

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Mouloud MAMMARI de TIZI-OUZOU**

**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique**

**Département d'Electrotechnique**



# **MEMOIRE**



**De fin d'étude**

**En vue de l'obtention du Diplôme de Master Professionnel en**  
**Electrotechnique Industrielle**

*Présenté par*

**Mahdi MEJDOUB**

*Thème :*

## **Etude des Protections d'un Site Industriel Contre les Courants de Courts-Circuits**

*Mémoire soutenu publiquement le 29 septembre 2016 devant le jury composé de :*

**M Ahmed CHALLAL**

Maitre Assistant Classe A, UMMTO, Président

**M Karim HADJ SAID**

Maitre Assistant Classe A, UMMTO, Rapporteur

**M Meziane AOUES**

Maitre Assistant Classe A, UMMTO, Examineur

**M Hamza BESSAI**

Maitre Assistant Classe A, UMMTO, Examineur

## *Remerciements*

*Nous rendons grâce à dieu de nous avoir donné le courage et la patience afin de mener ce travail à terme.*

*Arrivé au terme de notre travail, nous tenons à exprimer vivement notre profonde gratitude à notre promoteur : Mr.*

*Karim.Hadj Saïd pour l'aide, le suivie et l'intérêt qu'il n'a cessé de nous apporter jusqu'à l'achèvement de notre travail.*

*Nous tenons également à remercier l'ensemble des membres du jury qui ont fait l'honneur de juger notre travail.*

# *Dédicaces*

*Je tiens à dédier ce mémoire :*

❖ *Aux deux qui me sont les plus chers :*

- *A ma douce mère, devant qui tous les mots de l'univers ne sauraient exprimer l'amour que je lui porte.*
- *A mon père, qui m' a léguée la verve de la connaissance, pour sa compréhension et son éternel soutien.*

❖ *A mes deux frères Karim et Hocine, et ma sœur Faïza et son époux Imad pour leurs encouragements et leurs soutiens continus, que Dieu vous garde.*

❖ *A mes meilleurs amis Ahmed, Rabah, Hakim, Rachid et Idir qui m'ont beaucoup encouragé et qui m'ont toujours poussé à me surpasser.*

❖ *A toute ma famille et à mes amis.*

# Sommaire

---

# Sommaire

<b>Introduction Générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## **Chapitre I : Généralités sur les Réseaux Electriques**

I.1) - Introduction.....	2
I.2) - Différents types de réseaux électriques.....	2
I.2.1) - Réseaux de transport et d'interconnexion.....	2
I.2.2) - Réseaux de répartition.....	3
I.2.3) - Réseaux de distribution.....	3
I.2.3.1) - Réseaux de distribution à moyenne tension.....	3
I.2.3.2) - Réseaux de distribution à basse tension.....	4
I.3) - Gamme des tensions utilisées par le groupe SONELGAZ.....	5
I.4) - Architectures des postes de livraison HTB.....	6
I.4.1) - Simple antenne.....	6
I.4.1.1) - Architecture.....	6
I.4.2.2) - Mode d'exploitation.....	7
I.4.2.3) - Avantages et Inconvénient.....	7
I.4.3) - Double antenne avec double jeu de barres.....	7
I.4.3.1) - Architecture.....	7
I.4.3.2) - Mode d'exploitation.....	8
I.4.3.3) - Avantages et Inconvénient.....	8
I.5) - Modes d'alimentation des postes HTA.....	8
I.5.1) - Un jeu de barres avec une source.....	9
I.5.1.1) - Architecture.....	9
I.5.1.2) - Fonctionnement.....	9
I.5.2) - Un jeu de barres sans couplage avec deux sources.....	9
I.5.2.1) - Architecture.....	9
I.5.2.2) - Fonctionnement.....	10
I.5.3) - deux jeux de barres avec couplage et deux sources.....	10
I.5.3.1) - Architecture.....	10
I.5.3.2) - Fonctionnement.....	10
I.5.4) - Un jeu de barres sans couplage et trois sources.....	10
I.5.4.1) - Architecture.....	10
I.5.4.2) - Fonctionnement.....	11
I.5.5) - Trois jeux de barres avec couplages et trois sources.....	11
I.5.5.1) - Architecture.....	11
I.5.5.2) - Fonctionnement.....	11

---

I.5.6) - Sources et Départs en " DUPLEX "	12
I.5.6.1) -Architecture	12
I.5.6.2) - Fonctionnement	12
I.5.7) - Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources	13
I.5.7.1) - Architecture	13
I.5.7.2) - Fonctionnement	13
I.5.8) - Deux doubles jeux de barres couplés entre eux	14
I.5.8.1) -Architecture	14
I.5.8.2) - Fonctionnement	14
I.6) - Architectures des réseaux HTA	14
I.6.1) - Radial en simple antenne	15
I.6.1.1) - Architecture	15
I.6.1.2) - Fonctionnement	15
I.6.2) - Radial en double antenne sans couplage	16
I.6.2.1) - Architecture	16
I.6.2.2) - Fonctionnement	16
I.6.3) - Radial en double antenne avec couplage	17
I.6.3.1) -Architecture	17
I.6.3.2) - Fonctionnement	17
I.6.4) - En boucle	17
I.6.4.1) - En boucle ouverte	18
I.6.4.1.1) - Architecture	18
I.6.4.1.2) - Fonctionnement	18
I.6.4.2) Boucle fermée	19
I.6.4.2.1) - Architecture	19
I.6.4.2.2) -Fonctionnement	19
I.6.5) - En double dérivation	20
I.6.5.1) - Architecture	20
I.6.5.2) - Fonctionnement	20
I.7) - Architectures des postes HTA/BT supérieur à 630 Kva	20
I.7.1) -Généralité	20
I.7.2) - Alimentation en coupure d'artère	21
I.7.3) - dérivation: Alimentation en double	22
I.8) -Conclusion	23

## **Chapitre II : Équipements de Protection des Réseaux Électrique de Distribution MT**

II.1. Introduction	25
--------------------	----

---

---

## SOMMAIRE

---

II.2) système de protection.....	25
II.2.1) Définition.....	25
II.2.2) Les fonctions de protection.....	25
II.3) - Les court-circuits.....	25
II.3.1) - Origines.....	25
II.3.2) - Caractéristiques.....	25
II.3.2.1) - Types.....	25
II.3.2.2) - Nature.....	26
II.3.3) - Conséquences sur le réseau électrique.....	26
II.4) - Qualités principales d'un système de protection.....	26
II.4.1) -Rapidité.....	26
II.4.2) - Sélectivité.....	26
II.4.2.1) - Sélectivité ampérométrique.....	27
II.4.2.2) - Sélectivité chronométrique.....	27
II.4.3) - Sensibilité.....	28
II.4.4) - Fiabilité.....	28
II.5)- Chaîne générale d'un système de protection.....	28
II.5.1) - Transformateur de courant.....	29
II.5.1.1) -Définition.....	29
II.5.1.2) - Fonction.....	29
II.5.1.3) - Types industriels.....	29
II.5.2) - Transformateur de tension.....	30
II.5.2.1) - Définition.....	30
II.5.2.2) - Fonction.....	30
II.5.2.3) - Types industriels.....	31
II.5.3) - Les relais de protection.....	31
II.5.3.1)- Définition.....	31
II.5.3.2)- Les types.....	31
II.5.4) - Disjoncteur moyenne tension.....	32
II.5.4.1) - Définition et rôle.....	32
II.5.4.2) - Principe de fonctionnement.....	32
II.5.4.3) - Différentes techniques de coupure d'arc électrique.....	33
II.5.5) - Fusible moyenne tension.....	36
II.5.5.1) - Généralités.....	36
II.6.)-Conclusion.....	37

---

## Chapitre III : Protection des Circuits et Matériels Électriques

III.1)- Introduction.....	38
III.2)- Défaut sur les installations.....	38
III.2.1) Terminologie.....	38
III.2.2) Principe de protection.....	38
III.3)- Détection et élimination des défauts.....	39
III.3.1)- Les Fusibles.....	39
III.3.1.1)- Définition.....	39
III.3.1.2)- Symbole.....	39
III.3.1.3)- Constitution.....	39
III.3.1.4)- caractéristiques des fusibles.....	40
III.3.1.5)- Courbe de fonctionnement.....	40
III.3.1.6)- Classification.....	41
III.3.1.7)- pouvoir de coupure.....	41
III.3.1.8)- Choix du fusible.....	41
III.3.1.9)- Sélectivité.....	41
III.3.2)- Les Disjoncteur.....	42
III.3.2.1)- Définition.....	42
III.3.2.2)- Symbole et constitution.....	43
III.3.2.3) Constitution.....	43
III.3.2.3)- Caractéristiques des disjoncteurs.....	44
III.3.2.4)-Courbe de fonctionnement.....	44
III.3.2.5) Classification.....	45
III.3.2.5) Le pouvoir de coupure.....	45
III.3.2.6)- Choix de disjoncteur.....	46
III.3.2.7) Sélectivité.....	46
III.4) Conclusion.....	49

## Chapitre IV : Application des Disjonctions dans les Protections

IV.1)- Introduction.....	50
IV.2)- Aleas techniques.....	50
IV.2. 1)- Objet de l'étude.....	50
IV.2. 2)- Hypothèses et modélisation.....	50
IV.2. 3)-Protection C1-100 : détermination de la solution de raccordement et réglage.....	50

---

## SOMMAIRE

---

IV.2. 4)-Protection du départ du producteur : détermination de la solution de raccordement et réglage.....	53
IV.2. 5)- Etude des schémas de secours.....	55
IV.3)- Protection contre les courants de court-circuit.....	56
IV.3.1)- conditions de protections contre les courants de court-circuit.....	56
IV.4.)- Protection des transformateurs.....	57
IV.4.1)- La partie primaire (ligne d'alimentation).....	58
IV.4.2)- La partie secondaire.....	58
IV.5) Protection les lignes contre les courts-circuits.....	59
IV.5.1) Choix de câble (section) et canalisation préfabriquées.....	59
IV.5.2)- choix des dispositifs de protection.....	60
IV.5.2.1)- protection par fusible.....	60
IV.5.2.2)- Protection par disjoncteur.....	61
IV.6) Protection des moteurs électrique.....	61
IV.6.1)- Protection par Fusible.....	61
IV.6.2)- Protection par des disjoncteurs.....	62
IV.7)-.Conclusion.....	63
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>64</b>

## **Bibliographie**

---












# Table des figures

Fig. I.1 - Architecture générale de réseaux d'énergies électrique en Algérie.....	4
Fig. I.2 - Domaines des tensions électriques utilisées par groupe SONELGAZ.....	5
Fig. I.3 - Architecture simple antenne.....	6
Fig. I.5 - Architecture double antenne avec double jeu de barres.....	7
Fig. I.6 - Architecture d'un jeu de barres avec une source.....	9
Fig. I.7 - Architecture d'un jeu de barres sans couplage avec deux sources.....	9
Fig. I.8 - Architecture de deux jeux de barres avec couplage et deux sources.....	10
Fig. I.9 - Architecture d'un jeu de barres sans couplage avec trois sources.....	11
Fig. I.10 - Architecture de trois jeux de barres avec couplages et trois sources.....	11
Fig. I.11 - Architectures de couplage des sources et départs en " DUPLEX".....	12
Fig. I.12 - Architectures des deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux source.....	13
Fig. I.13 - Architectures des deux doubles jeux de barres couplés entre eux.....	14
Fig. I.14 - Réseau HTA radial en simple antenne.....	15
Fig. I.15 - Réseau HTA radial en double antenne sans couplage.....	16
Fig. I.16 - Réseau HTA radial en double antenne avec couplage.....	17
Fig. I.17.a - Réseau HTA en boucle ouverte.....	18
Fig. I.17.b - Réseau HTA en boucle fermée.....	19
Fig. I.18 - Réseau HTA en double dérivation.....	20
Fig. I.19 - Architecture générale d'un poste abonné HTA/BT.....	21
Fig. I.20 - Poste abonné alimenté en coupure d'artère.....	22
Fig. I.21 - Poste abonné alimenté en double dérivation.....	22
Fig. II .1 - Fonctionnement d'une sélectivité ampèremétrique.....	27
Fig. II .2 - Principe de la sélectivité chronométrique.....	28
Fig. II.3- chaine principale de la protection électrique.....	29
Fig. II .4 - Transformateur de tension avec double secondaire.....	30
Fig. I I.5 - Arc électrique entre les contacts d'un disjoncteur MT.....	32
Fig. II.6 - Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'huile.....	33
Fig. II.7 - Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'air.....	34
Fig. II.8 - Constitution d'une ampoule de coupure dans le vide.....	35
Fig. III.1- Détermination principe de protection.....	38
Fig. III .2- Symbole d'un Fusible.....	39
Fig. III.3- Constitution d'un fusible cartouche cylindrique ou à couteau.....	40
Fig. III.4 - Courbes de fonctionnement d'un fusible.....	41
Fig.III.5- Sélectivité ampèremétrique.....	43
Fig.III.4- Disjoncteur tripolaire.....	44
Fig.III.6- Disjoncteur magnéto-thermique.....	44

Fig III.7- Constitution d'un disjoncteur magnéto-thérmiq	44
Fig. III.8- Courbe du déclanchement d'un disjoncteur magnéto-thérmiq	45
Fig.III.9- Déférent courbes du déclanchement	46
Fig.III.10-Apparition d'un courant de court-circuit Icc sur le départ3	48
Fig.III.11-Déférent possibilité d'une sélectivité ampèrmétrique	48
Fig.III.11-Courbe d'une sélectivité chronométrique	49
Fig. IV.1- courbe de fusion d'un fusible	57
Fig. IV.2- la courbe de déclanchement d'un disjoncteur	57
Fig. IV.3- Câble électrique	60

---

# Symbole Graphiques

Symbole	Mot clé
	Ligne ou câble triphasé
	La terre
	Arrivée HTA
	Départ HTA ou BT
	Court-circuit
	Disjoncteur
	Interrupteur fusible
	Transformateur de puissance
	Fusible
	Transformateur de courant
	Transformateur de tension (potentiel)

# Introduction Générale

## Introduction Générale

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

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

Notre objectif est d'étudier la protection d'un site industriel, pour ce faire, on a subdivisé notre travail en quatre chapitres :

- Le premier chapitre traite de l'architecture des réseaux électriques de distribution MT,
- Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des équipements de protection des réseaux électriques MT,
- Le troisième chapitre traite des différents types des protections des lignes et matériels électriques,
- Dans le dernier chapitre, on a présenté l'application pour la protection des lignes, des transformateurs et des moteurs électriques.

# Chapitre 1

## **I.1) - Introduction :**

Le principe du réseau de distribution d'énergie électrique c'est d'assurer le mouvement de cette énergie (active ou réactive) en transitant par des lignes ou câbles HTA (30 et 10 kV) et entre les différents postes de livraison (postes sources HTB/HTA) et les consommateurs BT (400/230 V) .

L'architecture d'un réseau de distribution électrique moyenne tension (MT ou HTA) est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise.

Selon la définition de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), un poste électrique est la partie d'un réseau électrique, située en un même lieu, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électrique, des bâtiments, et, éventuellement, des transformateurs.

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

Il existe plusieurs types de postes électriques :

Postes de sortie de centrale : le but de ces postes est de raccorder une centrale de production de l'énergie au réseau,

Postes d'interconnexion : le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques HTB,

Postes éleveurs : le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur,

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

## **I.2) - Différents types de réseaux électriques :**

Les réseaux électriques sont partagés en trois types :

### **I.2.1) - Réseaux de transport et d'interconnexion :**

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission :

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),

La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV,

Neutre directement mis à la terre,

Réseau maillé.

### **I.2.2) - Réseaux de répartition :**

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension 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 dont la taille (supérieure à 60 MVA) nécessite un raccordement à cette tension.

La tension est 90 kV ou 63 kV,

Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre,

- Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV,

- Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV,

Réseaux en boucle ouverte ou fermée.

### **I.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.

#### **I.2.3.1) - Réseaux de distribution à moyenne tension :**

HTA (30 et 10 kV le plus répandu),

Neutre à la terre par une résistance,

Limitation à 300 A pour les réseaux aériens,

Limitation à 1000 A pour les réseaux souterrains,

Réseaux souterrains en boucle ouverte.

### I.2.3.2) - Réseaux de distribution à basse tension :

BTA (230 / 400 V),

Neutre directement à la terre,

Réseaux de type radial, maillés et bouclés.

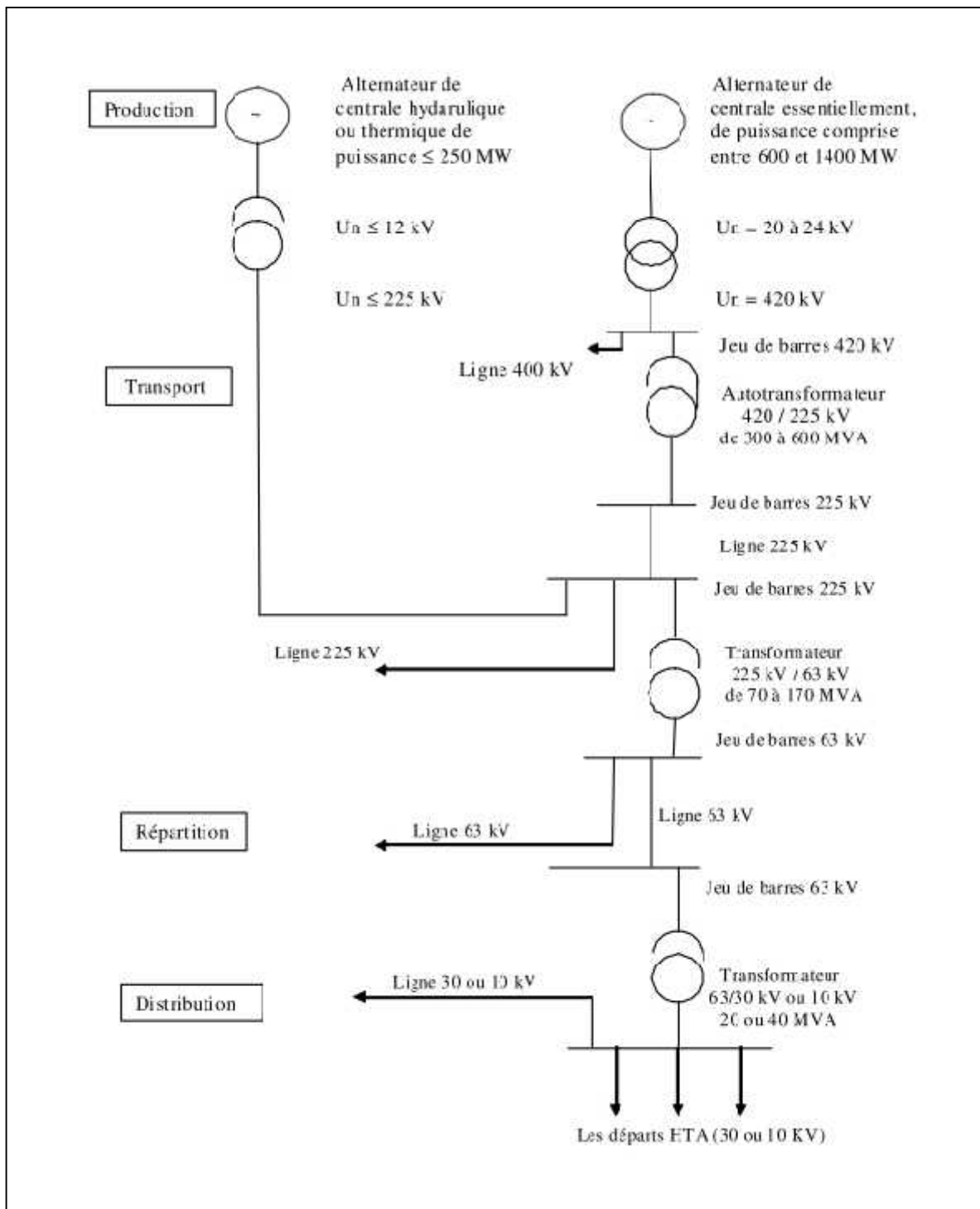


Fig. .1 - Architecture générale de réseaux d'énergie électrique en Algérie.

### I.3) - Gamme des tensions utilisées par le groupe SONELGAZ :

La nouvelle norme en vigueur en Algérie (SONELGAZ) définit les niveaux de tension alternative comme suit :

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale ( $U_n$ en Volts)	
		Tension Alternatif	Tension Continu
Très Basse Tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse Tension (BT)	BTB	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA ou MT	$1000 < U_n \leq 50\ 000$	$1500 < U_n \leq 75\ 000$
	HTB	$U_n > 50\ 000$	$U_n > 75\ 000$

Tableau .1 - Tableau des domaines de tension.

#### Cas particuliers de la très basse tension (TBT) :

Dans le cadre des travaux et interventions sur des installations ou équipements du domaine TBT, il y a lieu de distinguer ces réalités.

En très basse tension de sécurité (TBTS),

En très basse tension de protection (TBTP),

En très basse tension de fonctionnelle (TBTF).

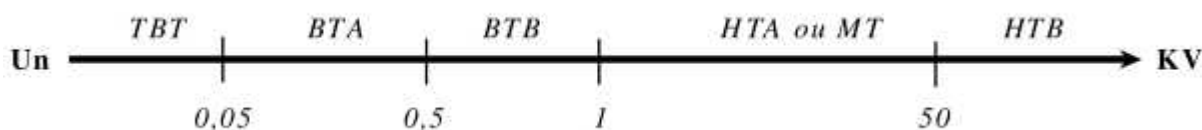


Fig. .2 - Domaines des tensions électriques utilisées par groupe SONELGAZ.

#### I.4) - Architectures des postes de livraison HTB:

Ils concernent généralement les puissances supérieures à 10 MVA. L'installation du poste de livraison est comprise entre :

- D'une part, le point de raccordement au réseau de distribution HTB,
- D'autre part, la borne aval du ou des transformateurs HTB / HT,
- Indice O pour « position ouvert » et F pour « position fermé ».

