

# GENERALITES SUR LES RESEAUX

## ELECTRIQUES INDUSTRIELS

### 1. DEFINITION DU RESEAU ELECTRIQUE

Un réseau électrique est l'ensemble des composantes requises pour conduire l'énergie électrique de la source (générateur) à la charge (consommateur). Cet ensemble comprend des transformateurs, des lignes de transmission, des pylônes, des générateurs, des moteurs, des réactances, des condensateurs, des appareils de mesure et de contrôle, des protections contre la foudre et les courts-circuits, etc.

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

L'énergie électrique est transportée en haute tension, voir très haute tension pour limiter les pertes joules (les pertes étant proportionnelles au carré de l'intensité) et minimisé la chute de tension puis progressivement abaissée au niveau de la tension de l'utilisateur final.

Les systèmes électriques sont des systèmes de livraison d'énergie en temps réel. Temps réel signifie que l'électricité est produite, transportée, et fourni au moment où vous allumez l'interrupteur de lumière.

Un réseau électrique est un système maillé mettant en oeuvre :

- **Des noeuds** (ou postes) où sont raccordés : les centrales (centre de production), les charges (consommation) et les lignes électrique (élément du réseau).
- **Des branches** (ou lignes électrique) : qui interconnectent les noeuds.

Le maillage du réseau améliore la disponibilité de l'alimentation en énergie aux usagers, la stabilité et la qualité du produit électrique car les deux dépendent de la puissance de court circuit, laquelle augmente avec le maillage ou plus exactement avec le nombre et la puissance des centres de production installés et raccordés.

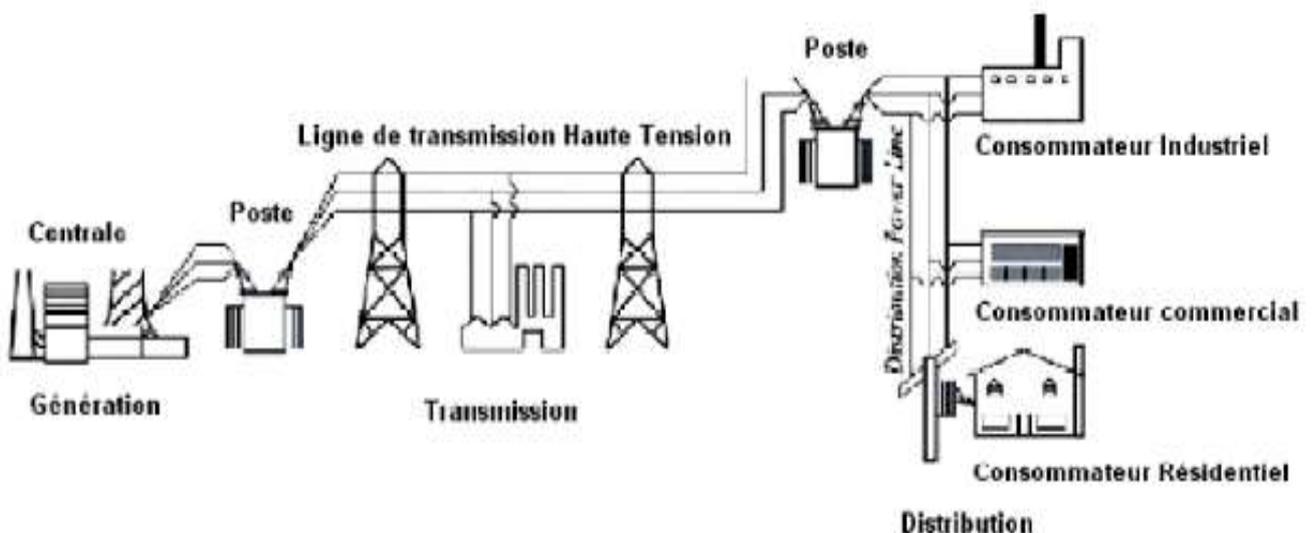


Figure 1 : Schéma d'un réseau électrique

## 2. LES NIVEAUX DE TENSION

Dans la plupart des pays, les installations électriques doivent répondre à un ensemble de réglementations internationales. Il est essentiel de prendre en considération ces contraintes locales avant de démarrer la conception de l'installation. Les niveaux de tension sont définis par :

Tableau I-1 : La norme NF C 15-100 (La norme française)

Domaine de tension		Tension alternative [V]	Valeurs usuelles
Très basse tension	TBT	$U \leq 50 V$	12 - 24 - 48 V
Basse tension	BTA	$50 < U \leq 500 V$	230 - 400 V
	BTB	$500 < U \leq 1000 V$	690 V
Haute tension A	HTA1	$1 < U \leq 40 kV$	5,5 - 6,6 - 10 - 15 - 20 - 33 kV
	HTA2	$40 < U \leq 50 kV$	40,5 kV
Haute tension B	HTB1	$50 < U \leq 130 kV$	63 - 90 kV
	HTB2	$130 < U \leq 350 kV$	150 - 225 kV
	HTB3	$350 < U \leq 500 kV$	400 kV

Tableau I-2 : La norme CEI (Commission Électrotechnique Internationale)

Domaine de tension		Tension	Valeurs usuelles
Basse tension	BT	$100 < U \leq 1000 V$	400 - 690 - 1000 V
Moyenne tension	MT	$1 < U \leq 35 kV$	3,3 - 6,6 - 11 - 22 - 33 kV
Haute tension	HT	$35 < U \leq 230 kV$	45 - 66 - 110 - 132 - 150 - 220 kV

## 3. STRUCTURES TOPOLOGIQUES DES RESEAUX

### 3.1. Réseau radial

Si l'énergie transportée par un réseau vers un client y parvient par un seul parcours.

