



Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Réseaux Electriques

Réalisé par :

Zinafi Nabila

Et

Boussadi Asma

Thème

Etude des défauts dans les réseaux électrique HTA

Soutenu le: 14/10/2021

Devant la commission composée de :

Mr :	BEN SAFIA	Prof.	Univ. Bouira	Président
	AIT SAADI	M.C.A	Univ. Bouira	Rapporteur
	MOUASSA	M.C.B	Univ. Bouira	Examineur

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mes parents qui
ont toujours crus en moi et qui mon toujours
encouragé*

A mon cher frère

Ames chères sœurs

Et toute la famille.

*A tous mes amis, essentiellement mon binôme
Asma et tous ceux qui m'ont aidée de près ou
de loin.*

A la promotion ET professionnel 2020/2021.

ZINAFI.N

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Particulièrement à mon père pour le goût et l'effort qu'il a suscité en moi, de par sa rigueur

A toi mère, ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour, que ce rapport soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir.

A mes sœurs **insaf** et **Amanie** et mon frère **ABDEL MALEK** qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Et mon binôme **Nabila** qui m'a accompagnée tout le long de ce travail.

A. Boussadi

Remerciement

*A l'issue de ce travail, nous adressons nos
remerciments*

*Premièrement à Dieu le tout puissant pour la
volanté,*

*Courage, la patience et la force qu'il nous a
donné durant toute la période d'étude.*

*un remerciement particulier à Mme Z. Aït Saadi
pour avoir dirigé ce travail, l'intérêt qu'il a
témoigné tout le long de la réalisation de ce
travail*

*Nos remerciements d'instingués vont aussi aux
membres de jury pour nous avoir fait l'honneur
de presider le jury de soutenance et examiner ce
memoir*

*Enfin nous remercions tous ceux qui de près ou
de loïn ont participé a la celebration de ce
travail.*

Resumé

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'étude des défauts dans les réseaux électrique HTA

La détection des défauts dans les réseaux HTA (transformateur, câbles aérien, câbles souterrain) nécessite d'une part la connaissance du réseau HTA son architecteur, sa structure et sa conception, et d'autre part connaitre les différents types de défauts qui peuvent affecter ce dernier. Ces connaissances permettent alors de définir la manière de localisation du défaut et les équipements utilisés.

L'étude théorique de ce mémoire a porté sur la description du réseau HTA et une vue générales sur les défauts dans les câbles électriques.

Tandis que la partie expérimentale, englobe quelques tests et essais réaliser lors de notre séjour de stage pratique au sein de l'entreprise « SONALGAZ » au service « protection des réseaux électrique » sur les différentes méthodes de localisations des défauts souterrains, aérien et même d'isolement et continuité qui menace les réseaux électrique HTA

Mots clés:

localisation, câbles souterrains câbles aériens, défaut , isolement , continuité

abstract

This thesis is part of the study of faults in MV electrical networks

The detection of faults in MV networks (transformer, overhead cables, underground cables, etc.) requires on the one hand knowledge of the MV network, its architect, structure and design, and on the other hand knowledge of the different types of faults which can affect the latter. This knowledge then makes it possible to define the way in which the fault is located and the equipment used.

The theoretical study of this thesis focused on the description of the MV network and a general view of faults in electrical cables.

While the experimental part includes some tests and trials carried out during our practical internship stay within the company "SONALGAZ" in the "protection of electrical networks" service on the different methods of locating underground, overhead and even faults. 'isolation and continuity which threatens MV electrical networks

Key words:

location, underground cables overhead cables, fault, insulation, continuity

هذه الأطروحة جزء من دراسة أعطال الشبكات الكهربائية ذات الجهد المتوسط. يتطلب اكتشاف أعطال في شبكات الجهد المتوسط (المحولات ، والكابلات العلوية ، والكابلات الأرضية ، وما إلى ذلك) معرفة من جهة بشبكة الجهد المتوسط ومهندسها وهيكلها وتصميمها ، ومن ناحية أخرى معرفة أنواع الأعطال المختلفة التي يمكن أن تؤثر على الأخير. تتيح هذه المعرفة بعد ذلك تحديد الطريقة التي يقع بها الخطأ والمعدات المستخدمة. ركزت الدراسة النظرية لهذه الأطروحة على وصف شبكة الجهد المتوسط ونظرة عامة على الأعطال في الكابلات الكهربائية.

