

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : ELECTROTECHNIQUE

Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Filière : ELECTROTECHNIQUE

Spécialité : RESEAUX ELECTRIQUES

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Analyse et dimensionnement des protections électriques du
poste Sud 220kV Sider El-Hadjar**

Présenté par : Toumi Nihed
Zernidj Nihel

Encadrant : AZZAG El-Bahi

Grade : Professeur

Université : UBMA

Jury de Soutenance :

TOURAB Wafa	MCB	UBMA	Président
AZZAG El- Bahi	Pr	UBMA	Encadrant
MESBAH Tarek	Pr	UBMA	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENT :

NOUS REMERCIONS **DIEU** TOUT PUISSANT POUR
NOUS DONNER DE LA FORCE ET DU COURAGE POUR
ACCOMPLIR CELA TRAVAIL MODÉRÉ.

NOUS REMERCIONS MONSIEUR **AZZAG EL-BAHI**,
PROFESSEUR UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA
POUR SON ENCADREMENT, SES DIRECTIVES ET SA
DISPONIBILITÉ. AUSSI, NOUS LE REMERCIONS POUR SES
ENCOURAGEMENTS, SON INDULGENCE, ET SA
SYMPATHIE TOUT AU LONG DES ANNÉES DE
TRAVAIL.

NOUS REMERCIERONS ÉGALEMENT LES JURYS LE
PROFESSEUR **MESBAH TAREK** ET MADAME **TOURAB
NORA** POUR AVOIR BIEN VOULU ÉVALUER NOTRE
TRAVAIL.

EN FIN NOUS ADRESSONS NOTRE REMERCIEMENTS LES
PLUS PROFONDS ET LES DISTINGUÉS À TOUS CEUX
QUI NOUS AIDEZ DE PROCHE OU DE LOIN POUR
L'ACCOMPLISSEMENT DE CE TRAVAIL.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

- ❖ A mon cher père, à ma chère mère, à mon frère jumeaux Zizou, et à TAKI pour leurs tendresses, leurs Conseils, leurs sacrifices, leurs présences à mes coté et leur soutien.
 - ❖ A mes grands parents
 - ❖ Ma chère tante Amel et tonton Nadir.
 - ❖ A mes cousins et cousine surtout Malak, Racime et Ilyane
 - ❖ A toute ma famille ET amis.
 - ❖ A Mon professeur EB.AZZAG.
- ❖ A monsieur L'encadreur de stage Mrs: BELGHICHE FAYCEL Et a toute l'équipe qui a participé au bon fonctionnement de mon stage.
 - ❖ Sans oublie ma chère collègue Zernidj Nihel

Nihed.

Dédicace

Moi Zernidj Nihel Je dédie ce présent ouvrage à ma mère et mon père, ange gardien de ma vie, qu'ils soient assurés de mon affection en reconnaissance de leur amour, leur tendresse et de leurs sacrifices.

A mes frères Chems et Kais,

A ma tante Houda

A ma cousine Amani et mon cousin Abdelrahman

A mon mari Yakoub

A mon encadreur de stage Mrs : BELGHICHE FAYCEL Et a toute l'équipe qui a participé au bon fonctionnement de mon stage. A tous mes collègues de la promotion de l'électrotechnique, spécialement à ma collègue Toumi Nihed à laquelle je le dois un grand merci.

A toute ma famille petite et grande et tous ceux qui font partie intégrant de mes souvenirs et ma vie.

Nihel.

Table des matières :

Introduction générale :	1
1.1. Introduction :	4
1.2. Les réseaux électriques :	4
1.2.1. Définition :	4
1.2.2. Différents types de réseaux électriques : [1].	4
1.2.3. Constitution des réseaux de distribution HT :	6
1.3. Les niveaux de tension des réseaux électrique :	7
1.4. Topologies des réseaux électriques :	8
1.4.1. Réseau radial :	8
1.4.2. Réseau bouclé :	8
1.4.3. Réseau maillé :	8
1.4.4. Réseau arborescent :	9
1.5. Conclusion :	9
Chapitre 2Chapitre 02 :	10
2.1. INTRODUCTION :	12
2.2. Historique :	12
2.3. Présentation de complexe Sider :	13
2.3.1. Principales activités de l'entreprise SIDER EL HADJAR :	13
2.3.2. Organisme de l'entreprise :	14
2.3.3. Organisme de la production :	15
2.4. DESCRIPTION DU RESEAU INTERNE :	16
Description du réseau de distribution	16
2.4.1. DESCRIPTION ET EXPLOITATION DU RESEAU ELECTRIQUE GENERALE DU COMPLEXE SIDER EL-HADJAR :	17
II-4.3.1) Les postes électriques :	18
Chapitre 03 :	20
3.1. Introduction générale :	22
3.2. Les défauts électriques :	23
3.3. Origines des défauts : [3]	24
3.3.1. Origines électriques :	24
3.3.2. Coups de foudre (origine atmosphérique):	24
3.3.3. Origines mécaniques :	24

3.3.4.	Origines Humains :	25
3.4.	Types des défauts : [4]	25
3.4.1.	Les défauts triphasés :	25
3.4.2.	Les défauts biphasés :	25
3.4.3.	Les défauts monophasés :	25
	Caractéristiques des défauts monophasés :	25
3.5.	Conséquences des défauts :	26
3.6.	Nature du défaut électrique :	27
3.6.1.	Défauts d'isolement résistants :	28
3.6.2.	Défauts d'isolement éclateurs :	28
	Défauts de continuité :	30
3.7.	Procédure de recherche de défauts :	30
3.8.	Identification du défaut :	31
3.9.	Les anomalies dans un réseau électrique :[6]	32
3.9.1	Surtensions :	32
3.9.2.	Défaut terre :	34
3.11.	Les surcharges :	35
3.12.	Court-circuit :	36
3.13.	Conclusion :	39
Chapitre 04 :		40
-	Chapitre 04:	41
Partie 1 :	Différents types de protection électriques	41
4.1.	Introduction :	42
4.2.	Concepts fondamentaux dans les systèmes de protection des réseaux électriques [7]:	42
4.3.	Qualités principales d'un système de protection :	42
4.3.1.	La disponibilité :	43
Prête à tout évènement.....		43
4.3.2.	La Rapidité :	43
4.3.3.	La Sélectivité :	43
4.3.4.	La Sensibilité:	43
4.4.	La protection du poste :	43
4.4.1.	Les Transformateurs de Puissances: [9] [10]	43
4.4.2.	Les Sectionneurs:	44

4.4.3.	Le disjoncteur :	45
4.5.	Protection contre les surtensions externes :	46
4.6.	Protection contre les surtensions internes :	50
4.6.2.	Mise à la terre :	52
4.7.	Les dispositifs différentiels résiduels (DDR) :	53
4.7.1.	Principe de fonctionnement	54
4.7.2.	Choix.	54
	Disposition schématique.....	55
	Emplacement.	55
	Principe de la génération de tension de défaut	55
4.8.	DDR et schémas de liaisons à la terre (régime de neutre) :	56
4.8.1.	Les différents schémas de liaison à la terre (SLT) :	56
4.12.	Conclusion :	60
	Conclusion :	70
	Conclusion générale	71
	Conclusion générale :	72

Liste des figures :

Figure 1-1.1	Architecture générale des réseaux d'énergie électrique	6
Figure 1-3	câbles souterrains	7
Figure 1-2	lignes aériennes.....	7
Figure 1-4.	Différentes topologies des réseaux électriques : (1) Réseau maillé, (2). Réseau bouclé, (3). Réseau radial, (4). Réseau arborescent	9
Figure 2-1:	La chaine de production Sider El-Hadjar	14
Figure 2-2 :	Organisme de l'entreprise	14
Figure 2-3:	Organisme de la production de SIDER.....	15
Figure 2-4 :	description du réseau de distribution	16
Figure 2-5	Schéma de principe du complexe Sider El- Hadjar	17
Figure 2-6:	Schéma poste sud (4) 220kV / 63kV	19
Figure 2-7:	Implantation des extincteurs Poste N°04	19
Figure 3-1:	Incident électrique	23
Figure 3-2:	les défauts électriques	23

Figure 3-3 Différents types de défauts	25
Figure 3-4 : Allure d'un défaut réamorçant.....	26
Figure 3-5 : Défaut d'isolement résistant.....	28
Figure 3-6: Défaut d'isolement éclateur	29
Figure 3-7: Courbe de relaxation	30
Figure 3-8 : Exemple de surtension	33
Figure 3-9: Caractéristiques Principales d'une surtension.....	34
Figure 3-10 : la foudre.	34
Figure 3-11Figure Représente un défaut terre.....	35
Figure 3-12 : Figure représente les courts-circuits	37
Figure 3-13 Probabilité de court-circuit	37
Figure 4-1 transformateur de puissance	44
Figure 4-2 sectionneurs.....	45
Figure 4-3 un disjoncteur	45
Figure 4-4 Isolateur.....	46
Figure 4-5 câble de garde	47
Figure 4-6 éclateur	48
Figure 4-7 parafoudre oxyde zinc.....	50
Figure 4-8 Transformateur de courant.....	51
Figure 4-9 Transformateur de tension.....	52
Figure 4-10 : piquet de terre	53
Figure 4-11: différent types de DDR	54
Figure 4-12 : disposition schématique.....	55
Figure 4-13 : tension de défaut terre	55
Figure 4-14 : schéma de TT.....	57
Figure 4-15: schéma de TN	59
Figure 4-16 : schéma IT.....	60
 Liste des tableaux :	
Tableau 1. Les niveaux de tension des réseaux électrique	8
Tableau 2 les catégories de défaut d'après le type de réseau.....	31

Tableau 3 signification des lettres	57
Tableau 4: valeur maximale de la prise de terre en fonction du courant assigné du DDR	58

Résumé :

Ces dernières années, les systèmes d'énergie ont évolué très rapidement, spécialement les systèmes de protection électrique. Cela est à cause de l'augmentation sans cesse du nombre des lignes électriques et des postes de transformation, qui doivent être protégés contre les éventuels défauts causés par des facteurs internes ou externes. Le but de ce mémoire est l'étude des types de défauts dans les réseaux de transport HTA et HTB et les techniques de protection des lignes de transport qui assurent l'alimentation des abonnés : Pour cela, on a mentionné les techniques de coupure de ces défauts et les éléments qui jouent un rôle important dans la protection ; ainsi nous avons programmé et simulé un type de défaut et la protection approprié à l'aide de **schemaplic**.

Introduction générale :

Les systèmes d'énergie électrique se sont développés avec une grande rapidité au cours de la deuxième partie du XX siècle, ces systèmes sont devenus importants dans tous les domaines de l'économie moderne. Comme la demande en énergie électrique a augmenté le système d'alimentation est devenu très complexe et difficile à contrôler. La propriété essentielle de ces systèmes complexes est qu'ils doivent assurer la fourniture d'électricité aux abonnés de façon continue permettant un fonctionnement d'une manière satisfaisante même lorsqu'une perturbation aléatoire est produite. Le transport d'énergie électrique est assuré par des lignes à très haute tension (THT), ces lignes sont soumises à plusieurs perturbations (des défauts polyphasés ou monophasés) dues à des phénomènes différents. Afin de maintenir la continuité de fourniture de ce service aux clients. Donc tout défaut doit être identifié immédiatement afin d'isoler le plus rapidement possible du réseau sain l'ouvrage siège du défaut. C'est l'objet de la protection des réseaux. La Commission électrotechnique internationale (CEI) définit la protection comme l'ensemble des dispositions destinées à détecter les défauts ou les autres situations anormales dans un réseau d'énergie électrique et permettre l'élimination des défauts, pour mettre fin aux situations anormales et à lancer des ordres ou des signalisations.

Ce travail sera consacré au déploiement des éléments indispensables pour la constitution du système global de protection. On va présenter des concepts fondamentaux sur la philosophie des systèmes de protection des réseaux de transport de l'énergie électrique, les différents appareils de protection, les disjoncteurs et les transformateurs courant et tension (TC et TP). Le présent mémoire est structuré comme suit :

- Le premier chapitre traite les généralités et structure générale des réseaux électriques
- Le deuxième chapitre la présentation du complexe SIDER EL HADJAR
- Le troisième chapitre étudie l'analyse des défauts électriques et son isolement.
- Le quatrième chapitre
 - Partie 01 : les différents types de protection électrique dans le poste sud du complexe SIDER EL HADJAR .
 - Partie 02 : La simulation des différents (SLT) schéma liaison de terre avec la particularité du (régime de neutre).

Chapitre 01 :

Chapitre 01 :
**Généralités et structure des Réseaux
Electriques**



1.1. Introduction :

Les postes électriques sont des infrastructures clés du système de distribution d'électricité. Ils permettent de recevoir l'électricité haute tension produite par les centrales électriques et de la transformer en électricité basse tension pour la distribution aux utilisateurs finaux.

La généralité et la structure générale des postes électriques sont essentielles pour comprendre leur fonctionnement et leur rôle dans le système de distribution d'électricité.

1.2. Les réseaux électriques :

1.2.1. Définition :

Un réseau électrique est un ensemble d'appareils ou d'ensemble d'infrastructures destinés à produire, transporté, distribué et l'utilisation de l'électricité. De cette manière nous pouvons dire que les réseaux électriques ont pour rôle d'acheminer l'énergie électrique des sites de productions vers les lieux de consommations tous en assurant un niveau de qualité conforme aux normes.

Le réseau de distribution est constitué de deux types de lignes : les lignes moyennes tension (HTA) et les lignes (BT).

Les lignes HTA permettent le transport de l'électricité à l'échelle locale vers les petites industries, les PME et les commerces.

1.2.2. Différents types de réseaux électriques : [1]

Les réseaux électriques sont partagés en trois types (Figure I.1) :

Le réseau de transport et d'interconnexion :

Est principalement chargé de :

- Collecter et livrer l'électricité produite par les principales centrales électriques

En affluant en grande quantité vers les bassins de consommation (fonction transport),

- Permettre une utilisation économique et sûre des moyens de production

En compensant divers aléas (fonction interconnexion) :

- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV,
- Neutre directement mis à la terre,
- Réseau maillé.

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

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

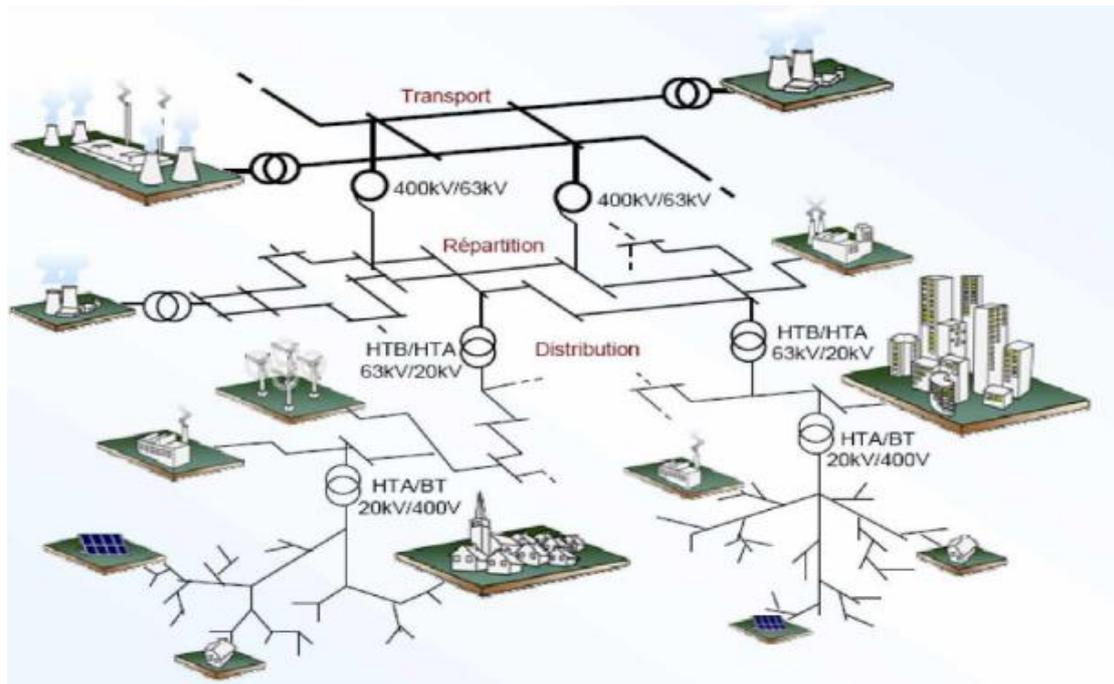


Figure 0-1.1 Architecture générale des réseaux d'énergie électrique

1.2.3. Constitution des réseaux de distribution HT :

Selon l'installation, on peut distinguer deux principaux types de réseaux moyens tension

Conducteur :

- aérien : compagnie aérienne
- Souterrain : les câbles sont posés aux points suivants

Nous donnerons plus de détails dans les points suivants :

- Réseaux aériens - ruraux:

Ils sont constitués par des lignes d'ossature à trois fils - trois phases - ou quatre fils - trois phases et neutre, selon que le neutre est distribué ou non, et par des antennes triphasées ou monophasées à deux ou à un seul conducteur. Ils ne sont envisageables que dans des zones géographiques de faible densité de charge.

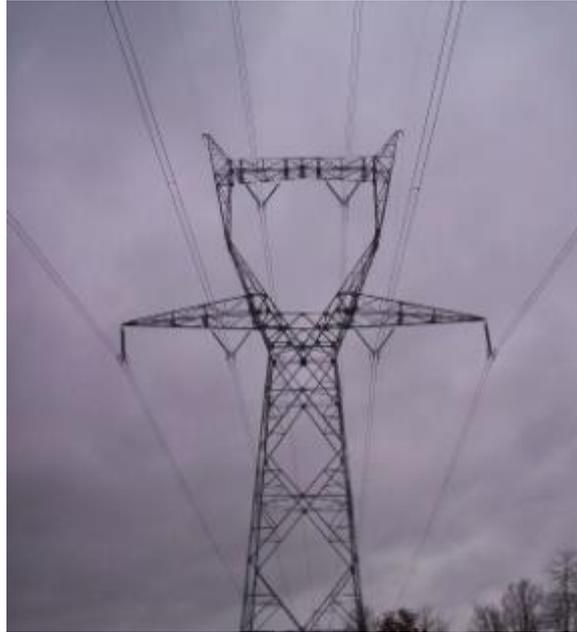


Figure 0-2 lignes aériennes

Réseaux souterrains - urbain :

Ils sont généralement constitués de câbles triphasés à isolation synthétique ou Papier. Ces réseaux sont adaptés à la haute Forte densité de charge avec fortes contraintes environnementales et de sécurité. Leur utilisation est également motivée par de faibles coûts d'installation.



Figure 0-3 câbles souterrains

1.3. Les niveaux de tension des réseaux électrique :

La nouvelle norme CEI (ainsi que les textes législatifs en vigueur en Algérie depuis juin 2002) définit les niveaux de tension alternative et continue comme suit :

Domaine de tension :	Alternatif
TBT	$U_n \leq 50V$
BTA	$50v < U_n \leq 500v$
BTB	$500 < U_n \leq 1kV$
HTA	$1kv < U_n \leq 50Kv$
HTB	$U_n > 50Kv$

Tableau 1. Les niveaux de tension des réseaux électrique

Nous prendrons par convention dans ce qui suit :

- HTB désignera la Haute Tension HT.
- HTA désignera la Moyenne Tension MT.
- BTB et BTA désignerons le domaine de la Basse Tension BT.

1.4. Topologies des réseaux électriques :

Les topologies diffèrent d'un type de réseau à un autre. Cette topologie est dictée par : le niveau fiabilité recherché, la flexibilité et la maintenance, ainsi que les coûts d'investissement et d'exploitation. Les différentes topologies qu'on trouve usuellement sont comme suit :

1.4.1. Réseau radial :

C'est une topologie simple qu'on trouve usuellement dans la distribution MT et BT. Elle est composée d'une ligne alimentée par des postes de distribution MT ou BT alimentés au départ par un poste source HT ou MT. En moyenne tension cette structure est souvent alimentée des deux côtés afin d'assurer la disponibilité [2].

1.4.2. Réseau bouclé :

Cette topologie est surtout utilisée dans les réseaux de répartition et distribution MT. Les postes de répartition HT ou MT alimentés à partir du réseau THT sont reliés entre eux pour former des boucles, ceci dans le but d'augmenter la disponibilité. Cependant, il faut noter que les réseaux MT ne sont pas forcément bouclés [2].

1.4.3. Réseau maillé :

Cette topologie est presque la norme pour les réseaux de transport. Tous les centres de production sont liés entre eux par des lignes THT au niveau des postes d'interconnexion, ce qui forme un maillage. Cette structure permet une meilleure fiabilité mais nécessite une surveillance à l'échelle nationale [2].

1.4.4. Réseau arborescent :

Cette structure est très utilisée en milieu rural et quelque fois en milieu urbain où la charge n'est pas très sensible aux interruptions. Elle est constituée d'un poste de répartition qui alimente plusieurs postes de distribution (BT) grâce à des piquages à différents niveaux des lignes alimentant les postes MT/BT [2].

