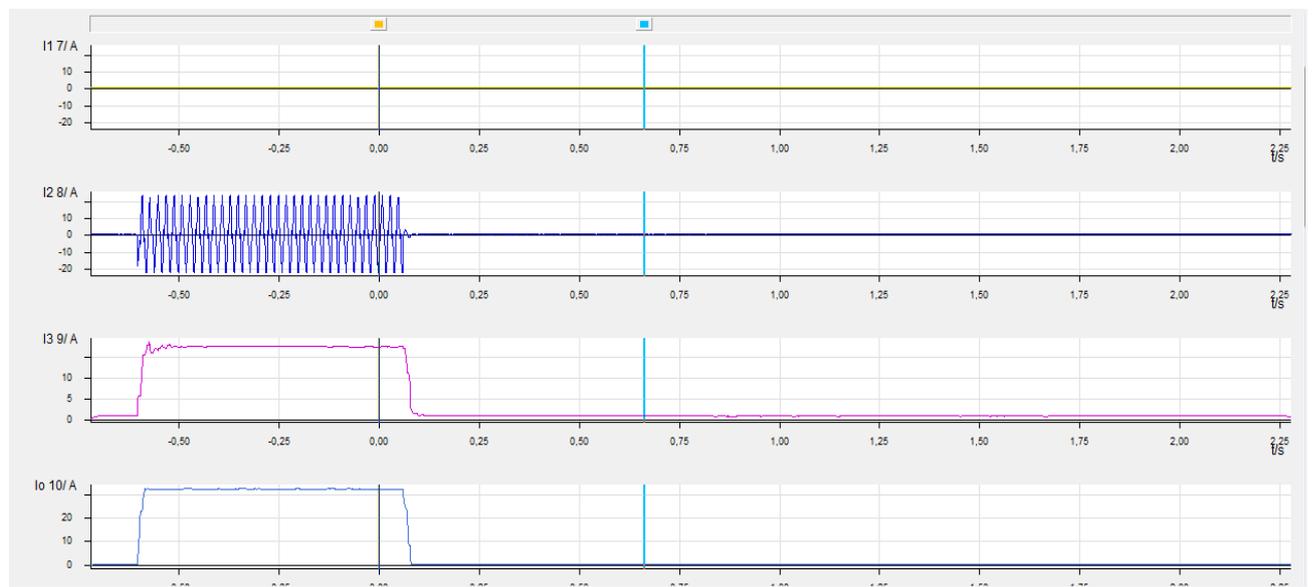
**3<sup>ème</sup> Essai :**

- La simulation pour un défaut homopolaire ( $I_0$  Résiduel) monophasé, les paramètre de réglage comme suit :  $I_h=30A$  , $t=0.6s$  (figure III.18)



**Figure III.18:** Paramètre de réglage maximum de courant terre ( $I_0$  Résiduel) :50/51N

- Les valeurs affichées pendant le défaut :
- Les courants de ligne (figure III.19) pendant le défaut homopolaire ( $I_0$  Résiduel)



**Figure III.19:** courants de ligne pendant le défaut homopolaire ( $I_0$  Résiduel).

On remarque l'évolution des courants au niveau de la phase 2 ce qui engendre l'apparition du courant homopolaire  $I_0$  (monophasé) calculé avec une temporisation 0.66s.

## 4 Essais de relais de la protection sur un départ HTA 30 kV

### 4.1 Caractéristiques et réglages de protection de départ Ourlal issu de la Cabine mobile de TOLGA 220/30 kV Biskra

Départ : Ourlal la Cabine mobile de TOLGA Biskra

Etage : 30KV

Puissance nominale de transformateur 220/30kv: 40MVA

Puissance de court-circuit : 1000 MVA

Tension de court-circuit : 12.55%

Langueur de départ : 130 Km

Tension nominal secondaire de transformateur : 31.5 KV

La Puissance installé : 39380 KVA

La Puissance mise en disponibilité : 3430 kW.

Section du conducteur : 93.3  $mm^2$  , Almelec.