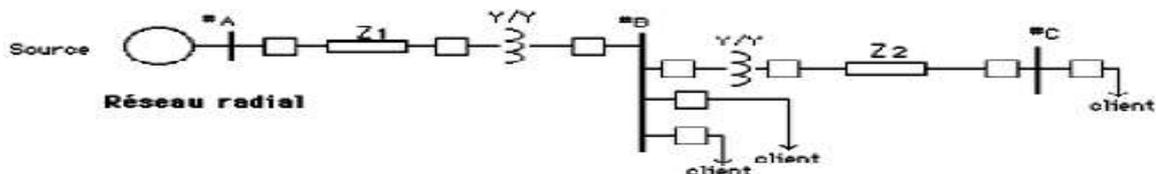


Figure 2 : Réseau radial

### 3.2. Réseau bouclé

Si l'énergie transportée par un réseau vers un client y parvient par plusieurs parcours.

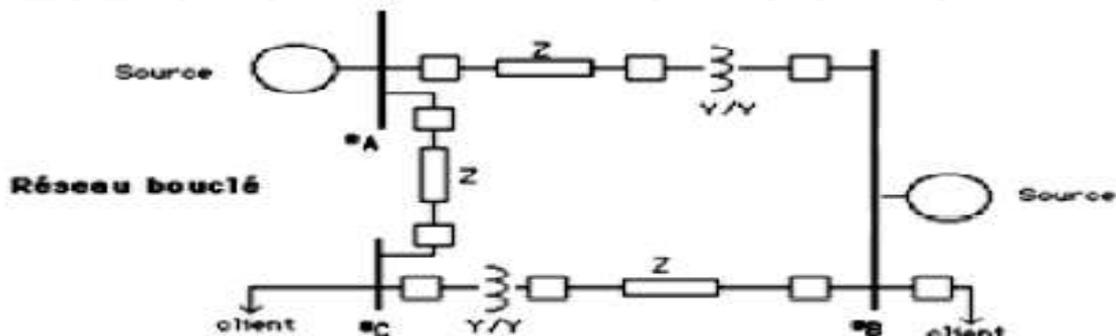


Figure 3 : Réseau bouclé

### 3.3. Réseau maillé

Les réseaux maillés sont des réseaux où toutes les lignes sont bouclées formant ainsi une structure analogue au maillage d'un filet. Ils sont utilisés pour les réseaux de distribution à basse tension et pour les réseaux de transport.

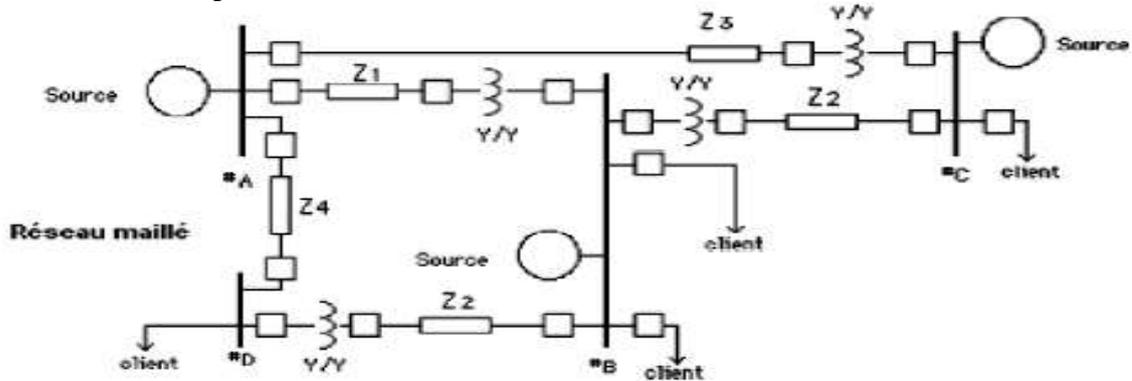


Figure 4 : Réseau bouclé

## 4. DIFFERENTS TYPES DE RESEAUX ELECTRIQUES

Les réseaux électriques sont partagés en trois types Figure 5.