:

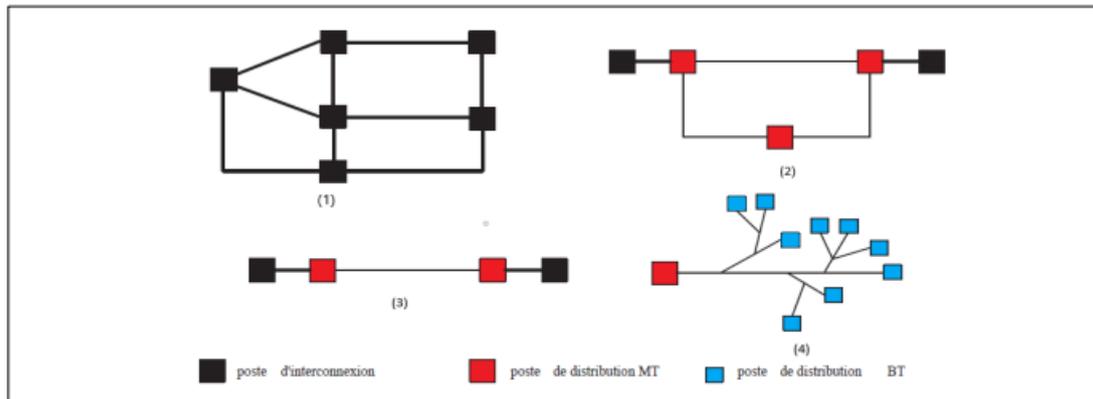


Figure 0-4. Différentes topologies des réseaux électriques : (1) Réseau maillé, (2). Réseau bouclé, (3). Réseau radial, (4). Réseau arborescent

1.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous introduisons le réseau électrique général puis nous avons Répertorié les différents types de réseaux de transmission et de réseaux de distribution HTA. Ces différentes architectures sont très sensibles. ce qui nécessite une protection contre tout type d'anomalies ce que nous allons voir dans les chapitres suivants.

Chapitre 2

Chapitre 02 :

Présentation du complexe **SIDER EL-HADJAR**



2.1. INTRODUCTION :

L'industrie est une partie importante de l'économie d'un pays, et c'est aussi un facteur majeur limitant le développement économique du pays. Le développement et le progrès représentent le niveau évolutif de la modernisation d'un pays.

La nouvelle stratégie industrielle mondiale est basée sur la haute technologie moderne grande fabricants internationaux. Par ailleurs, la crise actuelle de l'environnement industriel algérien a stratégie des entreprises dans ce domaine, l'Algérie, comme le reste du monde, tente de Construire une base industrielle suffisante pour rattraper son retard dans ce domaine important Des progrès extraordinaires sont réalisés chaque jour.

Tout cela pour améliorer la qualité du produit, la productivité, le prix de revient et le délai exécuter etc...

2.2. Historique :

La **Société nationale de sidérurgie** (SNS) a été créée le 3 septembre 1964, chargée de la construction du Complexe sidérurgique d'El Hadjar qui a été inauguré le 19 juin 1969.

Le 15 mai 1972, l'aciérie et le laminoir à chaud du complexe sont inaugurés par le président **Houari Boumédiène**, en présence du premier ministre cubain **Fidel Castro**, qui est en visite officielle en Algérie.

Le 18 octobre 2001, le groupe indien **Ispat** ancêtre **d'ArcelorMittal** rachète 70% du capital du complexe d'El Hadjar.

A partir de 2009, le haut fourneau n°1 reste inexploité jusqu'à son démantèlement en 2020.

En août 2016, le holding public algérien Imetal reprend les 49% de parts **d'ArcelorMittal** qu'il détenait dans le capital du complexe. La résiliation de l'accord avec ArcelorMittal intervient à la suite du recul des niveaux de production annuelle à 300 000 tonnes d'acier.

Du 5 septembre au 15 octobre 2017, le haut fourneau n°2 est arrêté à la suite de difficultés d'approvisionnement en eau.

En janvier 2018, des difficultés d'approvisionnement en **coke** ralentissent temporairement la production du haut-fourneau n°2. En 2019, la société Sider El Hadjar procède à plusieurs arrêts du haut-fourneau à la suite de problèmes d'approvisionnement en fer brut; elle a subi ensuite un arrêt du haut-fourneau n° 2 en octobre, conséquence d'un approvisionnement en coke de mauvaise qualité.

Début 2020, le haut-fourneau n° 2 est à l'arrêt pour des raisons techniques, puis le complexe subit un arrêt temporaire à la suite de la propagation de la **pandémie de Covid-19 en Algérie**

2.3. Présentation de complexe Sider :

Le complexe sidérurgique d'El Hadjar est situé à une distance de 15 Km de la ville Annaba.

L'usine est alimentée en minerai par voie ferrée à partir des mines de l'Ouenza et Boukhadra (au Sud Est du pays à 15 Km du complexe) et en charbon à partir du port d'Annaba auquel il est relié par une voie ferrée double. Les produits du complexe sont évacués par voie ferrée vers tout le pays et vers le port pour l'exportation.

Le complexe sidérurgique d'El Hadjar s'étend sur une superficie de 800Ha dont 300Ha affectés aux ateliers de production sidérurgiques, (300Ha) affecté aux stockages et (200Ha) aux voies de communication et les surfaces des services.

Le complexe sidérurgique (l'entreprise SIDER d'Annaba) constitue une des plus importantes Entreprises d'AFRIQUE dans le secteur de la sidérurgie, au plan national c'est une des entreprises phares de l'est algérien.

Après avoir passé la dure phase de la sidérurgie en Algérie, le complexe entre dans la phase finale, celle de l'extension de la capacité de production de 400 000 tonnes/an à 2000 000 de tonnes/an.

Le complexe comprenait à son actif les secteurs suivants :

- Un secteur d'agglomération « PMA ».
- Cokerie.
- Secteur HF1, et machine à couler.
- Une Aciérie à oxygène « ACO1 ».
- Une aciérie électrique « ACO2 ».
- Un laminoir à chaud « LAC ».
- Un laminoir à froid « LAF ».
- Un laminoir à fil et rond « LFR ».
- Un post de distribution électrique « PDE ».
- Un magasin de gestion des stocks .

2.3.1. Principales activités de l'entreprise SIDER EL HADJAR :

- Le fer est extrait du minerai dans un haut fourneau à l'aide d'un combustible, le coke
- Le carbone et les résidus de la fonte sont éliminés à l'aciérie par soufflage d'oxygène
- Le métal est complètement purifié
- L'acier liquide est ensuite transformé en ébauches solides, "les brames"

- Les brames sont transformées en fines bandes de tôle
- Le recuit de la bande de tôle
- L'étamage

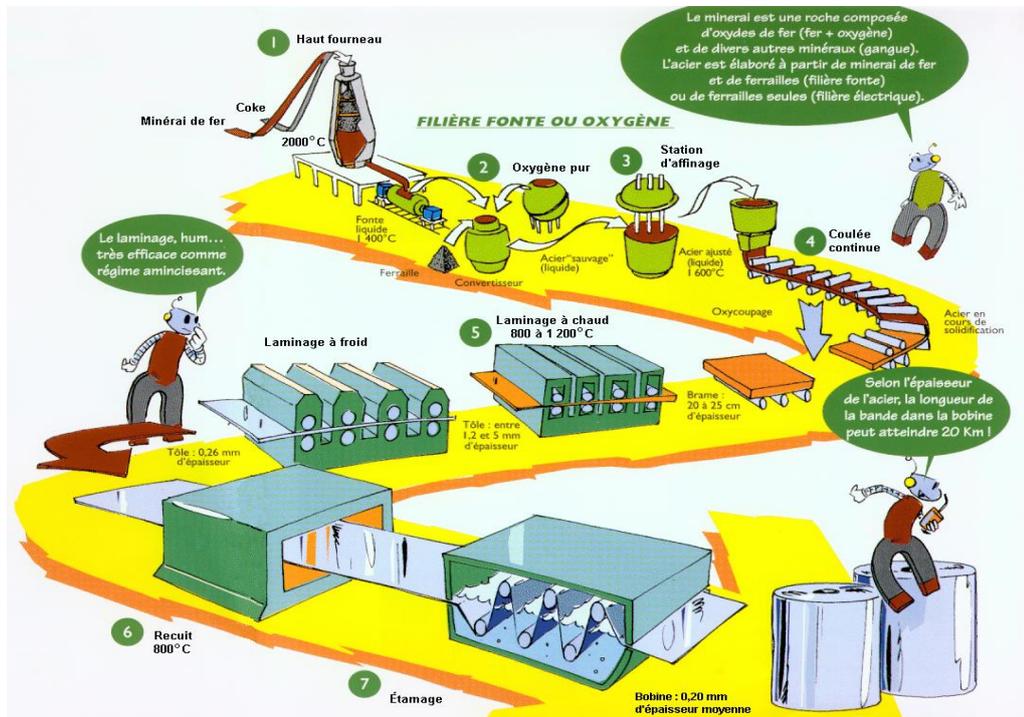


Figure 0-1: La chaine de production Sider El-Hadjar

2.3.2. Organisme de l'entreprise :

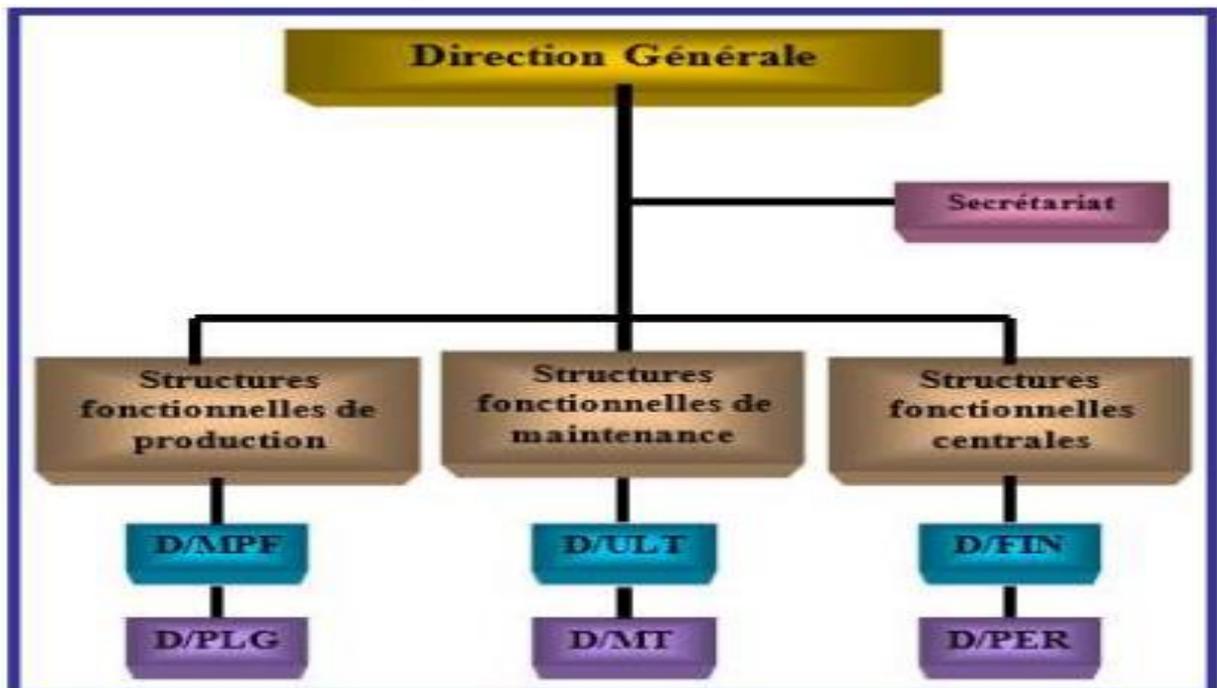


Figure 0-2 : Organisme de l'entreprise

Où :

- M.P.F : Matière première de fonte
- P.L.G : Produits longs
- P.P.L : Produit plat
- T.S.S : Tube rie sans soudure
- U.L.T : Unité logistique
- M.G.X : Moyens généraux
- F.I.N : Finance
- P.E.R : Personnel

2.3.3. Organisme de la production :

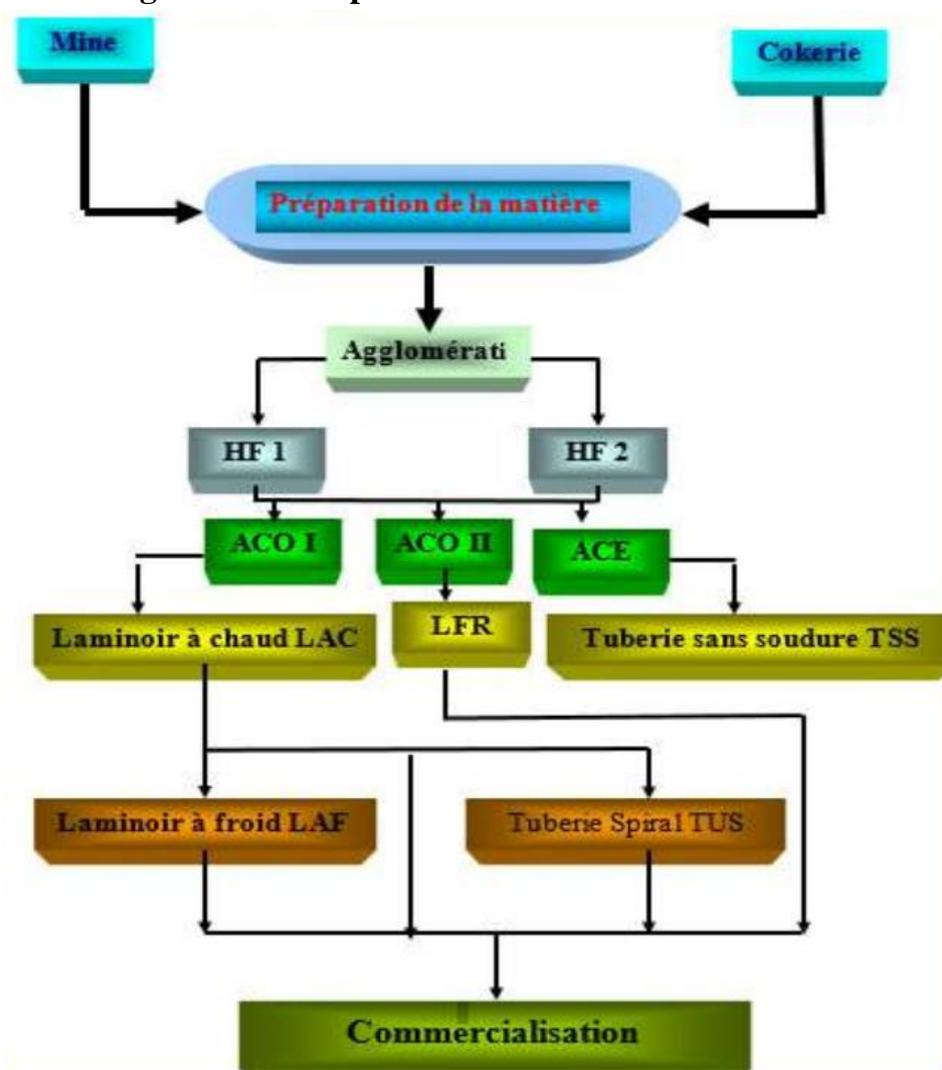


Figure 0-3: Organisme de la production de SIDER

2.4. DESCRIPTION DU RESEAU INTERNE :

Le réseau de distribution électrique est alimenté depuis deux sources.

la principale source provient de la **SONELGAZ** et la seconde d'une centrale électrique interne située à l'intérieur du complexe.

Les alimentations arrivent à 2 endroits, la principale source est présentée par deux lignes aériennes de 63kV.

- Chaque ligne a une capacité de 80 MW, ces lignes proviennent du poste d'interconnexion d'El-Hadjar à 3 kms.

Une autre ligne arrive au poste Sud avec une tension de 220 kV.

Une alimentation de sécurité :

Description du réseau de distribution



Figure 0-4 : description du réseau de distribution

- La majeure partie d'alimentation arrive au poste Nord qui est à son tour interconnecté avec le poste Est et Ouest.
- Le poste Sud 220 kV alimente directement
- Le poste Est 220/63 kV
- Des ateliers importants sont alimentés en 63kV (four à arc, LFR, LAC, LAF, CO)
- Pour le reste la distribution est assurée en 15kV
- Avec une sécurité maximale (2 feeders), avec des particularités pour le LFR (10kV)

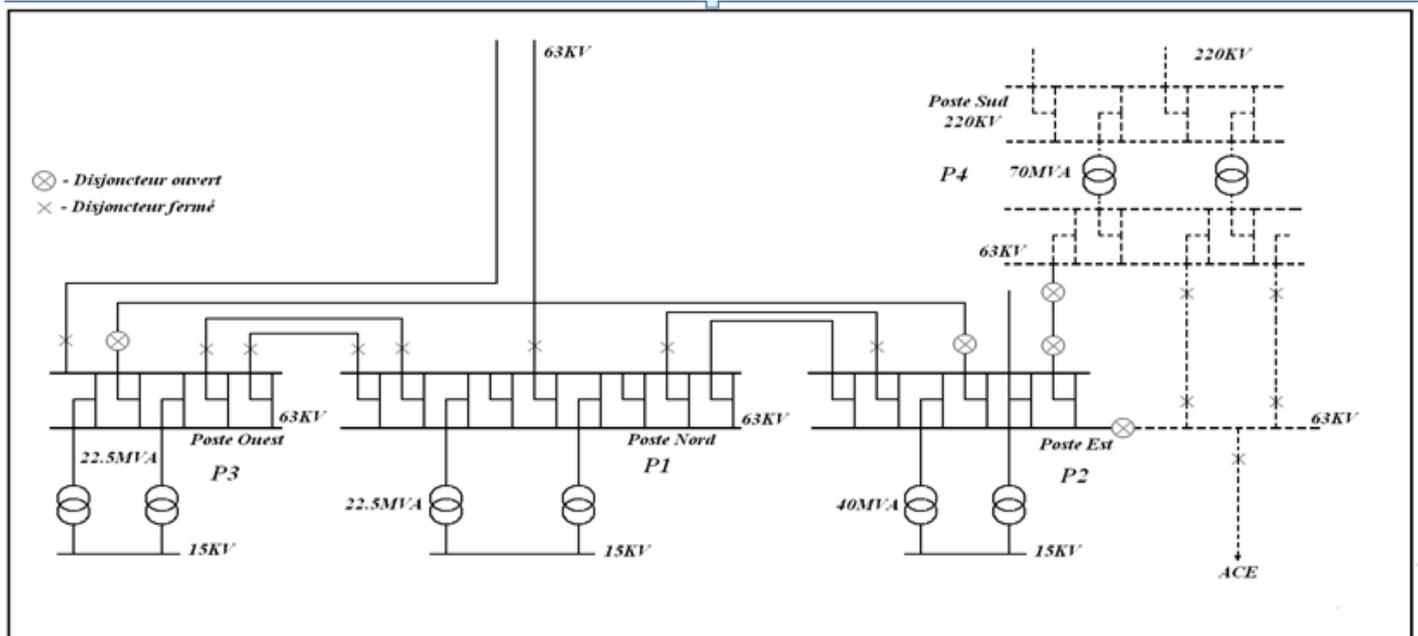


Figure 0-5 Schéma de principe du complexe Sider El- Hadjar

2.4.1. DESCRIPTION ET EXPLOITATION DU RESEAU ELECTRIQUE GENERALE DU COMPLEXE SIDER EL-HADJAR :

Le réseau de distribution électrique est alimenté depuis deux sources.

Les alimentations arrivent à 2 endroits, la principale source est présentée par deux lignes aériennes de 63kV.

- Chaque ligne a une capacité de 80 MW, ces lignes proviennent du poste d'interconnexion d'El-Hadjar à 3 kms.

Une autre ligne arrive au poste Sud avec une tension de 220 Kv.

II-4.3) Description du réseau de distribution :

- La majeure partie d'alimentation arrive au poste Nord qui est à son tour interconnecté avec le poste Est et Ouest.
- Le poste Sud 220 kV alimente directement
- Le poste Est 220/63 kV
- Des ateliers importants sont alimentés en 63kV (four à arc, LFR, LAC, LAF, CO)
- Pour le reste la distribution est assurée en 15kV

- Avec une sécurité maximale (2 feeders), avec des particularité pour le LFR (10kV)

II-4.3.1) Les postes électriques :

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. Il sert à la fois à la transmission et à la distribution de l'électricité.