يتضمن الجزء التجريبي بعض الاختبارات والتجارب التي تم إجراؤها خلال فترة تدريبنا العملي ، فإننا نبقى داخل شركة « SONALGAZ » في خدمة "حماية الشبكات الكهربائية" على الطرق المختلفة لتحديد مواقع الأعطال تحت الأرض والعلوية وحتى الأعطال. العزلة والاستمرارية التي تهدد الشبكات الكهربائية ذات الجهد المتوسط .

:الكلمات الدالة

الموقع، الكابلات الأرضية، الكابلات العلوية، العطل، العزل، الاستمرارية،

Table des matières

Remerciements	I
Résumé	II
Table des Matières	III
Liste des Figures.....	IV
Liste des Tableaux.....	V
Listes des Acronymes et Symboles	VI

Introduction Générale.....1

Chapitre I: Généralité sur les réseaux électriques

I.1. Introduction	2
I.2. Structure Générale des réseaux électrique.....	2
I.2.1. Production.....	3
I.2.2. Transport.....	3
I.2.3. Distribution.....	3
I.2.4. Consommation.....	3
I.3. Production de l'énergie électrique.....	3
I.4. Les différentes centrales électriques.....	4
I.4.1. Centrale thermique.....	4
I. 4.2. Centrale nucléaire.....	5
I.4.3. Centrale hydraulique.....	5
I.4.4. Centrale solaire.....	6
I.4.5. Centrale éolienne.....	7
I.5. Types de réseaux électriques.....	7
I.5.1. Réseau de transport et de distribution.....	7
I.5.2. Réseau de répartition.....	8
I.5.3. Réseau de distribution.....	9
I.6. Les structure d'un réseau.....	9
I.6.1. Réseau maillé.....	9
I.6.2. Réseau bouclé.....	10
I.6.3. Réseau radial.....	10

I.7. Domaine de tension.....	11
I.7.1. Catégories de tension.....	11
I.7.2. Catégories des réseaux de distribution en Algérie.....	12
I.8. Les postes de transformation.....	12
I.8.1. Les types de poste HT.....	12
I.8.2. Protection des postes de distribution	13
I.8.3. Conception générale d'un poste HTA/BT.....	13
I.8.3.1. Poste extérieur.....	13
I.8.3.1.1. Poste de transformateur de haute tension.....	13
I.8.3.1.2. Poste extérieur maçonné.....	14
I.8.3.2. Poste intérieur.....	14
I.8.4. Equipement d'un poste électrique.....	15
I.8.5. Conducteurs et câbles de distribution.....	15
I.8.5.1. Définitions	15
I.8.5.2. Constitution d'un conducteur.....	16
I.8.5.3. Constitution d'un câble.....	16
I.9. Types des lignes dans les réseaux HTA.....	17
I. 9.1. Lignes aériennes.....	17
I.9.2. Lignes souterrains.....	18
I.10. Conclusion.....	19

Chapitre 2: Les défauts dans les réseaux électriques

II.1. Introduction.....	20
II.2. Définition d'un défaut électrique.....	20
II.3. Origines des défauts	20
II.4. Types des défauts.....	21
II.4.1. Défauts en fonctions de nombre de conducteurs affectés.....	21
II.4.2. Défaut en fonction de la durée	22
II.5. Défaut de type électrique.....	23
II.5.1. Les surtension.....	23
II.5.2. Les surcharge.....	24
II.5.3. Les déséquilibre.....	24
II.5.4. Les courts-circuits.....	25
II.5.5. Les oscillations.....	25

II.6. Cycles d'élimination des défauts.....	26
II.6.1. Les automatismes d'élimination des défauts.....	26
II.6.1.1 Disjoncteur shunt.....	26
II.6.1.2. Cycle rapide.....	26
II.6.1.3. Cycle lent.....	26
II.6.1.4. Déclenchement définitif.....	27
II.7. Elimination des défauts.....	27
II.8. Conclusion.....	27