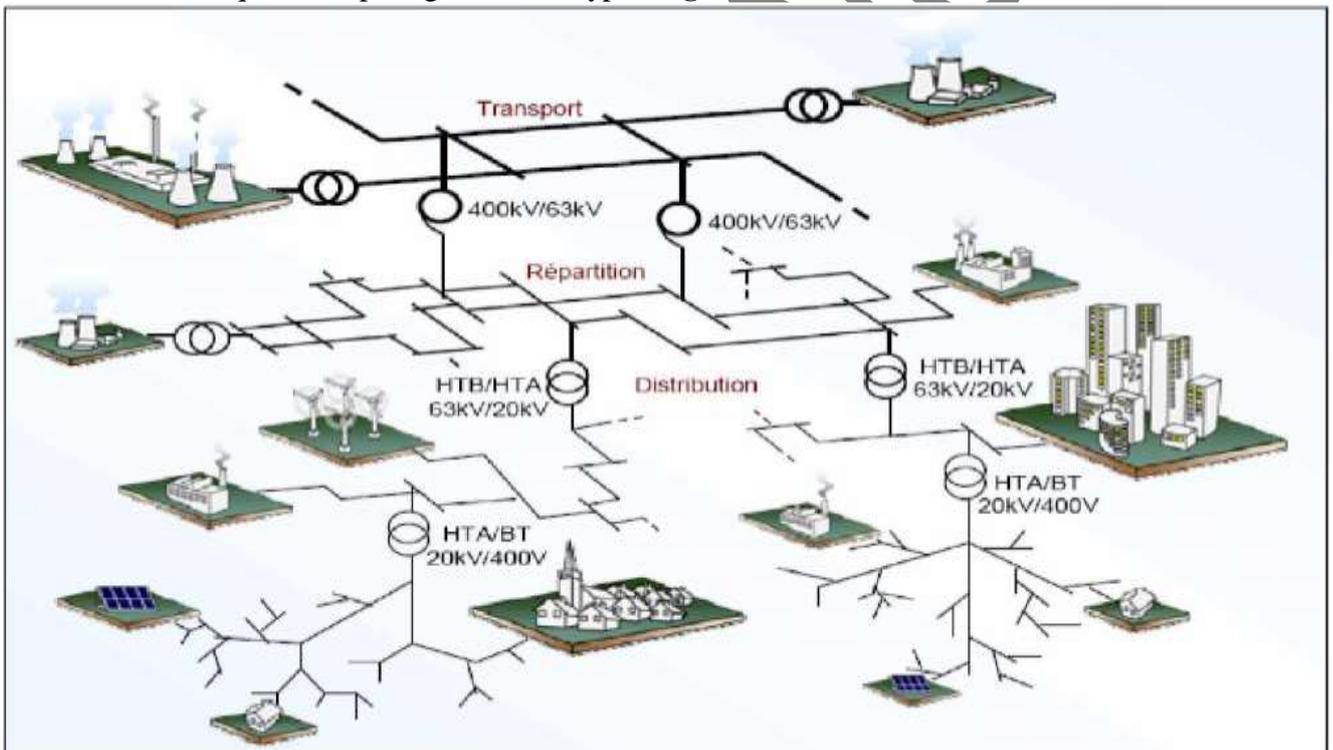


Figure 5 : Architecture générale des réseaux d'énergie électrique

### 4.1. Caractéristiques de réseaux de transport et d'interconnexion

- 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.

## 4.2. Réseaux de répartition

Les réseaux de répartition ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions. Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation [1]. 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.

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

## 4.3. 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 [2]. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique. Les caractéristiques de ces réseaux sont :

### Pour les réseaux de distribution à moyenne tension HTA:

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

### Pour les réseaux de distribution à basse tension BTA:

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

## 5. DES POSTES ELECTRIQUE

### 5.1. L'objectif des postes

- Transiter la puissance d'un niveau de tension à un autre.
- Reconfiguration du réseau : le raccordement des plusieurs réseaux d'électricité et l'interconnexion entre les différentes lignes électriques.
- Réglage de la tension ;
- Comptage de puissance ;
- Surveillance, Protection, . . .etc.

### 5.2. APPAREILLAGE D'UN POSTE

#### 5.2.1. Appareillage de puissance :

- Transformateurs de puissances

Un transformateur de puissance est un appareil électrique essentiel dans l'exploitation des réseaux électriques, transforme un système de tension et courant alternatif en un autre système de

tension et courant de valeurs généralement différentes, à la même fréquence, dans le but de transmettre de la puissance électrique. Il peut être monophasé ou triphasé.

### 5.2.2. Appareillage de connexion :

- **Jeux de barres**

Un jeu de barres est un ouvrage électrique triphasé dominant sur la longueur du poste. Il permet de relier entre eux les départs de même tension qui y aboutit. Un poste électrique peut être doté de un, deux, voire trois jeux de barres pour une tension donnée. Les jeux de barres sont typiquement soit des barres plates, soit des tubes.

- **Les Pylônes**

Le rôle des pylônes est de maintenir les câbles à une distance minimale de sécurité du sol et des obstacles environnants, afin d'assurer la sécurité des personnes et des installations situées aux voisinages des lignes. Le choix des pylônes se fait en fonction des lignes à réaliser, de leur environnement et des contraintes mécaniques liées au terrain et aux conditions climatiques de la zone.

### 5.2.3. Appareillage de coupure :

- **Disjoncteurs**

Le disjoncteur est un appareil qui peut interrompre des courants importants (courants de défauts). Il peut donc être utilisé comme un gros interrupteur. De plus, le disjoncteur ouvre un circuit automatiquement dès que le courant qui le traverse dépasse une valeur prédéterminée (courant de court-circuit), il joue le même rôle qu'un fusible, mais il a un fonctionnement plus sûr pas besoin de le remplacer après chaque interruption. Les disjoncteurs les plus répandus sont :

- Les disjoncteurs à air comprimé.
- Les disjoncteurs à vide.
- Les disjoncteurs à l'huile.
- Les disjoncteurs au SF6.

- **Sectionneurs**

Les sectionneurs sont des appareils destinés à ouvrir ou fermer un circuit électrique à vide, ne possèdent aucun pouvoir de coupure. La fonction principale d'un sectionneur haute tension est de pouvoir séparer un élément d'un réseau électrique (ligne à haute tension, transformateur, portion de poste électrique, ...) afin de permettre à un opérateur d'effectuer une opération de maintenance sur cet élément sans risque de choc électrique.

### 5.2.4. Appareillage de mesures

- **Transformateurs de courants**

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 caractéristique la plus importante d'un transformateur de courant est donc son rapport de transformation, exprimé par exemple sous la forme 400A /1A. L'équipement de mesure connecté à son secondaire est en général un ampèremètre, mais on peut également brancher un wattmètre ou des relais de protection. Tous sont conçus pour mesurer des courants de quelques ampères.

- **Transformateurs de tension**

Un transformateur de tension 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.

Ils ont de types, selon leur raccordement :

- Phase/phase : primaire raccordé entre deux phases.
- Phase/terre : primaire raccordé entre une phase et la terre.

### 5.2.5. Appareillage de protection

- **Parafoudres**

Les parafoudres sont des appareils destinés à limiter la surtension imposée aux transformateurs, instruments et machines électriques par la foudre et par les manœuvres de commutation. La partie supérieure du parafoudre est reliée à un des conducteurs de la ligne à protéger et la partie inférieure est connectée au sol par une mise à la terre de faible résistance.

- **Les fusibles**

Il est utilisé soit directement comme un dispositif de coupure soit indirectement connecté au circuit secondaire d'un transformateur de courant, avec un contact de fusion donnant un ordre de déclenchement au disjoncteur. La grande variété de réseaux électrique impose des modèles de fusibles de différentes natures selon l'application (un grand nombre de fusibles de recharge pour les différents calibres). L'inconvénient majeur de ces dispositifs réside dans le fait qu'ils sont endommagés par les défauts et qu'ils ont une faible sensibilité.

- **Les éclateurs**

L'éclateur est généralement constitué de deux électrodes, l'une reliée à l'élément à protéger et l'autre à la terre. Leur distance est généralement réglable de façon à ajuster la tension d'amorçage. Son écartement est réglé pour provoquer l'amorçage si les surtensions des réseaux sont importantes.