Les schémas électriques des postes de livraison HTB les plus couramment rencontrés sont les suivants :

##### I.4.1) - Simple antenne :

##### I.4.1.1) - Architecture :

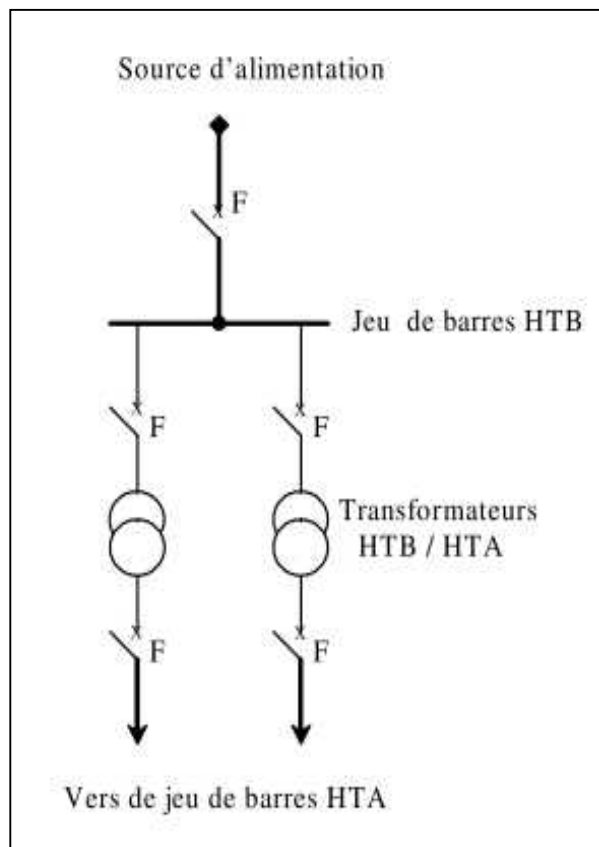


Fig. .3 - Architecture simple antenne.

**I.4.2.2) - Mode d'exploitation :****Normal :**

- Les deux disjoncteurs d'arrivée des sources sont fermés, ainsi que le sectionneur de couplage.
- Les transformateurs sont donc alimentés par les 2 sources simultanément.

**Perturbé :**

- En cas de perte d'une source, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

**I.4.2.3) - Avantages et Inconvénient :****Avantages :**

- Bonne disponibilité, dans la mesure où chaque source peut alimenter la totalité du réseau
- Maintenance possible du jeu de barres, avec un fonctionnement partiel de celui-ci.

**Inconvénients :**

- Solution plus coûteuse que l'alimentation simple antenne.
- Ne permet qu'un fonctionnement partiel du jeu de barres en cas de maintenance de celui-ci.

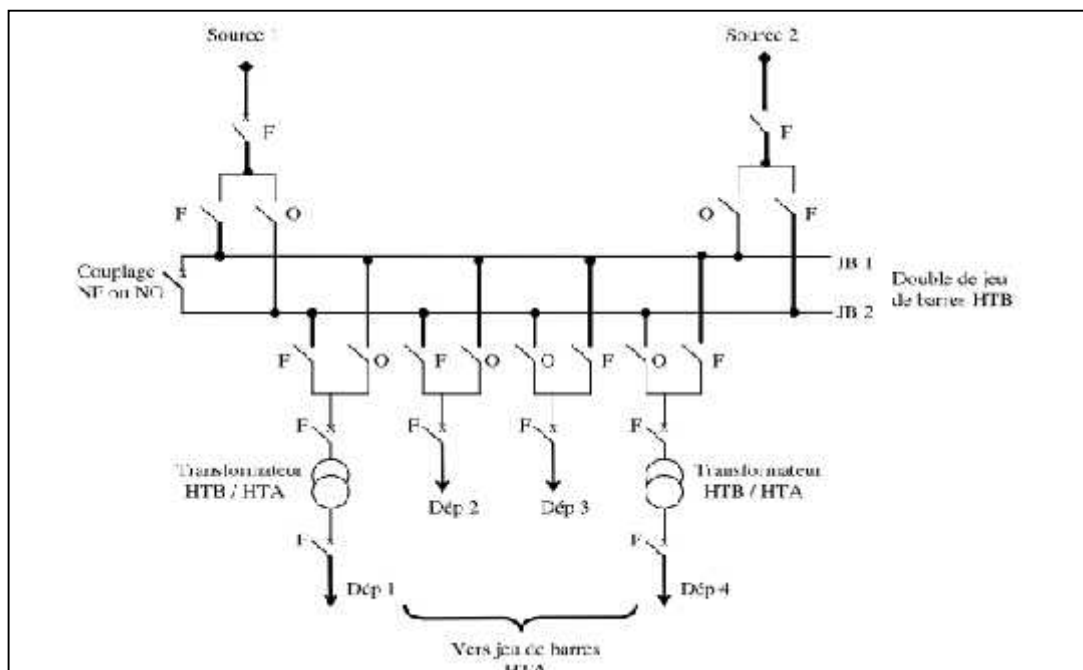
**I.4.3) - Double antenne avec double jeu de barres :****I.4.3.1) - Architecture :**

Fig. .5 - Architecture double antenne avec double jeu de barres.

**I.4.3.2) - Mode d'exploitation :****Normal :**

- La source 1 alimente, par exemple, le jeu de barres JB1 et les départs Dép 1 et Dép 2.
- La source 2 alimente, par exemple, le jeu de barres JB2 et les départs Dép 3 et Dép 4.
- Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert.

**Perturbé :**

- En cas de perte d'une source, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.
- En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et l'autre jeu de barres alimente la totalité des départs.

**I.4.3.3) - Avantages et Inconvénient :****Avantage :**

- Bonne disponibilité d'alimentation,
- Très grande souplesse d'utilisation pour l'affectation des sources et des charges, et pour la maintenance des jeux de barres,
- Possibilité de transfert de jeu de barres sans coupure (lorsque les jeux de barres sont couplés, il est possible de manœuvrer un sectionneur si son sectionneur adjacent est fermé).

**Inconvénient :**

- Surcoût important par rapport à la solution simple jeu de barres.

**I.5) - Modes d'alimentation des postes 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.

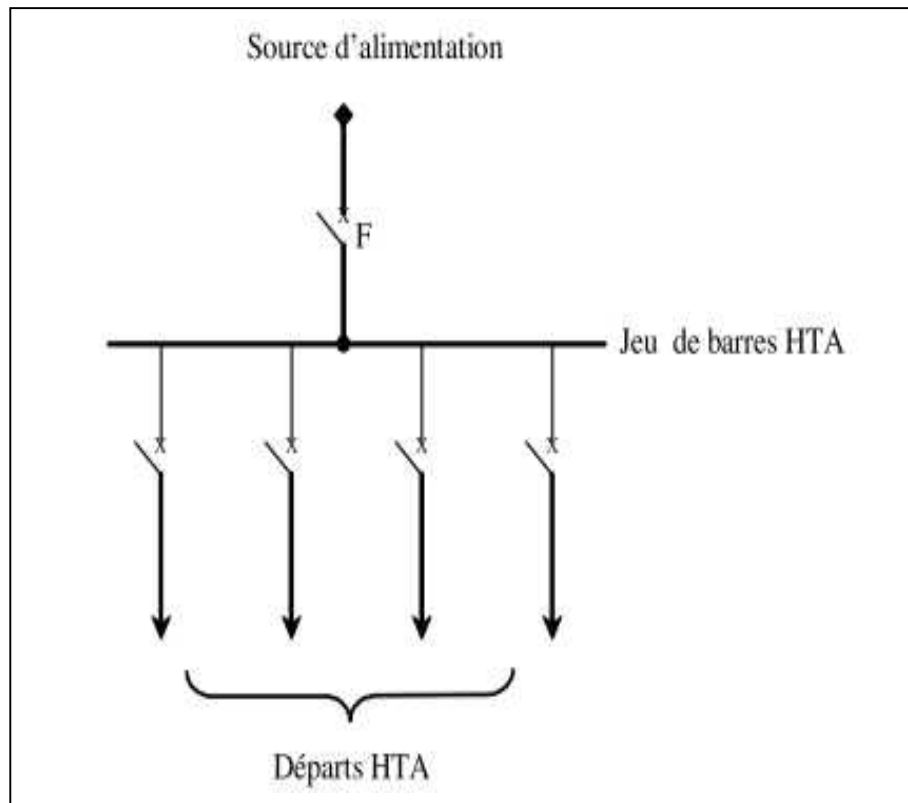
**I.5.1) - Un jeu de barres avec une source:****I.5.1.1) - Architecture :**

Fig. .6 - Architecture d'un jeu de barres avec une source.

**I.5.1.2) - Fonctionnement :**

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

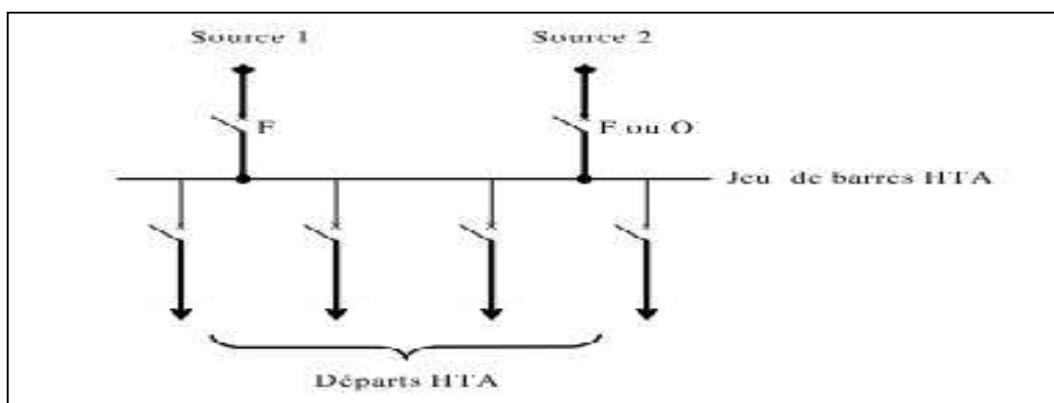
**I.5.2) - Un jeu de barres sans couplage avec deux sources:****I.5.2.1) - Architecture :**

Fig. .7 - Architecture d'un jeu de barres sans couplage avec deux sources.

**I.5.2.2) - Fonctionnement :**

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

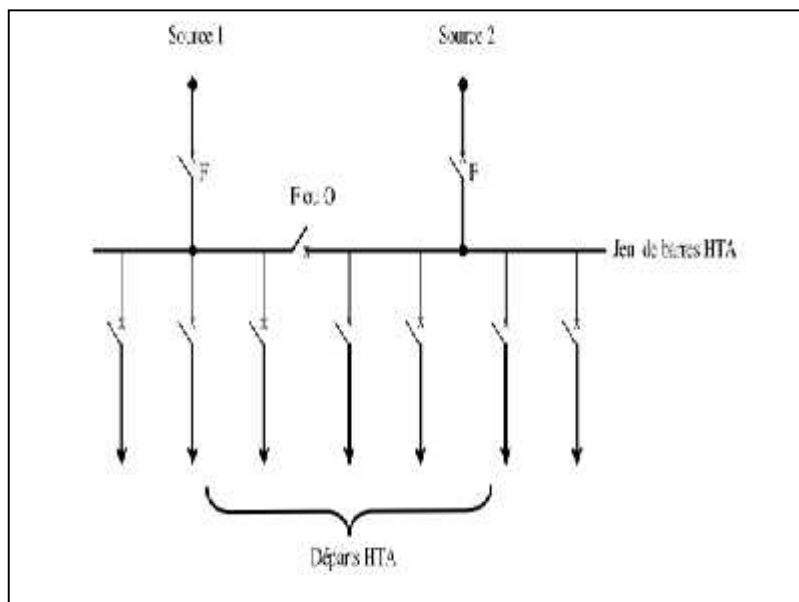
**I.5.3) - deux jeux de barres avec couplage et deux sources :****I.5.3.1) - Architecture :**

Fig. .8 - Architecture de deux jeux de barres avec couplage et deux sources.

**I.5.3.2) - 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 jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée.

**I.5.4) - Un jeu de barres sans couplage et trois sources :****I.5.4.1) - Architecture :**

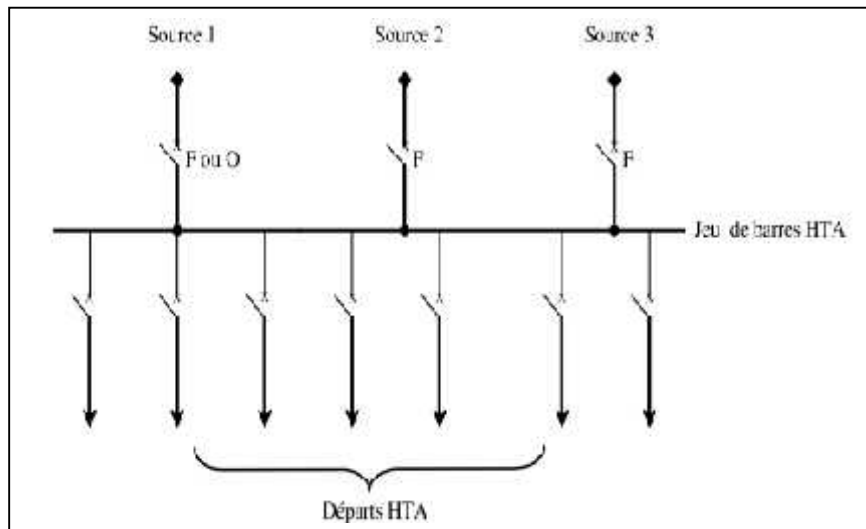


Fig. .9 - Architecture d'un jeu de barres sans couplage avec trois sources.

#### I.5.4.2) - 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.

#### I.5.5) - Trois jeux de barres avec couplages et trois sources :

##### I.5.5.1) - Architecture :

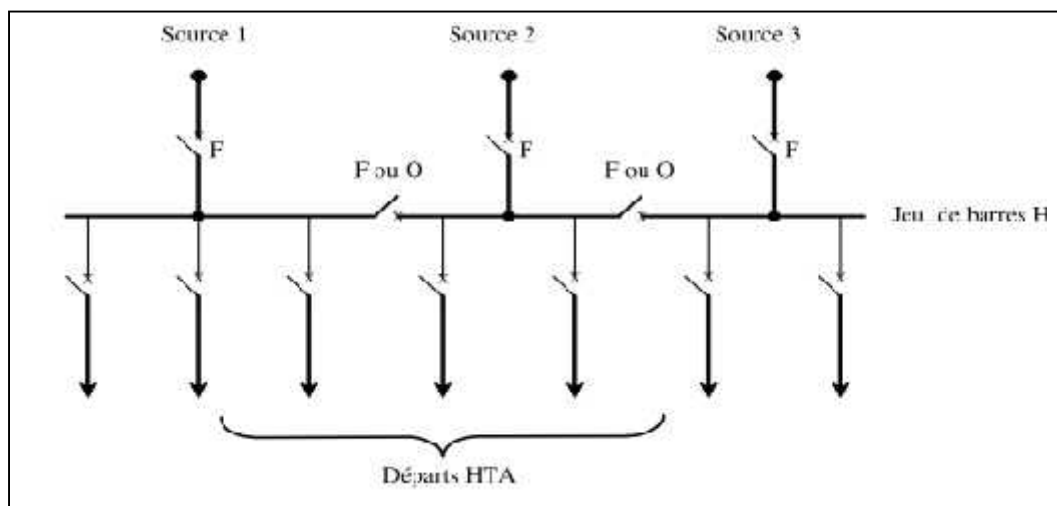


Fig. .10 - Architecture de trois jeux de barres avec couplages et trois sources.

##### I.5.5.2) - 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.

### I.5.6) - Sources et Départs en " DUPLEX " :

#### I.5.6.1) - Architecture :

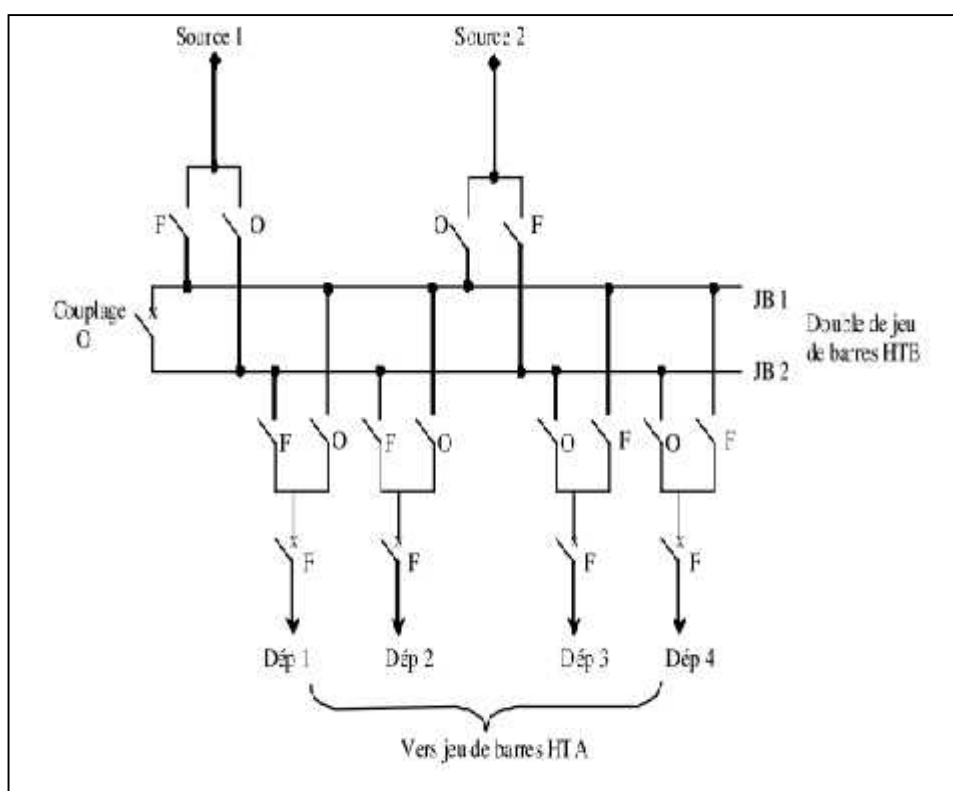


Fig. .11 - Architectures de couplage des sources et départs en " DUPLEX ".

#### I.5.6.2) - Fonctionnement :

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

- Chaque source peut alimenter l'un ou l'autre des jeux de barres par ses deux cellules disjoncteur débouchable. Par souci d'économie, il n'y a qu'un seul disjoncteur pour les 2 cellules débouchable qui sont installées tête-bêche. On peut ainsi facilement déplacer le disjoncteur d'une cellule à l'autre. Ainsi, si l'on veut que la source 1 alimente le jeu de barres JB2, on déplace le disjoncteur dans l'autre cellule associée à la source 1.

- Le même principe est mis en place pour les départs. Ainsi, à chaque départ sont associées deux cellules débouchables et un seul disjoncteur. Chaque départ peut être alimenté par l'un ou l'autre des jeux de barres suivant l'emplacement du disjoncteur. Par exemple, la

source 1 alimente le jeu de barres JB1 et les départs Dép1 et Dép2. La source 2 alimente le jeu de barres JB2 et les départs Dép3 et Dép4.

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

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

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

### I.5.7) - Deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources:

#### I.5.7.1) - Architecture :

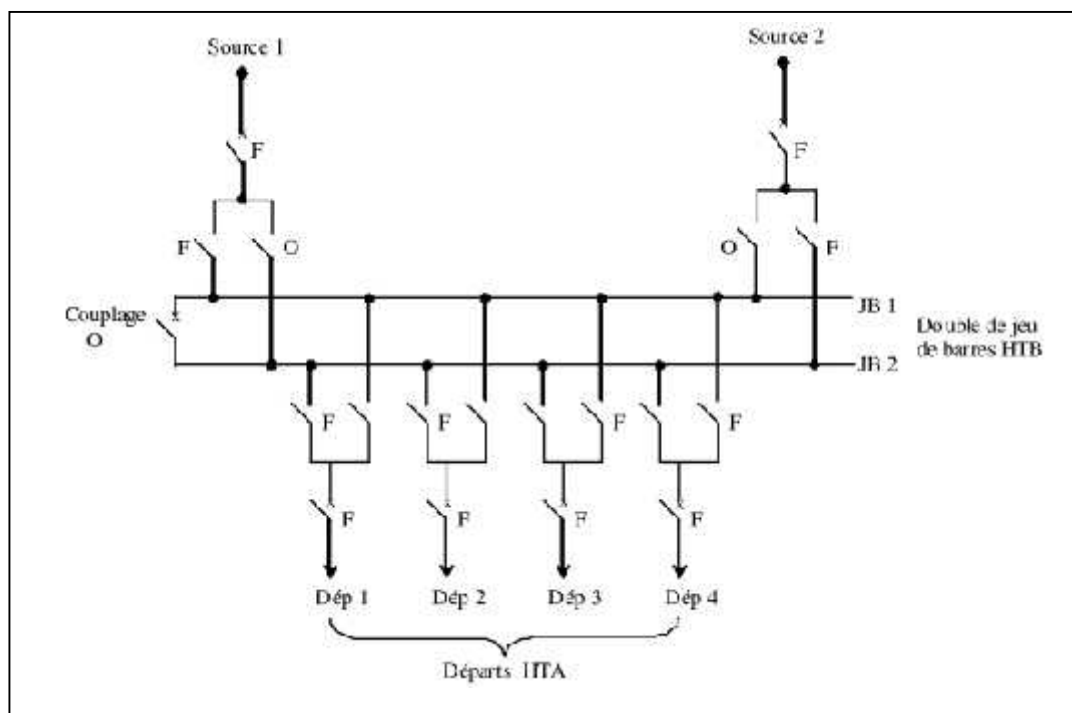


Fig. .12 - Architectures des deux jeux de barres avec deux attaches par départ et deux sources.