Chapitre III: Localisation des défauts dans un réseau HTA

III.1. Introduction.....	29
III.2. Localisation des défauts sur les câbles HTA.....	29
III.3. Principe générale de la recherche de défauts.....	29
III.4. Catégorie de défaut sur les câbles électriques.....	30
III.4.1. Défauts souterrains.....	30
III.4.1.1. Les type de défauts souterrains.....	31
III.4.1.2. Les procédures de localisation des défauts.....	31
III.4.1.2.1. Branchement de l'appareil recherche de défaut.....	31
III.4.1.2.2. Les règles de sécurité.....	35
III.4.1.3. Recherche défauts sur câbles souterrains par échométrie.....	35
III.4.1.3.1. Méthode classique.....	35
III.4.1.3.2. Méthode de réflexion sur l'arc.....	37
III.4.2. Défauts aériens.....	40
III.4.2.1. Technique préventive de détection des défauts dans un câble aérien.....	41
III.4.2.1.1. Localisation du défaut aérien à l'œil nu.....	41
III.4.2.1.2. Localisation du défaut aérien par thermographie infrarouge.....	41
III.4.2.2. Les caméras thermiques FLIR.....	41
III.4.2.3. Principe de la thermographie.....	42
III.4.2.4. Domaine d'utilisation.....	43
III.5. Test et diagnostic des auxiliaires de poste.....	44
III.5.1. Définition d'un mégohmmètre.....	44
III.5.2. Définition d'un test d'isolement électrique.....	44
III.5.2.1. Causes de défaillance de l'isolement.....	44
III.5.2.2. Principe de mesure d'isolement électrique.....	45

III.5.2.3. Précautions à prendre lors du test d'un fort isolement.....	45
III.5.3. Définition d'un test de continuité électrique.....	46
III.5.3.1. Cause de défaillance de continuité.....	46
III.5.3.2. Principes de mesure de la continuité.....	47
III.5.3.3. Précautions à prendre lors du test de la continuité.....	47
III.5.4. Sécurité de l'essai.....	47
III.6. Quelques essais sur l'isolement et continuité électrique.....	48
III.6.1. Définition d'un transformateur.....	48
III.7. Conclusion.....	52
Conclusion générale.....	53
Référence	54

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

Figure I.1. Centrale thermique.....	.04
Figure I.2 .Centrale nucléaire.....	.05
Figure I.3. Centrale hydraulique05
Figure I.4. Centrale solaire.....	.06
Figure I.5 .Centrale éolienne.....	.07
Figure I.6. Réseau maillé.....	.09
Figure I.7. Réseau bouclé.....	.10
Figure I.8. Réseau radial.....	.11
Figure I.9. Post de transformateur de haut plateau.....	.14
Figure I.10. conception d'un poste extérieur.....	.14
Figure I.11. Poste intérieur HTA/BT14
Figure I.12. Conducteur électrique.....	.16
Figure I.13. Câble mono-conducteur.....	.16
Figure I.14. Câble multiconducteurs.....	.17
Figure I.15. lignes aériennes.....	.18
Figure I.16. Lignes souterraines.....	.19

Chapitre II : Les défauts dans les réseaux électriques

Figure II.1. Différents types de défauts22
Figure II.2. Exemple de surtension.....	.23
Figure II.3. Cycle de ré-enclenchements d'un disjoncteur.....	.27

Chapitre III : Localisation des défauts dans un réseau électrique HTA

Figure III.1. Appareil de recherche de défaut – modèle « MEGGER ».....	.32
Figure III.2.Véhicule laboratoire de recherche de défaut32
Figure III.3. Mégohmmètre33