- **Mise à la terre des pylônes**

Les pylônes des lignes de transport d'énergie sont reliés à des prises de terre conçues avec grande précaution afin de leur assurer une faible résistance effectivement. Il ne faut pas que la chute de tension dans la prise de terre provoquée par un courant de foudre qui frappe le pylône dépasse la tension de contournement des isolateurs. Sinon les trois phases de la ligne se mettent en court-circuit entre elles et à la terre.

- **Câbles de garde**

Les câbles de gardes ne conduisent pas le courant. Ils sont situés au dessus des conducteurs de phase. Ils jouent un rôle de paratonnerre au dessus de la ligne, en attirant les coups de foudre, et en évitent le foudroiement des conducteurs. Ils sont en général réalisés en acier.

- **Les isolateurs**

Les isolateurs assurent l'isolement électrique entre les câbles conducteurs et les supports. Sur le réseau de transport, les isolateurs sont utilisés en chaîne, dont la longueur augmente avec le niveau de tension. La chaîne d'isolateurs joue également un rôle mécanique, elle doit être capable de résister aux efforts dus aux conducteurs, qui subissent les effets du vent et de la neige. Les isolateurs ont deux fonctions principales :

- Ils empêchent le courant qui circule dans les conducteurs de phase de passer dans les pylônes.
- Ils accrochent les conducteurs de phase au pylône.

### 5.2.6. Appareillage dispositifs de réglage de tension

Compensateurs de puissance réactive, auto-transformateurs.

### 5.2.7. Circuit bouchon haute tension

Les circuits bouchons sont utilisés dans les réseaux de transport et de distribution. Les circuits bouchons sont des composants clés des systèmes de courant porteurs en ligne (CPL), utilisés pour les signaux de télé-commande et la télé-conduite entre les postes d'un réseau électrique.

### 5.2.8. Conducteurs de phase

Les conducteurs sont « nus » c'est-à-dire que leur isolation électrique est assurée par l'air. La distance des conducteurs entre eux et avec le sol garantit la bonne tenue de l'isolement. Cette distance augmente avec l'augmentation du niveau de tension. On général on utilise des conducteurs en aluminium, ou en alliage aluminium-acier.

### 5.3. ARCHITECTURES DE POSTES

Les qualités recherchées résident dans la sécurité, la souplesse, et la simplicité :

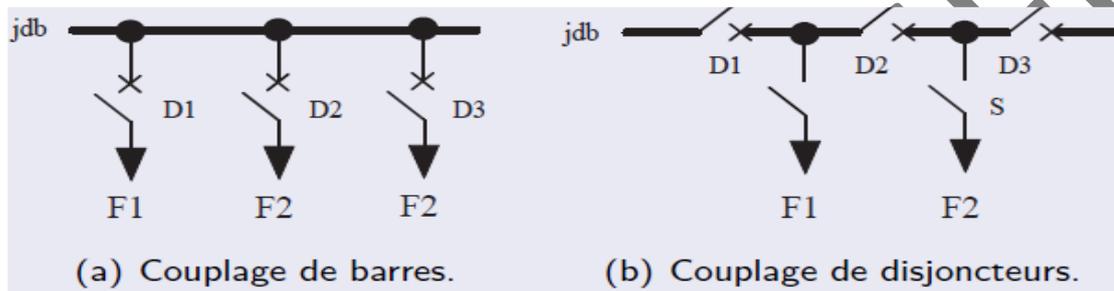
- Conserver le maximum de dérivations en cas de défaut ;
- Pouvoir réaliser plusieurs découpages ;
- Changer de configuration en manœuvrant le minimum d'appareillage.

#### 5.3.1. Architecture à couplage de barre

Les jeux de barre couplent entre eux les différents départs.

#### 5.3.2. Architecture à couplage de disjoncteurs

Les disjoncteurs couplent entre eux les différents départs.

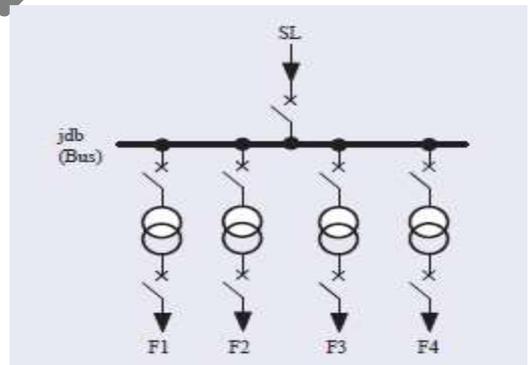


#### 5.3.3. Schéma simple antenne-simple jeu de barres

Avantages : Simples et pas coûteux ;

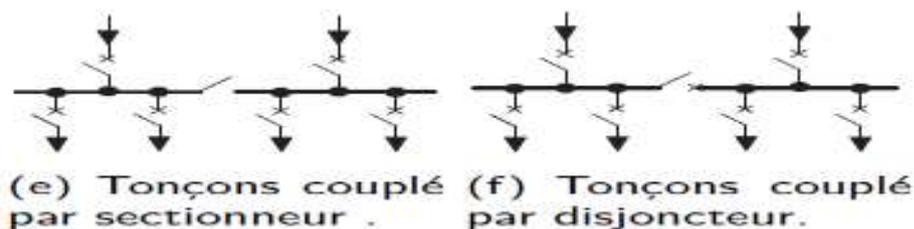
##### Inconvénients

- Très mauvaise stabilité ;
- Un défaut ou maintenance sur le jeu de barres entraîne la perte de tout le poste ;
- Un défaut ou maintenance sur l'arrivée entraîne la perte de tout le poste.
- Un défaut sur un départ entraîne sa perte ;



#### 5.3.4. Schéma double antenne-simple jeu de barres

- Couplage de tronçons de jeu de barres par sectionneur.
- Couplage de tronçons de jeu de barres par disjoncteur.