Le poste que nous avons visité est constitué essentiellement :

- Deux Transformateurs de puissance :
 - 120 MVA
 - 70 MVA

Des transformateurs de mesure :

- transformateur de courant TC
- transformateur de tension TT

Différents appareils de connexion :

- Deux jeux de barre
- Des sectionnaire
- Des disjoncteurs
- Câbles aériennes et souterraine
- Mise à la terre

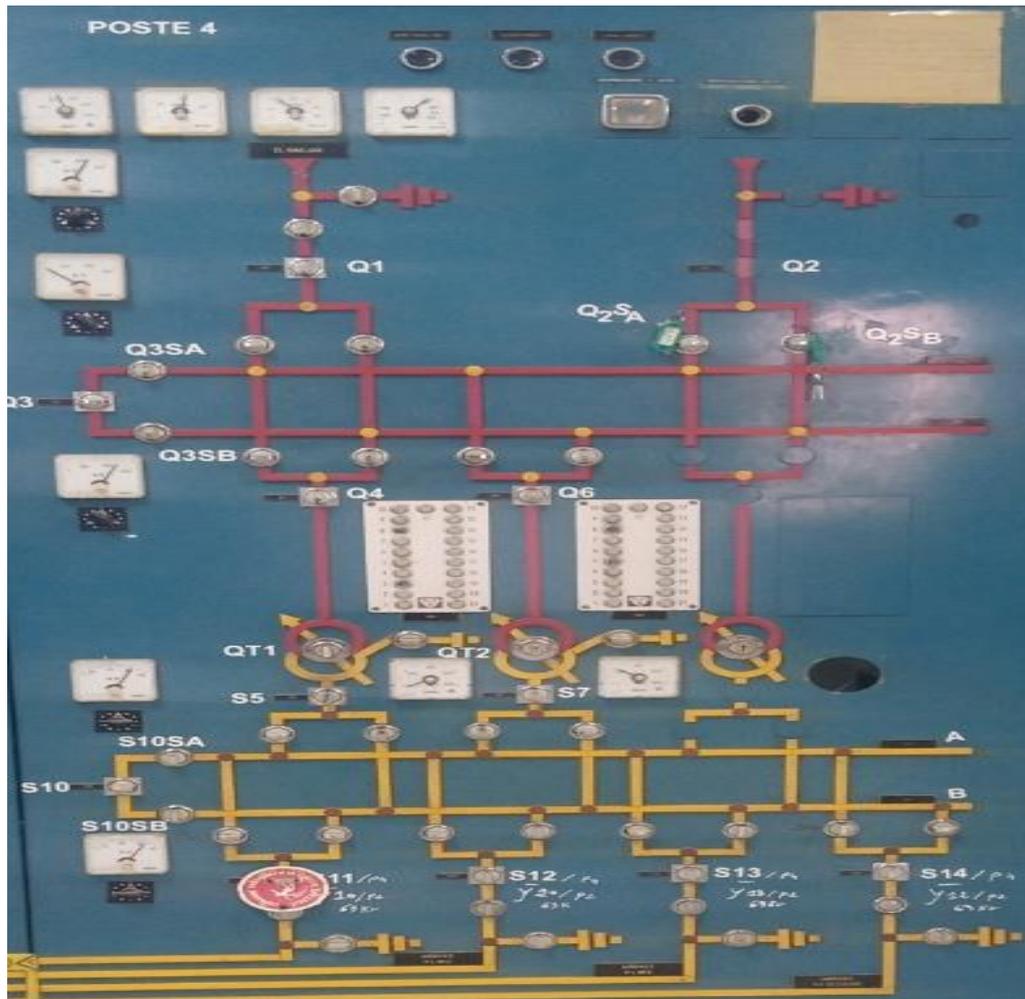


Figure 0-6: Schéma poste sud (4) 220kV / 63kV



Figure 0-7: Implantation des extincteurs Poste N°04

Chapitre 03 :

Chapitre 03 :

Analyse des défauts électriques.



3.1. Introduction générale :

L'énergie électrique est un besoin vital pour l'homme dans sa vie de tous les jours. Elle est l'œuvre de l'implication étroite du maître qu'est l'homme intelligent et la machine qu'est l'esclave. Tous les deux se protègent mutuellement. Le maître ne fait pas confiance à la bête qui est la machine et développe des dispositifs de protection qui entrent dans le cadre de la protection de personnels et de la machine.

Le réseau électrique comprend trois grandes étapes, la production de l'énergie électrique, le transport et la distribution. Chaque équipement est doté d'un ensemble de protections souvent de nature complémentaire et à caractère instantané ou différé.

L'objectif primordial de la protection est d'éliminer le défaut par l'action instantanée d'un relais électromagnétique ou retardée par un relais temporisé. Selon le type du défaut, la protection intelligente émet un signal de déclenchement du disjoncteur, et par conséquent la mise hors tension de l'installation ou un signal de signalisation pour informer les opérateurs sur la nature du défaut et de prendre les mesures adéquates.

➤ Problématique :

La fiabilité des réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique passe par une chaîne d'isolateur qui assure la fonction d'isolement.

Ces chaînes d'isolateurs considérés, à juste titre comme le maillon faible de cette structure

➤ Estimation des différents coûts

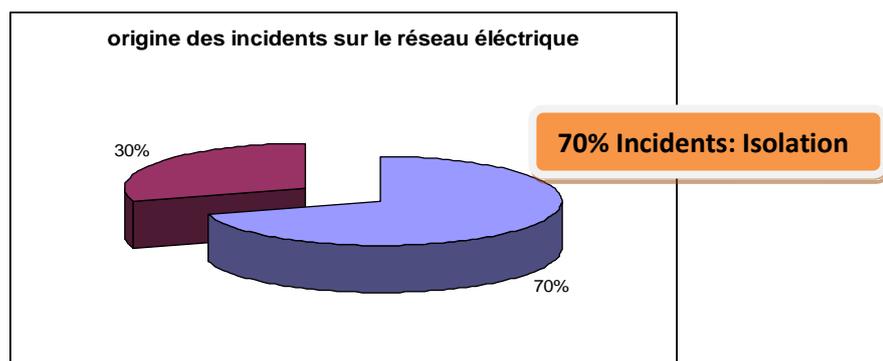
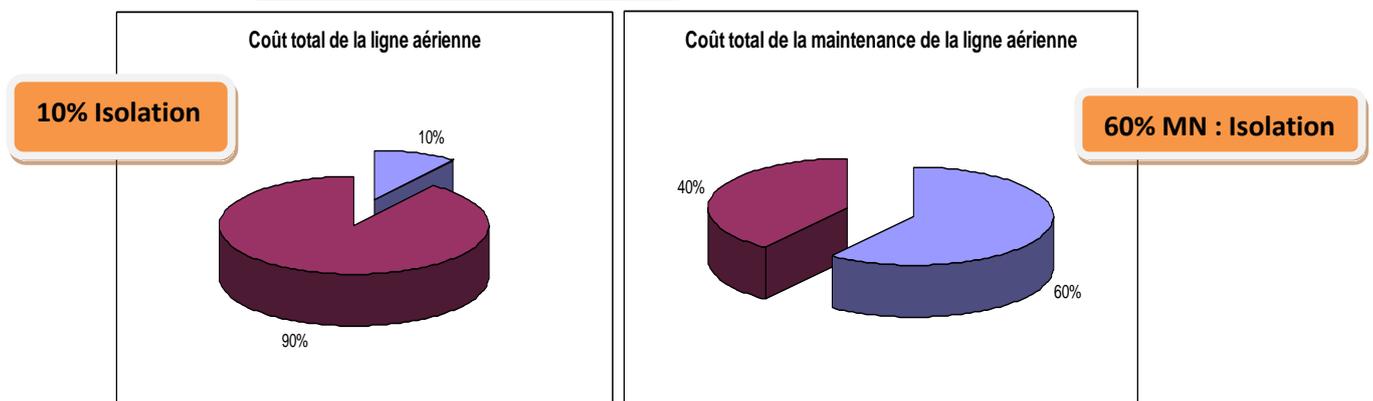




Figure 0-1: Incident électrique

3.2. Les défauts électriques :

Introduction Les réseaux de transport d'énergie sont constitués d'ouvrages triphasés, à savoir: des lignes aériennes, des transformateurs de puissance, des canalisations souterraines et des jeux de barre, organisés suivant le schéma ci- dessous (figure 3.2):

Le problème de la protection des installations électriques consiste à définir la nature des défauts contre lesquels on doit se protéger, puis à choisir l'appareil capable de les détecter et capable de les supprimer.

Les défauts électriques sont un gêne pour les utilisateurs et les fournisseurs de l'énergie électrique. D'une façon générale, quel que soit le défaut, les effets peuvent être classés de deux façons différentes :

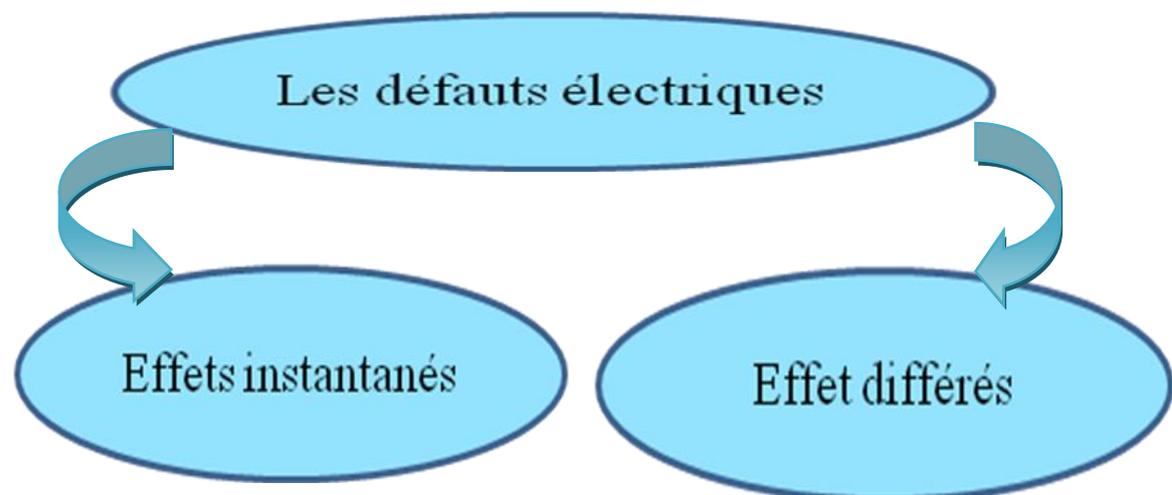


Figure 0-2: les défauts électriques.

Effets instantanés : Manœuvres intempestives de contacteurs ou d'organes de protection, mauvais fonctionnement ou arrêt d'une machine. L'impact de la perturbation est alors directement remarquable sur le plan financier et technique.

Effets différés : Pertes énergétiques, vieillissement accéléré du matériel dû aux échauffements et aux efforts électrodynamiques supplémentaires engendrés par les perturbations. L'impact financier est difficilement quantifiable.

L'évolution de la technologie a permis le développement et la généralisation des automatismes, des variateurs de vitesse dans l'industrie, des systèmes informatiques, des éclairages fluo-compact dans le tertiaire et le domestique. Ces équipements ont la particularité d'être à la fois sensibles aux perturbations de la tension et générateurs de perturbations.

Leur multiplicité au sein d'un même procédé exige une alimentation électrique de plus en plus performante en termes de continuité et de qualité. En effet, l'arrêt temporaire d'un élément de la chaîne peut provoquer l'arrêt de l'outil de production (traitement de l'eau, imprimerie, pétrochimie...) ou de service (banques, télécommunications...).

Une ligne aérienne, qui passe sur le domaine public, peut être le siège d'un certain nombre d'incidents qui sont dus, en général, à l'apparition de défauts. Ces défauts donnent lieu à l'établissement de courant de court-circuit soit entre conducteurs, soit entre un ou plusieurs conducteurs et le sol.

3.3. Origines des défauts : [3]

Le risque d'apparition d'un incident sur le réseau n'est pas nul car il est lié à de nombreux paramètres aléatoires. Ainsi, le court-circuit peut avoir diverses origines:

3.3.1. Origines électriques :

C'est l'altération des isolants des matériels de réseau, par exemple. En effet, les matériels électriques que l'on trouve sur le réseau ou dans les postes comportent des isolants (solides, liquides ou gazeux) constitués d'assemblages plus ou moins complexes placés entre les parties sous tension et la masse. Ces isolants subissent des dégradations au cours du temps qui conduisent à des défauts d'isolement et donc des courts circuits.

3.3.2. Coups de foudre (origine atmosphérique):

C'est le cas de la foudre qui frappe les conducteurs d'une ligne ou d'un poste ou tombe dans leur voisinage immédiat.

3.3.3. Origines mécaniques :

C'est le cas de la rupture d'un support, ou d'un isolateur sur une ligne aérienne, on peut aussi inclure dans cette catégorie les amorçages dus aux contacts de branches d'arbre mal élagués, des grues et engins de grande hauteur travaillant au voisinage.

3.3.4. Origines Humains :

Ce sont les fausses manœuvres telles l'ouverture d'un sectionneur en charge par exemple. On trouve plusieurs catégories de défauts dans les réseaux HTA. Ceux-ci sont caractérisés par leur type, leur durée et l'intensité du courant de défaut. Ainsi, on distingue :

- **Les défauts dans les réseaux électriques :**

Le risque d'apparition d'un incident sur le réseau n'est pas nul car il est lié à de nombreux Paramètres aléatoires.

3.4. Types des défauts : [4]

3.4.1. Les défauts triphasés :

Ce sont le court-circuit entre les trois phases avec ou sans mise à la terre

3.4.2. Les défauts biphasés :

Ce sont le court-circuit entre deux phases ou une phase et le neutre avec ou sans mise à la terre

3.4.3. Les défauts monophasés :

Ce sont des défauts entre une phase et la terre ou une phase et le neutre. Ils génèrent la circulation d'un courant homopolaire. Leur intensité est limitée par la résistance de terre et par la mise à la terre du neutre

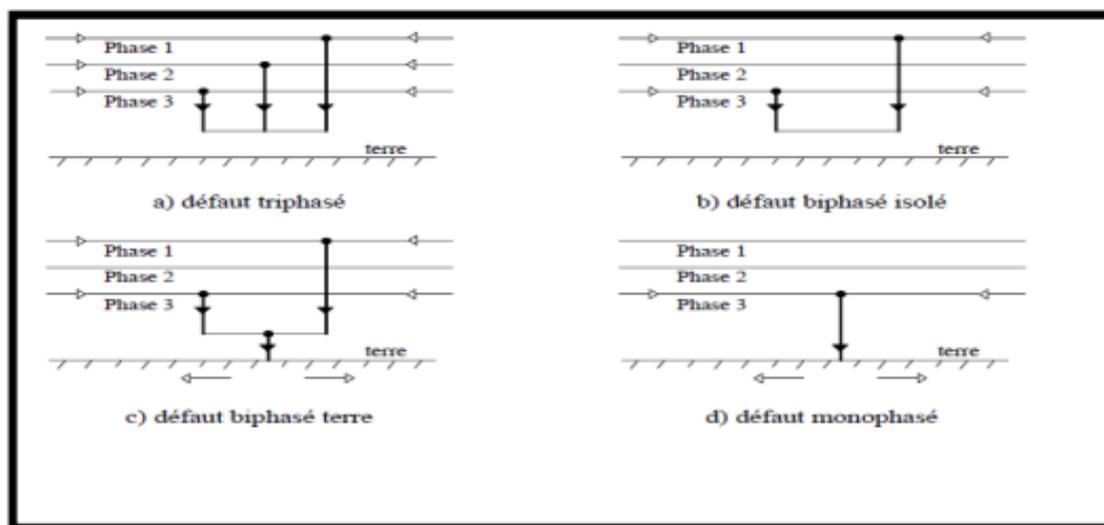


Figure 0-3 Différents types de défauts

L'existence de défauts multiples, en particulier les défauts monophasés, engendre des Phénomènes ou d'autres types de défaut en fonction de la localisation et du temps.

Caractéristiques des défauts monophasés :

- **Défaut fugitif :** Ce défaut nécessite une coupure très brève du réseau d'alimentation de l'ordre de quelques dixièmes de seconde.

- **Défaut permanent** : Ce défaut provoque un déclenchement définitif de l'élément de protection. Il nécessite l'intervention du personnel d'exploitation.
- **Défauts semi-permanent** : Ce défaut exige une ou plusieurs coupures relativement longues de l'ordre de quelques dizaines de secondes. Il ne nécessite plus l'intervention du personnel d'exploitation.

Au niveau des réseaux aériens de transport de SONELGAZ, les défauts sont:

- ❖ De 70 à 90% fugitifs.
- ❖ De 5 à 15% semi permanents.
- ❖ De 5 à 15% permanents.
- **Défaut auto-extincteur** : un défaut monophasé auto extincteur est un défaut qui s'élimine seul sans coupure de l'alimentation ou fermeture d'un disjoncteur. Ces défauts existent sur les réseaux à neutre avec impédance (environ 10% des défauts). Mais ils existent surtout sur les réseaux à neutre compensé dans des proportions importantes (jusqu'à 80 %).
- **Défaut réamorçant** : Un défaut réamorçant est un défaut monophasé auto extincteur, qui réapparaît périodiquement (dans environ 90% de cas, le défaut monophasé auto extincteur est constitué d'un seul amorçage). Le temps entre deux réamorçages peut varier de quelques millisecondes à quelques centaines de millisecondes

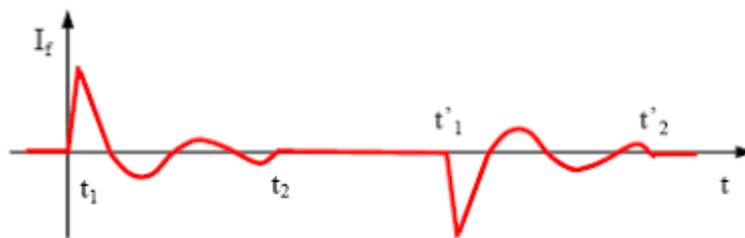


Figure 0-4 : Allure d'un défaut réamorçant.

Chaque période du défaut réamorçant aux caractéristiques suivantes :

Elle est caractérisée par l'existence d'un transitoire de courant significatif à l'amorçage (de quelques dizaines à quelques centaines d'ampères) qui se produit lors de l'apparition du défaut.

- Elle disparaît spontanément, en des temps généralement très courts (80% durent moins de 20ms).

3.5. Conséquences des défauts :

Sur le réseau électrique 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 (rupture de synchronisme), s'ils ne sont pas éliminés rapidement, ils peuvent conduire à la perte de stabilité de groupes générateurs et le

déclenchement des alternateurs des centrales (lorsque l'un d'eux, ou plusieurs d'entre eux, tournent à une vitesse différente de l'ensemble des autres alternateurs débitant sur le même réseau). Des temps d'élimination des courts-circuits de l'ordre de 100 à 150ms sont généralement considérés comme des valeurs à ne pas dépasser sur les réseaux électriques THT. Les défauts de court-circuit amènent à deux types de contraintes :

- **Contraintes thermiques :**

Sont dues aux dégagements de chaleur par effet Joule dans les conducteurs électriques (échauffements anormaux des conducteurs).

- **Contraintes mécaniques :**

Le matériel qui supporte le passage du courant de CC est soumis à des efforts électrodynamiques importants; en particulier, les conducteurs aériens (balancement), les jeux de barres, les supports d'isolateurs, les enroulements des transformateurs peuvent être déformés ou avariés si leur rigidité mécanique ne présente pas les garanties nécessaires. Ces efforts s'ils dépassent les limites admises sont souvent à l'origine d'avaries graves.

- **Destructions provoquées par les arcs :**

Le contournement par les arcs des chaînes d'isolateurs peut entraîner la destruction de celles-ci. De plus l'arc électrique consécutif à un défaut met en jeu un important dégagement local d'énergie pouvant provoquer d'important dégât au matériel.

- **Explosion de disjoncteurs**

La valeur importante atteinte par les courants de cc peut provoquer l'explosion de disjoncteurs, particulièrement si ceux-ci sont d'un type ancien et sont placés sur les réseaux MT alimentés par des transformateurs HT/MT de grande puissance.

- **Chute de tension**

Les courants de cc provoquent de brusques variations de tension, non seulement sur la ligne concernée par le cc, mais aussi sur les lignes adjacentes.

- **Perturbations dans les lignes de télécommunications**

Lorsqu'une ligne emprunte un trajet parallèle à celui d'une ligne de télécommunication, il peut arriver qu'en cas de défaut à la terre, une f.é.m induite proportionnelle à l'intensité du courant de défaut apparaisse dans le circuit constitué par le sol et la ligne de télécommunication; cette f.é.m peut être dangereuse pour les installations téléphoniques et pour le personnel qui les exploite.

3.6. Nature du défaut électrique :

On peut classer les défauts d'origine externe en trois familles :

- les défauts d'isolement résistants ;

- les défauts d'isolement éclateurs ;
- les défauts de continuité ;

3.6.1. Défauts d'isolement résistants :

Ils se présentent comme une résistance shunt de valeur finie R_d placée entre un conducteur de phase et l'écran métallique ou le neutre, ou entre deux conducteurs (cas des câbles à champ non radial, par exemple). Cette résistance est constituée d'un pont de carbone plus ou moins continu dont la valeur peut être comprise entre quelques ohms et plusieurs mégohms. La caractérisation est donc faite à partir de la mesure de R_d et de la tension d'amorçage de l'éclateur. On dit qu'un défaut est franc si R_d est inférieur à 5 Ω et que la tension d'amorçage en courant continu est nulle ou extrêmement faible

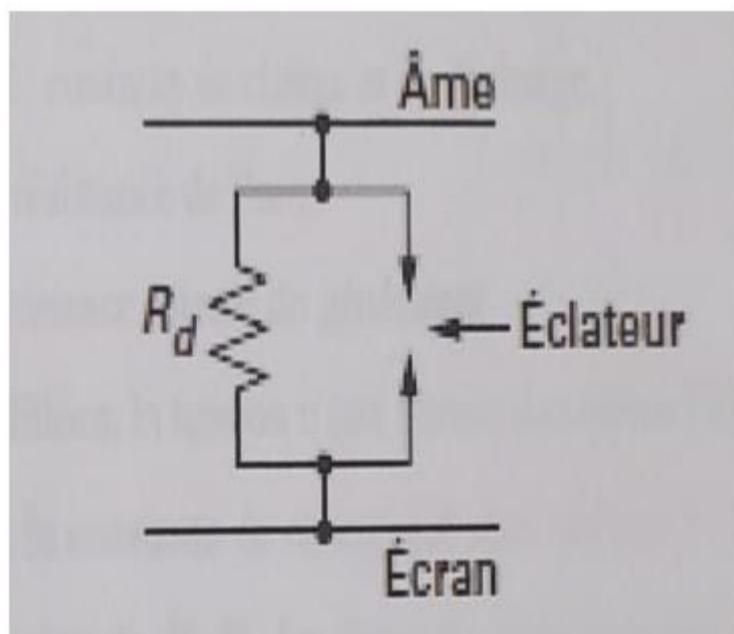


Figure 0-5 : Défaut d'isolement résistant.