Figure III.4.Méthode classique écho-gramme caractéristique.....	36
Figure III.5. Méthode classique-copie d'écran écho-gramme	36
Figure III.6. Réflexion sur l'arc schéma de raccordement.....	37
Figure III.7. Réflexion sur l'arc écho-gramme caractéristique.....	38
Figure III.8.Défaut d'un câble technique d'électricité à Lakhdariya.....	39
Figure III.9.Défaut d'un câble souterrain à Bouira	39
Figure III.10. Défaut sur un câble souterrain	40
Figure III.11 .Câble aérien endommagé (craquage).....	41
Figure III.12. Caméra thermique modèle « FLIR ».....	42
Figure III.13. Défaut aérien détecté	43
Figure III.14. Mégohmmètre	44
Figure III.15. Transformateur électrique	48
Figure III.16. Résultat de mesure de continuité (cas sans défaut).....	49
Figure III.17. Branchement de l'appareil de mesure de continuité	49
Figure III.18. Résultat de mesure de continuité (cas de défaut).....	50
Figure III.19. Résultat de mesure d'isolement (cas sans défaut).....	50
Figure III.20. Résultat de mesure d'isolement (cas défaut).....	51

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

Tableau I.1. Catégories de tension	11
Tableau I.2. Nature et section des conducteurs en aérien.....	17
Tableau I.3. Nature et section des conducteurs souterrains.....	18

Liste des Symboles

HTA: Haut tension A

HTB: Haut tension B

BTA: Basse tension A

BT: Basse tension

MT: Moyenne tension

CEI: Commission électrotechnique internationale

DP: Poste de distribution publique

L: Poste de livraison

PVC: Polyvinyl chloride

PRC: Polyéthylène réticulé chimiquement

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Actuellement, la très grande majorité de l'énergie électrique consommée dans le monde, est acheminée par l'ensemble des réseaux électriques existants. En un peu plus d'un siècle, ce que représente le terme "réseau électrique" est passé de la mutualisation de quelques unités de production à une interconnexion généralisée au niveau de tous les continents.

Un réseau est l'ensemble des composantes requises pour conduire l'énergie électrique des points de production aux points de consommation, et de garantir la qualité et la continuité de l'alimentation des clients en énergie. Cet ensemble comprend des transformateurs, des lignes de transmission, des générateurs, des moteurs, des éléments de chauffage, des réactances, des condensateurs, des moyens de mesure et de contrôle des protections contre la foudre et les Courts-circuits, ...etc.

Ces réseaux, malgré tous les efforts déployés, sont souvent touchés par des perturbations qui peuvent mettre en danger le matériel, le personnel et affectent la qualité de service. D'ou, la nécessité d'utiliser des dispositifs destinés à limiter les dommages, et à isoler rapidement la partie avariée du réseau afin d'éviter la propagation du défaut qui privera d'énergie d'autres utilisateurs. [1]

Notre objectif dans ce travail est d'étudier les défauts dans les réseaux électriques HTA. Pour se faire, nous avons subdivisé notre travail en trois chapitres, le premier chapitre traite des généralités sur les réseaux électriques, le deuxième chapitre consiste à la représentation des différents types des défauts dans les réseaux électriques et le dernier chapitre traite des essais réels qui consistent à localiser des défauts sur les câbles souterrains et aériens, des tests d'isolement et de continuité sur le réseau HTA.

Enfin, nous terminons par une conclusion générale.

CHAPITRE I :

Généralité sur les réseaux électriques

I.1. Introduction

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

L'architecture d'un réseau de distribution électrique moyenne tension (MT ou HTA) est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise. Selon la définition de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), un poste électrique est la partie d'un réseau électrique, située en un même lieu, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électrique, des bâtiments, et éventuellement, des transformateurs.

Un poste électrique est donc un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels). Les postes électriques se trouvent donc aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution. On parle généralement de sous-station. [1]

Il existe plusieurs types de postes électriques :

- Postes de sortie de centrale : le but de ces postes est de raccorder une centrale de production d'énergie au réseau,
- Postes d'interconnexion : le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques HTB,
- Postes élévateurs : le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur,
- Postes de distribution : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels. [1]

I.2. Structure générale des réseaux électriques

De façon très générique, un réseau électrique est toujours dissocié en quatre grandes parties :[2]

I.2.1. Production

Elle consiste en la génération de l'ensemble de la puissance active consommée par le réseau tout entier. En grande majorité, les tensions associées à cette production sont produites sous la forme de systèmes triphasés par l'intermédiaire d'alternateurs entraînés à partir de divers types de sources d'énergie dites « primaires ».