#### I.5.7.2) - 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 de sectionneurs qui lui sont associés, un seul sectionneur par départ doit être fermé,

- Par exemple, la source 1 alimente le jeu de barres JB 1 et les départs Dép1 et Dép2. La source 2 alimente le jeu de barres JB 2 et les départs moyenne tension Dép 3 et Dép 4,

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

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

### I.5.8) - Deux doubles jeux de barres couplés entre eux :

#### I.5.8.1) - Architecture :

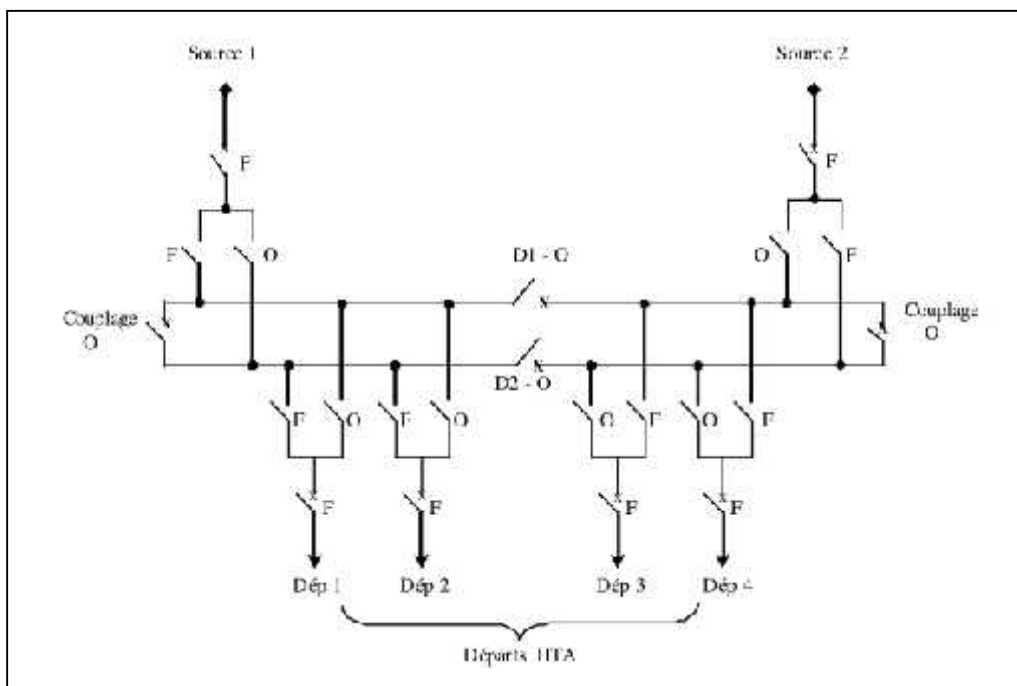


Fig. .13 - Architectures des deux doubles jeux de barres couplés entre eux.

#### I.5.8.2) - 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.

### I.6) - Architectures des réseaux HTA :

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

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

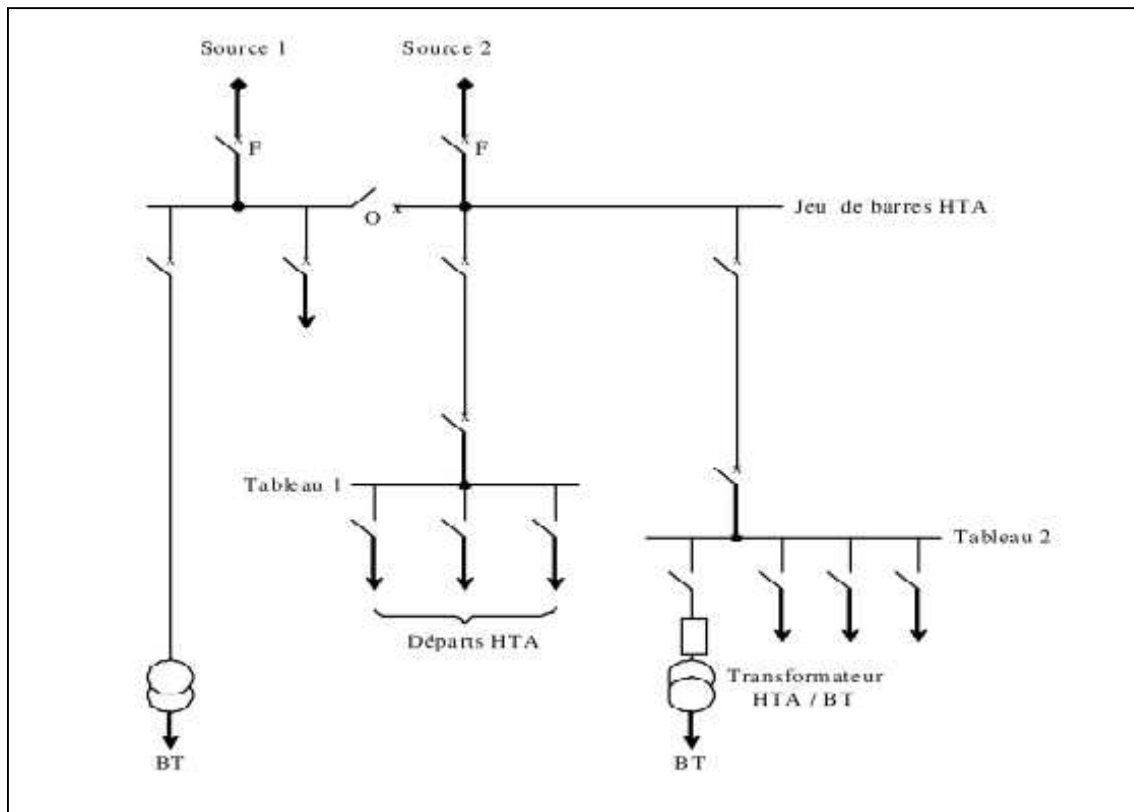
**I.6.1) - Radial en simple antenne :****I.6.1.1) - Architecture :**

Fig. .14 - Réseau HTA radial en simple antenne.

**I.6.1.2) - 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.

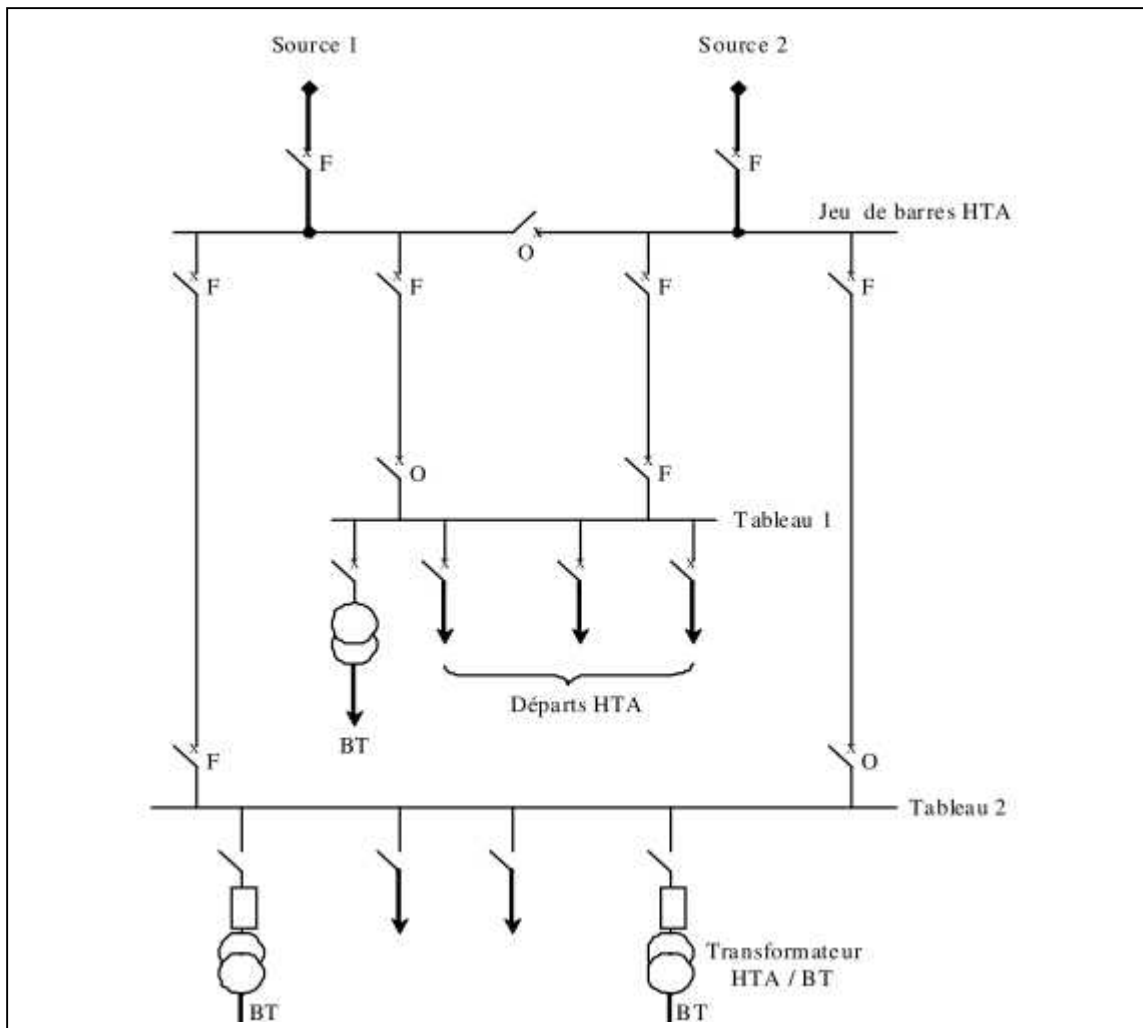
**I.6.2) - Radial en double antenne sans couplage :****I.6.2.1) - Architecture :**

Fig. .15 - Réseau HTA radial en double antenne sans couplage.

**I.6.2.2) - 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.

### I.6.3) - Radial en double antenne avec couplage :

#### I.6.3.1) - Architecture :

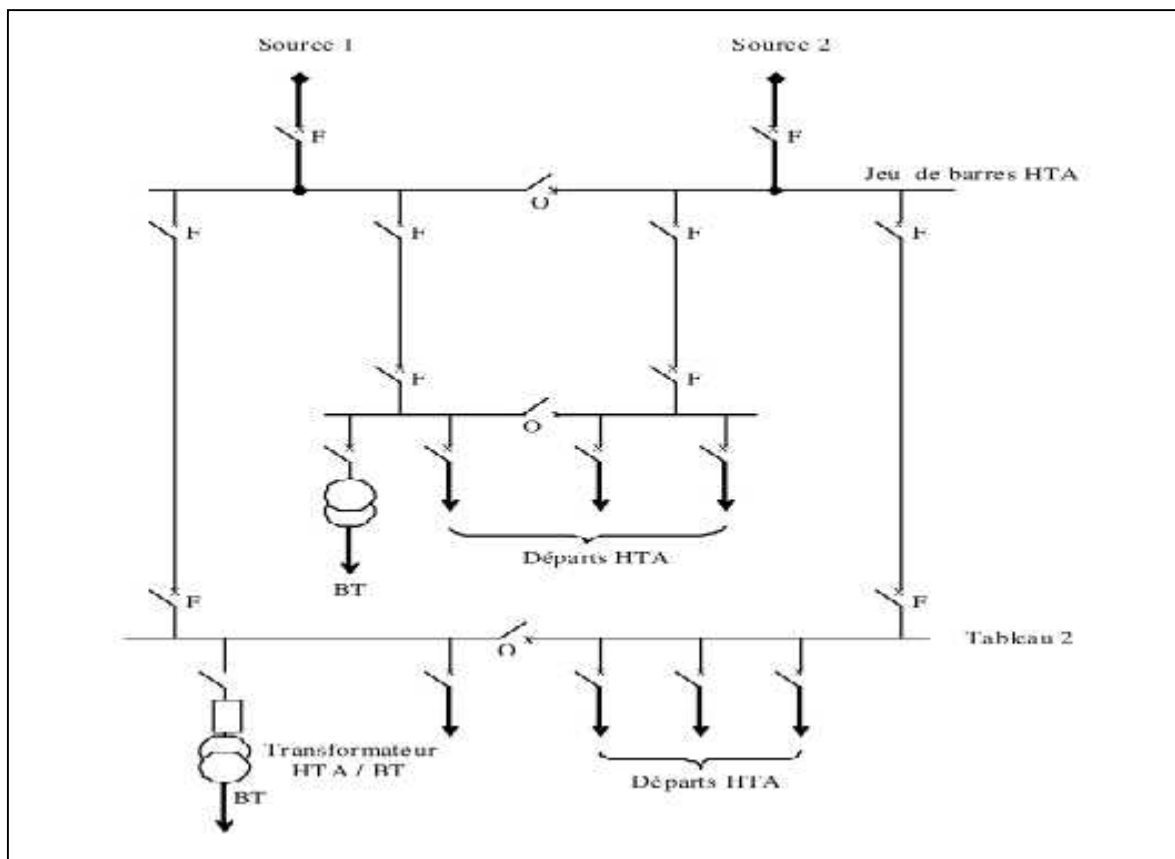


Fig. .16 - Réseau HTA radial en double antenne avec couplage.

#### I.6.3.2) - 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.

#### I.6.4) - En boucle :

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

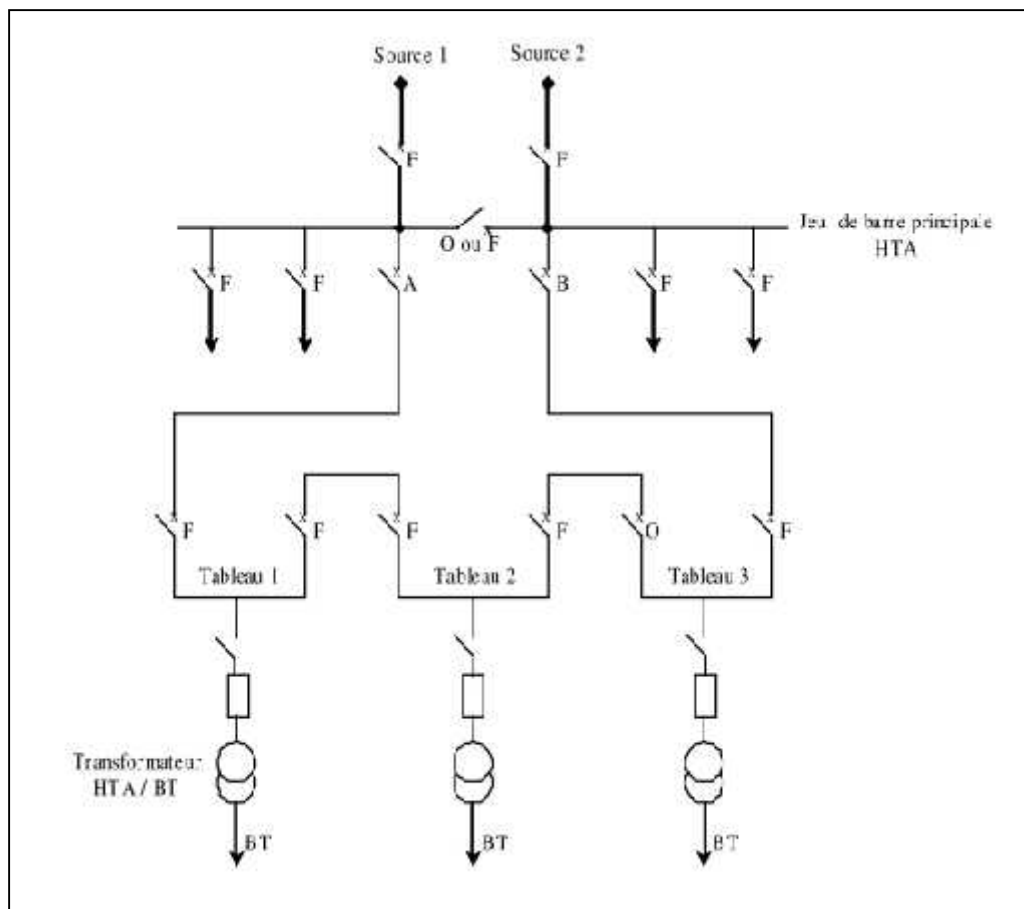
**I.6.4.1) - En boucle ouverte :****I.6.4.1.1) - Architecture :**

Fig. .17.a - Réseau HTA en boucle ouverte.

**I.6.4.1.2) - Fonctionnement :**

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

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

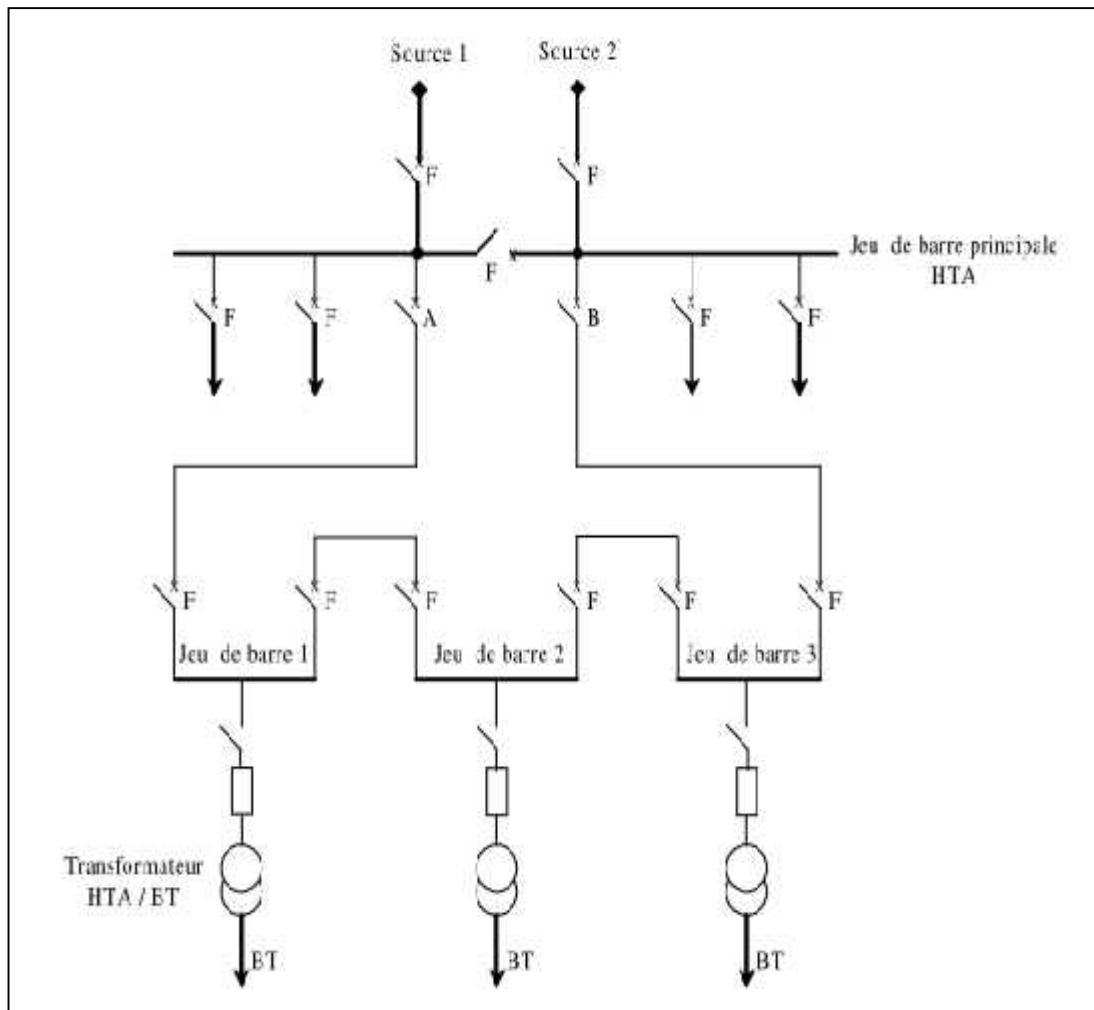
**I.6.4.2) - Boucle fermée :****I.6.4.2.1) - Architecture :**

Fig. .17.b - Réseau HTA en boucle fermée.

**I.6.4.1.2) - 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.

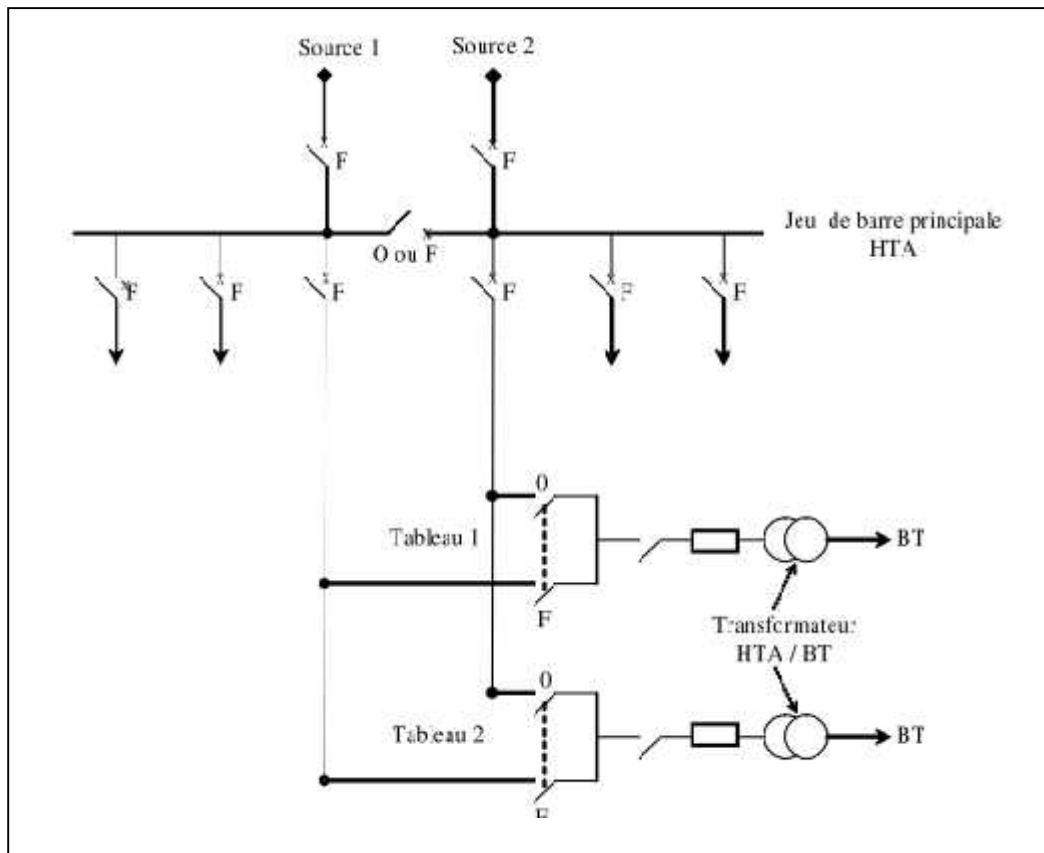
**I.6.5) - En double dérivation :****I.6.5.1) - Architecture :**

Fig. .18 - Réseau HTA en double dérivation.

**I.6.5.2) - Fonctionnement :**

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

**I.7) - Architectures des postes HTA/BT supérieur à 630 kVA :****I.7.1) - Généralité :**

Ce type des postes HTA/BT sont caractérisé par :

Les tensions d'entrées sont : 10 ou 30 kV,

Les tensions de sortie (utilisation) sont : 230/ 400 V,

Section du câble d'alimentation est 120 mm<sup>2</sup>,

Puissance :  $S > 630$  kVA,

Mode d'alimentation :

- Souterrain : Coupure d'artère,
- Aérien : Dérivation.