3.6.2. Défauts d'isolement éclateurs :

Il s'agit de défauts d'isolement à très forte résistance shunt, mais qui, soumis à une tension croissante, se comportent comme un éclateur (figure 3.5) avec une tension d'amorçage U_a .

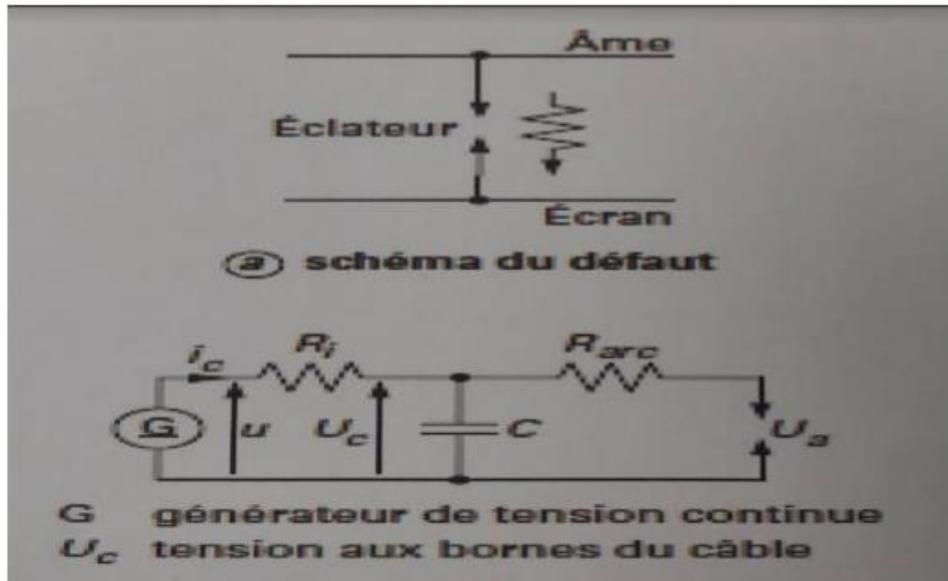


Figure 0-6: Défaut d'isolement éclateur

Dans ce cas, au moment de l'amorçage, toute l'énergie emmagasinée dans la capacité constituée par le câble se décharge dans l'éclateur. Si le générateur de tension est assez puissant (courant limite élevé), le câble se recharge alors jusqu'à la tension U_a ; on dit qu'il relaxe. En effet, jusqu'à ce que le courant de décharge i_d à la tension d'extinction, on a (u étant la tension délivrée par le générateur) d'après le schéma électrique équivalent :

$$\text{Pour } u < U_a : u = R_i i_c + C \frac{di_c}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Pour } u \geq U_a : U_a = R_{arc} i_d \dots\dots\dots (2)$$

Avec :

C: capacité du câble,

i_c et i_d : courants de charge et de décharge,

R_{arc} : résistance de l'arc,

R_i : résistance interne du générateur.

Dans ces conditions, la tension u aux bornes du câble a l'allure de la figure II.3. Sur cette figure, test la constante de charge qui vaut environ 10^{-3} s pour un câble de 10 km et une impédance interne de 30 Ω . La durée de charge du câble jusqu'à U_a peut atteindre quelques secondes, celle de la décharge quelques millisecondes.

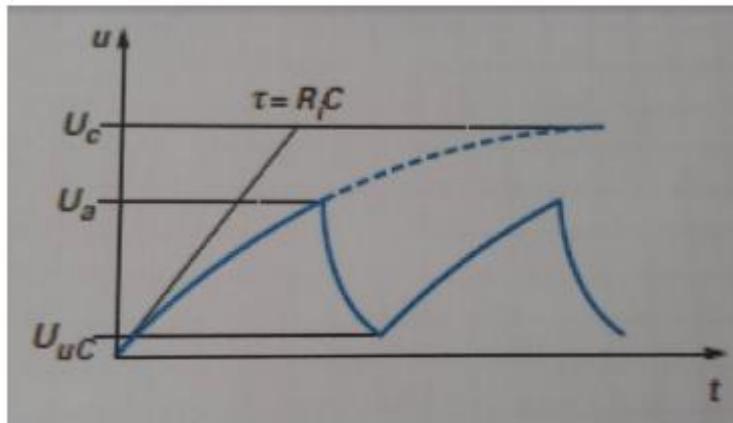


Figure 0-7: Courbe de relaxation

U_a : tension d'amorçage.

U_c : tension aux bornes du condensateur s'il n'y avait pas d'amorçage.

U_{uC} : tension résiduelle aux bornes du condensateur après amorçage.

Défauts de continuité :

Il s'agit d'une coupure d'un ou de plusieurs conducteurs, écran ou neutre compris, avec une résistance de défaut shunt R_d plus ou moins grande, et une résistance de défaut série R_e plus ou moins petite.

3.7. Procédure de recherche de défauts :

La recherche de défauts comporte trois étapes principales qui sont les suivantes.[5]

Première étape : identification du défaut

Il s'agit de la détermination des caractéristiques et de la nature du défaut. Cette étape fondamentale permet de choisir la méthode la plus appropriée au défaut. Ainsi, on renforce ses chances d'aboutir rapidement et avec succès. Cette étape comporte elle-même trois phases : mégohmmètre, essai diélectrique, recherche d'un éventuel défaut de continuité.

Deuxième étape : Pré-localisation

Après l'avoir choisie, c'est la mise en œuvre de cette méthode qui fournira une mesure. Prise depuis le véhicule ou depuis une boucle, cette mesure est reportée sur les plans du réseau soit pour affiner la

Troisième étape : localisation précise de l'endroit du défaut ondes de choc.

Dans quelques pourcents des cas, on devra recourir aux méthodes de Dans l'immense majorité des cas, on utilisera une méthode magnéto-acoustique : les fréquences audibles. A noter : le tracé du câble préalable (par une méthode de champ magnétique), dans ce dernier cas, est toujours obligatoire .mesure ou lever une incertitude, soit pour préparer l'étape.

3.8. Identification du défaut :

Cette détermination fait appel à des méthodes simples de mesure de résistance d'isolement et de continuité des conducteurs, ainsi qu'à des essais de tenue en tension. Il est important de mener cette investigation complètement à son terme avant de prétendre faire un choix de méthode, même si les éléments déjà connus semblent clairs. « On a vu trop souvent des recherches de défauts avorter ou fortement retardée pour cause de précipitation et d'obstination mal placée. »

Mesure de résistance d'isolement :

On détermine la résistance apparente entre chaque conducteur de phase et l'écran relié à la terre ou le neutre ou entre deux conducteurs de phase.

Les mesures sont réalisées en utilisant un mégohmmètre en position 500V ou 1000V; on changera successivement de calibre (k2 puis 2) pour connaître la valeur du défaut, si nécessaire.

Notons encore que le temps nécessaire à la réalisation de ces mesures est très faible : quelques secondes chacune. Trois, six, dix ou onze mesures ne vont pas avoir une influence Prépondérante sur la durée totale d'une recherche de défauts.

Deux jeux de valeurs de Rd sont importants pour connaître le défaut :

Catégorie	Réseaux sans dérivation	Réseaux avec dérivation
1	< 130 à 150 Ω	< 30 à 50 Ω
2	Entre 130 et 150 Ω et quelques M Ω	Entre 30 et 50 et quelques M Ω
3	Au-delà de quelques M Ω	Au –delà de quelques M Ω

Tableau 2 les catégories de défaut d'après le type de réseau

Lorsque la valeur d'un défaut est située dans la première catégorie, Donc on peut confirmer que le défaut est un défaut d'isolement et on passe à la méthode d'échométrie BT Pour pré-localiser sa position. En revanche, dès que la valeur est située au-delà de cette limite (catégorie 2 ou 3) on passera à la mesure de continuité.

Mesure de continuité :

Cette mesure consiste à vérifier la présence ou non de coupures le long des Conducteurs. Pour cela, il faut :

-soit pouvoir court-circuiter les âmes entre elles à l'extrémité opposée à celle de la mesure

(Par exemple en fermant le sectionneur de mise à la terre et en court-circuit). La mesure est alors effectuée au moyen d'un simple mégohmmètre :

Soit réaliser une mesure de capacité du conducteur par rapport à la câble sans dérivation (pont de Sauty ou Nernst, abandonnés aujourd'hui) : dans le cas d'un - soit encore en mettant en œuvre une méthode écho-métrique: la méthode classique. Aujourd'hui, c'est la méthode écho métrique qui est privilégiée compte tenu de sa facilité de mise en œuvre.

Essai diélectrique :

Comme nous venons de le voir, l'essai diélectrique est indispensable pour éclairer le choix de la méthode de Pré localisation dès que la valeur de R_d s'élève quelque peu.

On mesure la tension d'amorçage du câble en défaut (on vérifie qu'il n'ya pas de défaut éclateur).

- Pour les câbles BT : la tension d'essai doit être inférieur ou égal à IKV Pour les câbles HTA : la tension d'essai doit être inférieur ou égal à $3 \cdot U_1(U, U, /1.73)$.

3.9. Les anomalies dans un réseau électrique :[6]

Les différents composants du réseau sont conçus, construits et entretenus de manière à atteindre un compromis optimal entre coût et risque de défaillance. Ce risque n'est donc pas nul et un accident ou une panne interrompra le fonctionnement de l'installation électrique. Une augmentation ou une diminution anormale d'une grandeur nominale dans un circuit constitue un dysfonctionnement ou une perturbation. Le plus souvent, des changements anormaux de tension, de courant et de fréquence sont à l'origine de ces perturbations.

3.9.1. Surtensions :

3.9.1.1. Définition :

La surtension est l'une des causes possibles de défaillance des équipements électriques ou électroniques, même si ces derniers empêchent de plus en plus de tels événements. Ces surtensions sont très dangereuses car elles peuvent causer de graves dommages à l'isolation des lignes de transport et des équipements qui composent le système électrique. Il existe différents types de surtensions, en fonction d'un certain nombre de facteurs, dont la durée et les événements que vous pouvez rencontrer. Sur la durée

On désigne par surtension toute différence de potentiel anormale apparaissant dans les circuits électriques et qui est susceptible d'endommager les éléments de ces circuits (Lignes, machines, etc...). Toute tension appliquée à un équipement dont la valeur de crête sort des limites est une surtension on distingue plusieurs types de surtensions :
[6]

Surtensions de manœuvre : liée à la manœuvre d'un disjoncteur ou d'un sectionneur, d'une durée de quelques dizaines microsecondes à quelques millisecondes.

Les surtensions à fréquence industrielle : ...

Surtensions causées par des décharges électrostatiques. ...

Surtensions atmosphériques : Surtensions de foudre : due au foudroiement d'une ligne électrique(Figure 3.10)

3.9.1.2. Origines des surtensions :

On peut qualifier les surtensions comme toute tension fonction du temps qui dépasse la tension crête de régime permanent à sa tolérance maximale elle aura lieu dans un phénomène transitoire, qui définit l'évolution des surtensions entre deux états de fonctionnement permanent [5] **figure(3.8).**

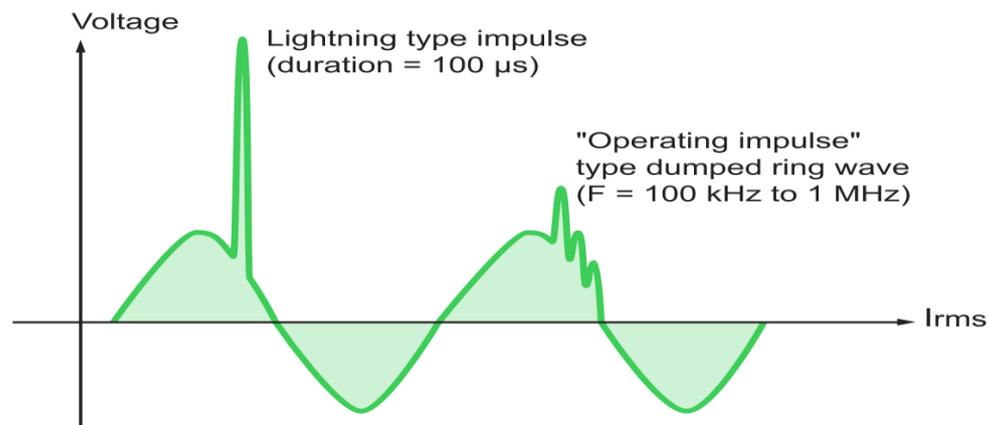


Figure 0-8 : Exemple de surtension

Les surtensions peuvent endommager l'équipement et générer des rayonnements électromagnétiques. De plus, la durée de la surtension (T) se traduit par un pic d'énergie da^2

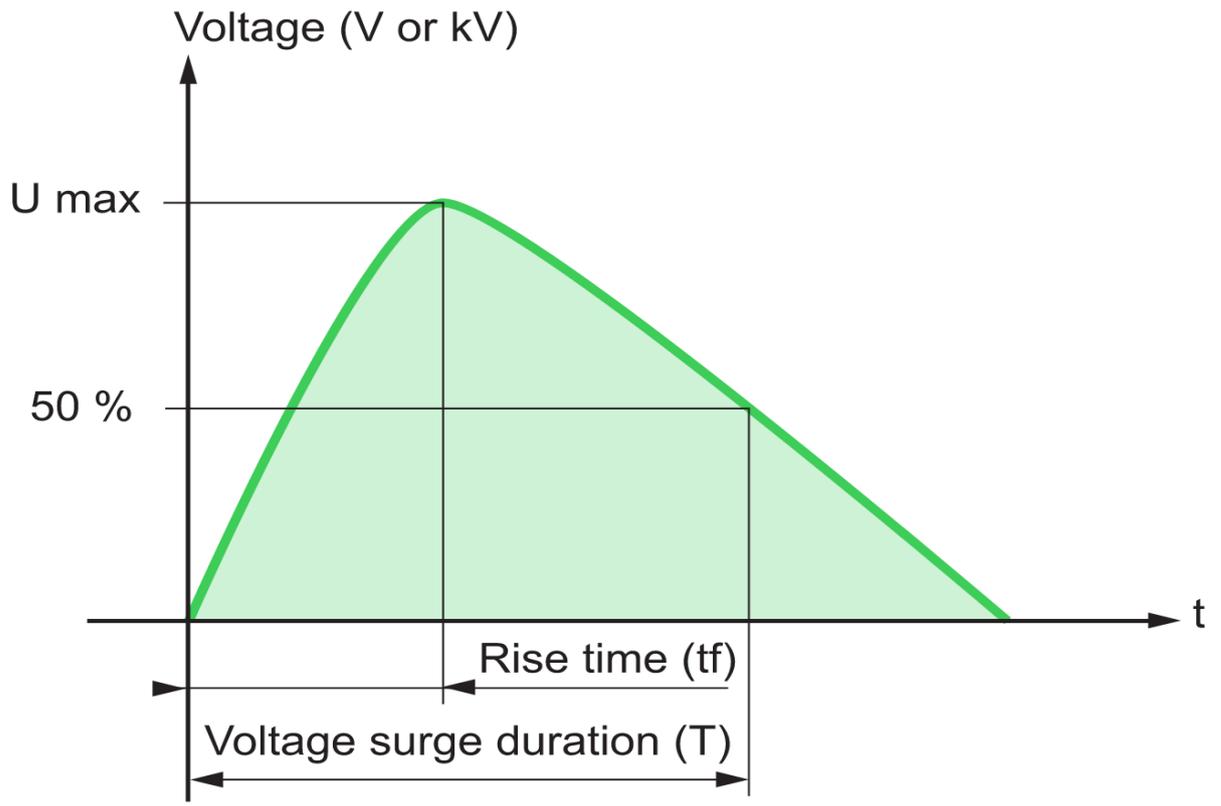


Figure 0-9: Caractéristiques Principales d'une surtension.

Tfront (90%) = 1 a 10 μ s

Tfront (90%) = 10 a 100 μ s

Tqueue (50%) = 500 a 1000 μ s

Tqueue (50%) = 40 a 200 μ s

Figure 0-10 : la foudre.

3.9.2. Défaut terre :

Un défaut à la terre est un court-circuit entre un ou plusieurs conducteurs et la terre ou un élément conducteur mis à la terre. Il engendre un courant circulant des conducteurs

en défaut vers la terre, dit courant homopolaire. Il peut être monophasé, biphasé (double défaut à la terre), ou triphasé à la terre.

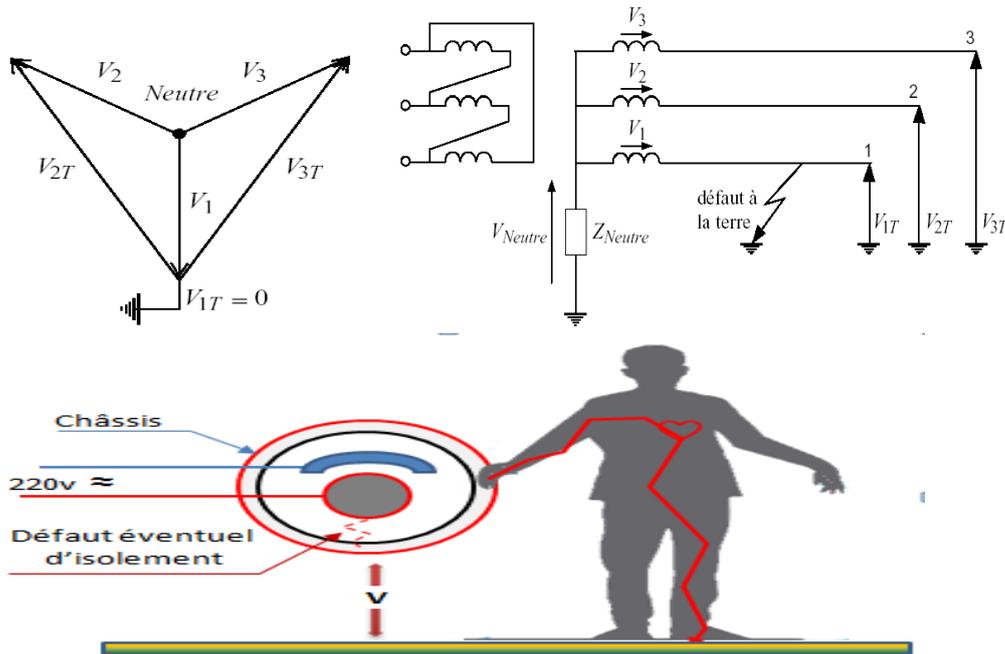


Figure 0-11 Figure Représente un défaut terre.

3.9.3. Les perturbations transitoires :

Les perturbations transitoires divisées en deux catégories :

Perturbation Impulsive	Perturbation Oscillatoire

3.10. Déséquilibre :

Un système triphasé est déséquilibré lorsque les trois tensions ne sont pas égales en amplitude et/ou ne sont pas déphasées les unes par rapport aux autres.

Les causes susceptibles de produire un déséquilibre de tension sont:

- Courant de court circuit.
- Rupture de phases.

3.11. Les surcharges :

Le courant de surcharge est une surintensité de nature progressive qui produit dans un circuit sain suite à une augmentation de la charge.

Les causes susceptibles de produire un courant de surcharge sont :

- Appareil utilisé au de-là de sa puissance nominale.
- Démarrage d'un moteur.
- Mauvais fonctionnement.

3.12. Court-circuit :

3.12.1. Définition :

Le court-circuit est un phénomène électrique qui se produit lorsqu'il y a une connexion directe entre deux points d'un circuit électrique.

3.12.2. Types de courts-circuits :

Court-circuit monophasé à la terre :

Il correspond à un défaut entre phase et terre et est le plus courant.

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.

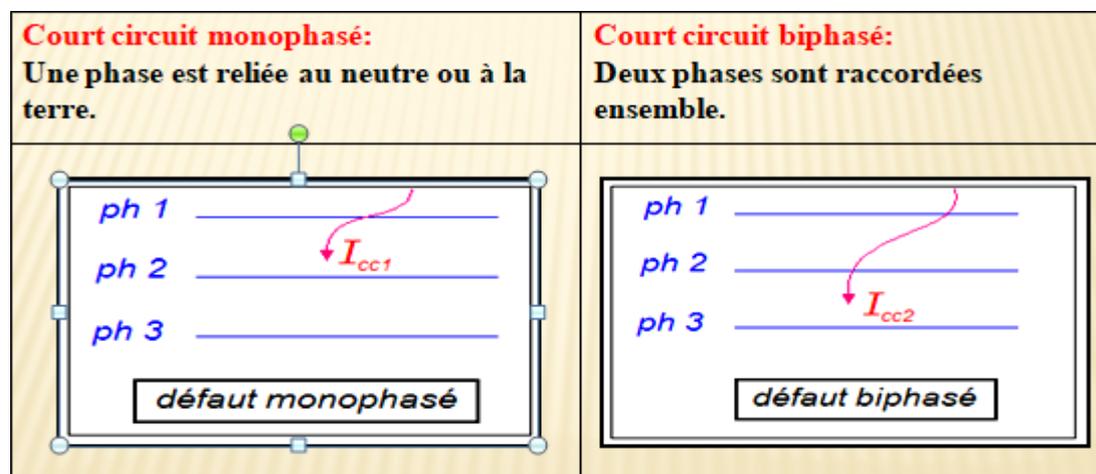
Court-circuit biphasé terre :

Il correspond à un défaut entre deux phases et la terre. Les courts-circuits peuvent provoquer des dégâts économiques importants s'ils ne sont pas éliminés rapidement par les systèmes de protection. Les courts-circuits peuvent être :

Monophasés : 80 % des cas

Biphasés : 15 % des cas. Ces défauts dégénèrent souvent en défauts triphasés,

Triphasés : 5 % seulement dès l'origine.