I.2.2. Transport

Il consiste à acheminer les puissances produites par les unités de production auprès des lieux de consommation. Les grandes centrales étant en général groupées autour des fleuves, des cours d'eau et des océans, le « grand transport » consiste à parcourir de longues distances en direction des extrémités des territoires nationaux. L'ordre de grandeur de ces distances impose, entre autre, le fait de véhiculer l'énergie électrique sous très haute tension.

I.2.3. Distribution

Elle consiste en un maillage fin du territoire permettant à chaque utilisateur d'être à proximité d'une liaison au réseau. C'est l'ultime ramification des lignes et des installations qui permet également un passage progressif des très hautes tensions du transport aux basses tensions de la consommation.

I.2.4. Consommation

Chaque récepteur électrique connecté au réseau consomme une puissance active et une puissance réactive. La consommation domestique, qui est généralement majoritaire, est très ramifiée et se fait sous basse tension souvent monophasée 220 V ou triphasé 380 V. Certains « clients » industriels (grosses usines, ferroviaire, etc.) sont directement reliés en moyenne, haute ou très haute tension. [2]

I.3. Production de l'énergie électrique

L'électricité est la forme d'énergie la plus utilisée dans le monde. Elle existe à l'état naturel : la foudre. Hélas personne n'a jamais réussi à exploiter sa puissance phénoménale, alors nous produisons l'électricité. Les méthodes les plus utilisées sont : l'hydroélectricité, l'électricité nucléaire, l'électricité solaire et l'électricité éolienne. [2]

I.4. Les différentes centrales électriques

Une centrale de production d'énergie électrique est un site industriel qui produit de l'électricité selon la demande. Les centrales électriques transforment des sources d'énergie naturelles en énergie électrique, afin d'alimenter en électricité des consommateurs, particuliers ou industriels relativement lointains. On distingue Cinq types de centrales de production d'énergie électrique: [3]

- Centrales thermiques classiques.
- Centrales nucléaires.
- Centrales hydroélectriques.
- Centrales solaires ou photovoltaïques.
- Centrales éoliennes.

I.4.1. Centrale thermique

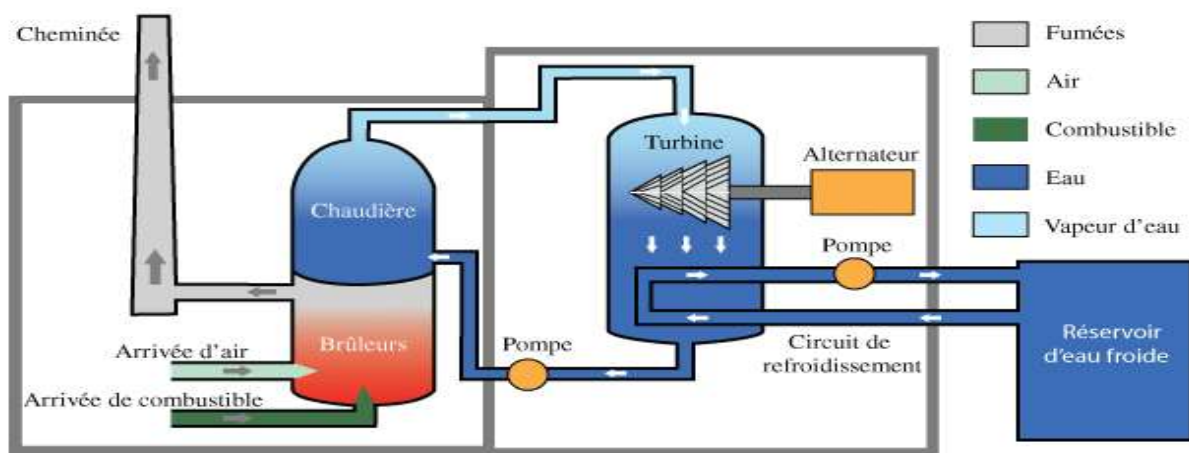


Figure I.1. Centrale thermique [3]

L'énergie électrique dans ce type de centrale est produite à partir de la combustion d'un carburant où la chaleur dégagée par cette réaction est utilisée dans des turbines à vapeur qui sont couplées à des générateurs d'électricité ; on les trouve souvent près de la mer, des rivières et des lacs, vu la grande quantité d'eau nécessaire pour leur refroidissement et la condensation de la vapeur sortante.