##### Inconvénients

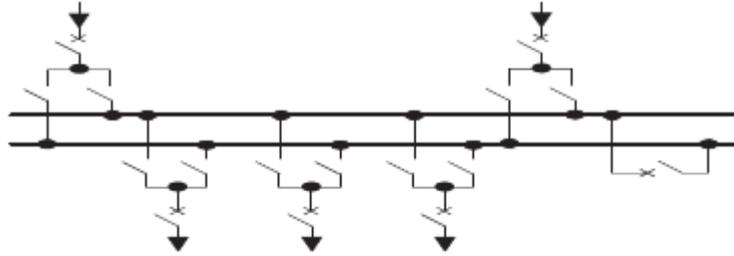
- Mauvaise sécurité : En cas de défaut sur un côté, on doit isoler l'autre côté pour pouvoir ouvrir le sectionneur ce qui va engendrer la perte de tout le poste pendant cette opération.

**Avantages**

- Maintenabilité et sécurité relativement améliorées ;
- Si une arrivée et perdue il ferme instantanément ;

**5.3.5. Schéma double antenne-double jeu de barres**

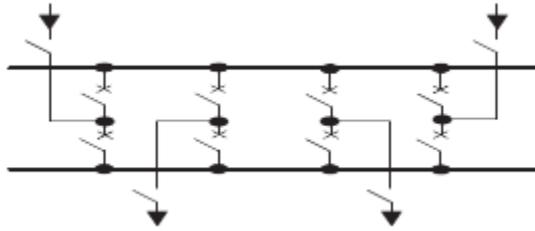
Amélioration de la sécurité avec un double jeu de barres (JDB). Les 2JDB couplés par un disjoncteur NO.



**Avantages :** Très bonne stabilité.

**5.3.6. Schéma double antenne-double jeu de barres et deux disjoncteurs**

Chaque dérivation (arrivée ou départ) est encadrée par deux disjoncteurs ;



**Avantages**

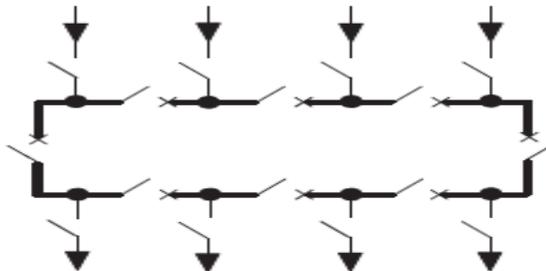
Très bonne stabilité ; Possibilité de basculer les dérivations sur un jeu de barres si nécessaire (défaut ou maintenance sur l'autre jeu de barres ou un de ses disjoncteurs).

**Inconvénients**

- Coûte cher ;
- S'il y a un défaut sur le disjoncteur on peut perdre la moitié des dérivations.

**5.3.7. Schéma en Anneau**

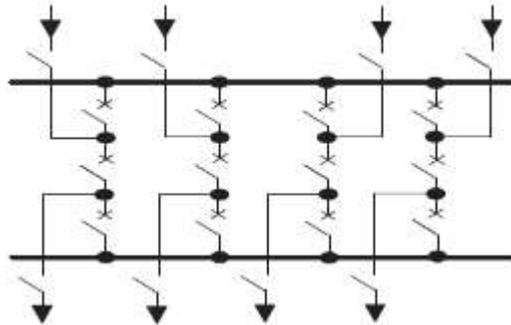
Schéma à couplage de barres refermé sur lui-même. Nombre de disjoncteurs égal au nombre de dérivations ;



**Avantages :** Très stable.

**5.3.8. Schéma à deux JDB et trois disjoncteurs pour chaque dérivation**

On peut facilement basculer les dérivations sur un jeu de barres si nécessaire. Toutes les manœuvres sont réalisées par des disjoncteurs.



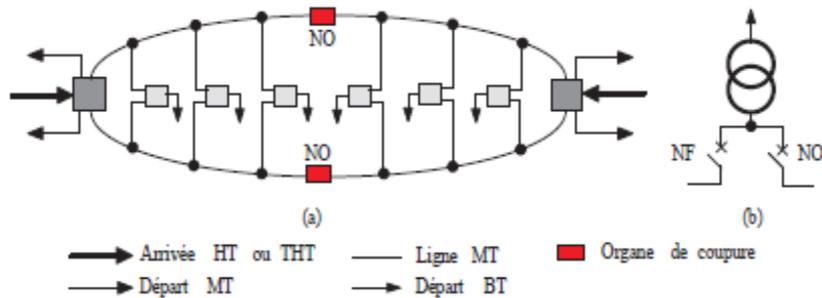
**Avantages**

Excellente stabilité : Grâce au disjoncteur de couplage, les dérivations sont préservés même si on perd les deux jeux de barres ;

**Inconvénients**

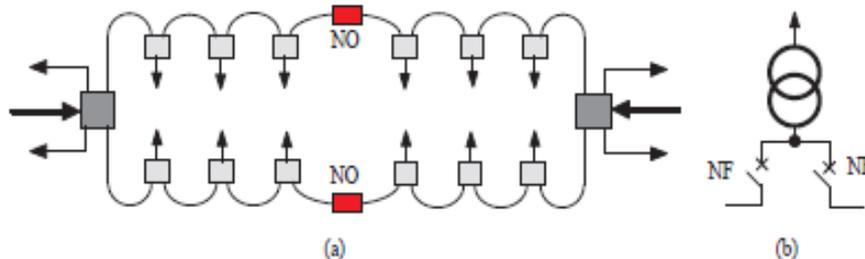
Coûte cher ;  
Protection et contrôle complexes.