Une cellule de protection générale par disjoncteur HTA,

Une cellule de comptage de l'énergie (tension et courant),

Protection des transformateurs par fusible HTA,

Tableau générale basse tension (TGBT).

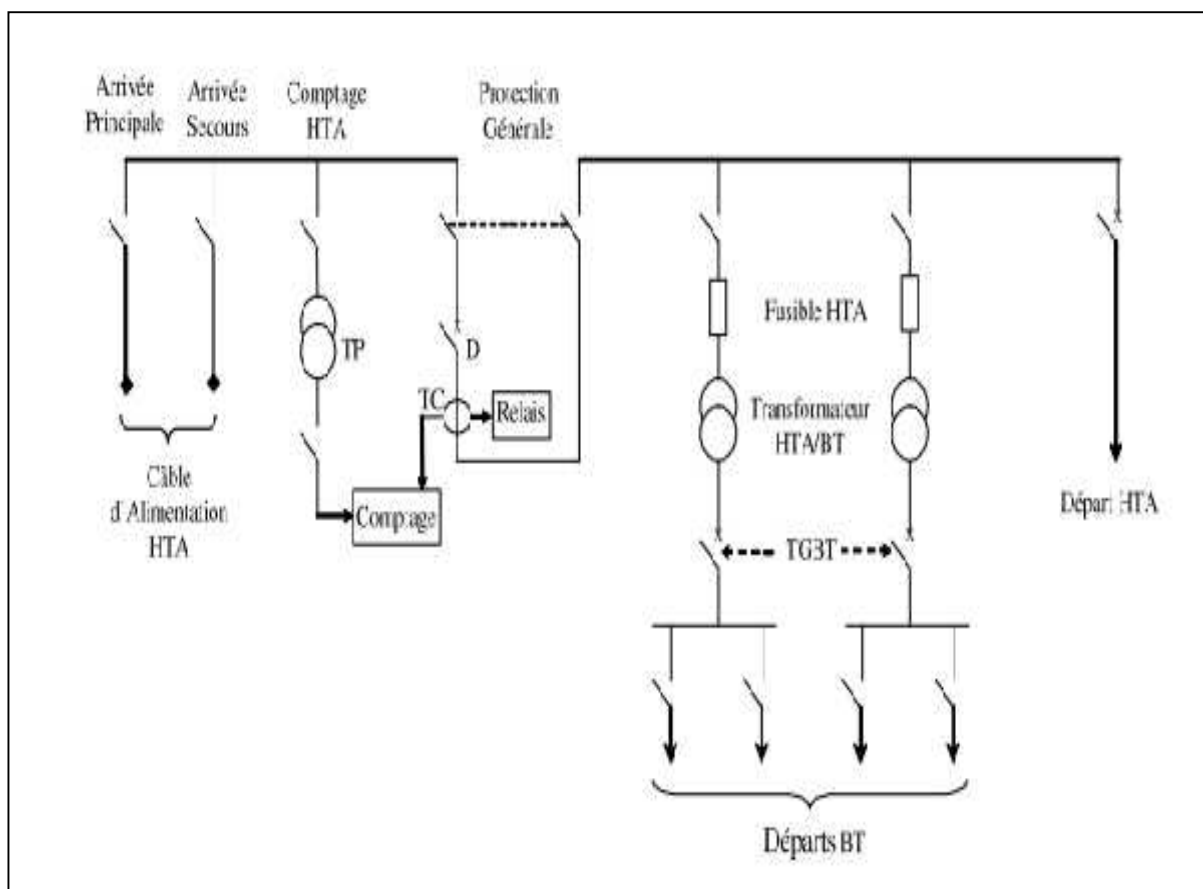


Fig. .19 - Architecture générale d'un poste abonné HTA/BT.

### I.7.2) - Alimentation en coupure d'artère:

La distribution en coupure d'artère (Figure .20) est très répandue. Le réseau de distribution passe par le poste de livraison de l'abonné, ce dernier étant équipé de deux cellules «arrivée». Les agents du service local de distribution utilisent les interrupteurs de ces cellules pour isoler, en cas de travaux ou de défaut, le tronçon situé entre deux postes.

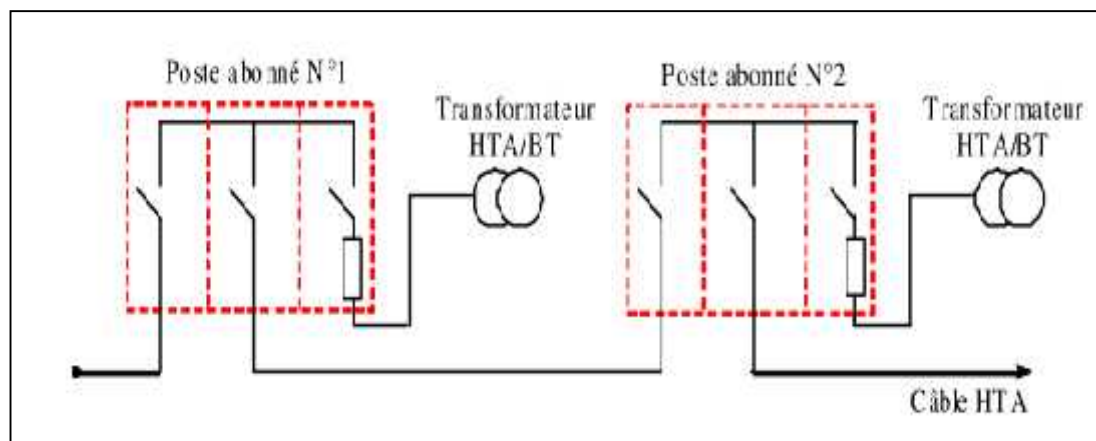


Fig. .20 - Poste abonné alimenté en coupure d'artère.

### I.7.3) - dérivation: Alimentation en double:

La distribution en double dérivation (figure. .21) permet dans les zones de forte densité de maintenir un haut niveau de disponibilité de l'énergie électrique. Les postes de livraison sont connectés au réseau par leur câble «travail» et sont permutés soit automatiquement en cas de défaut, soit par télécommande en cas de travaux.

#### Domaines d'utilisation :

Distributions souterraines en zone urbaine,

Réseaux HT d'activités tertiaires.

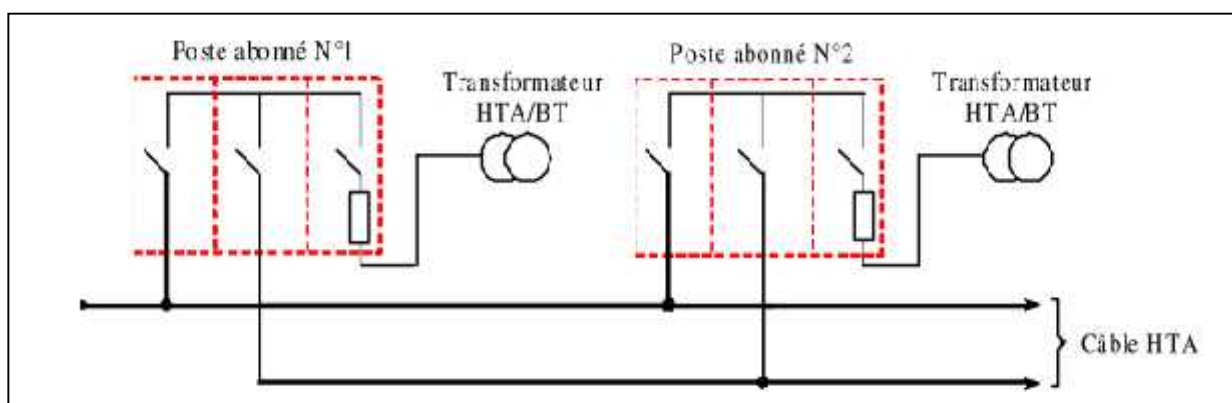


Fig. .21 - Poste abonné alimenté en double dérivation.

#### Domaines d'utilisation :

Distributions aériennes rurales,

Postes sur poteau,

Réseaux des villes à forte densité ou en extension,

Distribution aérienne industrielle.

**I.8) - Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a énuméré les différents architecteurs du réseau de distribution moyenne tension et postes HTA (30 et 10 kV). Ces architectures sont très importantes et très sensibles, ce qui nécessite une protection contre les différents types d'anomalies telles que les courts-circuits, les surtensions, les surintensités, ...etc.

# Chapitre II

## II.1) Introduction

Les installations électriques sont le siège de perturbations accidentelles et imprévisibles qui causent des dégâts considérables sur les biens et les personnes. Il est donc impératif de prévoir des moyens de protection appropriés.

## II.2) système de protection :

### II.2.1) Définition :

La protection des réseaux électriques désigné l'ensemble des appareille de surveillance et de protection pour assuré la stabilité d'un réseau électrique. Et le système de protection si le choix des éléments de protection (disjoncteur, fusible...) qui destinés a à la détection des défauts et des situations anormale des réseaux afin de commander le déclanchement d'un ou de plusieurs éléments de coupeurs.

### II.2.2) Les fonctions de protection : [2]

Les fonctions de protection sont réalisées par des relais ou des appareils multifonctions.

## II.3) - Les court-circuites :

### II.3.1) - Origines :

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

Selon la nature du réseau électrique, on cite les origines des défauts de court-circuit.

- Les lignes aériennes : sont en particulier les perturbations atmosphériques (foudre, tempêtes,...etc.) qui peuvent enclencher un défaut de court-circuit.
- Les câbles souterrains : sont à des agressions extérieures, engins mécaniques de terrassement par exemple, qui entraînent des défauts de court-circuit
- Le matériel du réseau ou des postes électriques : ce matériel comporte des isolants placés entre pièces sous tensions et masses. Les isolants subissant des dégradations conduisant à des défauts.

### II.3.2) – Caractéristiques :

Les courts-circuits sont caractérisés par leur forme et leur durée et l'intensité du courant

#### II.3.2.1) - Types :

Plusieurs types de court-circuit peuvent se produire dans un réseau électrique :

- ✓ Court-circuit monophasé : qui existe entre phase et la terre ou la masse.
- ✓ Court-circuit triphasé: entre trois phases de la ligne ou les trois phases et la terre.

- ✓ Court circuit biphasé : entre deux phases cordonnées ensemble, peut être un court-circuit mis a la terre ou isolé.

### II.3.2.2) – Nature :

- Court-circuit fugitif : ils nécessitent, une coupure très brève du réseau d'alimentation (de l'ordre de quelque dixième de secondes).
- Court-circuit permanents : après avoir provoqué un déclanchement définitif, nécessitant l'intervention du personnel d'exploitation pour la reprise du service.
- Court-circuit auto extincteurs : ils disparaissent spontanément, en des temps très court sans provoquer de déclanchement sur le réseau. en rencontre ce type de défauts sur le réseau HTA en cas de défaut monophasé.
- Court-circuit semi-permanents : ils exigent, pour le disparaître, une ou plusieurs coupures relativement longues du réseau d'alimentation (l'ordre de quelques dizaines de secondes), mais qui ne nécessite aucune intervention du personnel d'exploitation pour de service.

### II.3.3) - Conséquences sur le réseau électrique :[7]

Les courts-circuits ont des effets néfastes :

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

### II.4) - Qualités principales d'un système de protection :

#### II.4.1) - Rapidité :

Les courts-circuits sont 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 :

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

#### II.4.2) – Sélectivité :

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

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 :

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

#### II.4.2.1) - Sélectivité ampérométrique :

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

Une protection ampérométrique (Fig. II .1) est disposée au départ de chaque tronçon ; son seuil est réglé à une valeur inférieure à la valeur de court-circuit minimal provoqué par un défaut sur la section surveillée, et supérieure à la valeur maximale du courant provoqué par un défaut situé en aval (au-delà de la zone surveillée).

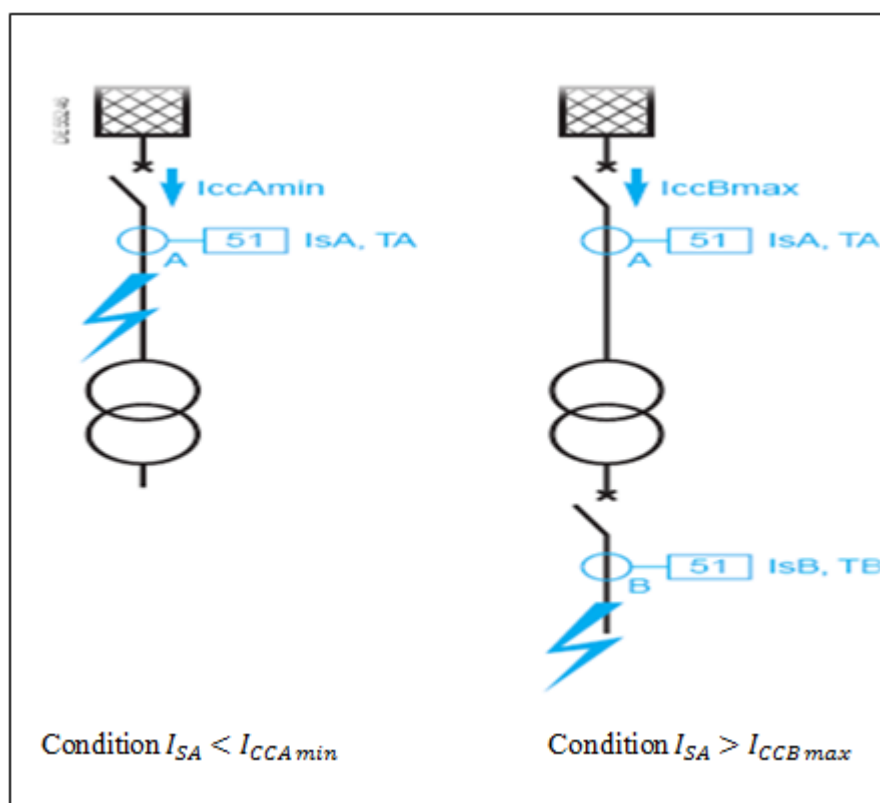


Fig. II .1 - Fonctionnement d'une sélectivité ampèremétrique.

#### II.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 (Fig. II.2), 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 entre deux protections successives est l'intervalle de sélectivité.

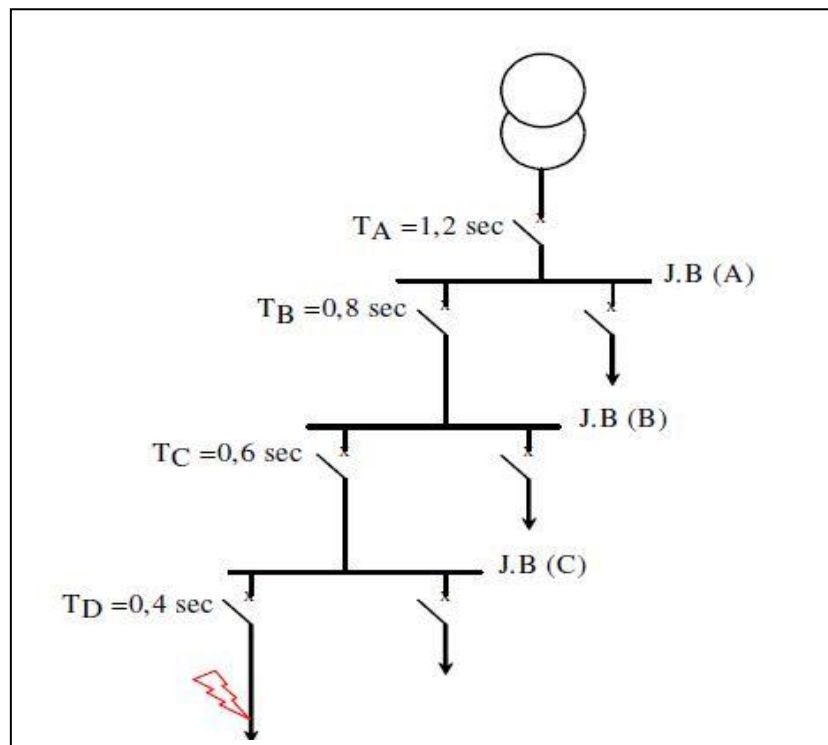


Fig. II .2 - Principe de la sélectivité chronométrique.

#### II.4.3) - Sensibilité :

La protection doit fonctionner dans un domaine très étendu 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.

#### II.4.4) - Fiabilité :

La fiabilité exprime le degré de confiance que l'on peut apporter à un matériel, la fiabilité d'un relais est liée à sa robustesse et à la qualité de ses contacts.

#### II.5)- Chaîne générale d'un système de protection :

C'est le choix des éléments de protection et de la structure globale, de façon cohérent et adaptée au réseau (fig. II.3). Le système de protection se compose d'une constituée des éléments suivants :

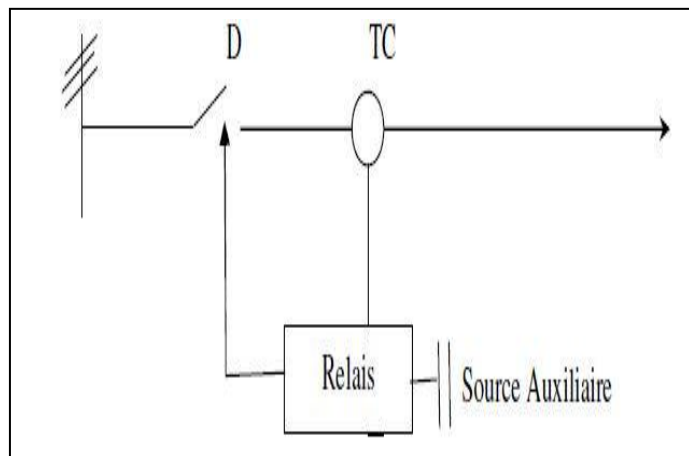


Fig. II.3 chaîne principale de la protection électrique

La figure (II.3) représente le schéma principal d'une protection électrique, quelque soit les éléments principaux de protection des réseaux électriques

### II.5.1) - Transformateur de courant :

#### II.5 .1.1) – Définition :

Selon la définition de la commission d'électrotechnique internationale "un transformateur de courant est un transformateur de mesure dans lequel le courant secondaire est, dans les conditions normales d'emploi, pratiquement proportionnel au courant primaire et déphasé par rapport à celui-ci d'un angle voisin de zéro pour un sens approprié des connexions"

La notion de transformateur de courant est un abus de langage, mais elle a été popularisée dans l'industrie. L'expression «transformateur d'intensité» est probablement plus exacte, on utilise fréquemment les abréviations TC ou TI.

#### II.5.1.2) - Fonction :

Le transformateur de courant a deux fonctions essentielles :

- Réduit le niveau des courants de milliers d'ampères vers des sorties standards de 5A ou 1A. Durant le défaut, le niveau de courant du transformateur augmente pour rendre leur choix critique pour un fonctionnement correct du relais.
- Assurer l'isolement galvanique entre la ligne et les circuits de mesure et de protection.

#### II.5.1.3) - Types industriels :

- **Modèles classiques à noyau de fer** : pour les courants alternatifs de basse fréquence, on utilise généralement un transformateur avec peu de spires au primaire, et beaucoup au secondaire.
- **Modèles à tore de Rogowski** : ils sont largement utilisés dans le domaine HTA.

- **Modèles dits "non conventionnels"** : sont des modèles fonctionnant sur le principe de l'effet Hall ou de l'effet Faraday. leur utilisation réservée en générale pour des à des applications spécifiques comme la mesure de courant continu.

## II.5.2) - Transformateur de tension :

### II.5.2.1) - Définition :

Selon la définition donnée par la commission électrotechnique internationale (C.E.I), un Transformateur de tension ou potentiel est un « transformateur de mesure dans lequel la tension secondaire est, dans les conditions normales d'emploi, pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle voisin de zéro, pour un sens approprié des connexions ».

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

La caractéristique la plus importante d'un transformateur de tension est don sont rapport de transformation entre le primaire et le secondaire, par exemple  $400\ 000V \sim /100V \sim$

### II.5.2.2) - Fonction :

La fonction de transformateur de tension dans le primaire reçoit la tension de réseau, et dans le secondaire restitue une tension image de celle qui est utilisé au primaire. L'utilisation concerne autant la mesure que la protection.

Les transformateurs de tension sont constitués de deux enroulements, primaire et secondaire, sont couplés par un circuit magnétique, les raccordements peuvent se faire entre phases ou entre phase et terre Fig. (II .4)

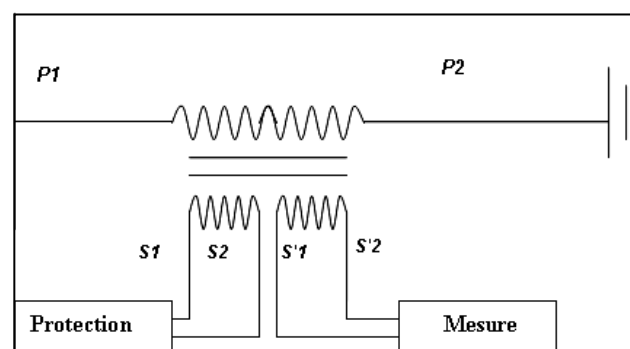


Fig. II .4 - Transformateur de tension avec double secondaire.

### II.5.2.3) - Types industriels :

Trois technologies existent pour le transformateur de tension :

- Transformateur de tension inductif ;

- Transformateur de tension capacitif ;
- Transformateur de tension optique ;

### **II.5.3) - Les relais de protection :**

#### **II.5.3.1)- Définition :**

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

#### **II.5.3.2)- Les types :**

On distingue plusieurs types de relais :

##### **A) Relais inductance magnétique :**

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

##### **B) Relais thermique :**

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

##### **C) Relais à balance :**

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

##### **D) Relais statique :**

Il comporte un circuit intégré linéaires au silicium composé de portes et circuit logiques et plus récemment ils comportent des mémoires et des microprocesseurs.

##### **E) Relais numérique :**

Ce type de protection, est basé sur le principe de la transformation de variables électriques du réseau, fournies par des transformateurs de mesure, en signaux numériques de faibles tensions. L'utilisation de technique numérique de traitement du signal permet de décomposer le signal en vecteurs, ce qui autorise un traitement de donnée via des algorithmes de protection en fonction de la protection.

## II.5.4) - Disjoncteur moyenne tension :

### II.5.4.1) - Définition et rôle :

Selon la définition de la commission électrotechnique internationale (C.E.I), un disjoncteur 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 les conditions normales de service, par exemple pour connecter ou déconnecter une ligne dans un réseau électrique.
- Dans les 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 électriques 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.