I.4.2. Centrale nucléaire

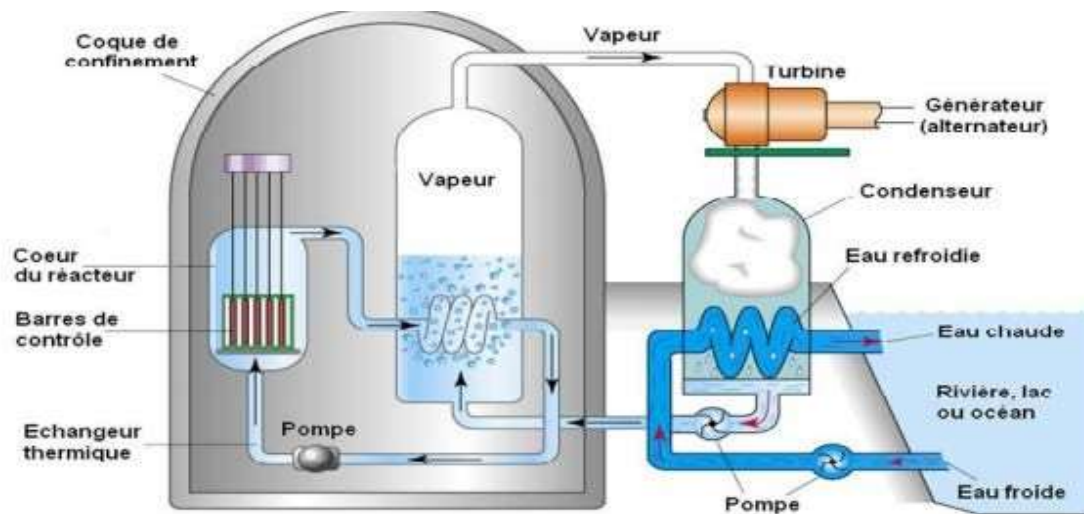


Figure I.2. Centrale nucléaire [3]

Ces centrales utilisent aussi le principe de la conversion thermodynamique, néanmoins leur chaudière est un réacteur nucléaire. L'énergie nucléaire obtenue par fission de l'uranium est la source de chaleur utilisée ; ces centrales produisent environ 15% de l'électricité mondiale. Une centrale nucléaire est identique à une centrale thermique sauf que la chaudière brûlant le combustible est remplacée par un réacteur nucléaire.

I.4.3. Centrale hydraulique

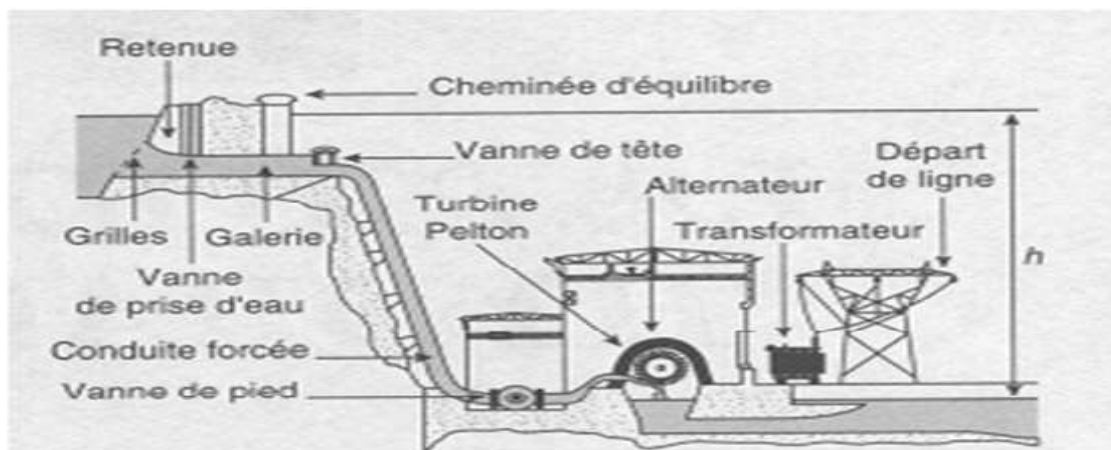


Figure I.3. Centrale hydraulique [3]

Les centrales hydro-électriques utilisent le principe de la conversion de l'énergie de l'eau en mouvement en énergie électrique. L'énergie provenant de la chute d'une masse d'eau est tout d'abord transformée dans une turbine hydraulique en énergie mécanique.