Nombre de poste MT/BT : 133 DP - 38 AB - 04MX

Le rapport du TC : 300/1 A

Le courant de phase a réglé : I phases =240 A t=0.75s

Le courant de phase à la terre (homopolaire) à réglé  $I_h = 24$  A t=0.5s

## 4.2 Résultats Pratiques

### 4.2.1 Schéma global de test

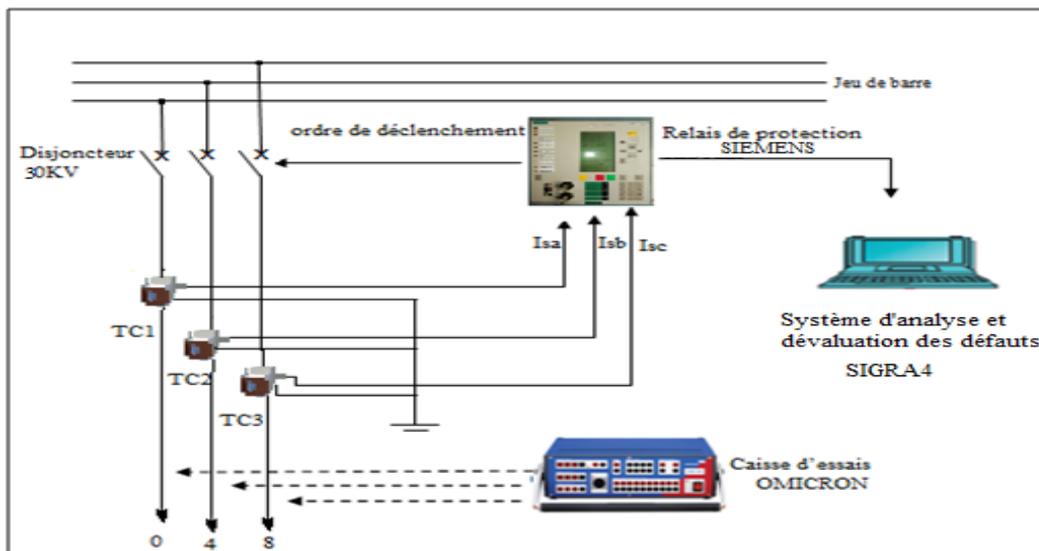


Figure III.20 : Schéma global de test protection pour un départ aérien 30kV.

#### 4.2.2 Equipements des essais

##### A - Caisse d'injection OMICRON CMC 256 plus :

On utilise la même caisse qu'au test N°1

##### B- Transformateur de courant et Transformateur de puissance :

Sont des capteurs pour mesurer les tensions et les courants et transférer ces informations vers le relais siemens

- **TC de protection** : la (Figure III.21) montre le transformateur de courant

Calibre et couplage : 300 / 1

Classe de précision : 5P20

Puissance de précision: 10 VA.



Figure III.21: TC protection.

- **TP de protection SIEMENS**: la (Figure III.22) montre le transformateur de puissance



Figure III.22: TP protection marque SIEMENS.

**C - Disjoncteur HTA 30KV SIEMENS :**

Le disjoncteur utilisé de marque SIEMENS (Figure III.23) :

- Enveloppe unipolaire du circuit primaire grâce à un caisson d'appareillage modulaire en alliage d'aluminium résistant à la corrosion.
- Gaz isolant SF6.
- Sectionneur à trois positions servant de sectionneur du jeu de barres et de SMALT à pouvoir de fermeture des départs.
- Mise à la terre à pouvoir de fermeture avec disjoncteur à coupure dans le vide.
- Encombrement très réduit grâce à l'isolation au gaz SF6.
- Caisson scellé en alliage d'aluminium résistant à la corrosion.
- Jeux de barres unipolaires, encapsulés sous enveloppe métallique, isolés au SF6.
- Raccordement câbles pour traversées avec cône intérieur ou pour barres à isolation gazeuse et solide.
- Montage et travaux d'extension d'un tableau existant des deux côtés sans modification des cellules déjà en place [13].