### II.5.4.2) - Principe de fonctionnement :

La coupure d'un courant électrique par un disjoncteur MT est obtenue en séparant des courants dans un gaz (air, SF<sub>6</sub>, etc. ...) ou dans un milieu isolant (par exemple à vide). Après la séparation des contacts, le courant continue de circuler à travers un arc électrique qui s'est établi entre les contacts du disjoncteur Fig. (II.5). Pour le disjoncteur MT, le principe de coupure du courant lorsqu'il passe par zéro (ceci se produit toutes les dix millisecondes dans le cas d'un courant alternatif à 50Hz). En effet, c'est à cet instant que la puissance qui est fournie à l'arc électrique par le réseau est minimal (cette puissance fournie est même nulle à l'instant où la valeur instantanée du courant est nulle).

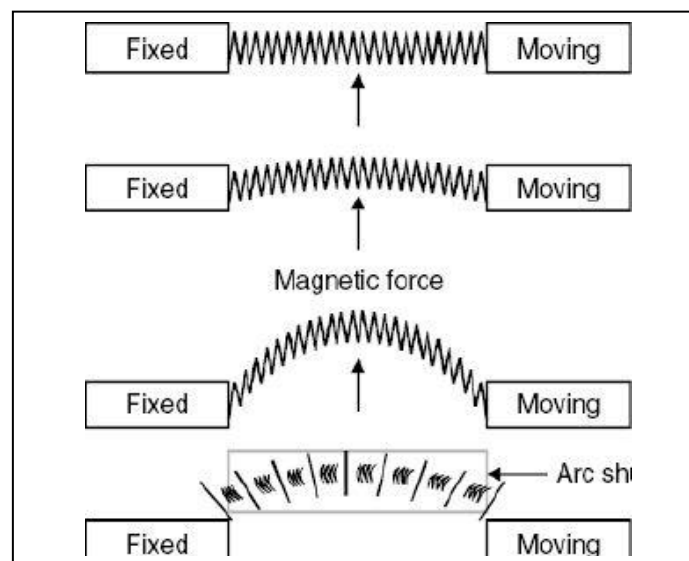


Fig. II.5 - Arc électrique entre les contacts d'un disjoncteur MT.

### II.5.4.3) - Différentes techniques de coupure d'arc électrique:[1]

Les disjoncteurs MT peuvent être :

#### A) - Disjoncteur à huile :

Ce type de disjoncteur est appliqué pour des tensions assignées atteignant 765 KV et des courants de défaut très élevés, pouvant atteindre 50 KA mais ils nécessitent

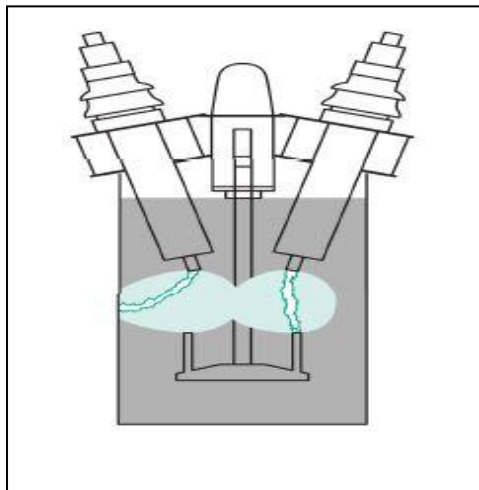


Fig. II.6 - Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'huile.

#### - Disjoncteur à faible volume de huile :

Dans les premiers appareils utilisant l'huile, l'arc se développait librement entre les contacts créant des bulles de gaz non confinées. Afin d'éviter des amorçages entre phases ou entre bornes et masse, ces bulles ne doivent en aucun cas atteindre la cuve ou se rejoindre. Les appareils dimensionnés en conséquence, atteignent des dimensions extrêmement grandes.

#### - Disjoncteurs à grand volume d'huile :

Dans les premiers appareils utilisant l'huile, l'arc se développait librement entre les contacts créant des bulles de gaz non confinées. Afin d'éviter des amorçages entre phases ou entre bornes et masse, ces bulles ne doivent en aucun cas atteindre la cuve ou se rejoindre. Les appareils dimensionnés en conséquence, atteignent des dimensions extrêmement grandes.

En MT d'autres techniques ont été préférées car la coupure dans l'air présente plusieurs inconvénients:

- Encombrement de l'appareillage (dimensions plus grandes à cause de l'allongement de l'arc),

- Pouvoir de coupure influencé par la présence des cloisons métalliques de la cellule contenant l'appareil et par l'humidité de l'air,
- Coût et bruit.

Cette technique de coupure a été très employée dans tous les domaines, du transport et de la distribution de l'énergie électrique. Progressivement, elle est supplantée par les techniques de coupure dans le vide et dans le SF<sub>6</sub>, techniques qui ne présentent pas les inconvénients présentés dans les paragraphes précédents.

### B) - Disjoncteur à air comprimé :

L'air comprimé est utilisé (FigII.7) pour assurer les fonctions suivantes :

- Refroidissement et allongement de l'arc, entraînement des particules ionisées,
- Après passage à zéro du courant, refroidissement de la colonne ionisée résiduelle et entraînement des particules ionisées restant dans l'espace entre contacts,
- Après l'extinction de l'arc, apparition d'une rigidité diélectrique élevée, d'autant plus élevée que la pression d'air est importante.

Les inconvénients de ce type sont :

- nécessité d'une station d'air comprimé,
- bruit violent,
- appareil plus cher

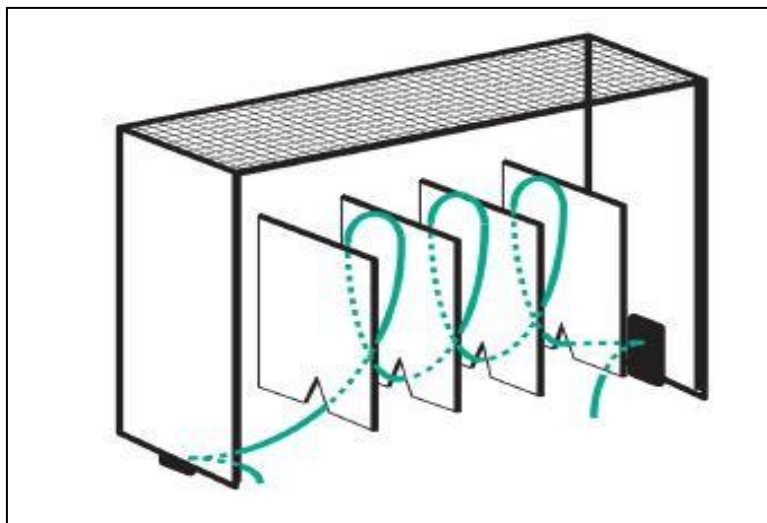


Fig. II.7 - Chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'air  
(Disjoncteur de type Solénarc, Marque : Merlin Gerin).

### C) - Disjoncteur à gaz SF<sub>6</sub> :

La mise au point de nouvelles générations de disjoncteur SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre) très performantes a entraîné dans les années 1970 la suprématie des appareils SF<sub>6</sub> dans la gamme

7,2 kV à 245 kV. Sur le plan technique, plusieurs caractéristiques des disjoncteurs SF6 peuvent expliquer leur succès :

- La simplicité de la chambre de coupure qui ne nécessite pas de chambre auxiliaire pour la coupure,
  - L'autonomie des appareils apportée par la technique auto-pneumatique (sans compresseur de gaz),
  - La possibilité d'obtenir les performances les plus élevées, jusqu'à 63 kA,
  - Le nombre de chambres de coupure est réduit (01 chambre en 245 kV, 02 chambres en 420 kV, 03 chambres pour la ligne de 550 kV et 04 en 800 kV),
  - Une durée d'élimination de court-circuit court, de 2 à 2,5 cycles en réseau THT,
  - La durée de vie d'au moins de 25 ans,
  - Faible niveau de bruit,
  - Zéro maintenance (régénération du gaz SF6 après coupure),
  - Eteint l'arc dix fois mieux que l'air.
- L'un des inconvénients de ce type d'appareil est son prix élevé.

### C) - Disjoncteur à vide :

En principe le vide est un milieu diélectrique idéal : il n'y a pas de matière donc pas de conduction électrique. Cependant, le vide n'est jamais parfait et de toute façon a une limite de tenue diélectrique. Malgré tout, le « vide » réel a des performances spectaculaires : à la pression de 10 bar, la rigidité diélectrique en champ homogène peut atteindre une tension crête de 200 kV pour une distance inter électrodes de 12 mm (Fig. II.8).[3]

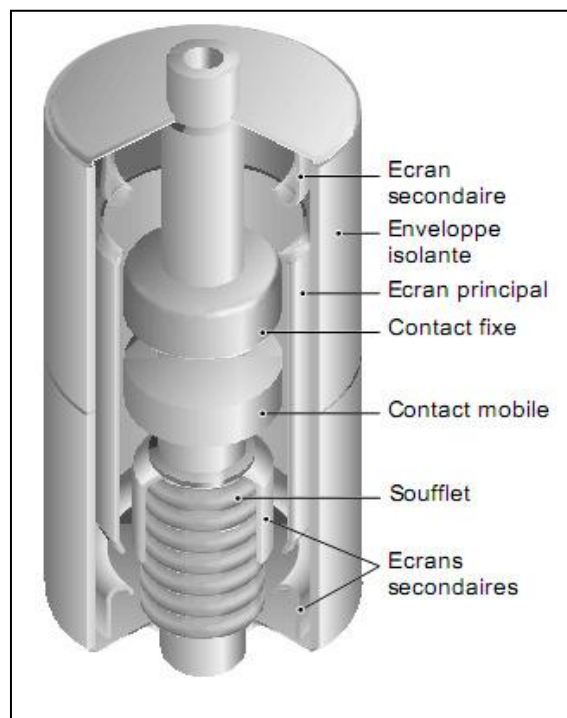


Fig. II.8 - Constitution d'une ampoule de coupure dans le vide.

Tous les constructeurs ont été confrontés aux mêmes exigences :

- Réduire le phénomène d'arrachement de courant pour limiter les surtensions,
- Éviter l'érosion précoce des contacts pour obtenir une endurance élevée,
- Retarder l'apparition du régime d'arc concentré pour augmenter le pouvoir de coupure,
- Limiter la production de vapeurs métalliques pour éviter les re-claquages,
- Conserver le vide, indispensable pour garder les performances de coupure, pendant la durée de vie de l'appareil.

C'est en MT que cette technique est la plus employée: des disjoncteurs d'usage général sont maintenant disponibles pour les différentes applications avec tous les pouvoirs de coupure habituels (jusqu'à 63 kA). Ils sont utilisés pour la protection et la commande.

### **II.5.5) - Fusible moyenne tension:**

#### **II.5.5.1) - Généralités :**

Les fusibles moyennes tensions (Fig. II.20) offrent une protection des dispositifs de distribution moyenne tension (de 3 à 36 kV) contre des effets dynamiques et thermiques causés par les courts-circuits plus élevés que le courant minimal de coupure du fusible. Etant donné leur faible coût d'acquisition et ne nécessitant aucune maintenance, les fusibles moyennes tensions sont une excellente solution pour la protection de différents types de dispositifs de distribution:

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

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

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

- Haut pouvoir de coupure,
- Basses valeurs de  $I2t$ ,
- Interruption sûre des courants critiques,
- Baisse puissance dissipée,
- Utilisables pour l'intérieur et l'extérieur,
- Avec percuteur thermique,
- Basses valeurs d'intensité minimale de coupure.

### **II.6)-Conclusion :**

le choix de système de protection depend du dimensionnement des éléments consécutifs du réseau du fait de la rapidité, la sélectivité et de la sensibilité de ses relais, ces derniers doivent être réglés afin d'assurer une protection efficace contre les différents types d'anomalies qui peuvent survenir sur le réseaux électrique.

# Chapitre III

### III.1)- Introduction :

Dans les installations électriques on peut voir des défauts électriques (court-circuit et surcharge) qui causent des dégâts considérables sus. C'est pour cette raison qu'il faut l'éliminer le plus rapidement possible et cela utilisant des dispositifs de protection.

### III.2) Défaut sur les installations :

#### III.2.1) Terminologie :

➤ **Les courants de court-circuit :**

Le courant de court-circuit c'est l'augmentation importante de l'intensité du courant, qui peut traduire par un contact entre deux conducteurs de polarité différentes ce qui produit un arc électrique, un échauffement très important pouvant provoquer la fusion des conducteurs et la création d'efforts électrodynamique.

➤ **Surcharge :**

La surcharge est caractérisées par l'augmentation de la valeur de la puissance demandée, donc il y a un accroissement du courant qui engendre un échauffement pouvant entraîner la détérioration de l'installation.

#### III.2.2)- Principe de protection :

La détection du défaut est réalisée par des détecteurs exploitant les trois générales de l'électricité.

L'élimination du défaut, s'effectue dans la plus part des cas, en ouvrant le circuit, coupant ainsi le courant de défaut.

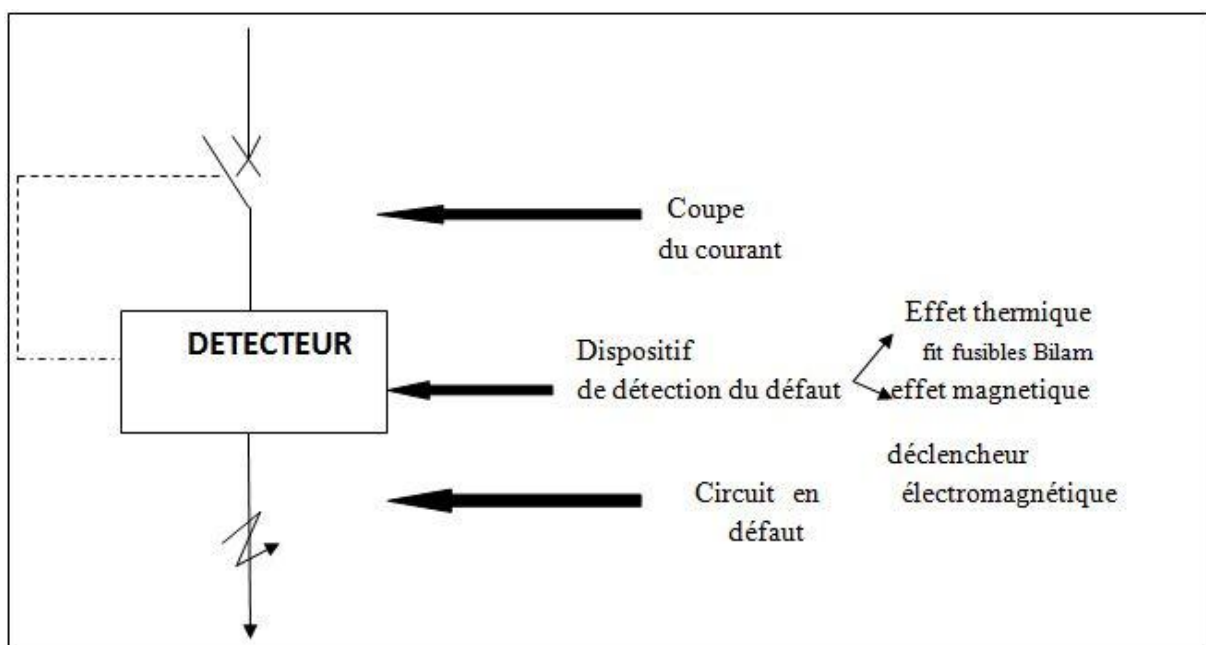


Fig. III.1-Détermination principe de protection

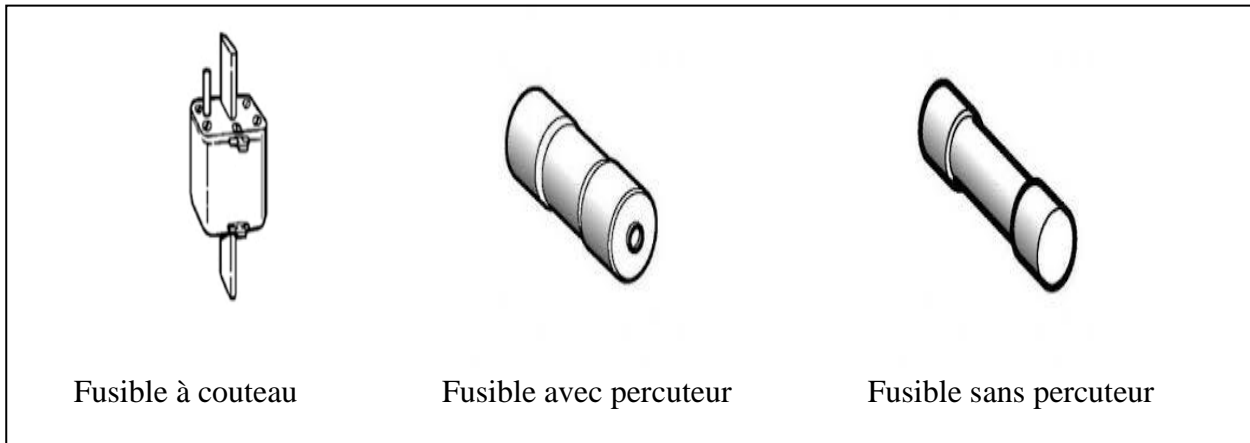
**III.3)- Détection et élimination des défauts :[8]**

**III.3.1 Les Fusibles :**

**III.3.1.1 Définition :**

Un fusible est un organe de sécurité qui coupe le courant par la fusion d'un élément calibré lors d'un court-circuit ou d'une surcharge.

Les éléments fusibles peuvent se présenter sous forme de cartouches cylindriques ou de cartouches à couteau.



**III.3.1.2) Symbole :**

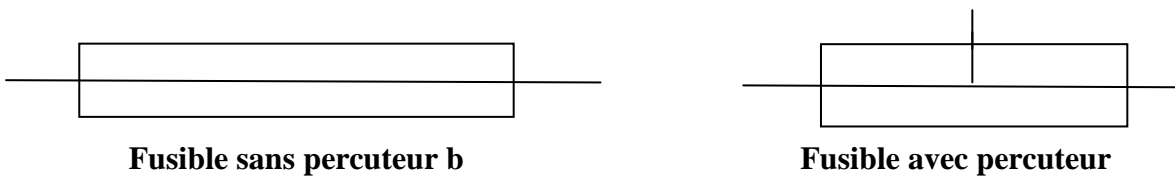


Fig. III .2- : Symbole d'un fusible

**III.3.1.3) Constitution :**

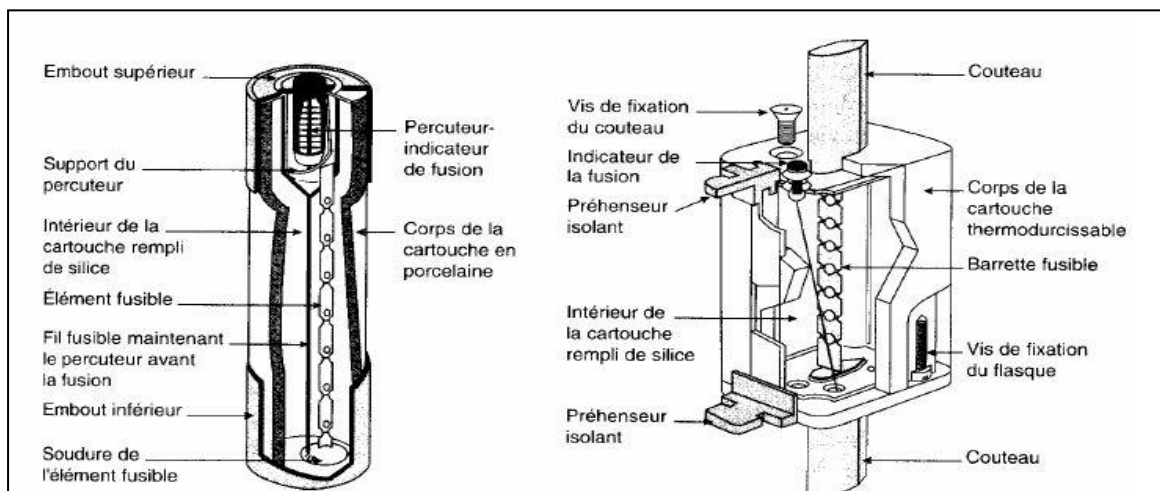


Fig.III.3- : constitution d'un fusible cartouche cylindrique ou à couteau

**III.3.1.4)- caractéristiques des fusibles :**

Ils sont caractérisés par :

- L'intensité nominale ( $I_n$ ) : c'est le passage du courant à travers sans provoquer la fusion du conducteur fusible ;
- La tension nominale ( $U_n$ ) : c'est la tension maximale d'utilisation du fusible, généralement 250V ou 500V ;
- Pouvoir de coupure (pdc) : c'est le courant de court-circuit maximale qui peut le supportée sans danger. exemple : le type HPC (haute pouvoir de coupure), HPC > 10KA ;
- Courant de non fusion : ( $I_{nf}$ ) : c'est la valeur spécifiée du courant qui peut être supportée par le fusible sans fondre pendant le temps spécifié (a) ;
- Courant de fusion ( $I_f$ ) : c'est la valeur spécifiée du courant qui peut provoquer la fusion avant la fin du temps spécifié (b)

### III.3.1.5)- Courbe de fonctionnement :

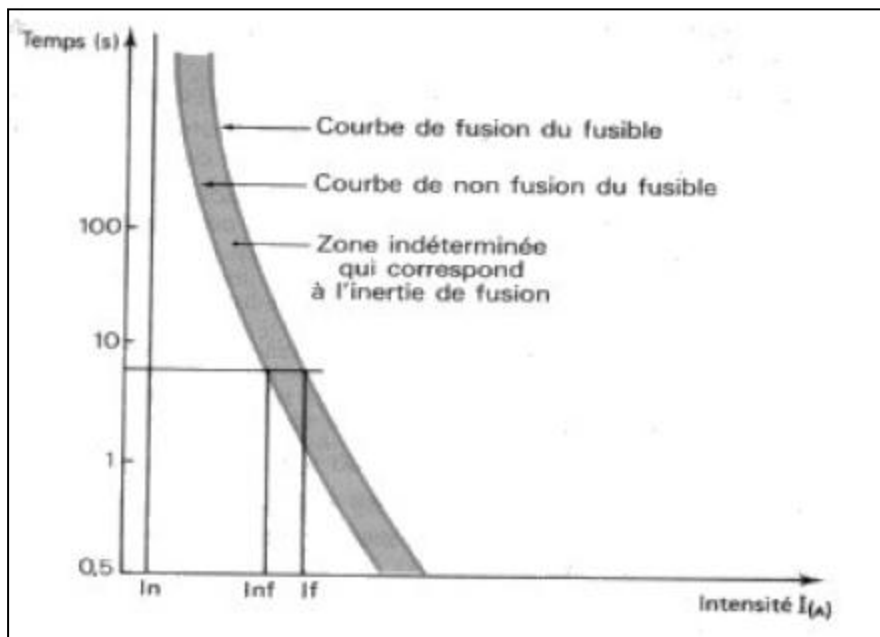


Fig.III.4- Courbes de fonctionnement d'un fusible.