**5.3.9. Réseaux en double dérivation simple**



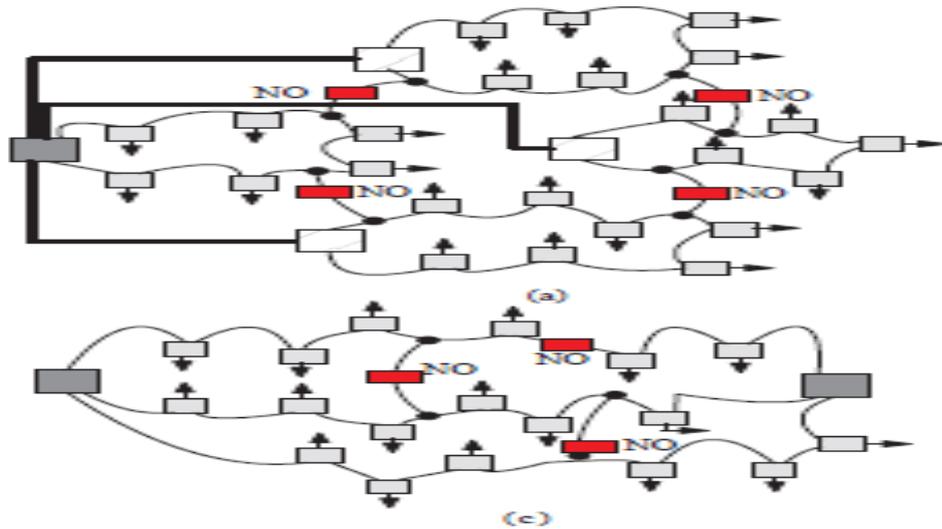
Structure radiale en antenne double à partir du JDB d'un poste source HT/MT. Chaque poste HT/BT prend sa source à partir d'un câble principal et un câble de secours ;  
En cas de défaut sur le câble principal, la charge peut être basculée vers le câble de secours ;  
Un organe de coupure est installé tous les 10 à 15 postes MT/BT pour faciliter les manœuvres lors de l'élimination de défaut ou de maintenance.

**5.3.10. Réseaux à structure en coupure d'artère**



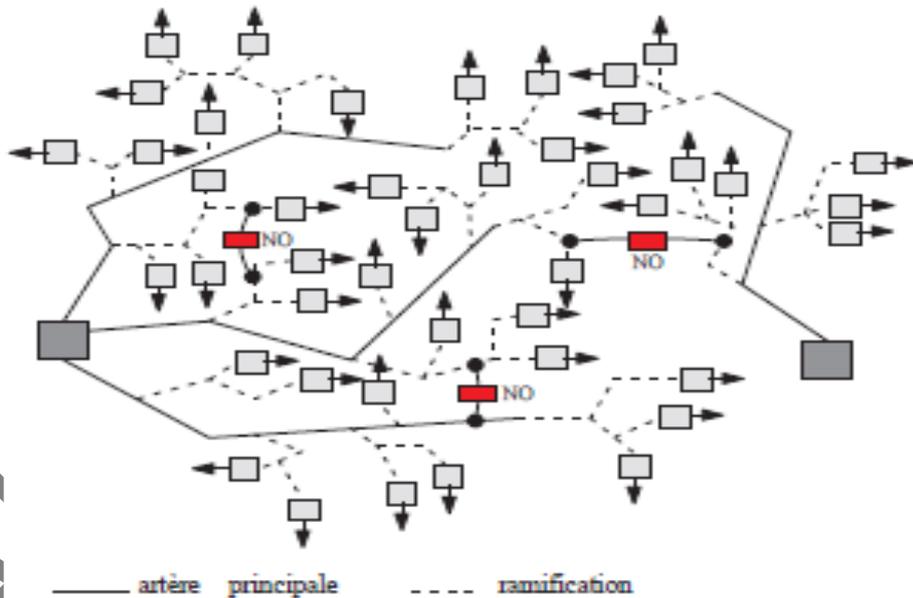
Un câble part d'un poste source HT/MT, et passe successivement par les postes MT/BT avant de rejoindre un autre poste source HT/MT. Un autre départ différent du même poste source HT/MT (peut être utilisé comme un câble de secours).

L'option en coupure d'artère est plus économique que la double dérivation.



(a) : La maille, (b) structure maillée

### 5.3.11. Réseaux arborescent



### 5.3.12. Conclusion

- L'architecture d'un poste électrique est dictée par les nombres et les dispositions des jeux de barres et des disjoncteurs ;
- Plusieurs jeux de barres ou tronçons de barres améliore la stabilité du poste mais augmente ses coûts de réalisation et de maintenance ;
- Il y a deux architectures principales pour les postes électriques ; Architecture à couplage de barres, et architecture à couplage de disjoncteurs. Celle-ci est meilleure de point de vue stabilité mais elle coûte souvent cher ;
- Le réseau de transport est souvent maillé, alors que le réseau de distribution MT est souvent bouclé. Néanmoins, on peut trouver des structures radiales simples ;
- La distribution MT se fait souvent en double dérivation ou en coupure d'artère pour les milieux urbains et en simple dérivation pour les zones rurales ;

## 5.4. DEFAUTS SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES

### 5.4.1. Courts-circuits :

Les courts-circuits sont des phénomènes transitoires, ils apparaissent lorsque l'isolement entre deux conducteurs de tensions différentes ou entre un conducteur sous tension et la terre. Ils engendrent des courants très importants dans les éléments constituant le réseau. Les courts-circuits peuvent provoquer des dégâts économiques importants s'ils ne sont pas éliminés rapidement par les systèmes de protection [3].

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

- **Court-circuit monophasé**

Il correspond à un défaut entre une phase et la terre, c'est le plus fréquent.

- **Court-circuit triphasé**

Il correspond à la réunion des trois phases, c'est le courant de CC le plus élevé.

- **Court-circuit biphasé isolé**

Il correspond à un défaut entre deux phases. Le courant résultant est plus faible que dans le cas du défaut triphasé, sauf lorsqu'il se situe à proximité immédiate d'un générateur.

- **Court-circuit biphasé terre**

Il correspond à un défaut entre deux phases et la terre.

### 5.4.2. Les surtensions :

Il existe deux classes des surtensions :

#### A. Surtensions par décharges électriques atmosphériques :

Les orages sont des événements très habituels, et aussi très dangereux. Au moment de l'impact, la foudre provoque une impulsion de courant qui arrive à atteindre des dizaines de milliers d'ampères. Cette décharge génère une surtension dans le système électrique qui peut provoquer des incendies et la destruction des équipements électriques.