**Figure III.23 :** Disjoncteur SIEMENS [13].

**D - Relais de protection SIEMENS :**

Peut être employé comme commande protectrice et relais de surveillance pour des conducteurs de distribution et des lignes de transmission de n'importe quelle tension dans les réseaux qui sont mis à la terre, de bas-résistance mis à la terre ,ou d'une structure compensée de point neutre , la Protection multifonctions SIPROTEC 4 7SJ63 :

- Compatible avec des logiciels de communication et des bus.
- Fonctions : protection, contrôle-commande, signalisation, communication et mesure.
- Écran LCD pour informations sur les processus et l'appareillage, sous forme d'écran de contrôle des départs et sous forme de texte [13].



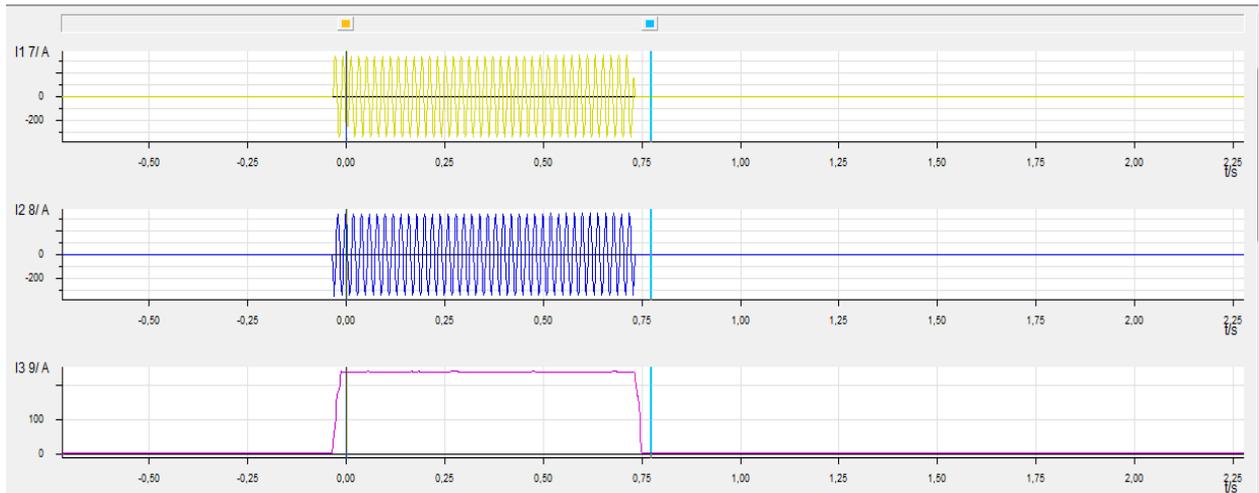
**Figure III.24:** Relais de protection SIEMENS.

**E- Logiciel d'analyse et d'évaluation des défauts (SIGRA 4) :**

On utilise le même logiciel qu'au test N°1.

**4.2.3 Résultats et commentaires :****1<sup>er</sup> Essai :**

- On va faire la simulation pour un défaut de surcharge entre trois phases, les paramètres de réglage comme suit :  $I_{Phase} = 240A$ ,  $t=0.75s$
- Les valeurs affichées pendant le défaut :
- ✚ La (figure III.25) montre les trois courants pendant le défaut