Pour les fusibles, la norme C 15-100 donne les relations suivantes :

$$I_B < I_n \quad \text{et} \quad I_n < \frac{I_Z}{K3}$$

$$I_n < 10A \quad K3 = 1,31$$

$$10A < I_n < 25A \quad K3 = 1,21$$

$$I_n > 25A \quad K3 = 1,10$$

$I_B$  : Courant d'emploi dans la canalisation

$I_n$  : Courant assigné (calibre) du dispositif de protection (fusible)

$I_Z$  : Courant admissible dans la canalisation

**III.3.1.6)- Classification :**

On distingue quatre classes de fusibles selon le récepteur associé :

**a- Classe gG ( gL - gI) et gF :** Ce sont des fusibles associés à des récepteurs à caractère résistif, tel que le calibre choisi  $I < 1.1I_n$ . Ces fusibles permettant de protéger les circuit contre les faibles et fortes surcharges et également contre les courts-circuits.

**b- classe gt :** Ils ont les mêmes caractéristiques que celui de la classe gF, mais sont plus rapide. Ce type des fusibles sont utilisé dans électronique pour la protection des semi conducteur. Ils protègent contre les courts-circuits.

**c- Classe aM (accompagnement moteur) :** ils sont utilisés pour protéger des moteurs dont le courant de démarrage est six fois plus que le courant nominal, le calibre choisi  $I < I_n$ .

**III.3.1.7)- pouvoir de coupure :**

La valeur du courant de court-circuit présumé que le fusible est capable d'interrompre de façon fiable, sous une tension donnée il s'exprime en (KA). Le calibre d'un fusible n'a rien avoir avec son pouvoir de coupure, par exemple un fusible de 8A peut avoir un pouvoir de coupure de 30KA.

**III.3.1.8)- Choix du fusible :**

Le choix d'un fusible, doit fixer :

- a) La classe :
  - B pour les installations domestiques
  - gG anciennement GI : emploi général industriel
  - aM accompagnement moteur : emploi industriel
  - AD accompagnement disjoncteur
- b) Le calibre : le courant nominal ( $I_n$ ), c'est le courant que peut supporter un fusible en permanence sans échauffement normal.
- c) La tension d'emploi (U) ;
- d) Pouvoir de coupeur : pc (toujours choisir  $PC > I_{cc}$ ) ;
- e) la forme et la taille :
  - cylindrique
  - à couteaux
- f) Eventuellement, le système déclencheur ou non (percuteur s'il existe).

**III.3.1.9)- Sélectivité :**

La sélectivité consiste à choisir le type du calibre du dispositif de protection pour assurer la protection de la partie du circuit en défaut.

La sélectivité entre les fusibles s'obtiendra en tenant compte :

- Du type d'appareil électrique à protéger : moteur, four, éclairage, ... ;
- Des caractéristique  $I_n$ ,  $I_{nf}$ ,  $I_f$ , et  $t$  ;

- De la série du fusible aM, gF, gG ;
- De l'emplacement en amont ou en aval des fusibles dans le circuit.

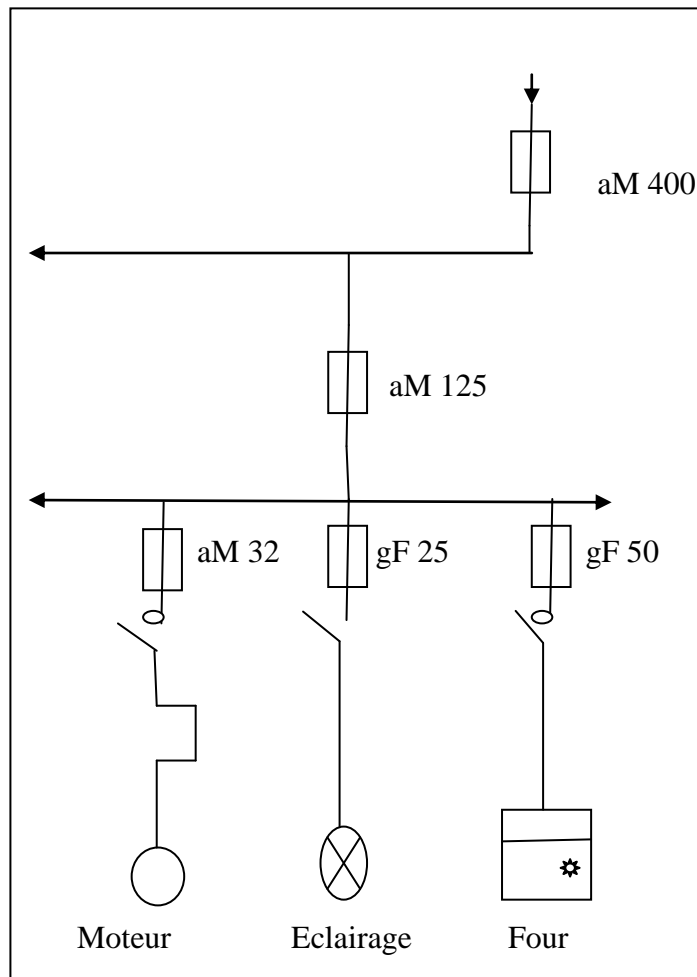


Fig.III.5- Sélectivité ampèrémétrique

### III.3.2)- Les Disjoncteur :

#### III.3.2.1) Définition :

Ce sont des appareils de protection contre les surintensités dues aux surcharges ou aux courts-circuits. Elles sont capables d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit.

Elle peut aussi supporter pendant (une durée spécifiée) et interrompre des courants dans des conditions de court-circuit.



Fig.III.4- Disjoncteur tripolaire

**III.3.2.2)- Symbole :**

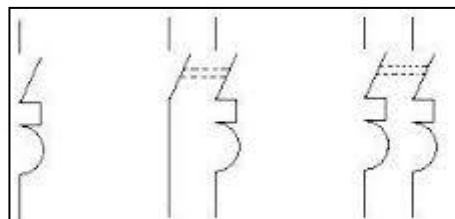


Fig.III.6- Disjoncteur magnéto-thermique

**III.3.2.3) Constitution :**

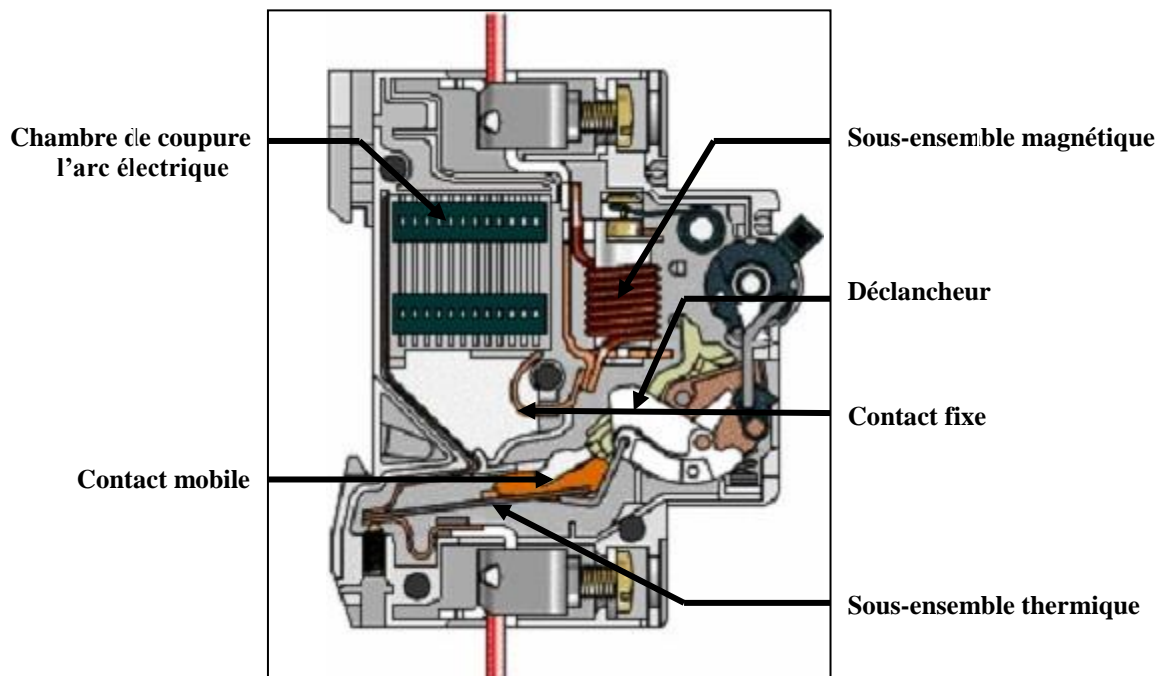


Fig III.7-.Constitution d'un disjoncteur magnéto-thérmiqe

**III.3.2.3)- Caractéristiques des disjoncteurs :**

Ils sont caractérisés par :

- La tension nominale ( $U_n$ ) : C'est la tension maximale d'utilisation ;
- L'intension nominale ( $I_n$ ) : C'est le calibre de courant maximal d'utilisation ;
- Le pouvoir de coupure ( $P_{dc}$ ) : C'est la valeur du courant de court-circuit maximal qui peut le couper ;
- Le nombre de pôles : selon le type d'installation et le régime de neutre, on choisit un disjoncteur unipolaire, bipolaire ou tripolaire ;
- Les types de protection à assurer : on distingue trois types de déclenchement selon le courant de court-circuit ( $I_{rm}$ ), le courant de surcharge ( $I_{rth}$ ) et le courant de défaut ( $\Delta I$ ).

#### III.3.2.4)-Courbe de fonctionnement :

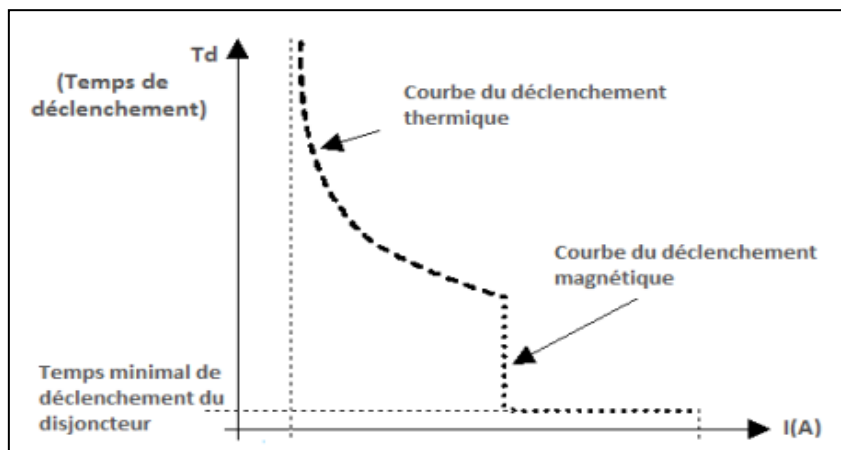


Fig. III.8. Courbe du déclenchement d'un disjoncteur magnéto-thermique

courbe de déclenchement normalisées, types : B, C,D,MA

⇒ Suivant normes de fabrication

CEI 947-2 et EN60947-2 :	{ Installation industrielles : Usage avertis ou personnel qualifié,
NFC 63-120	
EN 60 898 et NFC 61- 410 :	{ Installation domestiques : Logement et petit tertiaire.

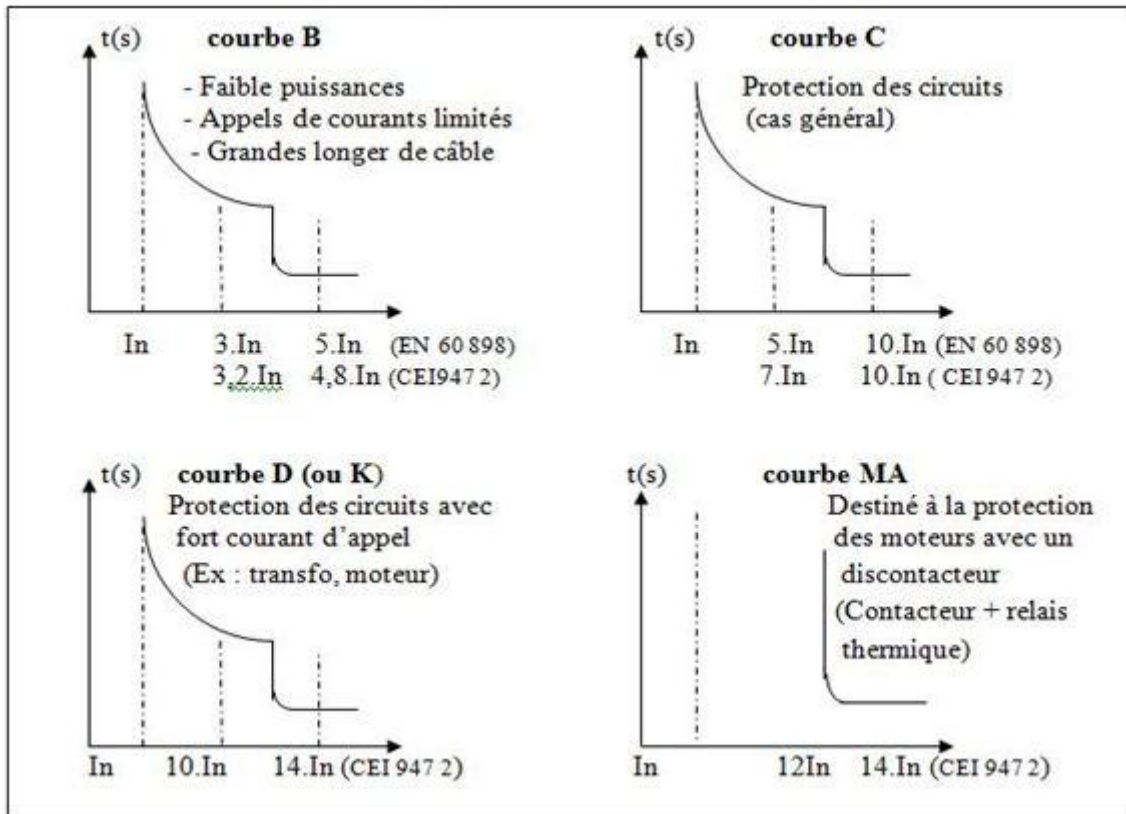


Fig.III.9- Déférent courbes du déclanchement

\* Pour les disjoncteurs, la norme C-15-100 donne les valeurs suivantes :

$$I_B < I_n$$

$$I_n < I_z$$

### III.3.2.5) Classification:

On distingue deux classes de disjoncteur selon le récepteur associé :

**a) Disjoncteur divisionnaire :** La tendue est remplacement des fusibles sur les tableaux de distribution d'abonnés par des disjoncteurs magnéto-thermiques.

**b) disjoncteurs de distribution BT :** pour la commande et la protection des circuits de moteurs et de distribution, il existe deux types de construction de disjoncteurs.

- Les disjoncteurs sous boîtier moulé de 32 à 1 250A équipés de relais thermiques.
- Les disjoncteurs sur châssis métallique de 800A à 6 300A .Ils sont le plus à commande motorisée et munis de relais de protection électroniques.

**III.3.2.5)- Le pouvoir de coupure :**Le pouvoir de coupure est la plus grande intensité de courant de court-circuit qu'un disjoncteur peut interrompre, sous une tension donnée. Il s'exprime en (KA).

La norme CEI 947-2 et NFC 15-100 impose que le pouvoir de coupure ultime soit supérieur ou égal au courant de court-circuit théorique au point où le disjoncteur est installé (sauf en cas de filiation).

### III.3.2.6)- Choix de disjoncteur :

Le choix d'un disjoncteur, doit fixer :

**a) Le type (B, C, D, Z ou AM) :** Le choix se fait en fonction du type d'installation (domestique, distribution, moteur,...).

- Le type B : Protection générateur, des lignes de grande longueur, ou il n'y a pas de points de courant. (elle remplace la courbe L) réglage de  $I_m$  : 3 à  $5I_n$  ;
- Le type C : Protection général des circuits ; (elle remplace la courbe U) réglage de  $I_m$  : 5 à  $10 I_n$  ;
- Le type D : Protection des circuits à fort courant d'appel (primaires de transformateur BT/BT, moteur,...) réglage de  $I_m$  : 10 à  $14 I_n$  ;
- Le type Z : Protection spécifique sur circuit sensibles ayant un microprocesseur ;
- Le type AM : Lignes dédiées aux baies de désfumage avec précaution d'utilisation et choix de câble.

Ce dernier doit pouvoir supporter une surchauffe car le désfumage doit se faire malgré tout.

**b) Le calibre (en ampères) :** l'intensité du calibre  $I_n$  (en A) doit être compris entre  $I_b$  et  $I_z$ .

**c) Le nombre de pôles (4P, 3P,...) :** Il est fonction du réseau et la charge.

**d) Le modèle (modulaire, compact) :** Le modèle est principalement imposé par  $I_n$ .

**e) La tension nominale (en Volts) :** Elle doit être supérieure ou égale à la tension du réseau.

**f) Le pouvoir de coupure (en KA) :** Il doit être supérieur au courant de court-circuit que l'on peut atteindre sur la ligne ( $P_c > I_{cc}$ ).

### III.3.2.7) Sélectivité :

Il y a sélectivité des protections si un défaut survenant en un point quelconque d'une installation, est éliminé par l'appareil de protection placé immédiatement en amont du défaut et lui seul.

La continuité de la distribution dans une installation électrique est directement liée à la sélectivité des protections.

Techniques de sélectivité : il existe deux techniques classiques fondées sur l'utilisation de deux paramètres intervenant dans les appareils de protection, sont exploités :

- Valeurs des courants de déclenchement : **Sélectivité ampèremétrique.**
- Temps de déclenchement : **Sélectivité chronométrique.**

**a) Sélectivité ampèremétrique :**

La sélectivité est liée aux réglages des seuils de déclenchement. Im des déclencheurs magnétiques, sur les disjoncteurs amont et aval.

Exemple : sélectivité ampèremétrique entre deux disjoncteurs

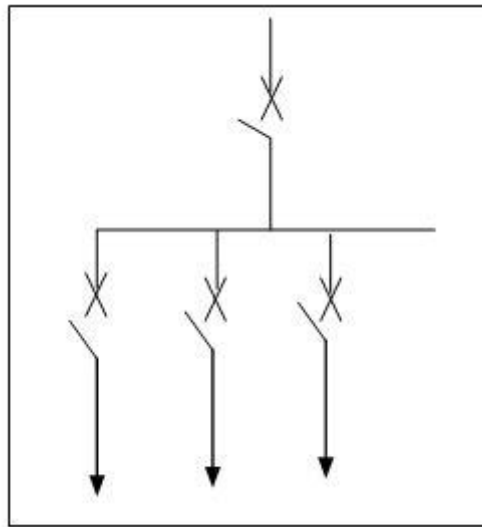


Fig.III.10-Apparition d'un courant de court-circuit  $I_{cc}$  sur le départ3

Soit  $I_{ccB}$  courant de court-circuit maximal en aval de B.

(  $\rightarrow I_{cc} > I_{ccB}$  )

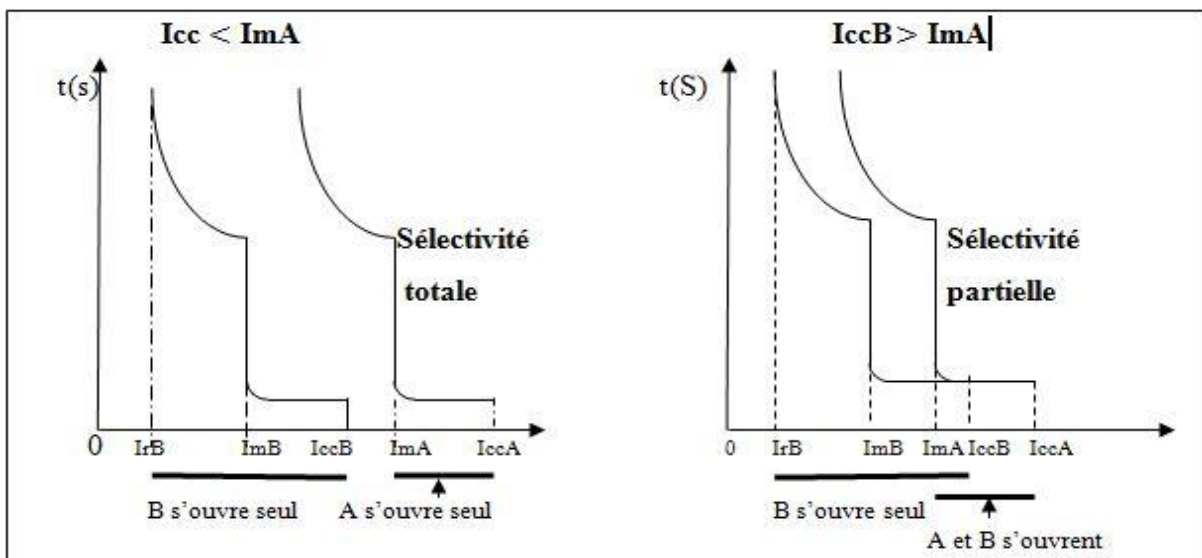


Fig.III.11-Déférent possibilité d'une sélectivité ampèremétrique

La sélectivité est souvent difficile à réaliser, car l'écart  $I_{ccA}$  et  $I_{ccB}$  est généralement insuffisant. Dans ce cas, la sélectivité est partielle et limitée à l'intensité de réglage  $I_{mA}$  du déclencheur amont magnétique du disjoncteur amont.

### b) Sélectivité chronométrique :

On retarde le déclenchement du disjoncteur amont par rapport à celui du disjoncteur aval. Le disjoncteur amont, est appelé disjoncteur « sélectif ».

Réalisation : le disjoncteur « sélectif » (amont) est muni temporisation au déclenchement, réglable à plusieurs carns.

Il y a sélectivité chronométrique totale, si le temps total de coupure du disjoncteur aval B, est inférieure au temps de non déclenchement du disjoncteur amont A.