#### B. Surtensions de commutation :

Ces surtensions sont générées dans les lignes électriques, principalement en raison des commutations de machines de grande puissance. Les moteurs électriques sont des charges inductives dont la connexion et le débranchement provoque des surtensions. Il existe de même d'autres processus capables de les produire, comme par exemple l'allumage et l'extinction de la soudure à l'arc.

### 5.4.3. Les surcharges :

La surcharge d'un appareil est caractérisée par un courant supérieur au courant admissible, les origines de surcharges sont :

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

Les surcharges provoquent des chutes de tension importantes dans le réseau et accélère le vieillissement des équipements [3].

### 5.4.4. Les oscillations

Les oscillations de la tension et du courant sont dues aux variations plus ou moins rapides de la charge qui agit directement sur la vitesse de rotation (fréquence) des machines de production de l'énergie électrique.

#### 5.4.5. Les déséquilibres

Les déséquilibres sont généralement dus à la mauvaise répartition des charges sur les trois phases. Ils apparaissent *surtout* dans les réseaux de distribution.

### 5.5. CONSEQUENCES DES DEFAUTS SUR LE RESEAU ELECTRIQUE

Les effets néfastes des courts-circuits sont surtout à craindre sur les réseaux électriques THT sur lesquels débitent des groupes générateurs de forte puissance. Les courts-circuits, surtout polyphasés et proches des centrales de production, entraînent une rupture de l'équilibre entre le couple moteur et le couple résistant de la machine, s'ils ne sont pas éliminés rapidement, ils peuvent conduire à la perte de stabilité de groupes générateurs et à des fonctionnements hors synchronisme [5]. Des temps d'élimination des courts-circuits de l'ordre de 100 à 150 ms sont généralement considérés comme des valeurs à ne pas dépasser sur les réseaux électriques THT. Les défauts amènent à deux types de contraintes :

- **Contraintes thermiques** : Sont dues aux dégagements de chaleur par effet Joule dans les conducteurs électriques.
- **Contraintes mécaniques** : Sont dues aux efforts électrodynamiques entraînent le balancement des conducteurs aériens et le déplacement des bobinages des transformateurs. Ces efforts s'ils dépassent les limites admises sont souvent à l'origine d'avaries graves.

### 5.6. SYSTEME DE PROTECTION

Un système de protection consiste d'un ensemble de dispositifs destinés à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs éléments de coupures [6] c.-à-d. de mettre hors tension la partie en défaut à l'aide d'un système de protection. Ce dernier aura pour rôle de limiter les dégâts qui peuvent être causés par le défaut.

#### 5.6.1. Schéma synoptique d'un système de protection

Un exemple d'un système de protection pour une ligne HT est montré sur la Figure 16. Les relais de protection sont connectés aux transformateurs de mesure (TC et TT) pour recevoir des signaux d'entrée et aux disjoncteurs pour délivrer des commandes d'ouverture ou de fermeture. Donc en cas de défaut, la tâche du disjoncteur (contacteur) consiste à éliminer le défaut tandis que la tâche du relais de protection est de détecter ce défaut.

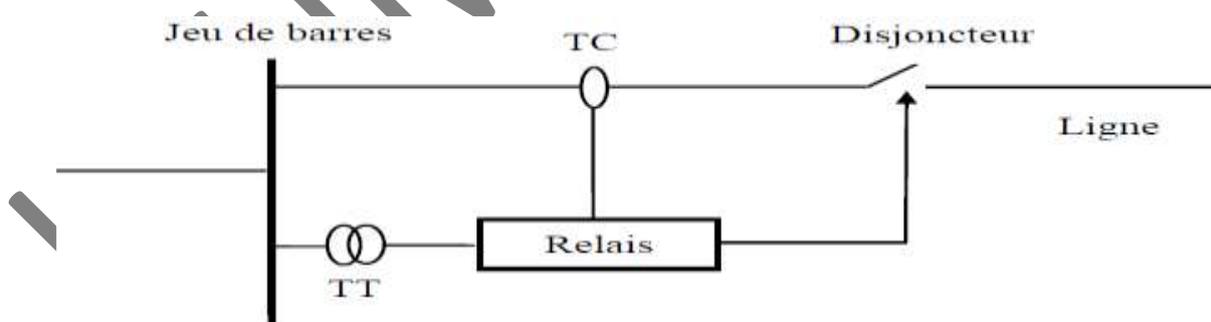


Figure 16 : Eléments constitutifs d'un système de protection (1 seul extrémité)

Le système de protection est composé de trois parties fondamentales :

#### 5.6.2. Eléments constitutifs d'un système de protection

##### 5.6.2.1. Réducteurs de mesure

Pour des raisons de dimensionnement et de coût, les relais de protection sont prévus pour des courants et des tensions de valeurs réduites. De plus, pour assurer la sécurité des opérateurs, il faut interposer une séparation galvanique entre le réseau surveillé qui se trouve à tension élevée et le circuit

de mesure à tension réduite mis à la terre en un point. Afin d'assurer une bonne protection contre les défauts, la caractéristique essentielle d'un réducteur de mesure est sa précision.

#### 5.6.2.2. Transformateur de courant (TC) : Les TC ont plusieurs rôles :

- Délivrer à leur secondaire une image fidèle de l'intensité qui circule dans la ligne concernée.
- Assurer l'isolement galvanique entre la ligne et les circuits de mesure et de protection.
- Protéger les circuits de mesure et de protection de toute détérioration lorsqu'un défaut survient sur la ligne.