Cette turbine entraîne un alternateur dans lequel l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique ; la puissance que l'on peut tirer d'une chute dépend de la hauteur de la chute et du débit du cours d'eau, on distingue d'après la hauteur des chutes d'eau :

- Les usines de basses chutes $10 \leq h \leq 30$ m
- Les usines de moyennes chutes $30 \leq h \leq 120$ m
- Les usines de hautes chutes $h \geq 120$ m

I.4.4. Centrale solaire

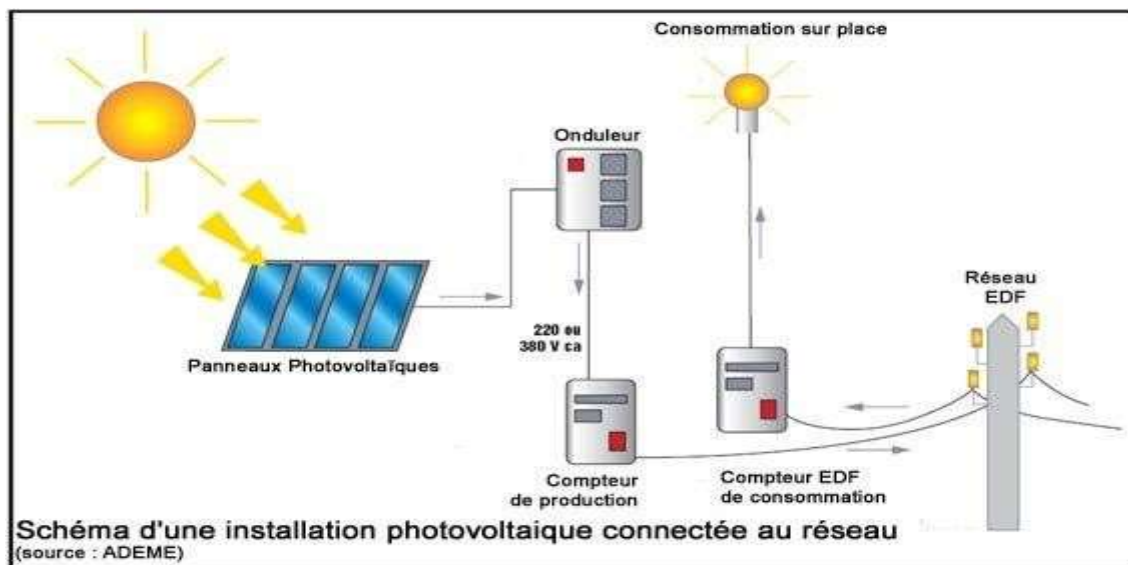


Figure I.4. Centrale solaire [5]

Cette centrale produit de l'électricité avec l'énergie solaire, elle utilise les rayonnements lumineux de soleil, qui sont directement transformés en un courant électrique par des cellules à base de silicium ou autre matériaux ayant des propriétés de conversion lumière/électricité. Chaque cellule délivrant une faible tension, les cellules sont assemblées en panneaux.

Ce système bien que son rendement soit faible, est très simple à mettre en œuvre et particulièrement léger. Ce type est très utilisé pour alimenter des sites isolés en association avec un système de stockage.