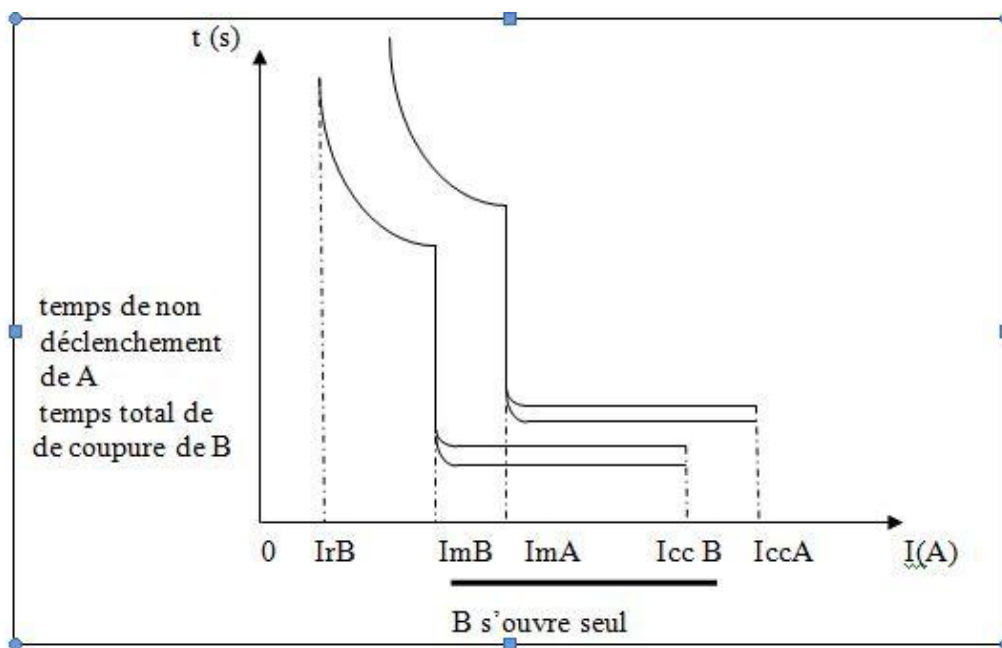


Fig.III.11-Courbe d'une sélectivité chronométrique

### III.4) Conclusion :

Le choix du système de protection dépend du dimensionnement des éléments consécutifs du réseau du fait de la rapidité, de la sélectivité et de la sensibilité de ses relais, ces derniers doivent être réglés de façon judicieuse.

# Chapitre IV

**IV.1)- Introduction :**

Ce chapitre est une application. Il consiste du choisir les dispositifs de protection qu'il faut pour la protection des transformateurs les lignes et les moteurs.

**IV.2)- Aléas techniques :[6]****IV.2. 1)-Objet de l'étude :**

Au vu du plan de protection contre les courts circuits entre phases, on cherche à déterminer :

- la structure de raccordement adéquate
- le type de protection ampèremétriques à installer (classique ou traditionnelle)
- les plages de réglage des protections (générale NF C 13-100 du site à raccorder et ampèremétrique

**IV.2. 2)-Hypothèses et modélisation :**

Conformément à l'article 5 de l'arrêté du 17 mars 2003, la norme CEI 60-909 permet le calcul des courants de court-circuit. Pour ce faire, elle a recourt à des coefficients correctifs dépendant du courant de court-circuit symétrique initial, des caractéristiques des sources de tension et du durée d'application du défaut, assimilable au temps mort d'un disjoncteur.

La modélisation proposée par la norme CEI 60-909 se limite à la représentation de toutes les impédances directes de branches et de transformateurs entre les sources de tension.

**IV.2. 3)-Protection C1-100 : détermination de la solution de raccordement et réglage**

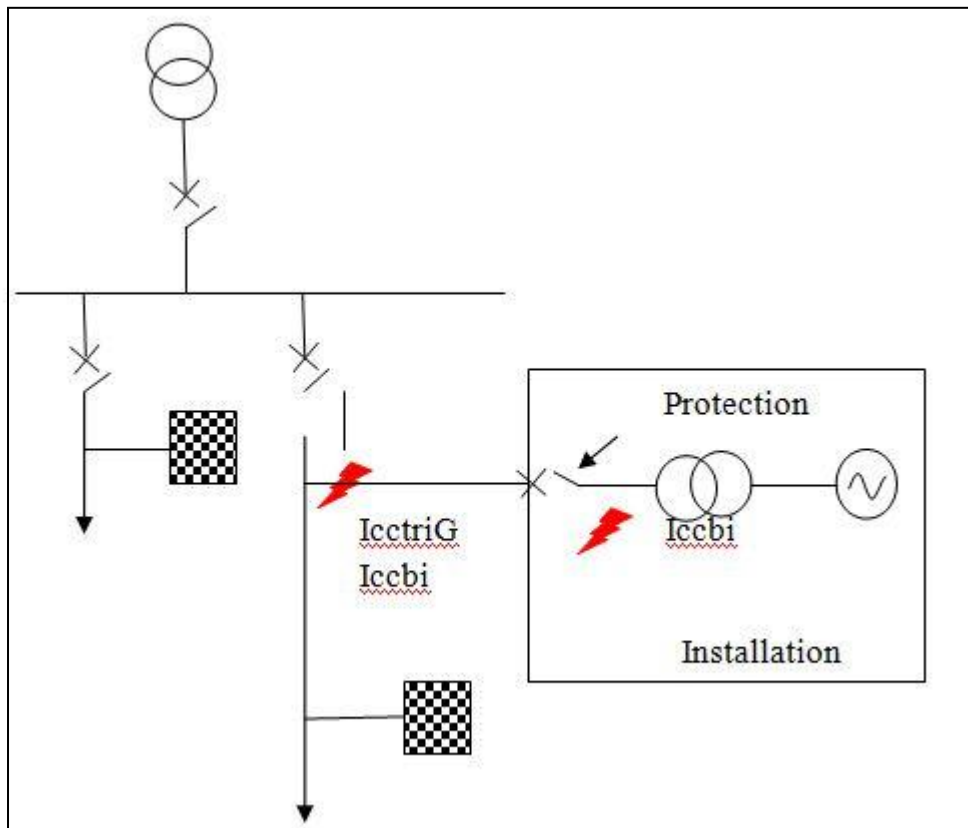
Cette étude doit être conduite pour le schéma normal du poste source et réseau HTA (sans défaut). Dans cette configuration, on calcul les courants de court-circuit pour les 3 cas de défaut suivants :

- Défaut 1 : court-circuit biphasé chez le producteur raccordé au réseau sachant qu'aucun autre producteur est en service (calcul du courant  $I_{c\text{cbi}}$  au niveau de la protection C 13-100). Ce calcul s'effectue pour le Pcc HTB minimum.
- Défaut 2 : court-circuit triphasé au point de livraison du producteur en supposant que celui-ci est en service (calcul du courant  $I_{c\text{ctri G}}$  vue par la protection C 13-100)
- Défaut 3 : court-circuit biphasé au point de livraison du producteur en supposant que celui-ci est en service (calcul du courant  $I_{c\text{cbi G}}$  vue par la protection C13-100)

Dans cette étude, on distingue bien court-circuit biphasé et triphasé. Dans le premier cas, deux des trois conducteurs se retrouvent en contact. Dans le second cas, les trois phases se retrouvent interconnectées ensemble.

De plus, il est à noter que pour les défauts 2 et 3, le réseau HTB ne contribuant pas au courant de court-circuit remontant au niveau de la protection C 13-100, la puissance Pcc HTB n'a pas d'influence.

Selon le schéma de raccordement, on peut à quels endroits sont évalués les courants de court-circuit.



On vérifie qu'un réglage est possible en respectant les conditions suivantes :

- $I_{réglage} < 0.8 * I_{ccbi}$  : condition essentielle de sécurité, permet de garantir l'élimination des courts circuits les plus lointains dans l'installation du producteur
- $I_{réglage} = 1.3 * I_M$  : condition essentielle de fonctionnement, permettant l'injection de la production sans déclenchement intempestif
- $I_{réglage} = 1.2 * I_{cctriG}$  : évite le déclenchement non désiré du disjoncteur général du poste de la livraison lors d'un défaut triphasé sur le réseau HTA
- $I_{réglage} = 1.2 * I_{ccbiG}$  : évite le déclenchement non désiré du disjoncteur général du poste de livraison lors d'un défaut biphasé sur le réseau HTA
- $I_{réglage} = 5 \text{ à } 8 I_B$  : évite le déclenchement non désiré à la mise sous tension simultanée de la totalité des équipements du site

Avec :  $-I_B$  = somme des courants assignés des appareils susceptibles d'être mis simultanément sous tensions par le réseau, transformateur compris

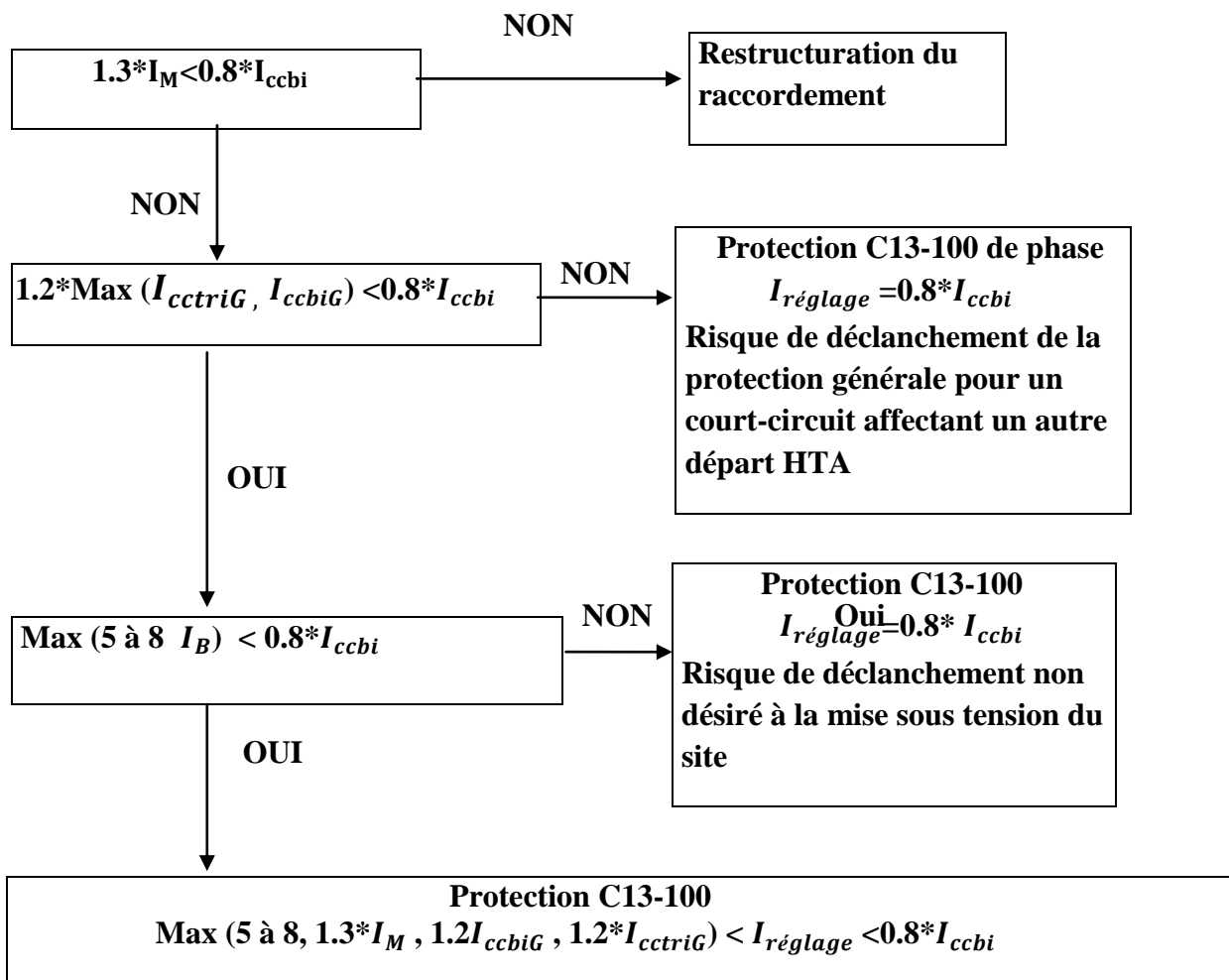
$-I_M$  = courant maximal physiquement injecté ou soutiré sur le réseau HTA en régime permanent par l'installation

Si  $1.3 * I_M > 0.8 I_{ccki}$ , le site avec le raccordement ne pourra pas être protégé, il faut revoir la structure de raccordement

Si  $1.2 * \text{Max}(I_{cctriG}, I_{cckiG}) > 0.8 * I_{ccki}$ , la protection ampèremétrique de phase réglée à un seuil inférieur à  $0.8 * I_{ccki}$  sera susceptible de déclencher en cas de court-circuit affectant le départ de raccordement notamment le tronçon de liaison au poste

Si  $5 \text{ à } 8 * I_B$ , un réglage est possible mais certaines sous tensions du site pourront donner lieu au déclenchement non désiré général du poste de livraison

Ainsi pour un suivi du réglage, on se référera à cette trame :



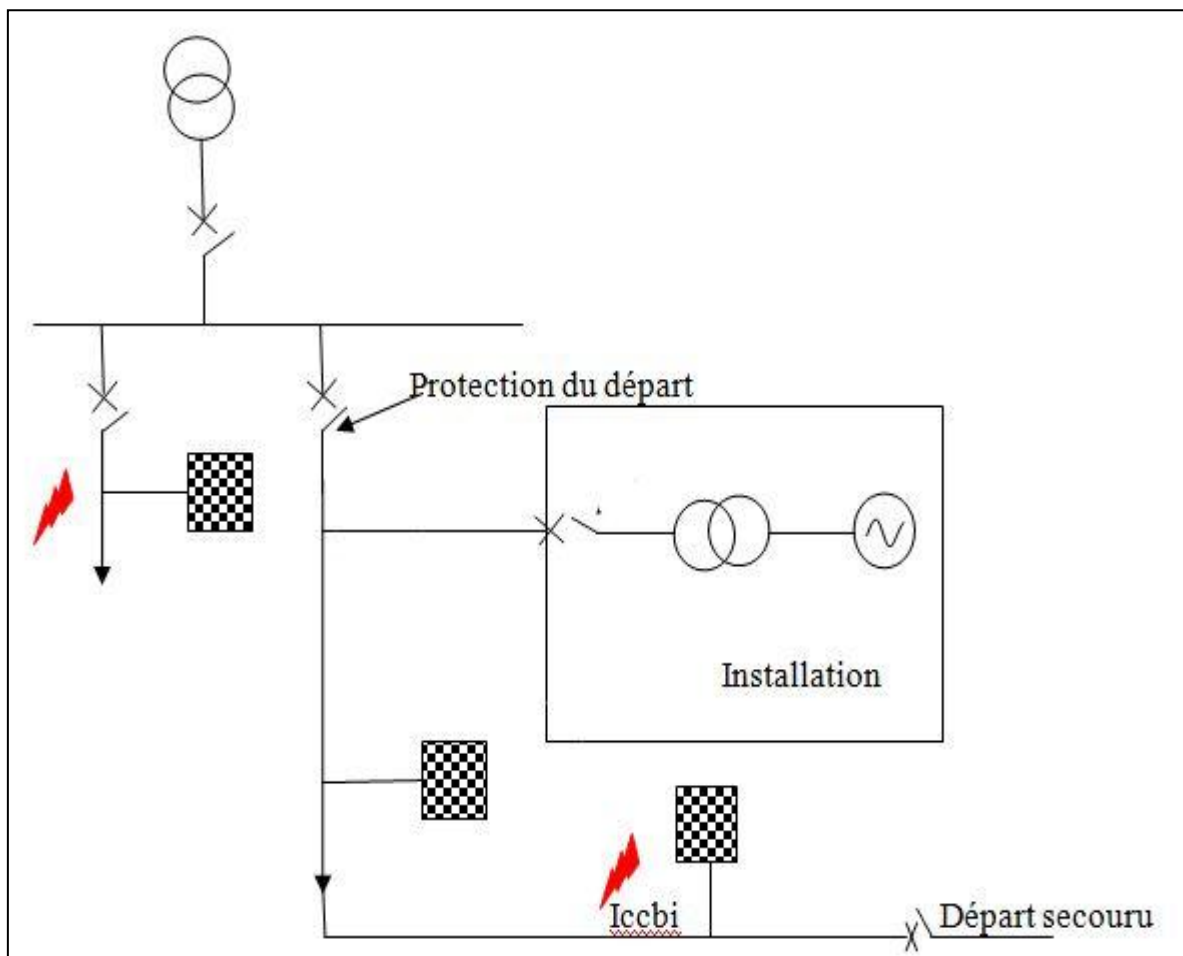
#### IV.2. 4)-Protection du départ du producteur : détermination de la solution de raccordement et réglage

Cette étude doit être conduite en schéma secourant (schéma usuel de secours HTA dans lequel le départ du producteur reprend le départ).

Pour les calculs, la puissance  $P_{cc}$  HTB sera prise à son minimum, et on cherche à définir les courants de court-circuit dans les cas suivants :

- Défaut1 : court-circuit biphasé au point le plus impédant du départ HTA du site en schéma départ secourant (calcul du courant apporté par le poste source au niveau de la protection de départ)
- Défaut2 : court-circuit triphasé sur la tête de câble d'un autre départ du poste source en schéma départ secourant (calcul du courant remontant au niveau de la protection de départ)
- Défaut2 : court-circuit biphasé sur la tête de câble d'un autre départ de poste source en départ (calcul du courant remontant au niveau de la protection de départ)

Pour ces trois calculs, le producteur étudié et les autres producteurs raccordés sur le départ HTA sont couplés.



On vérifie qu'un réglage est possible en respectant les conditions suivantes :

- $I_{réglage} < 0.8 * I_{ccbi}$  : condition essentielle de sécurité, permet de garantir l'élimination des courts-circuits les plus lointains sur le départ secours
- $I_{réglage} < 1.3 * I_p$  : condition essentielle de fonctionnement, permettant l'injection de la production sans déclenchement intempestif
- $I_{réglage} < 1.2 * I_{cctriG}$  : évite le déclenchement non désiré du départ HTA lors d'un court-circuit triphasé sur un autre départ HTA
- $I_{réglage} < 1.2 * I_{ccbiG}$  : évite le déclenchement non désiré du départ HTA lors d'un court-circuit triphasé sur un autre départ HTA

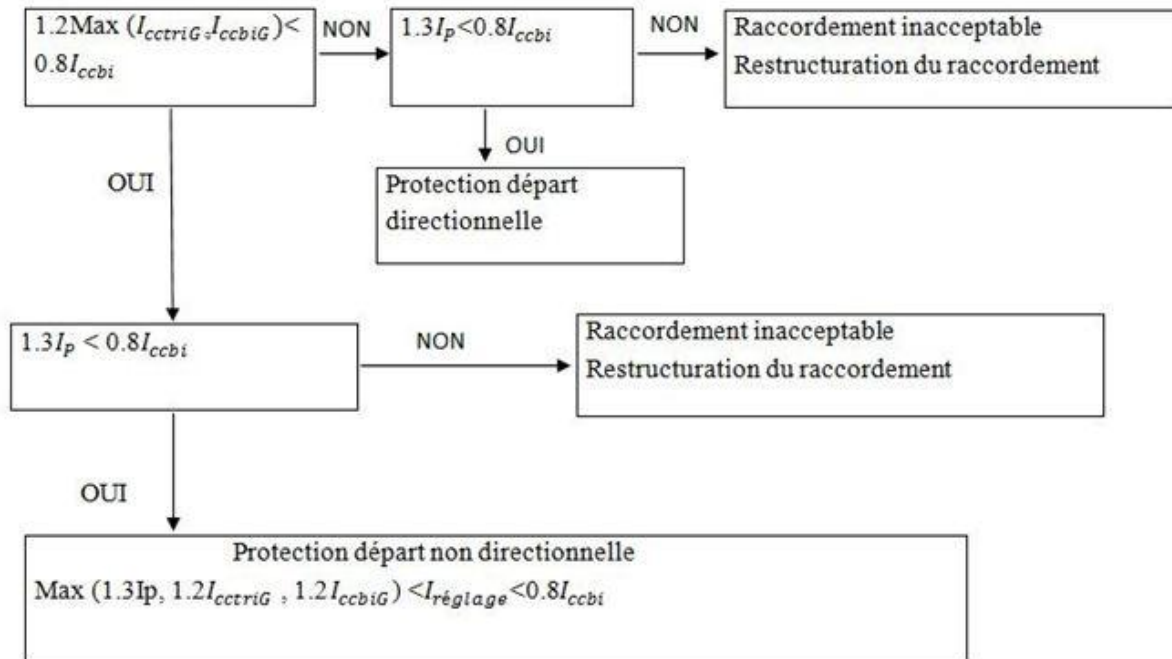
Avec :  $I_p$  = courant de transit maximal en régime permanent (en schéma de normal et secours usuel HTA) sur le départ (en absorption ou refoulement de puissance)

Si  $1.3 I_p > 0.8 * I_{ccbi}$ , le départ ne pourra pas être protégé contre un court-circuit lointain, le raccordement étudié n'est pas possible avec la structure du départ HTA, il faut revoir les modalités du raccordement

Si  $1.2 * I_{cctriG} > 0.8 * I_{ccbi}$ , il faut prévoir l'adjonction d'une protection directionnelle pour prévenir la perte de sélectivité et minimiser le risque de déclenchement non désiré en cas de défaut sur un autre départ HTA

Il faut s'assurer que le courant  $I_{réglage}$  soit compatible avec les courants maximaux de magnétisation des transformateurs HTA/BT mis sous tensions par fermeture d'un appareil de coupure. Cette vérification n'est nécessaire que si le départ est équipé d'un réenclencher rapide. On vérifiera que le courant sous tensions par le départ n'excède pas une certaine valeur. Le cas échéant on pourra affiner l'étude par simulation d'enclenchement de transformateur.

Si une difficulté de réglage apparaît, alors que l'on fonctionne en schéma secourant, on cherchera dans un premier temps à lever la contrainte en demandant le découplage des installations secourues dans leur ordre inverse d'arrivée.



#### IV.2. 5)- Etude des schémas de secours :

Pour le schéma transformateur secouru, on réalise les mêmes vérifications que celles conduites pour le départ HTA en considérant cette fois-ci le schéma départ secourant pour le schéma transformateur secouru, la Pcc HTB étant prise à son minimum.

Si une des conditions essentielles de réglage n'est pas satisfaite du fait de la présence du producteur étudié, on ne modifiera pas la structure du raccordement pour lever la contrainte. La convention d'exploitation prévoira un découplage du producteur lorsque le schéma transformateur secouru sera mis œuvre.