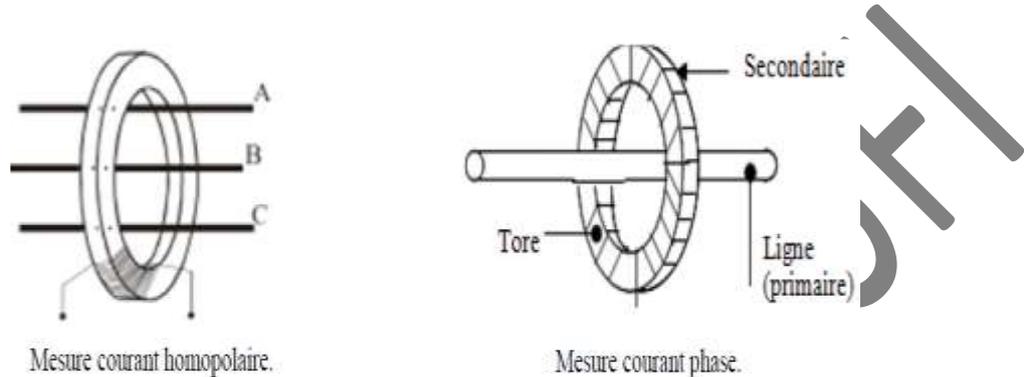


Figure 17 : Transformateur de courant

Les transformateurs de courant utilisés permettent de réduire le niveau des courant de milliers d'Ampères vers des sorties standards de 5A ou 1A. Suivant le type de protection à réaliser, les TC sont associés selon des schémas différents, ils peuvent être isolés ou intégrées dan le disjoncteur [6].

#### 5.6.2.3. Transformateur de tension

Le réducteur de tension TT est un véritable transformateur, dont le primaire reçoit la tension du réseau, et le secondaire restitue une tension image (Figure 18). Puisque les niveaux de tension dans le réseau sont de l'ordre de kilovolts, les transformateurs de tension sont utilisés pour abaisser les tensions à des niveaux acceptables par les relais. Ils sont fournis sous forme standard dont la tension du secondaire est 100V ou 10V (tension entre phases).

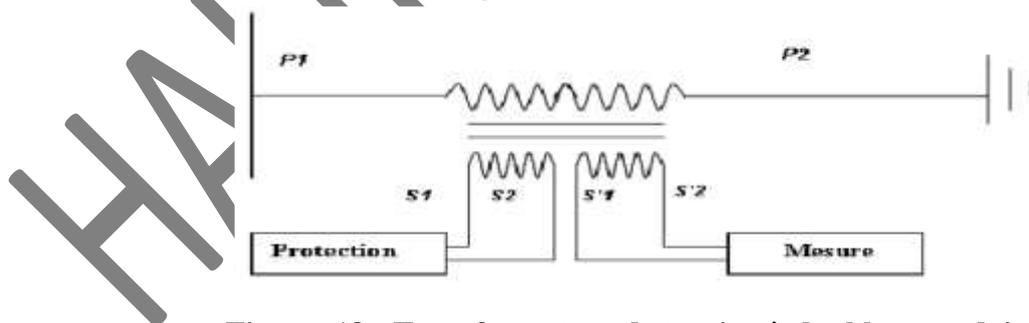


Figure. 18 : Transformateur de tension à double secondaire.

#### 5.6.2.4. Relais de protection

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations à caractère analogique (courant, tension, puissance,... etc.) et le transmettent à un ordre de fermeture ou ouverture d'un circuit de commande lorsque ces informations reçues atteignent des valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées d'avance.

En effet, le rôle des relais de protection consiste à détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique tel que les défauts de court-circuit. Les relais peuvent être classés en trois familles (Figure 19).

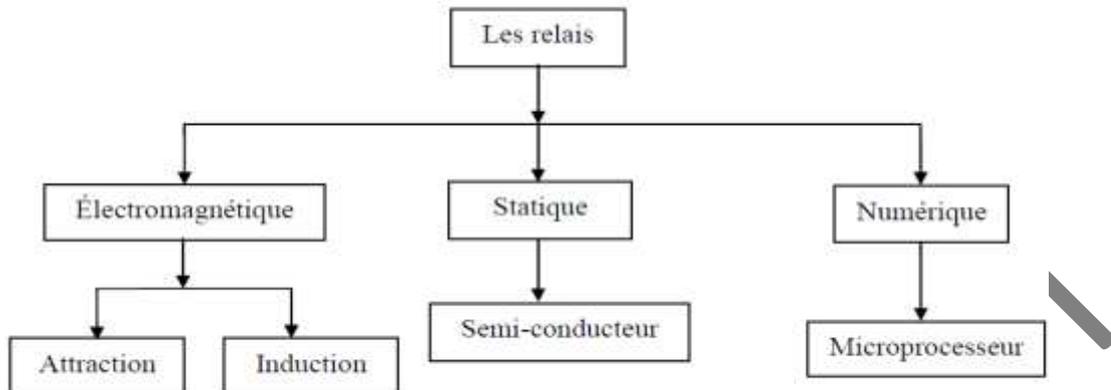


Figure. 19 : Type des relais

### 5.6.3. Qualités principales de système de protection

Un système de protection consiste d'un ensemble de dispositifs destinés à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs éléments de coupures [6]. Néanmoins certains éléments comme les générateurs ont besoin de quelques protections spécifiques contre les variations de fréquence et de tension.

#### 5.6.3.1. Rapidité

Le temps d'élimination de défauts compris entre quelques dizaines de millisecondes comprend :

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

#### 5.6.3.2. Sélectivité

Elle consiste à isoler le plus rapidement possible la partie du réseau affectée, en laissant sous tension toutes les parties saines du réseau. La sélectivité alors a pour but d'assurer d'une part la continuité de service d'alimentation en énergie électrique et d'autre part la fonction secours entre les protections [9]. Différents modes de sélectivité peuvent être mis en œuvre :

La sélectivité ampérométrique (par

- les courants).
- La sélectivité chronométrique (par le temps).
- La sélectivité logique (par échange d'informations).

#### 5.6.3.3. Sensibilité

La notion de sensibilité d'une protection est utilisée pour lequel la protection est capable de fonctionner dans un domaine très étendu fréquemment entre le courant maximal qui est fixé par les installations et un courant minimal dont la valeur qui correspond à un court-circuit.

#### 5.6.3.3. Fiabilité

La fiabilité d'une protection, est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect c-à-d évité les déclenchements intempestifs (un fonctionnement non justifié). La fiabilité est une combinaison entre sûreté et sécurité. La sûreté est la probabilité de ne pas avoir de défaut de fonctionnement. Tandis que la sécurité est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement intempestif [10].