Court circuit triphasé:

Les trois phases sont réunis ensemble.

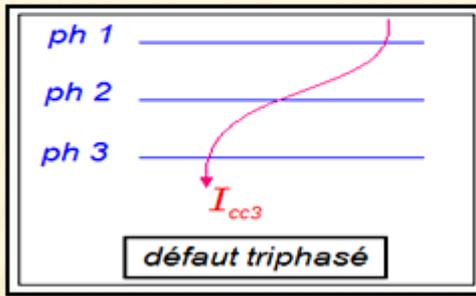


Figure 0-12 : Figure représente les courts-circuits

Les causes susceptibles de produire un courant de court-circuit sont :

- Rupture de conducteur.
- Contact intempestif.
- Fausse manœuvre

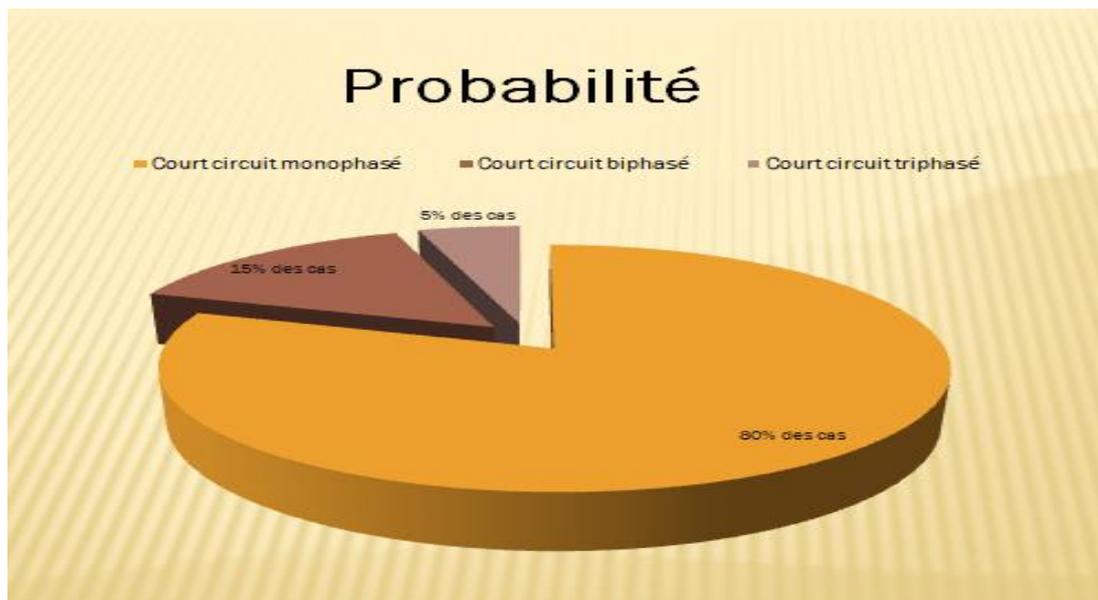


Figure 0-13 Probabilité de court-circuit

3.12.3. Les effets des courts-circuits :

Les courts-circuits peuvent entraîner de graves dommages aux systèmes électriques, allant de la simple panne à l'incendie ou à l'explosion.

Ils peuvent également causer des perturbations dans les réseaux électriques plus larges, entraînant des coupures de courant généralisées et des pannes de service pour les entreprises et les particuliers.

3.12.4. Caractéristique de court-circuit :

Les courts-circuits sont caractérisés par :

- leur forme
- leur durée
- l'intensité du courant

3.12.5. Origine de court-circuit :

Les différents composants des réseaux sont conçus, construits et entretenus de façon à réaliser le meilleur compromis entre coût et risque de défaillance. Ce risque n'est donc pas nul et des incidents ou défauts viennent perturber le fonctionnement des installations électriques

- **Les lignes aériennes** : sont soumises aux perturbations atmosphériques (foudre, tempêtes, etc.), Les régions montagneuses par exemple sont beaucoup plus exposées que d'autre à la foudre.
- **Les câbles souterrains** : sont exposés aux agressions extérieures (d'engins mécaniques de terrassement par exemple) qui entraînent systématiquement des courts-circuits permanents.
- **Les matériels de réseaux et des postes électriques** : comportent des isolants (solides, liquides Ou gaz) constitués d'assemblages plus ou moins complexes placés entre parties sous tension et masse.

Les isolants subissent des dégradations conduisant à des défauts d'isollements.

3.12.5.1. Nature des Courts-Circuits :

- **Court- circuits fugitifs** : Les courts-circuits fugitifs nécessitent une coupure très brève du réseau d'alimentation (de l'ordre de quelques dixièmes de seconde)
- **Courts-circuits permanents** : Ces courts-circuits provoquent un déclenchement définitif qui nécessite l'intervention du personnel d'exploitation pour la localisation du défaut et remise en service de la partie saine.
- **Courts-circuits auto-extincteurs** : c'est ceux qui disparaissent spontanément en des temps très courts sans provoquer de discontinuités dans la fourniture d'énergie électrique.
- **Court -circuit semi permanents** : Ces courts-circuits exigent pour disparaître une ou plusieurs coupures relativement longues du réseau d'alimentation (de l'ordre de quelques dizaines de secondes) sans nécessité d'intervention du personnel d'exploitation.

-Les causes susceptibles de produire un courant de court-circuit sont :

- Surintensité
- Rupture de conducteurs
- Coup de foudre
- Contact intempestif
- Claquage d'isolant
- Fausse manœuvre

Les Conséquences engendrées par un courant de court-circuit sont :

Surintensité

Chute de tension

Déséquilibre

Echauffement

Chute de fréquence

Perte de synchronisme

3.13. Conclusion :

Dans ce chapitre on a étudié les différents types des défauts (Surcharges, surtensions,)

L'analyse des défauts est une méthode très importante pour diagnostique rapidement

Les problèmes électriques et éviter les perturbations Couteuses ainsi permet le choix d'appareil de protection des différentes installations qui sera l'intérêt de prochain chapitre.

Chapitre 04 :

- **Chapitre 04:**

Partie 1 : Différents types de protection électriques



4.1. Introduction :

Les systèmes de protection des réseaux électriques sont essentiels pour garantir la sécurité et la fiabilité du réseau électrique. Ils sont conçus pour détecter et isoler les défauts dans le réseau avant qu'ils ne causent des dommages aux équipements ou ne mettent en danger les personnes. Le système de protection doit être Il est également aussi fiable, rapide et économique que possible.

Dans ce chapitre, nous allons explorer certains des concepts fondamentaux dans les systèmes de protection des réseaux électriques élément du système de protection qui existe dans le post sud a SIDER EL HADJAR , la protection différentielle .

4.2. Concepts fondamentaux dans les systèmes de protection des réseaux électriques [7]:

Les réseaux électriques ne sont pas à l'abri des défauts électriques qui ayant différentes natures et différentes conséquences, et qui sont dus à plusieurs paramètres. En effet, le système de protection électrique est un système compliqué, donc on ne peut pas concevoir un seul appareil pour protéger tout le système. En revanche, on peut partager le réseau à protéger par des zones, appelés zones de protection.

Pour un fonctionnement fiable et sûr du réseau électrique, des protections sont nécessaires aux différents niveaux :

- Protection des générateurs contre les défauts électriques (surtensions, pertes d'excitations, Échauffements) et mécanique (vibrations, distorsions du rotor)
- Protection des jeux de barres contre les défauts à la terre et les surintensités :
- Protection des transformateurs contre les surcharges, les courts-circuits et les défauts à la terre.
- Protection des lignes contre les déséquilibres et les courts-circuits entres phases et à la terre.
- Protection des condensateurs contre les surcharges, les courts-circuits, les défauts à la terre et les surtensions.[8]

4.3. Qualités principales d'un système de protection :

En règle générale pour protéger une installation il faut :

- Surveiller le fonctionnement.
- Détecter un état de dysfonctionnement.

Pour un bon fonctionnement de la protection, il doit présenter les qualités suivantes:

4.3.1. La disponibilité :

Prête à tout évènement

4.3.2. La Rapidité :

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

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

4.3.3. La Sélectivité :

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

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

4.3.4. La Sensibilité:

La protection doit fonctionner dans un domaine très étendu de courants de court-circuit entre:

- Le courant maximal qui est fixé par le dimensionnement des installations et est donc parfaitement connu, Un courant minimal dont la valeur est très difficile à apprécier et qui correspond à un court-circuit se produisant dans des conditions souvent exceptionnelles. La notion de sensibilité d'une protection est fréquemment utilisée en référence au courant de court-circuit le plus faible pour lequel la protection est capable de fonctionner.

4.4. La protection du poste :

Le poste sud que nous avons étudié est constitué essentiellement des :

4.4.1. Les Transformateurs de Puissances: [9] [10]

Les transformateurs [Figure 4.1] ont pour rôle de modifier la tension ou (l'intensité) d'un courant alternatif sans nécessiter d'organe en mouvement, d'où leur nom de «

transformateur statique ». Ces appareils sont réversibles et permettent soit l'élévation soit l'abaissement de la tension, d'où possibilité de choisir indépendamment l'une de l'autre, la meilleure tension pour la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique et de passer facilement de l'une à l'autre.

Dans le poste qui on a étudié une configuration en redondance a été mise en place pour assurer la continuité de l'alimentation, ainsi lorsque l'un des transformateur fonctionne l'autre est mis à l'arrêt assurant une alternance et une disponibilité optimale de l'alimentation électrique dans le poste



Figure 0-1 transformateur de puissance

4.4.2. Les Sectionneurs:

Dans le poste électrique, il est toujours souhaitable de déconnecter une partie du système pour l'entretien général et certaines réparations ; ceci est accompli par un sectionneur. Le sectionneur est à l'origine un commutateur à couteau (figure I.8), est conçu pour ouvrir souvent un circuit sans charge. Les sectionneurs fonctionnent uniquement lorsque la ligne ou la barre à laquelle ils sont connectés ne porte aucune charge.



Figure 0-2 sectionneurs

4.4.3. Le disjoncteur :

Est un dispositif mécanique de coupure capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles du court-circuit.

Types de construction:

- -disjoncteurs à huile,
- à air, à SF6, à vide



Figure 0-3 un disjoncteur

4.5. Protection contre les surtensions externes :

4.5.1. Isolateur :

Les isolateurs assurent l'isolement électrique entre les câbles conducteurs et les supports. Ils sont utilisés en chaîne, dont la longueur augmente avec le niveau de tension : il faut compter environ 6 isolateurs en 63 kV, 9 en 90 kV, 12 en 225 kV et 19 en très haute tension de 400 kV.

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, de la neige ou du givre (figure).

Le choix d'isolateur :

- En fonction de service de la ligne
- en fonction des efforts mécaniques auxquels ils sont soumis (poids des conducteurs et du givre, action du vent, tension mécanique des conducteurs éventuellement)
- en ce qui concerne leur nature (rigides ou suspendus), en fonction du prix de revient de la ligne et de son importance
- en fonction de la pollution du site

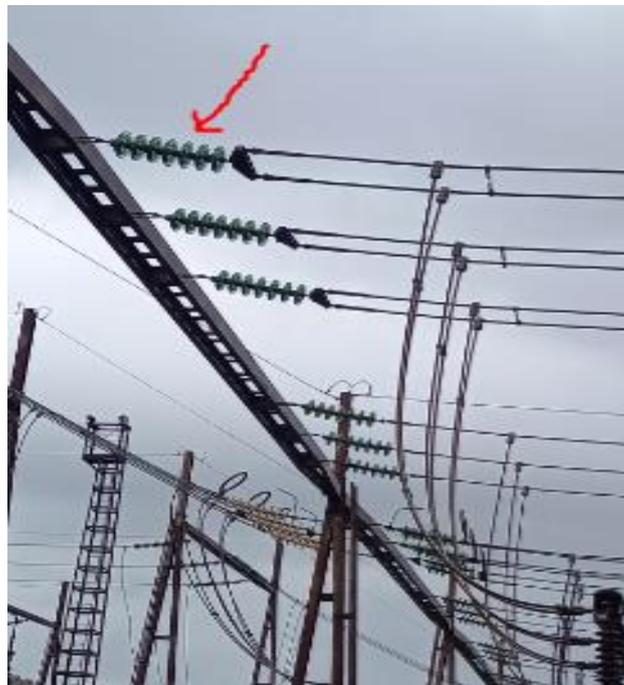


Figure 0-4 Isolateur

4.5.2. Fils de garde :

Le fil tendu ou bien de garde, est constitué d'un ou plusieurs conducteurs d'un diamètre inférieur ou équivalent au conducteur de phase d'une ligne. Il est situ

parallèlement aux conducteurs de phases à niveau supérieur à ceux-ci et relié à la terre par l'intermédiaire de chaque pylône.

Le câble protecteur (câble de garde), dont le but initial est de protéger les conducteurs de phases d'une ligne ou d'un poste contre les impacts directs de la foudre, joue un certain nombre d'autres rôles parallèles :

-Rôle statique, et dynamique.

a) Rôle statique : Le câble protecteur contribue à la réduction du potentiel statique des conducteurs de phases d'une ligne placés sous nuage orageux. Ceci n'est valable que si les conducteurs de phase sont laissés flottants ce qui en pratique n'est jamais le cas. En effet, les lignes sont alimentées ou mises à la terre pour des raisons de sécurité.

b) Rôle dynamique : Les différents types des rôles dynamique du câble de garde sont

- Protection contre l'impact direct de la foudre (zone d'amorçage sûr sur la phase non suivi le contournement, zone d'impact sur le câble de garde, angle de protection).
- Amortissement des ondes de surtensions de foudre par abaissement de l'impédance caractéristique des conducteurs de phase.
- Blindage contre les surtensions induites par le transport d'énergie électrique en haute tension sur les lignes de télécommunication.

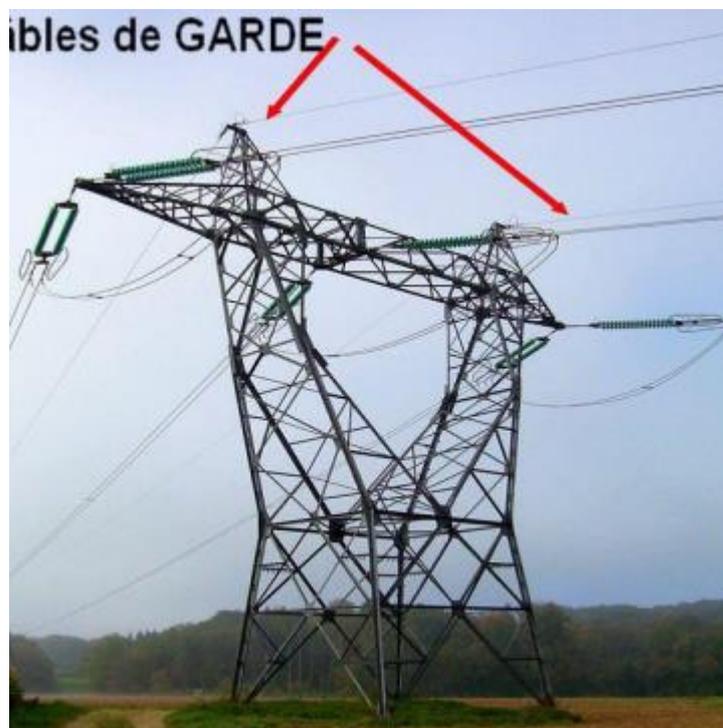


Figure 0-5 câble de garde

4.5.3. Eclateur :

L'éclateur est un dispositif simple constitué de deux électrodes, la première reliée au conducteur à protéger, la deuxième reliée à la terre.

A l'endroit où il est installé dans le réseau, l'éclateur représente un point faible pour l'écoulement des surtensions à la terre et protège ainsi le matériel.

Principe de fonctionnement :

Quand l'onde de tension frappe l'installation, la grande surtension qui apparaît aux bornes de l'éclateur produit un arc électrique qui dévie le courant vers la terre, car le courant choisit le chemin le moins résistant.

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

Réglage de la distance

Tension nominale du réseau en kilovolts	Ecartement des électrodes en millimètres ($2 \times B$)
5,5	2×10
10	2×15
15 - 20	2×20
30	2×60

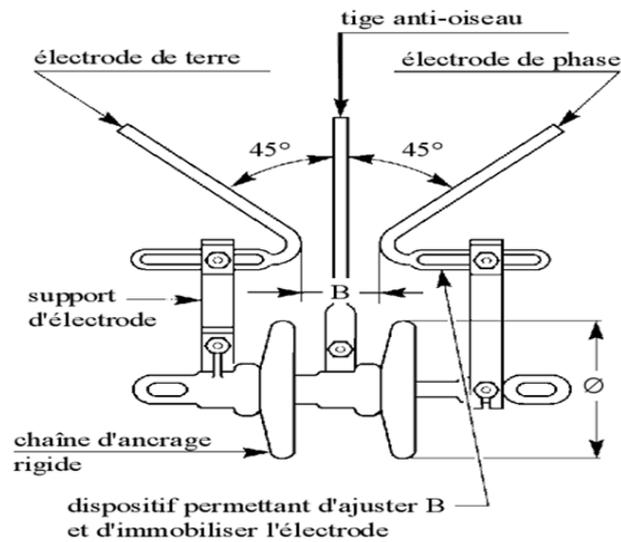
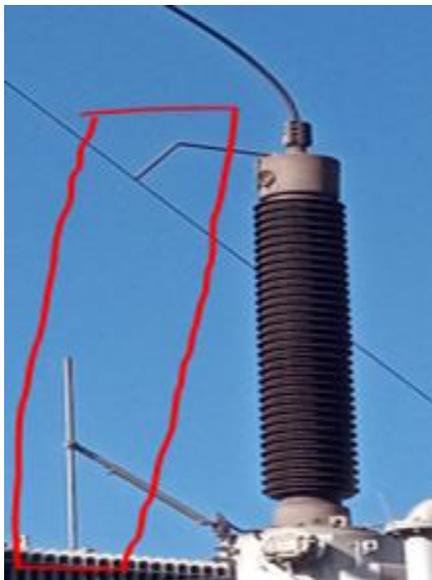


Figure 0-6 éclateur

Avantages

Les principaux avantages des éclateurs sont :

- 1- Leur faible prix.
- 2- Leur simplicité.
- 3- La possibilité de réglage de la tension d'amorçage.
- 4- Très robuste

Inconvénients

- 1- l'amorçage de l'éclateur provoque un court-circuit s'appelle *courant de suite*.
- 2- les caractéristiques d'amorçage de l'éclateur sont très variables (jusqu'à 40 %) en fonction des conditions atmosphériques (température, humidité, pression) qui modifient l'ionisation du milieu diélectrique (l'air) entre les électrodes.
- 4- le niveau d'amorçage dépend de la valeur de la surtension.
- 5- l'amorçage provoqué par une surtension à front raide n'est pas instantané. En raison de ce retard à l'amorçage, la tension réellement atteinte dans le réseau est supérieure au niveau de protection choisi.
- 6- l'amorçage provoque l'apparition d'une onde coupée à front raide susceptible d'endommager les enroulements des transformateurs ou des moteurs situés à proximité.
- 7- Les éclateurs sont sensibles aux agressions extérieures (neige,, animaux, etc.) pour les plus basses tensions où les distances entre les électrodes des éclateurs sont faibles.

Remarque : Les éclateurs n'ont pratiquement aucun pouvoir de coupure. Ils sont destinés en dernier ressort à écrêter les surtensions dans le cas où les autres systèmes n'auraient pas fonctionné. On préfère donc l'usage des parafoudres pour assurer une bonne coordination de l'isolement, avec plus de sécurité.

4.5.4. Les parafoudres :

Les parafoudres sont des appareils de protection qui protègent l'isolement des équipements de haute et moyenne tension contre les sollicitations dues à des surtensions inacceptables. Ces surtensions peuvent être provoquées par des décharges de foudre ou des manœuvres de couplage dans les installations. Le parafoudre assure la protection contre les surtensions, en réduisant leur amplitude, par écoulement de courant à la terre. Dès que l'on veut réduire l'isolement des matériels ou améliorer la qualité de service, Il est nécessaire d'utiliser des parafoudres. Ces dispositifs présentent de meilleures caractéristiques de protection par rapport aux éclateurs, moyennant toutefois un prix élevé. Grâce à leur pouvoir élevé d'absorption d'énergie et leur grande rigidité mécanique, les parafoudres se prêtent particulièrement bien à la protection contre les surtensions des transformateurs, des câbles, des moteurs et des autres appareils et installations à haute et moyenne tension. Il existe aujourd'hui sur le marché des parafoudres :

- -au carbure de silicium et éclateurs (SIC),
- à oxyde de zinc depuis les années 70,
- à oxyde de zinc et enveloppe synthétique depuis les années 80.



Figure 0-7 parafoudre oxyde zinc

4.6. Protection contre les surtensions internes :

La protection interne utilise des dispositifs de protection intégrés aux équipements :

4.6.1. Transformateur de courant :

Un transformateur de courant est un transformateur de mesure dans lequel Le courant secondaire est, dans des conditions normales d'utilisation, pratiquement Proportionnel au courant primaire, déphasé d'un angle pour l'orientation correcte de la connexion, il est approximativement égal à zéro.