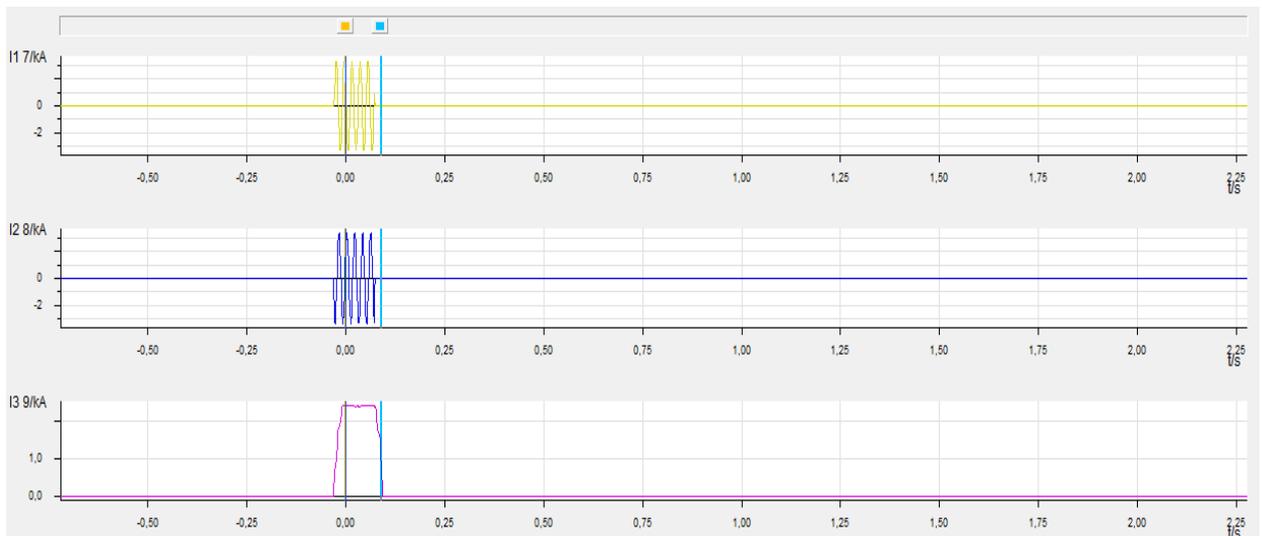


**Figure III.25:** Trois courants pendant le défaut de surcharge.

La figure suivante montre le dépassement des courants de la charge aux trois phases ce qui valide un défaut de surcharge avec un temps de déclenchement temporisé a 0.763s.

**2<sup>ème</sup> Essai :**

- La simulation pour un défaut de court circuit instantané entre trois phases
- Les valeurs affichées pendant le défaut :
- Les trois courants pendant le défaut (figure III.26)

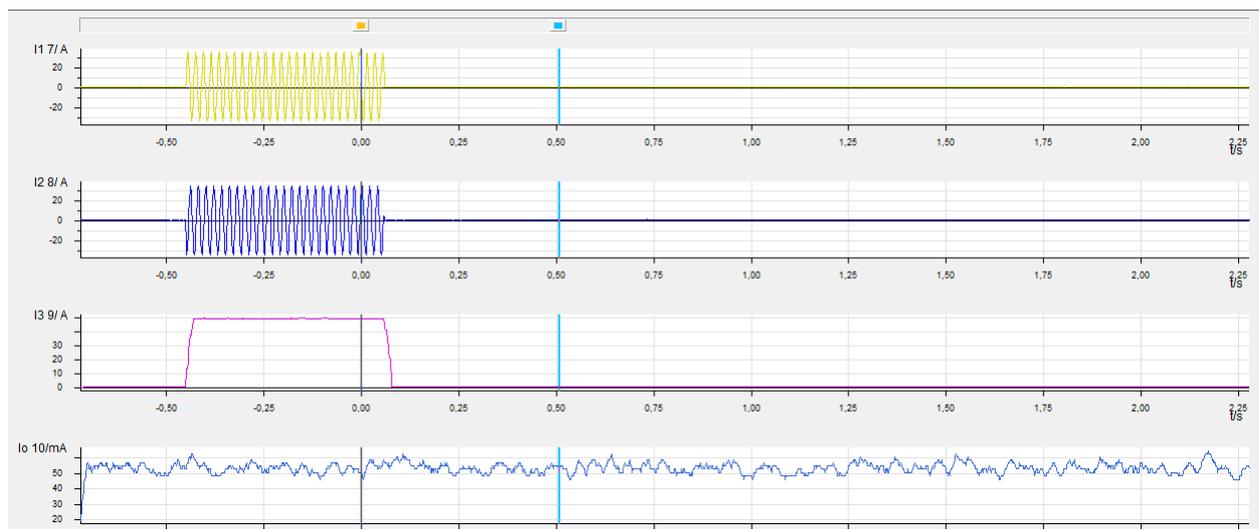


**Figure III.26:** Trois courants de défaut de court circuit.

La figure montre l'apparition d'un défaut des trois phases (défaut franc) ce qui nécessite un déclenchement instantané.