Pour le schéma de départ secouru on définit une protection du départ secourant le départ producteur on conduit les mêmes vérifications que celles conduites pour le départ HTA pour la protection du départ S secourant usuellement le producteur (en schéma départ secouru).

Si une des conditions de réglage n'est pas satisfaite de la présence du producteur étudié, on ne modifiera pas la structure du raccordement pour lever la contrainte. La convention d'exploitation prévoira seulement un découplage du producteur lorsque le schéma départ secouru sera mis en œuvre.

L'ensemble des protections d'un réseau constitue un système. la sélectivité a pour but d'isoler le plus rapidement possible la branche en défaut, et d'éviter de couper injustement des branches saines. On distingue trois types de sélectivité.

- La sélectivité ampèremétrique, qui repose sur des réglages de courant de déclenchement décroissant vers l'aval du réseau. plus on est près du client plus le courant réglé sera faible.

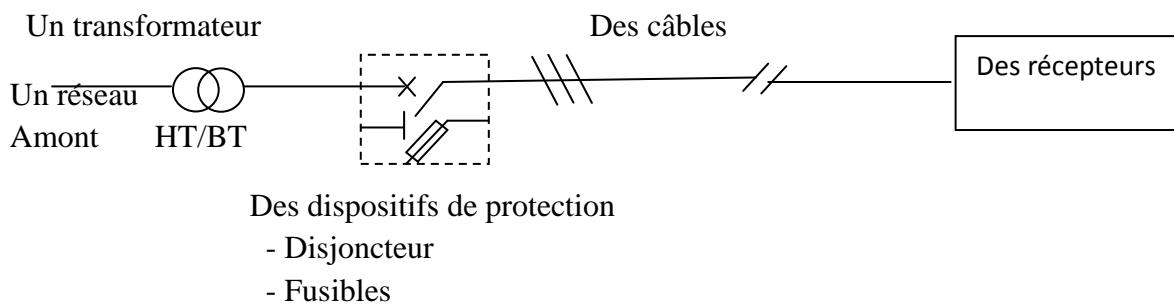
- La sélectivité chronométrique, qui joue sur la temporisation par étage de réseau les niveaux aval doivent avoir un temps de coupure plus faible que les niveaux amont pour ainsi s'assurer de couper à temps seul le tronçon concerné.
- La sélectivité logique, la première protection détectant un défaut envoie un ordre de «blocage» aux autres protections, les empêchant ainsi de déclencher.

Il est à noter que la sélectivité la plus utilisée est la sélectivité ampéremétrique.

Le plan de protection est un compromis entre les objectifs de sensibilité, de rapidité et de fiabilité. Outre un bon fonctionnement en régime normal, il doit permettre la sécurité des personnes et des biens, n'éliminer que la partie en défaut et assurer la continuité de service de la partie amont du dispositif de protection.

### IV.3)- Protection contre les courants de court-circuit :

Les dispositifs de protection sont chargés de protéger : les récepteurs, les câbles et les transformateurs contre tout court-circuit qui aurait lieu en aval l'endroit où il est placé.



#### IV.3.1)- conditions de protections contre les courants de court-circuit :[5]

Pour que la protection contre les courants de court-circuit soit assurée, le dispositif de protections (fusibles ou disjoncteur suivant le cas) doit satisfaire à plusieurs conditions détaillées :

##### a) protection par Fusible :

- le pouvoir de coupure ( $P_{dc}$ ) des fusibles doit supérieure ou égal au courant de court-circuit triphasé ( $I_{cc3}$ ) susceptible de ce produire juste en dessous d'eux. (expliquer le courant de court-circuit triphasé).  
 $P_{dc} > I_{cc3} \text{ MAX} ;$

- Le (ou les fusibles) doit fondre pour une valeur minimum du courant –circuit, c'est-à-dire pour un défaut franc situé en bout de ligne et dans un temps inférieur à 5second.

$I_{f5s} I_{cc3} \text{ MIN.}$  avec  $I_{f5s}$  : courant de fusion pour un temps de 5secondes ;

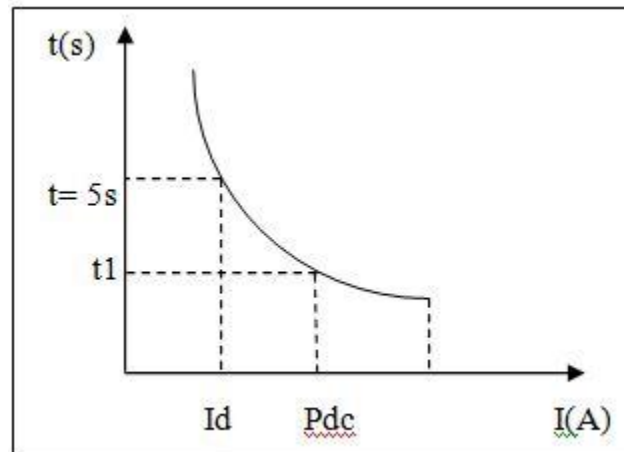


Fig. IV.1- courbe de fusion d'un fusible

### b) protection par Disjoncteur

- le pouvoir de coupure ( $P_{dc}$ ) d'un disjoncteur doit être supérieure ou égal au courant de courant-circuit triphasé ( $I_{cc3}$ ) susceptible de se produire juste en dessous de lui, ( $P_{dc} < I_{cc3} \text{ MAX}$ ) ;

- le disjoncteur doit déclencher pour une valeur minimum du courant de court-circuit, c'est-à-dire pour un défaut franc situé en bout de ligne, ( $I_{mag} < I_{cc3} \text{ MIN}$ ), avec  $I_{mag}$  c'est le courant de réglage du déclencheur magnétique ;

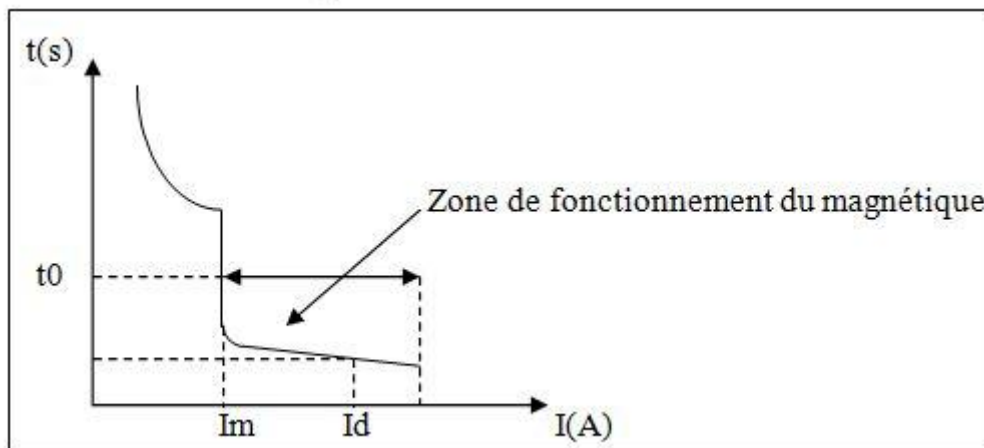


Fig. IV.2- la courbe de déclenchement d'un disjoncteur

### IV.4)- Protection des transformateurs :

Le transformateur doivent protéger contre les surcharges et les courants de court-circuit qui peuvent survenir pendant leur l'utilisation et qui survenant provoquer leur détérioration et mettre en danger les personnes et les installations.

Les normes n'imposent ni l'emplacement ni la nature du dispositif de protection ; c'est le constructeur qui choisit la position la mieux adaptée, soit au primaire soit au secondaire, le calibre et le type d'emplacement du dispositif de protection.

**IV.4.1)- La partie primaire (ligne d'alimentation) :**

Dans la partie primaire il est difficile de réaliser une protection contre les courants de court-circuit à cause des forts courants d'appel ( $25I_n$  pendant 10ms environs). Dans ce cas, la protection elle doit tenir en tête de ligne.

Les constructeurs proposent les trois possibilités suivantes :

- Cartouche aM,
- Disjoncteur de type D (magnétique réglé à  $15I_n$  moyen),
- Disjoncteur de type C (magnétique réglé à  $6I_n$  moyen).

Puissance (VA)	230 V Mono			400V Mono			400V Tri		
	Cart aM	Dis C	Dis D	Cart Am	Dis C	Dis D	Cart Am	Dis C	Dis D
40	1	1		1	1		1		
63	1	2	1	1	1		1		
100	1	3	1	1	2		1		
160	2	6	2	1	2	1	1		
250	4	6	3	1	3	2	1		
400	6	10	6	2	6	2	2		
630	10	16	6	4	10	3	2	6	
1000	10	20	10	6	16	6	4	10	3
1600	16	32	16	10	20	10	6	16	6
2500	20		20	10	32	16	6	20	10
4000	25		32	16		20	10	25	16
6300	50		50	20		32	16		20
10000			80	32		50	20		32
12500							25		32
26000							32		40
20000							40		50
25000							40		63
31000							50		80
40000							63		100

Tableau. IV.1- Calibre minimale des protections de ligne d'alimentation du primaire du transformateur

→ Ces valeurs données à titre indicatif pour des transformateurs ayant des courants d'appel d'environ  $25I_n$ .

**IV.4.2)- La partie secondaire :**

Cette partie doit protéger contre les surcharges et les courants de court-circuit. Pour les surcharges vérifiées le calibre de la protection choisie est inférieur ou égal au courant secondaire du transformateur.

Pour les courts-circuits vérifie qu'un court-circuit au point le plus éloigné de la ligne assurera le déclenchement du dispositif de protection en moins de 5 secondes (NF C 15-100).

Les constructeurs proposent deux solutions :

- Cartouches gG ;
- Disjoncteur type C (magnétique réglé à 6In moyen).

### Règle à appliquer pour déterminer le calibre de la protection au secondaire :

Pour vérifier que le dispositif choisi est bien adapté, une valeur approchée du court-circuit minimum au point le plus éloigné de l'installation peut être obtenue grâce à la formule ci-dessous :

$$I_{CC \text{ Mini}} = \frac{U_s}{\left(\frac{U_s^2}{P} \times \frac{U_{CC\%}}{100}\right) + \frac{2\delta P}{S}}$$

$U_s$  : Tension secondaire du transformateur (V) ;

$P$  : Puissance du transformateur (VA) ;

$U_{CC\%}$  : Tension de court-circuit du transformateur (V) ;

$S$  : Section de la ligne en mm<sup>2</sup> ;

$\delta$  : La résistivité du conducteur (cuivre = 0,027 Ωmm<sup>2</sup>/m).

Le calibre de la protection sera choisi à façon d'avoir un temps de coupure de 5 secondes maximum pour le courant de court-circuit  $I_{cc}$  défini précédemment.

- Fusible gG :  $I_n \leq \frac{I_{cc \text{ mini}}}{4}$
- Disjoncteur type C :  $I_n \leq \frac{I_{cc \text{ mini}}}{8}$

### IV.5)- Protection des lignes contre les courts-circuits :

La protection des lignes à basse tension et haute tension est assurée par des dispositifs aux courants de court-circuit.

La norme NF C 15-100 répond en fixant des règles complètes de protection. Elle définit les règles d'installation en fonction :

- Des sections des conducteurs

- Des dispositifs de protection.

#### IV.5.1) Choix de câble (section) et canalisation préfabriquées :

Selon la norme NF C 15 100, Un câble est composé d'un ensemble de conducteurs électriquement distincts et mécaniquement solidaires, généralement sous un revêtement de protection (gain, tresse, armure, etc....).

Le câble est composé par trois éléments :

❶ **L'âme du conducteur** : c'est l'élément conducteur, elle peut être en aluminium ou en cuivre.

- aluminium : résistivité  $\rho = 0.0225 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$  valeur normaliser NF C15-100
- Cuivre : résistivité  $\rho = 0.036 \Omega \text{mm}^2 / \text{m}$

❷ **L'isolant électrique** : c'est l'opposé d'un conducteur, c'est une matière avec laquelle le courant ne passe pas entre les parties actives.

❸ **Gain de protection mécanique** : fils de câblage : ils sont protégés par les gaines, conduits, tubes isolants ou non, goulottes, moulures.

Les gaines assurent la protection des conducteurs contre les contraintes du milieu ambiant.

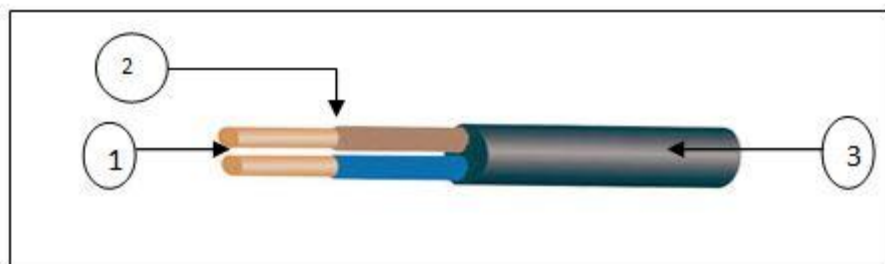


Fig. IV.3- Câble électrique

#### IV.5.2)- choix des dispositifs de protection :

Il y a deux types de dispositifs :

##### IV.5.2.1)- protection par fusible :

- Fusible gG : protègent contre les faibles courts-circuits.
- Fusible aM : protègent contre les forts courts-circuits.

Choix de fusible s'effectuée en fonction de :

- Installation terminale : installation domestique ou industrielle ;
- la section des conducteurs en  $\text{mm}^2$  ;
- le calibre  $I_n$  ou courant en ampère ;
- la tension d'emploi  $U$  en Volt ;

- le pouvoir de coupeur en KA ;
- la taille du fusible.

#### IV.5.2.2)- Protection par disjoncteur :

Le choix de calibre de disjoncteur s'effectue en fonction de courant d'emploi  $I_B$ .

L'intensité assignée  $I_n$  du dispositif de protection, coupe-circuit à fusible ou disjoncteur doit être prise juste supérieure à l'intensité d'emploi  $I_B$  calculée.  $I_n \geq I_B$

On réglera le disjoncteur de calibre  $I_n$  pour obtenir une intensité de réglage  $I_r \approx I_B$ .

On calcul le courant d'emploi  $I_B$  à partir de la puissance véhiculer dans les câbles, et pour le calculer on utilise la méthode BOUCHROUT.

$$S = \sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2} ; I_B = \frac{S}{U \times \sqrt{3}}$$

Calibre du disjoncteur: Le calibre du disjoncteur différentiel se choisit en fonction du circuit électrique alimenté:

- 10A ou 16A pour un circuit d'éclairage
- 16A ou 20A pour un circuit de prise électrique
- 20A pour un circuit spécialisé avec une puissance maximale de 4600W
- 32A pour un circuit spécialisé avec une puissance maximale de 7360W
- 40A pour un circuit spécialisé avec une puissance maximale de 9200W

#### IV.6) Protection des moteurs électrique :

La protection contre les courts-circuits leur but de protéger le moteur et le câble reliant celui-ci au départ-moteur contre les très grands courants rencontrés, le temps d'intervention de l'organe de protection doit être très court, de l'ordre quelque millisecondes. Deux technologies il existe deux types de protection :

##### IV.6.1)- Protection par Fusible :

Les fusibles réalisent une protection phase par phase (unipolaire), avec un pouvoir de coupure important sous un faible volume. Ils assurent la limitation des  $I^2t$  et contîntes électrodynamiques ( $I$  crête).

Pour la protection des moteurs les fusibles utilisés sont ceux de type Am. Leur particulier est de laisser passer leurs surintensités du courant magnétisant à la mise sous tension des moteurs. De fait, ils ne sont pas adaptés à la protection contre les surcharges (contrairement aux fusibles gG).

En général, leur calibre doit être immédiatement supérieur au courant de pleine charge du moteur à protéger.

MOTEUR									
400 V tri			500 V tri			CALIBRES	TAILLE CONSEILLÉE	CALIBRE CONSEILLÉ DE L'INTERRUPTEUR FUSIBLE ASSOCIÉ	
Kw	Ch	In A	Kw	Ch	In A				
7,5	10	15,5	11	15	18,4	20	10 x 38 ou 14 x 51	FUSERBLOC 32 A CD	
11	15	22	15	20	23	25	10 x 38 ou 14 x 51		
15	20	30	18,5	25	28,5	40	14 x 51	FUSERBLOC 50 A	
18,5	25	37	25	34	39,4	40	14 x 51		
22	30	44	30	40	45	63	22 x 58	FUSERBLOC 100 A ou 125 A	
25	34	51	40	54	60	63	22 x 58		
30	40	60	45	60	65	80	22 x 58		
37	50	72	51	70	75	100	22 x 58		
45	60	85	63	109	89	100	22 x 58		
55	75	105	80	110	112	125	T 00	FUSERBLOC 160 A	
75	100	138	110	150	156	160	T 0		
90	125	170	132	180	187	200	T 1	FUSERBLOC 250 A	
110	150	205	160	220	220	250	T 1		
132	180	245	220	300	310	315	T 2	FUSERBLOC 400 A	
160	218	300				315	T 2		
200	270	370	250	340	360	400	T 2		
250	340	475	335	450	472	500	T 3	FUSERBLOC 630 A	
315	430	584	450	610	608	630	T 3		
400	550	750	500	680	680	800	T 4	FUSERBLOC 1250 A	

Tableau. IV.2- Calibre conseille pour Protection des moteurs par fusible aM

**IV.6.2)- Protection par des disjoncteurs :**

Le disjoncteur protéger le moteur d'une manière très rapide le courant de court-circuit qui risque de le traverser dans la limite de pouvoir de coupure et par l'intermédiaire de leur déclenchement magnétique (un par phase).

Les disjoncteurs magnétiques réalisant d'origine une coupure monopolaire : le fonctionnement d'un seul déclencheur magnétique suffit à commander l'ouverture simultanée de tous les pôles.

Pour des courants de court-circuit peu élevés, le fonctionnement des disjoncteurs est plus rapide que celui des fusibles.

Pour le choisir un disjoncteur moteur il faut prendre en compte la puissance du moteur qu'il protéger.

<b>Choix d'une protection thermique adaptée au moteur</b>			
Valeurs données pour une alimentation triphasée 400V			
Puissance moteur		Calibre disjoncteur	Section du câble au moteur
0,37 kW	0,5 CV	1,1 A	1,5mm <sup>2</sup>
0,55 kW	0,73 CV	1,5 A	1,5mm <sup>2</sup>
0,75 kW	1 CV	1,9 A	1,5mm <sup>2</sup>
1,1 kW	1,5 CV	2,6 A	1,5mm <sup>2</sup>
1,5 kW	2 CV	3,6 A	1,5mm <sup>2</sup>
2,2 kW	3 CV	5 A	1,5mm <sup>2</sup>
3 kW	4 CV	6,6 A	1,5mm <sup>2</sup>
4 kW	5,3 CV	8,5 A	1,5mm <sup>2</sup>
5,5 kW	7,3 CV	11,3 A	2,5mm <sup>2</sup>
7,5 kW	10 CV	15,2 A	2,5mm <sup>2</sup>
11 kW	15 CV	21,7 A	6mm <sup>2</sup>
En mode démarrage étoile-triangle			
7,5 kW	10 CV	15,2 A	2,5mm <sup>2</sup>
11 kW	15 CV	22 A	2,5mm <sup>2</sup>
15 kW	20 CV	29,3 A	4mm <sup>2</sup>
18,5 kW	25 CV	36 A	6mm <sup>2</sup>
22 kW	30 CV	41 A	6mm <sup>2</sup>
30 kW	35 CV	55 A	10mm <sup>2</sup>

Tableau. IV.3- Calibre disjoncteur en fonction de la puissance moteur

**IV.7)-.Conclusion :**

Les transformateurs, les lignes et les moteurs sont des éléments essentiels dans le site industriel, pour cela il faut le protéger contre les défauts électriques. Il est bien de choisir le système de protection dépend du dimensionnement des éléments du site industrielle, mais doit être régler de façon judicieuse pour éviter de déclanchements.

# Conclusion Générale

## Conclusion Générale

Dans un site industriel, les protections ont pour but d'éviter la détérioration des alternateurs ou transformateurs et les moteurs en cas de fonctionnement dans de mauvaises conditions, dues à des défaillances internes, tels que défauts d'isolement ou panne de régulation. Sur des matériels bien conçus, bien fabriqués, bien installés, bien entretenus et bien exploités elles n'ont à fonctionner qu'exceptionnellement, et leur défaillance peut passer inaperçue. De plus, si une protection est défaillante lors d'un incident, les dommages causés à l'alternateur ou au transformateur et les moteurs peuvent avoir.

Les disjoncteurs et les fusibles de protection de circuits constituent une mesure importante pour assurer une disponibilité élevée de l'installation. En cas de surcharge et de court-circuit, ils coupent le circuit défectueux de manière sélective. Toutes les autres parties de l'installation continuent de fonctionner.

Le travail que nous avons effectué nous a permis, de cerner les différents défauts qui peuvent survenir, puis de mettre en évidence les deux dispositifs de protections ( disjoncteurs et le fusible) et leurs réglages au niveau de site industriel électrique.

Pour bien protéger les départs, il est préférable de passer vers la protection par les fusibles et les disjoncteurs

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

# Bibliographiques

## Bibliographique

[1] OUGUENOUNE Zahia et MAMOU Nawel  
ETUDE DES PROTECTION DU DEPART MT BOUKHALFA ISSU DU POSTE MT  
BOUKHALFA.

Mémoire de fin d'étude ingénieur Année 2008-2009 UMMTO

[2] : F. AMRANI et R. BELKESSA  
ETUDE DES PROTECTIONS DES DEPARTS MOYENNE TENSION APPLICATION  
POSTE 60 / 30 kV DE TIZI MEDEN

Mémoire de fin d'étude ingénieur Année 2009 UMMTO.

[3] Dj. Mohammedi.

Détermination des seuils de réglage des protections des départs moyenne tension au complexe  
de l'ENIEM

Mémoire de fin d'étude ingénieur Année 2010 UMMTO.

[4] : Jean- Marie BEAUSSY « Réglage d'un disjoncteur »  
Année 2007.

[5] : G pinson «Physique appliquée»  
Appareillage de commande et de protection.

[6] : ALEAS TECHNIQUES « Plan de protection »  
Version V0 du 01.09.2011.

[7] : ALAIN GROGUENOC «Protection des réseaux à moyenne tension»  
Technique de l'ingénieur D4810 .Année 1991.

[8] : H. BEN AMMAR Electricité Générale -Niveau 2  
Année 2010-2011

[9] Cahier Technique Merlin Gerin n° 174 / p.28«protection des réseaux HTA industriels et  
tertiaires»

[10] : Electrotechnique-fr.com« Appareillage de protection ».

---