La fonction de ces transformateurs :

L'utilisation de transformateurs de courant peut réduire la des milliers d'ampères en sortie standard 5A ou 1A. Au cours de cette période Par défaut, les niveaux de courant des transformateurs sont augmentés, ce qui rend leur sélection essentiel au bon fonctionnement du relais. Avec une image de cette intensité, le relais a à son tour élaboré une commande se déclenche en fonction du type de protection et de la valeur qu'il offre Il a été préréglé (seuil, temporisation). La commande est envoyée à un ou Plusieurs dispositifs de déconnexion (disjoncteurs, contacteurs, interrupteurs). selon Le type de protection à assurer en corrélant et en utilisant les TC selon le schéma Ils peuvent être isolés ou intégrés dans des disjoncteurs.



Figure 0-8 Transformateur de courant.

4.6.1.1. Transformateur de Tension :

Un transformateur de tension ou potentiel est un transformateur de mesure dans lequel, dans des conditions normales, la tension secondaire est utilisée, est en fait proportionnel à la tension primaire et au déphasage L'angle par rapport à celui-ci est proche de zéro, pour l'orientation appropriée connecter. Nous utilisons également le terme transformateur de potentiel (PT).il s'agit de Donc un appareil de mesure des hautes tensions.il sert à faire adaptation entre les hautes tensions du réseau HTA ou HTB (jusqu'à centaines de kV) et appareils de mesure (voltmètre ou wattmètre par exemple) ou des relais de protection, qui sont conçus pour mesurer Des tensions de l'ordre d'une centaine de volts.



Figure 0-9 Transformateur de tension.

4.6.1.2. Relais:

Un relais est un dispositif à action mécanique ou électrique qui provoque fonctionnement de systèmes qui isolent des zones du réseau en défaut ou activer un signal en cas de panne ou de condition de fonctionnement anormale.

Il existe essentiellement trois classes de relais :

- Relais électromécaniques
- Relais statique (existe dans le poste sud)
- Relais numérique

4.6.2. Mise à la terre :

La mise à la terre consiste à relier à une prise de terre via un fil conducteur toutes les masses métalliques qui risquent d'être mises en contact avec le courant électrique par suite d'un défaut d'isolement d'un appareil .La terre peut être considérée comme un milieu conducteur. Sa résistance dépend de la nature du milieu (terre argileuse, roche granitique, etc...).

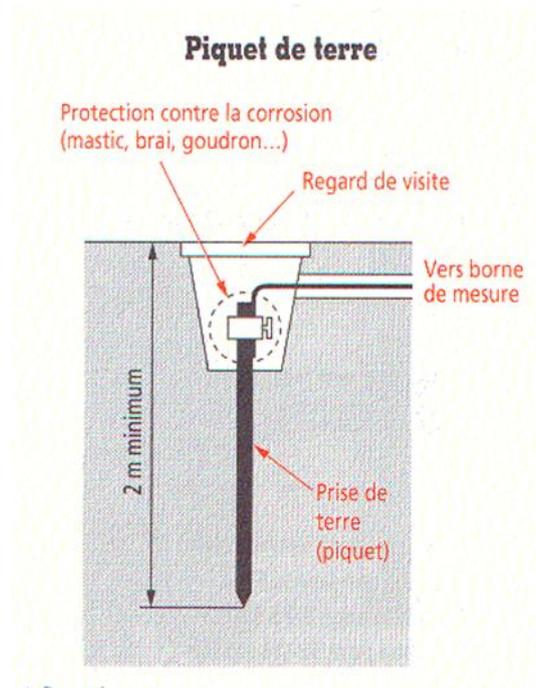


Figure 0-10 : piquet de terre

4.7. Les dispositifs différentiels résiduels (DDR) :

Le disjoncteur différentiel à courant résiduel est utilisé, en particulier, chez chaque abonné. Il a pour rôle d'assurer :

- La protection des circuits contre les surintensités dues aux surcharges ou aux courts circuits ;
- La protection des personnes contre les contacts indirects (fuites de courant à la terre).

Toute installation alimentée par un réseau doit être protégée par un dispositif différentiel résiduel placé à l'origine de l'installation. on utilise des appareils différentiels à moyenne ou haute sensibilité. Cela permet une sélectivité de la protection, car en cas de défaut, seul le circuit en défaut sera coupé.

On distingue toutefois, différents types de différentiel.

- Le disjoncteur différentiel (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).
Protection des personnes et des matériels.
- Le relais différentiel (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Il réalise la surveillance du circuit, il est réglable, il est associé à un dispositif de coupure (interrupteur ou disjoncteur).
- La mesure du courant de fuite à la terre peut être réalisée par un tore séparé (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).
- L'interrupteur différentiel (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), réalisant une surveillance du circuit et ne coupant celui-ci qu'en cas de courant de fuite à la terre.



Figure 0-11: différents types de DDR

4.7.1. Principe de fonctionnement

Le dispositif différentiel comporte un circuit magnétique en forme de tore sur lequel sont bobinés le ou les circuits des phases et du neutre.

En l'absence de fuite ou de courant résiduel de défaut, les flux produits par les bobines s'annulent, il ne se passe rien.

Si un défaut survient, le courant résiduel de défaut produit un déséquilibre des flux dans les bobines et un flux magnétique dans le tore apparaît.

La bobine de mesure est le siège d'une force électromotrice (f.e.m) qui alimente un petit électro-aimant provoquant le déverrouillage du disjoncteur.

4.7.2. Choix.

Le choix d'un dispositif de protection différentiel, s'effectue en fonction des paramètres suivants :

- fonction assurée (interrupteur, disjoncteur)
- intensité nominale du circuit à protéger
- tension du réseau et nombre de phase
- tension limite de sécurité : environnement :- émergé 12v, humide : 25v ou sec: 50V
- valeur de la résistance de terre des masses métalliques

A l'aide de ces deux dernières valeurs, on peut calculer la sensibilité du dispositif différentiel

Résiduel (DDR), avec la relation :

$$I\Delta n = U_L / R_a$$

$I\Delta n$: sensibilité du DDR en Ma

U_L : tension limite de sécurité en volts

R_a : résistance de la prise de terre des masses en ohms

Disposition schématique

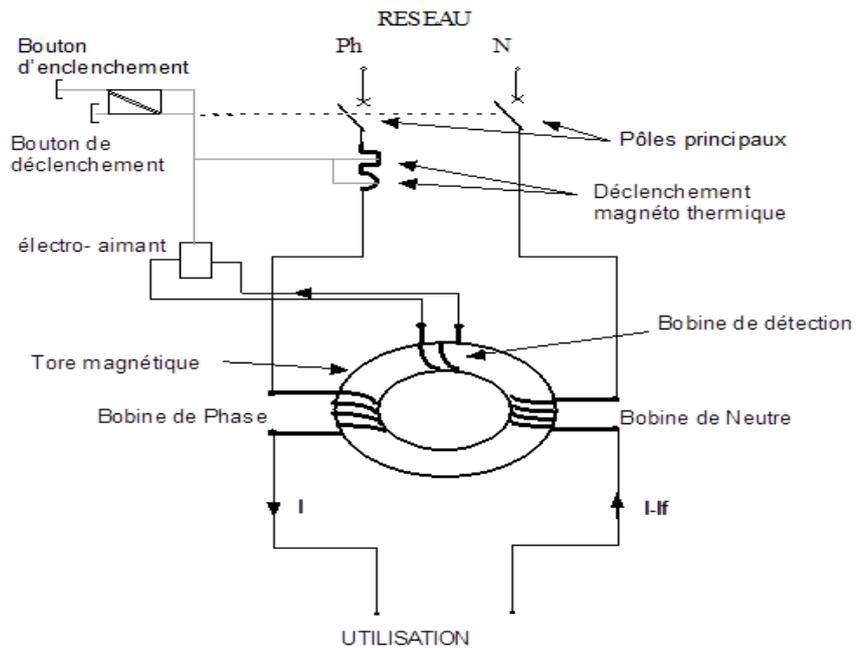


Figure 0-12 : disposition schématique

Le système est analogue en triphasé mais comprend quatre bobines sur le tore (3 phases + neutre).

Emplacement.

Le disjoncteur différentiel est placé soit :

- à l'origine de l'installation,
- à l'origine du circuit à protéger,

Principe de la génération de tension de défaut

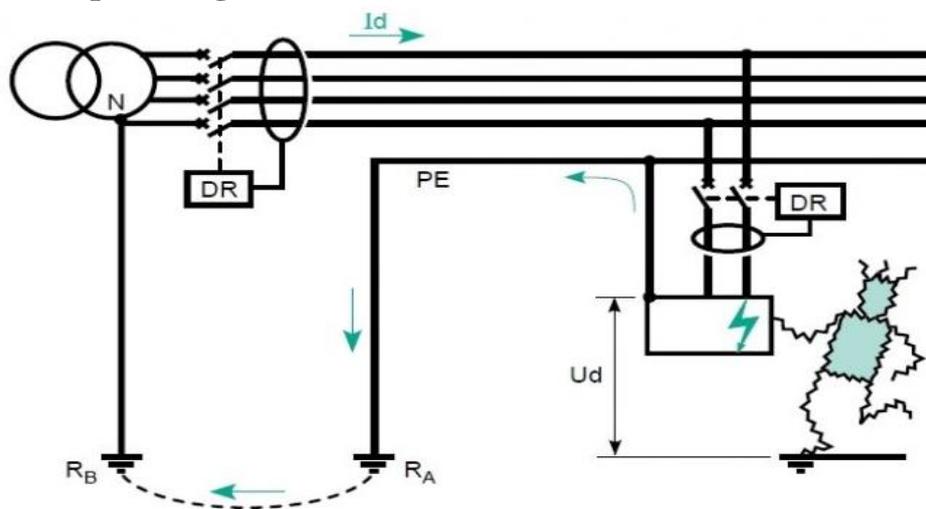


Figure 0-13 : tension de défaut terre

4.8. DDR et schémas de liaisons à la terre (régime de neutre) :

Les dispositifs différentiels résiduels (DDR) sont employés dans les installations électriques domestiques, commerciales et industrielles. Leur usage dépend des normes et principalement de la NF C 15-100. Cette dernière officialise notamment 3 principaux schémas de raccordement du réseau électrique à la terre.

4.8.1. Les différents schémas de liaison à la terre (SLT) :

En électricité, un schéma de liaison à la terre (anciennement "régime de neutre"), ou SLT définit le mode de raccordement à la terre du point neutre d'un transformateur de distribution et des masses côté utilisateur.

Les schémas de liaison à la terre ont pour but de protéger les personnes et le matériel en maîtrisant les défauts d'isolement. En effet, pour des raisons de sécurité, toute partie conductrice d'une installation est isolée par rapport aux masses. Cet isolement peut se faire par éloignement, ou par l'utilisation de matériaux isolants. Mais avec le temps, l'isolation peut se détériorer (à cause des vibrations, des chocs mécaniques, de la poussière, etc.), et donc mettre une masse (la carcasse métallique d'une machine par exemple) sous un potentiel dangereux.

Ce défaut présente des risques pour les personnes, les biens mais aussi la continuité de service.

• **Selon la norme CEI-60364, un schéma de liaison à la terre se caractérise par deux lettres, dont :**

- La première indique le raccordement du point neutre du transformateur de distribution HT/BT et qui peut être :
 - **I pour isolé par rapport à la terre.**
 - **T pour raccordé à la terre**
- La seconde indique la façon de connecter les masses utilisateurs. Elle peut être :
 - **T pour raccordées à la terre ;**
 - **N pour raccordées au neutre, lequel doit être raccordé à la terre.**

Le neutre est le point central où sont reliées les 3 bobines du secondaire du transformateur

La terre est la masse conductrice de la terre, dont le potentiel électrique en chaque point est considéré comme égal à zéro.

Une masse est la partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée par une personne, qui n'est normalement pas sous tension, mais qui peut le devenir en cas de défaut d'isolement des parties actives de ce matériel.

	Situation de neutre	Situation des masses
Régime TT	Neutre relié à la terre	Masses reliées à la terre

Régime TN	Neutre relié à la terre	Masses reliés au Neutre
Régime IT	Neutre Isolé de la terre	Masses reliées à la terre

Tableau 3 signification des lettres

4.9. Schéma TT :

La norme NF C 15-100 impose la mise en œuvre d'un DDR associé à la mise à la terre des masses (à retenir : les parties métalliques des appareils de classe II ne sont pas considérées comme des masses).

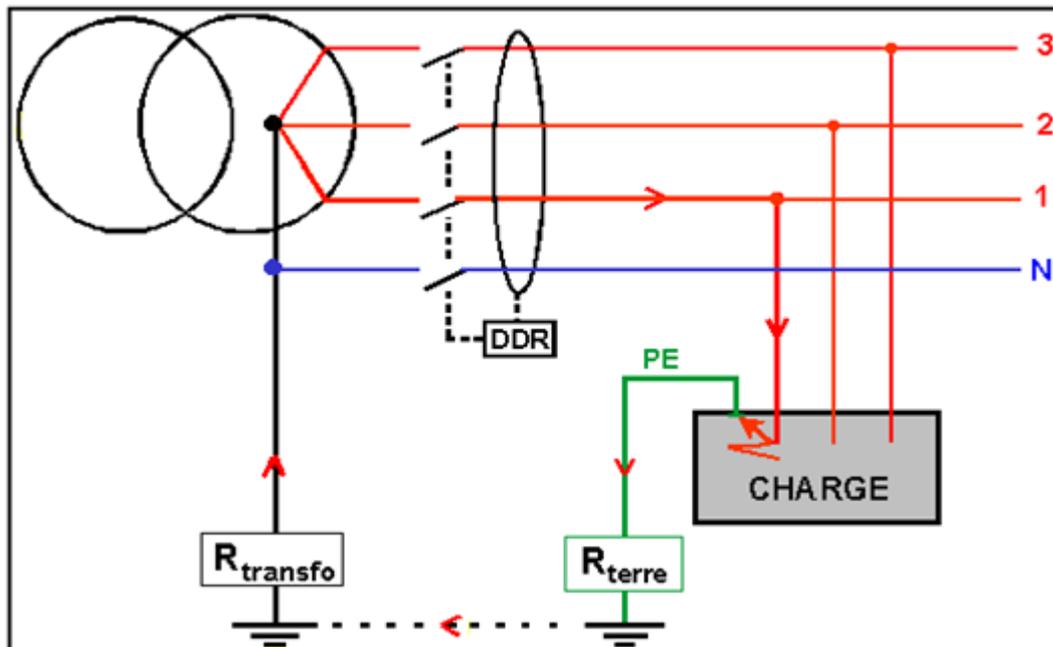


Figure 0-14 : schéma de TT

Le TT est Obligatoire pour toutes les installations des particuliers

l'emploi d'un DDR (Dispositif Différentiel Résiduel) est obligatoire en tête d'installation pour assurer la protection des personnes.

Coupe du 1er défaut, par le DDR, dès que :

$$U_L = 50V \text{ (milieu sec)}$$

$$U_L = 25V \text{ (milieu humide)}$$

$$I_{\text{défaut}} = \frac{U_L}{R_{\text{Terre}} + R_{\text{transformateur}}}$$

Valeur maximale de la prise de terre en fonction du courant assigné du DDR

COURANT DIFFÉRENTIEL-RÉSIDUEL MAXIMAL ASSIGNÉ DU DDR ($I_{\Delta n}$)	VALEUR MAXIMALE DE LA RÉSISTANCE DE LA PRISE DE TERRE DES MASSES (ohms)
<i>Basse sensibilité</i>	20 A 10 A 5 A 3 A
<i>Moyenne sensibilité</i>	1 A 500 mA 300 mA 100 mA
<i>Haute sensibilité</i>	≤ 30 mA > 500

Tableau 4: valeur maximale de la prise de terre en fonction du courant assigné du DDR

4.10. Schéma TN :

Un DDR peut être nécessaire lorsque les conditions de coupure par les dispositifs de protection contre les court-circuit ne sont pas satisfaites pour un circuit ou un groupe de circuit et si les liaisons équipotentielle supplémentaires ne sont pas réalisées. Il peut en être ainsi pour des circuits de grande longueur et de faible section.

Dans les installations réalisées selon le schéma TN, un dispositif différentiel doit protéger les masses de toute partie d'installation située en dehors de la zone d'influence de la liaison équipotentielle principale, c'est-à-dire en pratique, à l'extérieur de la surface du bâtiment lorsque la prise de terre est constituée par une boucle à fond de fouille.

Le conducteur de protection de ces masses est relié à une prise de terre locale ou au conducteur de protection de l'installation en amont du dispositif différentiel.

Le schéma TN peut-être soit TN-C (neutre et PE confondus), soit TN-S (neutre et PE distincts) :

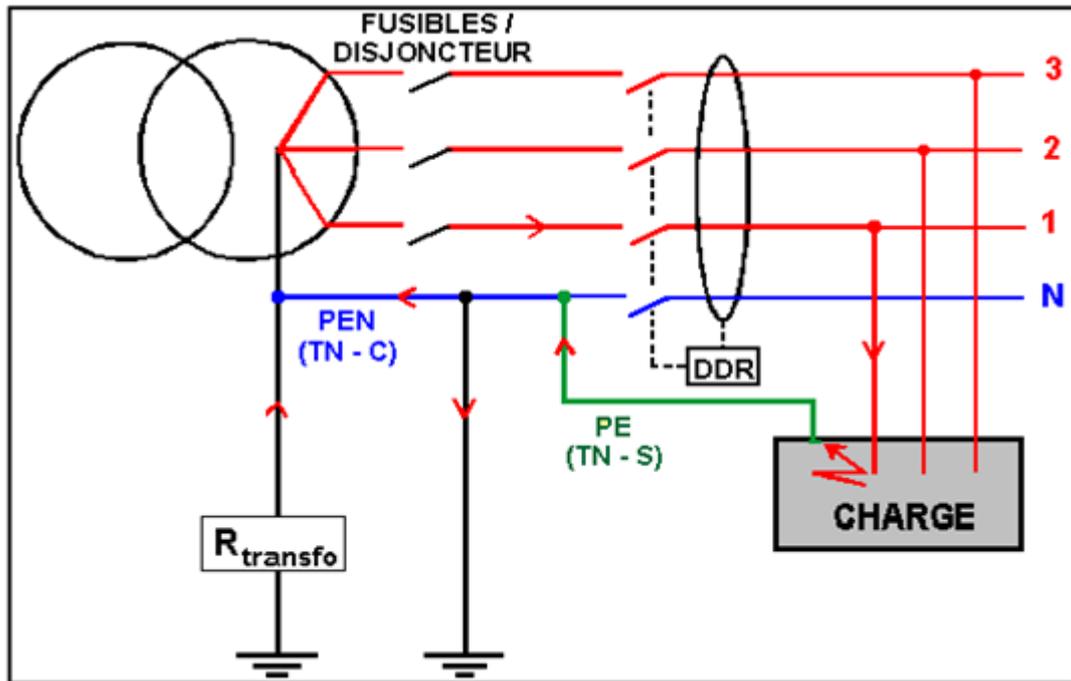


Figure 0-15: schéma de TN

Coupure du 1er défaut, par un dispositif contre les courts-circuits (fusibles ou disjoncteur), Un schéma TN-S en aval permet d'utiliser des DDR.

4.11. Schéma IT :

Pour ce type de schéma, un dispositif différentiel doit protéger tout groupe de masses mis à la terre séparément ou toute masse mise à la terre individuellement.

La caractéristique principale de ce schéma est que le point neutre du transformateur en amont de l'installation est complètement isolé de la terre (il est dit « flottant », grâce à l'isolation galvanique propre au transformateur). Les trois phases et surtout le neutre ne sont pas reliés à la terre, contrairement aux autres schémas. En réalité, le neutre peut être relié à la terre via les capacités parasites des câbles, ou volontairement via une impédance de forte valeur (typiquement 1 500 Ω). Les masses utilisateur sont interconnectées normalement et reliées à la terre

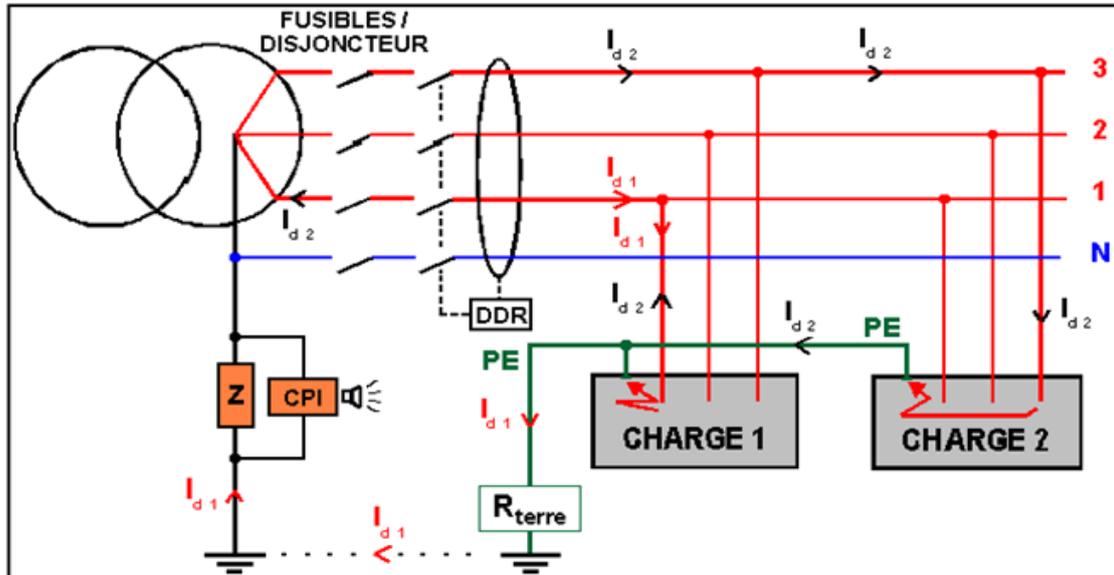


Figure 0-16 : schéma IT

- Le 1er défaut est signalé par le CPI
- Le 2ème défaut est coupé par un dispositif contre les Court-circuit

4.12. Conclusion :

Les techniques de protection sont nombreuses et variées et il convient de bien les connaître avant de faire un choix. C'est ce qui a été évoqué dans ce chapitre utile pour la suite de ce travail. La protection des réseaux électriques nécessite la mise en œuvre de nombreuses et différentes techniques dont l'organisation, ou plan de protection, nécessitent les compétences de spécialistes. En effet, ce travail impose de connaître les règlements et les normes, mais aussi de concilier des aspects technico-économiques qui parfois s'opposent aux premiers. Ces spécialistes doivent satisfaire le besoin de l'exploitant en termes de sécurité et de disponibilité de l'énergie électrique. L'atteinte de cet objectif de sûreté dépend pour une très grande part de la sélectivité entre les dispositifs de protection.