**3<sup>ème</sup> Essai :**

- La simulation pour un défaut homopolaire ( $I_0$  somme) monophasé, les paramètres de réglage comme suit :  $I_h=24A$ ,  $t=0.5s$
- Les valeurs affichées pendant le défaut :
- ✚ Les courants de ligne (figure III.27) pendant le défaut homopolaire ( $I_0$  somme)



**Figure III.27:** courants de ligne pendant le défaut homopolaire ( $I_0$  somme).

L'apparition d'un défaut homopolaire suit à la configuration des courant homopolaire mesuré avec une valeur temporisé 0.508s.

**Conclusion**

Dans ce chapitre, on a présenté les résultats obtenus par les essais des réglages protections calculé et activés aux relais de protection numérique étage HTA ; notamment maximum de courant de phase et maximum de courant homopolaire pour un départ 10kv souterrain et pour un départ 30kv aérien. Tout en donnant un aperçu sur la technologie de développement de SONELGAZ.

Les relais numérique est une technologie développé utilisé par sonelgaz associée à une remarquable sensibilité et une excellente fiabilité ; les tests réalisés montrent le bon fonctionnement de la protection réalisée donc on propose d'autre fonction soit la protection directionnel vue l'importance des réseaux du sonelgaz .

# **CONCLUSION GENERALE**

### CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail on a présenté des généralités sur les réseaux électriques de production, de transport et de distribution, ainsi que les différentes architectures du réseau de distribution moyenne tension et postes HTA, il est nécessaire de surveiller en permanence l'état électrique des éléments.

Il nous a paru nécessaire de donner assez d'informations sur les différents types qui composent un système de protection moyenne tension, ainsi que leurs éléments constitutifs. Ses éléments sont très critiques pour le fonctionnement normal d'une chaîne de protection, doivent être bien choisis et bien réglés afin d'assurer une protection efficace contre les différents types des défauts.

On a fait la simulation des différents défauts activés aux relais pour voir la validité des valeurs affichées et on a présenté les résultats obtenus par les essais des réglages sur un départ 30KV et un départ 10 KV et confirmer le bon fonctionnement du système contre tous types des défauts.

Pour préserver la sécurité des personnes contre les électrisations et des biens contre les effets destructif des courants forts sur les câbles, lignes, jeux de barres, ... etc., et éviter la destruction partielle ou totale des matériels et assurer la meilleure continuité de fourniture possible. On doit choisir un plan de réglage efficace et fiable pour assurer une bonne continuité et qualité de service.

# **BIBIOGRAPHIE**

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Boughezala mohammed salah, «Etude et simulation d'un coupleur de signaux HF pour réseaux d'énergie électrique », thèse de doctorat, Université de Biskra, 2013.
- [2] J. Sabonnadière, «lignes et réseaux électriques I», Edition HERMES, Paris 2007.
- [3] Schneider Electric, « Les architectures de réseaux ».
- [4] Schneider Electric, «Postes HTA/BT».
- [5] Merlin Gerin,« Protection des réseaux électriques », PozzoGrosMonti ,Italie 2003.
- [6] Groupe Sonelgaz « Protection des réseaux Moyenne Tension », EPIC SONELGAZ Centre de Formation Ain M'Lila.
- [7] H. BEN CHIKH, « Protection des réseaux HTA », Institut de Formation en Electricité et Gaz (IFEG), Centre Ain M'lila, Groupe SONELGAZ, janvier 2011.
- [8] Zellagui Mohamed, «Etude de protections des réseaux électriques MT (30-10kv)», thèse de magister, Université de Constantine 2010.
- [9] Merlin Gerin, « Guide de la protection des réseaux électrique ».
- [10] Mancer Nabil « contribution à l'amélioration de l'efficacité de la sélectivité du système de protection des réseaux électrique par les méthodes metaheuristiques », thèse de doctorat, université de Biskra 2017.
- [11] C. PRÉVÉ, « Protection des Réseaux Electriques », Edition HERMES, Paris 1998.
- [12] OMICRON, « Solutions de test pour systèmes de protection et de mesure » Novembre 2016.
- [13] Siemens HA 35.11 « Tableaux fixes avec disjoncteurs de types 8DA et 8DB jusqu'à 40,5 kV, isolés au SF<sub>6</sub> », Allemagne 2010.
- [14] J.PATRICK, « Distribution de l'énergie », Avril 2014.