PARTIE 2 :

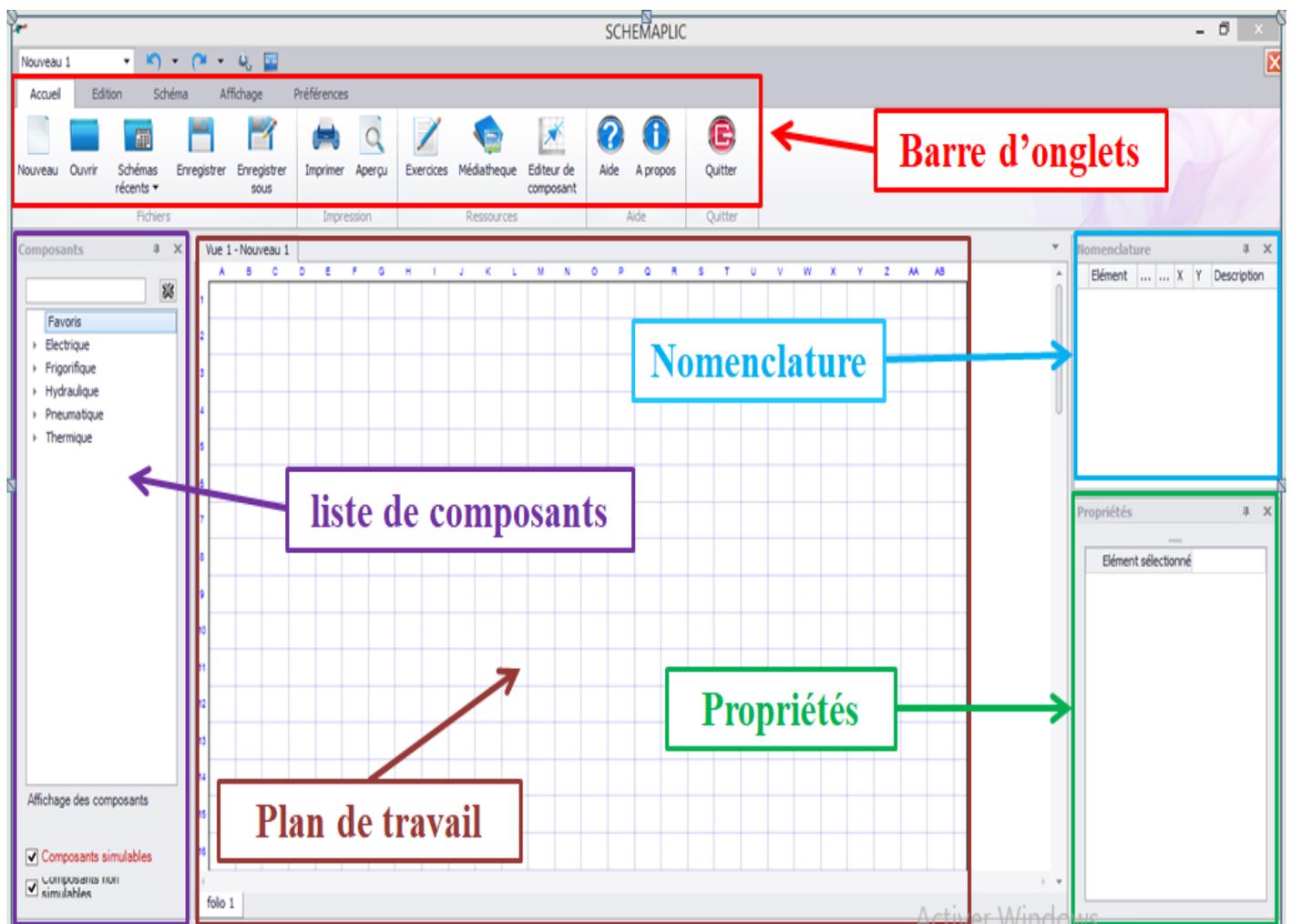
-schemaplic-

Le logiciel SCHEMAPLIC permet d'exploiter 3 niveaux d'utilisation :[13]

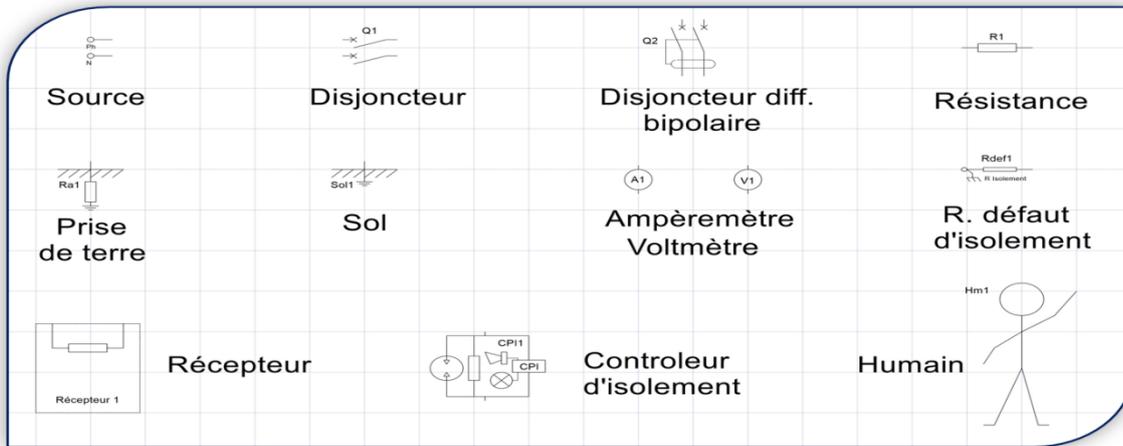
- ✓ **Conception** : pour créer, sauvegarder et imprimer tous types des schémas
- ✓ **Simulation** : pour vérifier le fonctionnement du montage par simple clic sur les organes de commande,
- ✓ **Exercices** : pour appliquer les connaissances à l'aide de nombreux exercices de niveaux différents.

Création d'un premier schéma

1. L'écran de l'éditeur se présente de la manière suivante:

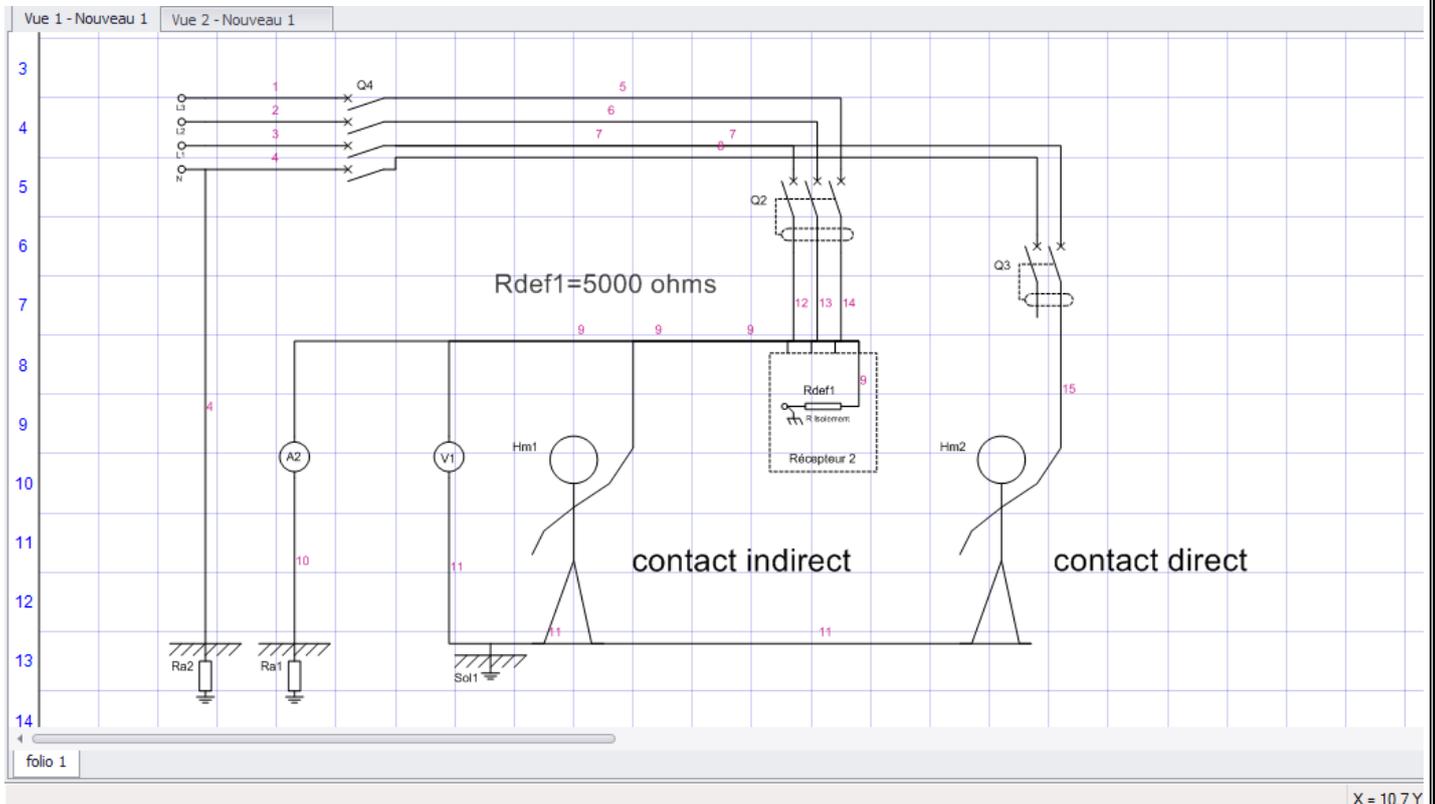


2. liste des composants:



1. Schéma TT

Le **neutre** et la **masse** liées à la terre.



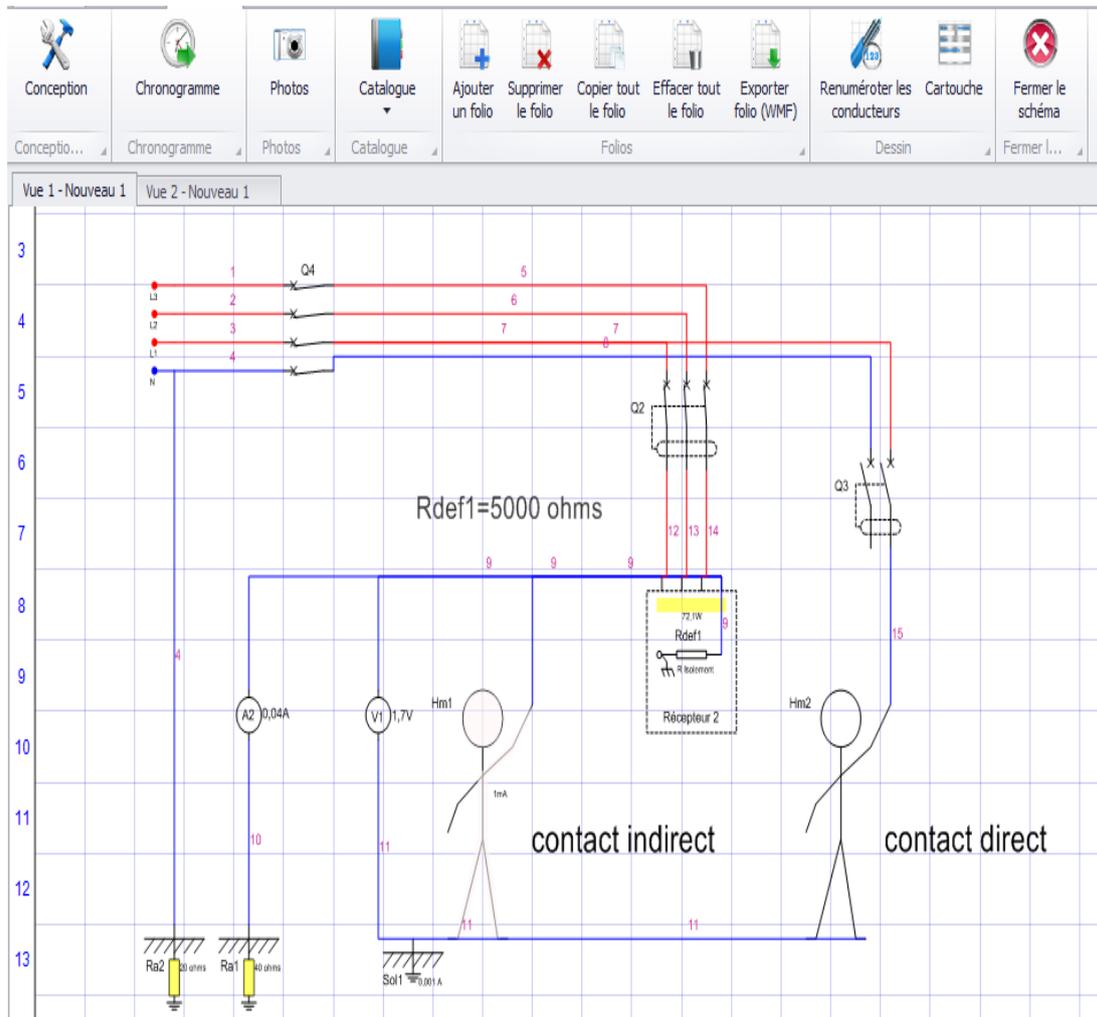
Le schéma de liaison à la terre TT présente l'avantage :

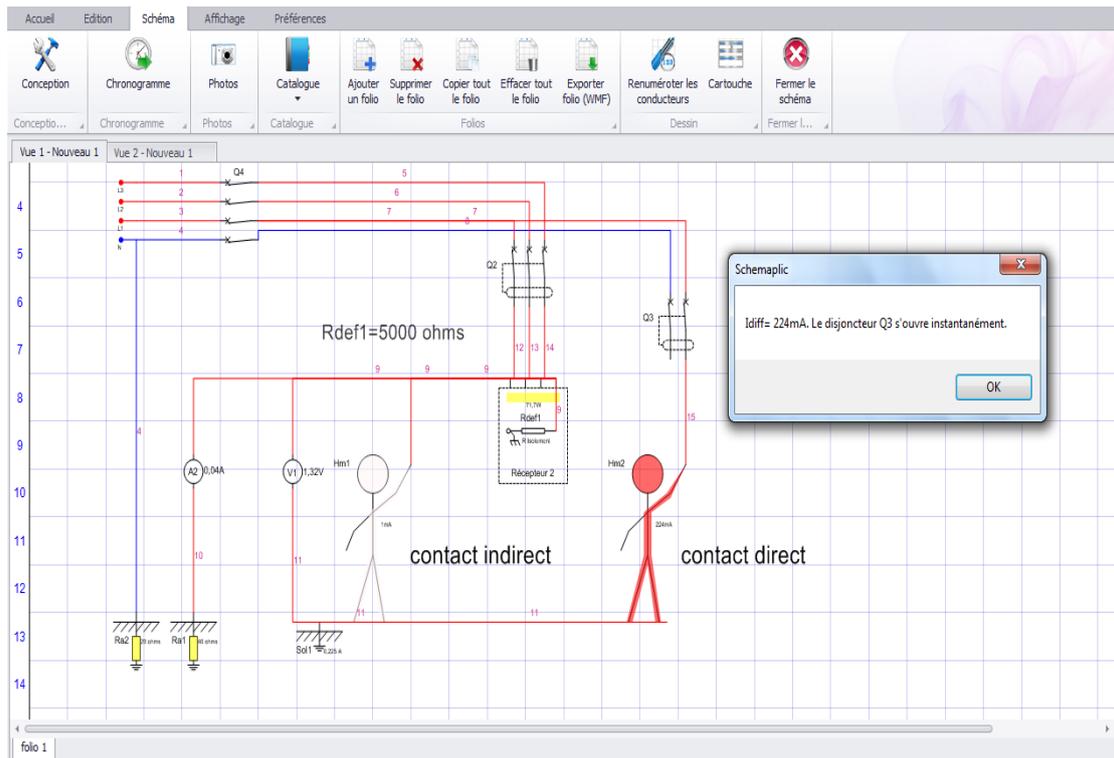
- ✓ d'assurer parfaitement la sécurité des biens et des personnes.

- ✓ de ne pas nécessiter de personnel qualifié pour entretenir les installations.

Par contre :

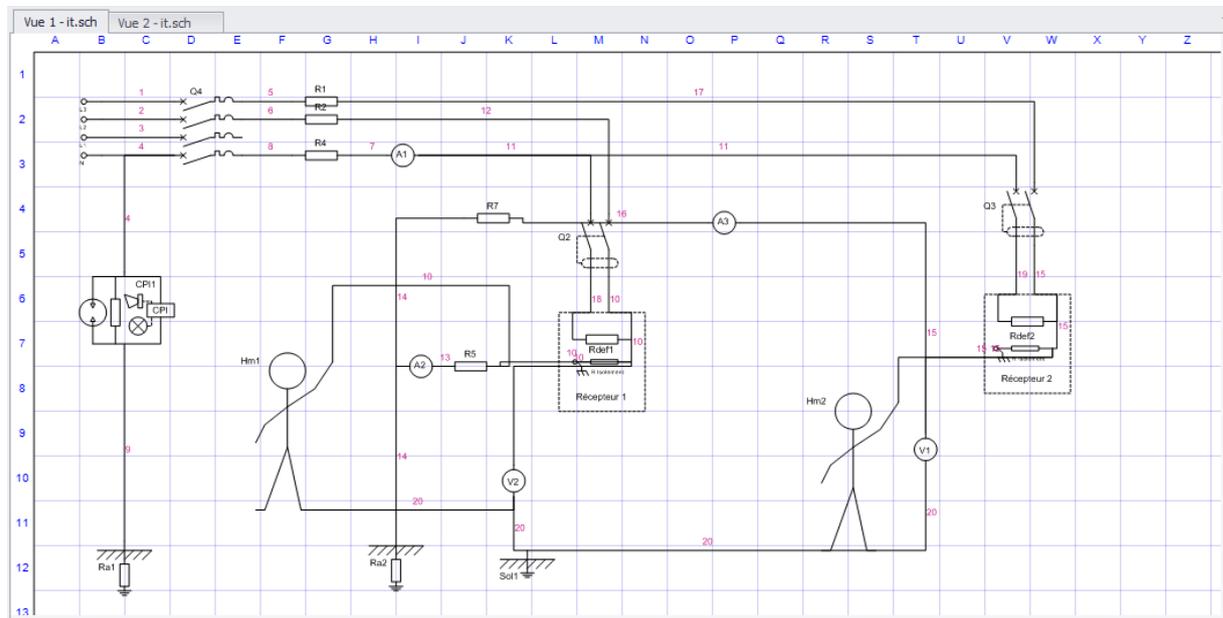
- ❖ Sa mise en œuvre est coûteuse (à cause des disjoncteurs différentiels).
- ❖ Les installations sont coupées dès le premier défaut.

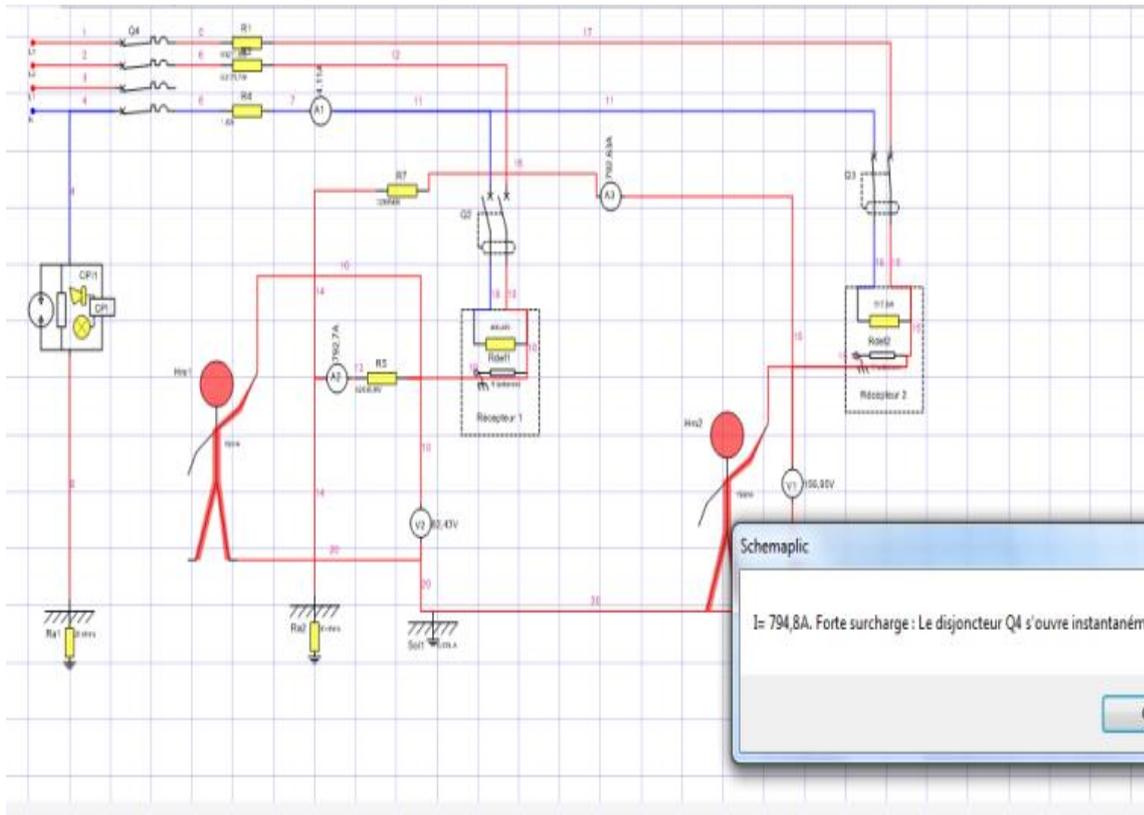
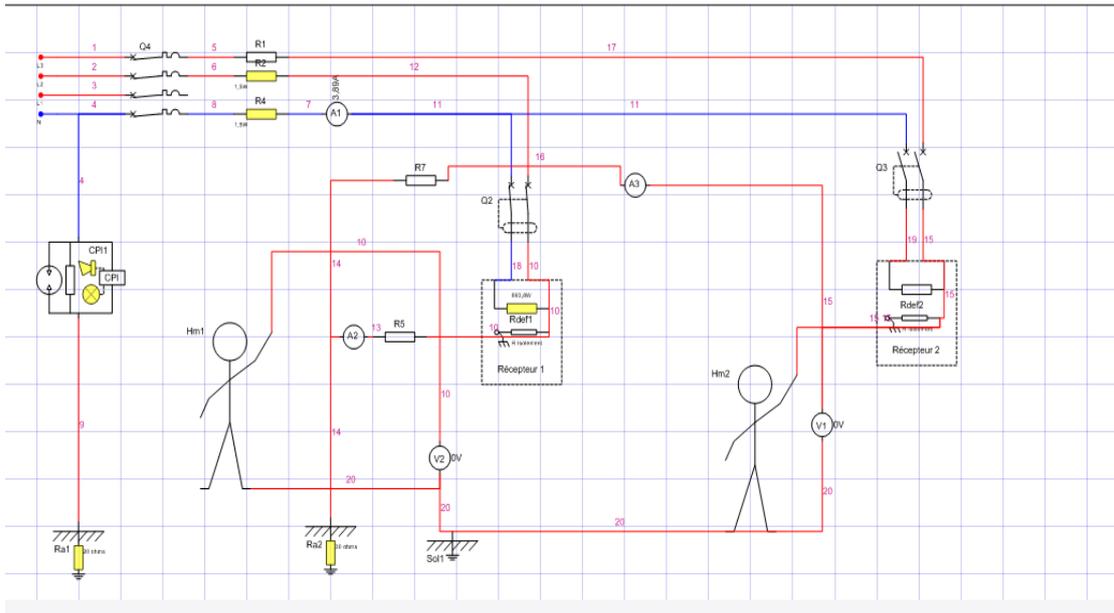


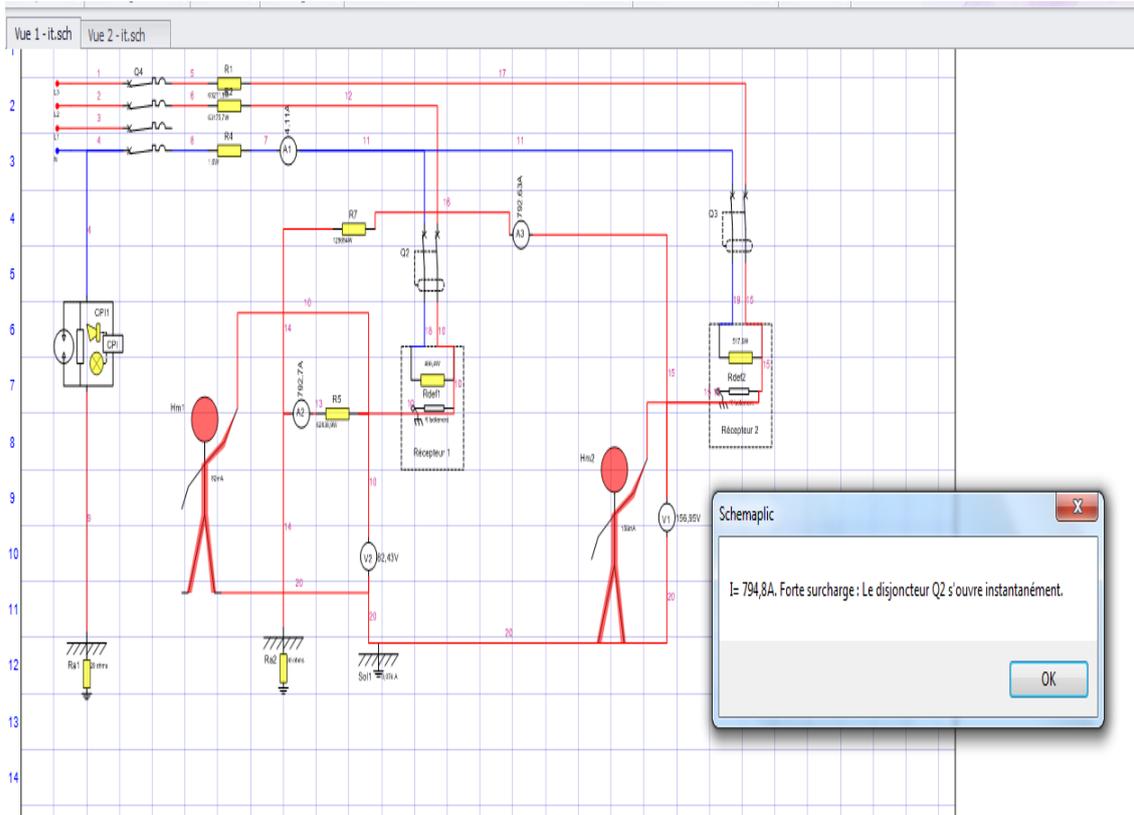
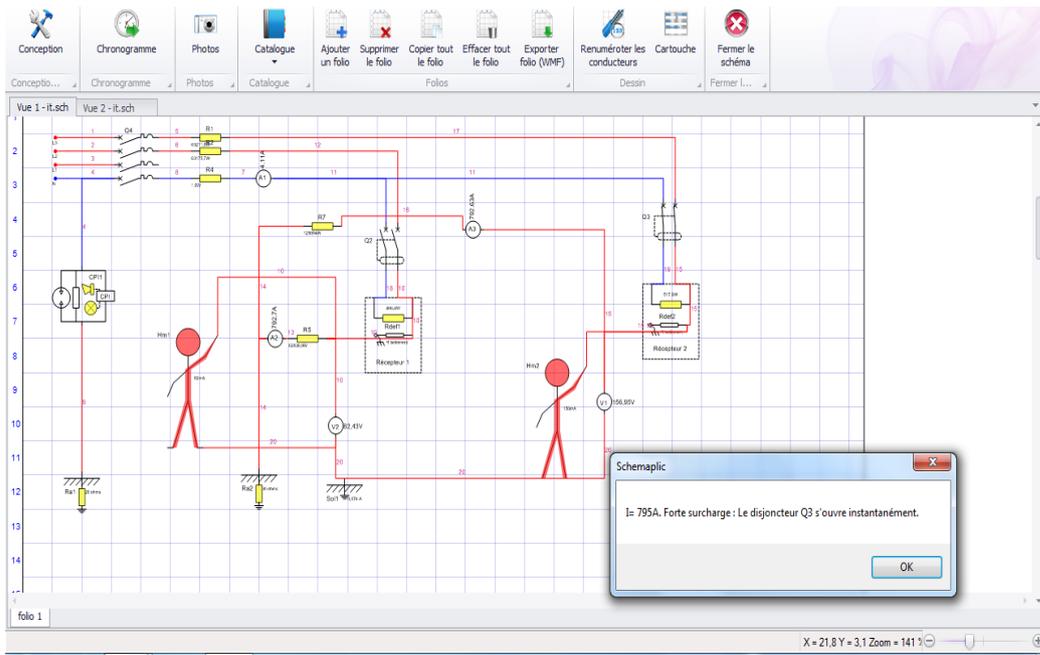


2. Schéma IT :

Le neutre isolé et la masse lié à la terre.







Le schéma de liaison à la terre IT présente l'avantage :

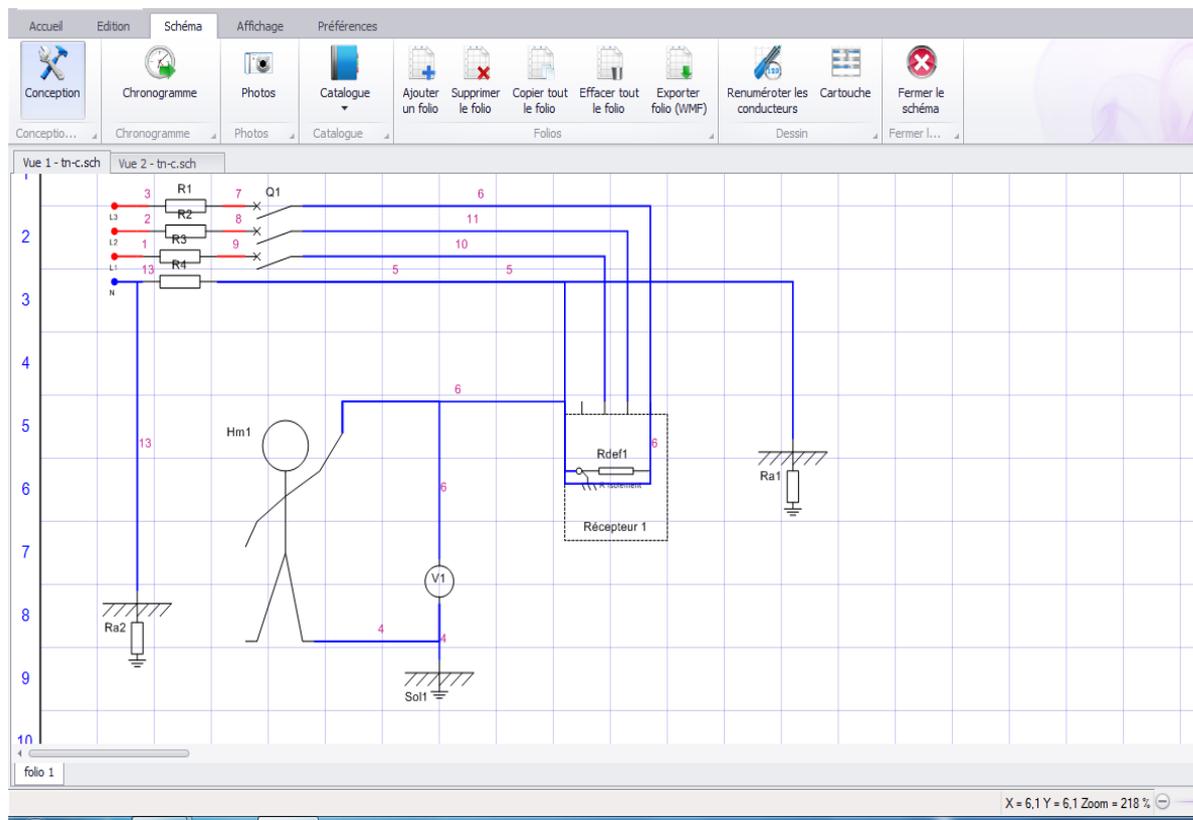
- ✓ solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation.
- ✓ lors d'un défaut d'isolement, l'intensité de court-circuit est très faible.

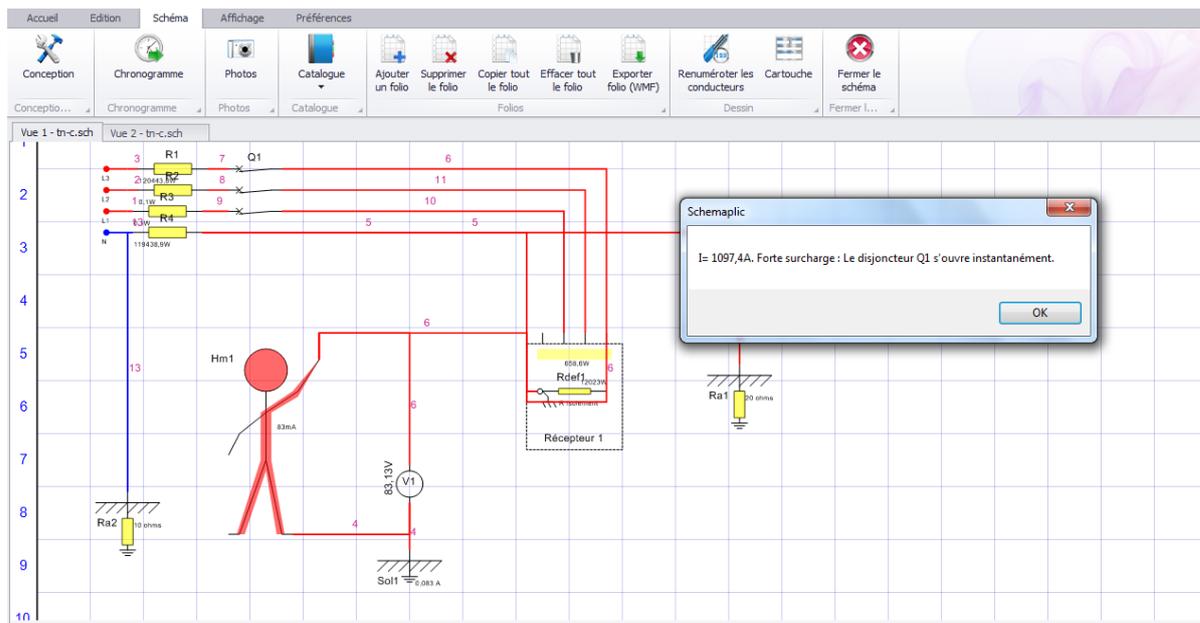
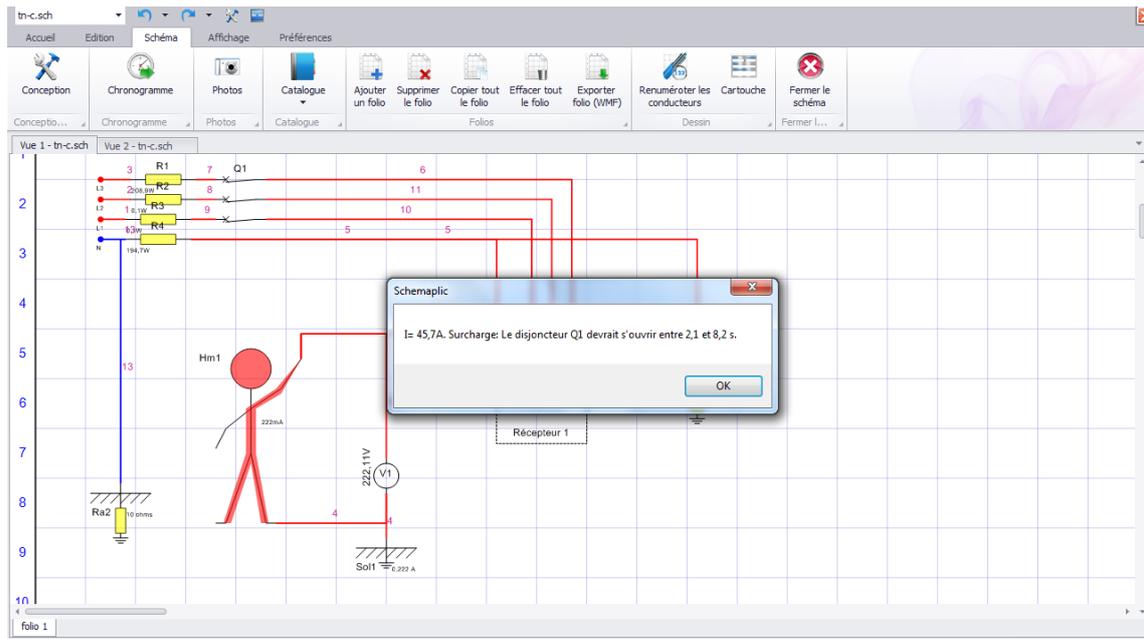
Par contre :

- ❖ il nécessite un personnel d'entretien pour la surveillance en exploitation.
- ❖ il nécessite un bon niveau d'isolement du réseau.

3. Schéma TN-C

Le neutre lié à la terre et la masse lié au neutre





Le schéma de liaison à la terre TN présente l'avantage :

- ✓ Économique.
- ✓ Ne nécessite pas d'appareils de protection particuliers.

Par contre :

- ❖ Déclenchement au premier défaut.
- ❖ Le courant de défaut est un courant de court circuit, donc risques d'incendies.

Conclusion :

Les régimes de neutre ou Schémas de Liaison à la Terre (S.L.T), permettent de distribuer l'énergie chez les utilisateurs tout en assurant leur sécurité.

Les trois SLT (TT, IT, TN) sont très bien définis, et réputés assurer la protection des personnes et des biens ainsi que la continuité de service .

Conclusion générale

Conclusion générale :

À l'heure actuelle, les systèmes de protection des réseaux électriques jouent un rôle essentiel Pour la sécurité et la fiabilité de ces derniers. Tous les réseaux électriques sont concernés, Qu'il s'agisse de la production, du transport et de la distribution, des réseaux industriels, Commerciaux, ferroviaires ou sous-marins. Pour garantir le bon fonctionnement de ces Éléments vitaux du réseau, il y a lieu de procéder à des tests.

Afin de limiter les dégâts que peuvent causer les défauts survenus sur un réseau électrique et d'éviter les répercussions que le maintien d'un défaut aurait sur le fonctionnement général du réseau (en particulier la stabilité), il est indispensable de mettre hors tension le plus rapidement possible l'élément du réseau (ligne, transformateur ou générateur...) en défaut. Cette opération est confiée aux systèmes de protection.

Enfin, ce mémoire a été consacré pour l'étude de protections électriques d'un réseau HTA après avoir complété nos connaissances sur les différents domaines du transport de distribution du réseau électrique.

Le stage au niveau du complexe Sider El-Hadjjar (Poste Sud) nous a été utile pour la finalisation du projet du fin d'étude et nous a permet du connaitre les différentes étapes :

- Analyse du réseau de distribution électrique du complexe Sider.
- Analyse des différents défauts tels que courant de court-circuit, surcharge, surtension, défaut terre.
- Les différents types de protection électrique Donc la continuité des services et la protection du personnel et des équipements électriques ne peut être assuré que par des protections adéquates.

Biographie :

- [1] Guide Sonelgaz XD « Guide Technique de Distribution », Document technique de GROUPE sonelgaz,1984.
- [2] J.M. DELBARRE, postes à HT ET THT- Rôle et Structure » Technique de l'ingénieur, Traité Génie électrique, D4570,2004.
- [3] Cong Duc PHAM « Détection et localisation de défauts dans les réseaux de distribution HTA en présence de génération d'énergie dispersée » Doctor 19septembre 2005.
- [4] MERAGHNI Tahar, GUIA Issam [L'effet de la pollution désertique sur l'isolateur pollué] université d'El Oued.
- [5] Schneider Electric « Architecture de Réseaux de distribution »2007.
- [6] Pr. AZZAG.EB « Polycopié de Cours Techniques de Haute Tension »2022.
- [7] LAMI ,« Protection et Surveillance des Réseaux de Transport d'Energie Électrique », Volume 2, Electricité de France (EDF), février 2003.
- [8]- <https://www.choisir.com/energie/articles/104399/la-surtension-electrique>
- [9] - https://elearning.univ-usto.dz/pluginfile.php/62228/mod_resource/content/1/Cours_Chap1.pdf
- [10] - <http://www.univ-bejaia.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/12399/%C3%89tude%20et%20dimensionnement%20d%27un%20r%C3%A9seau%20et%20d%27un%20poste%20transformateur.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] - Cong Duc PHAM « Détection et localisation de défauts dans les réseaux de distribution HTA en présence de génération d'énergie dispersée » Doctor 19septembre 2005.
- [12] <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2019/10/Menaceur-Nour%C3%A9ddine-Zeraouia-Mouhamed.pdf>
- [13] https://fr.electrical-installation.org/frwiki/Caractéristiques_des_schémas_TT,_TN_et_IT