I.4.5. Centrale éolienne

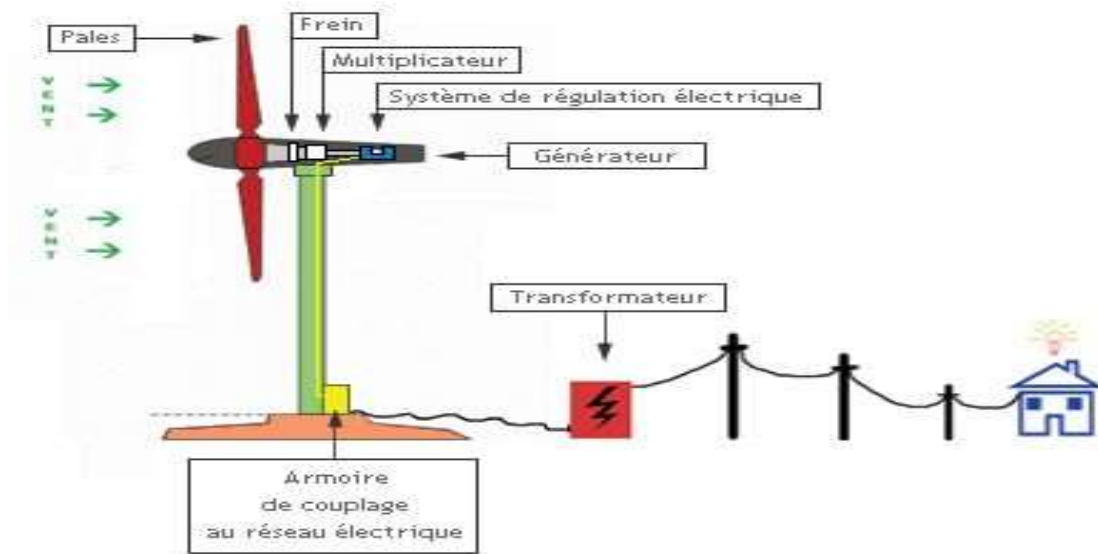


Figure I.5. Centrale éolienne [5]

Dans une centrale éolienne l'énergie électrique est produite directement par des génératrices éoliennes. Ces machines sont formées d'un mât, surmonté d'un générateur électrique entraîné par des hélices. Elles sont positionnées idéalement sur les plans d'eau ou des collines ventées. L'alternateur permet de transformer cette énergie mécanique en énergie électrique.

I.5. Types de réseaux électriques

Les compagnies d'électricité divisent leur réseau en trois grandes catégories : [3]

I.5.1. Réseau de transport et d'interconnexion

C'est le réseau utilisé dans les centrales ainsi que les lignes et les postes de transformation issus de celle-ci. Il est capable de transporter l'énergie électrique sur de grandes distances. Il assure :

- L'acheminement de l'électricité des centrales de production aux grandes zones de consommation.
- L'interconnexion nationale qui gère les centres de production, en orientant la production en fonction de l'évolution de la demande selon sa répartition géographique et temporelle.

- L'interconnexion internationale permettant de gérer des flux d'énergie entre les pays en fonction de la demande de puissance et des pics de consommation de chaque pays.

L'interconnexion du réseau présente principalement trois avantages :

a. La stabilité

Les réseaux interconnectés forment un ensemble qui est plus puissant que les réseaux individuels. Il s'ensuit que ces réseaux peuvent mieux supporter les perturbations qu'une centrale seule, d'où une plus grande stabilité. Par exemple, si la charge augmente subitement sur l'un des réseaux interconnectés, un transfert d'énergie s'effectue immédiatement de sorte que la charge accrue puisse être supportée par plusieurs centrales au lieu d'une seule.

b. La continuité de service

Si une des centrales interconnectées tombe en panne ou si on devait la débrancher pour des opérations d'entretien, les autres centrales prendraient immédiatement le relai pour assurer la continuité de service.

c. Economie

Lorsque les réseaux sont reliés, on peut répartir la charge entre différentes centrales afin de minimiser le coût de fonctionnement global : on peut arrêter une centrale et faire fonctionner les autres à leurs rendements maximum. L'inconvénient principal de l'interconnexion est la nécessité d'une même fréquence pour toutes les centrales interconnectées et des relations très rigides qui relient les tensions de dispositifs. Ainsi, tout incident peut perturber l'ensemble.

1.5.2. Réseau de répartition

Les réseaux de répartition sont à haute tension, leur but est d'assurer à l'échelle régionale la fourniture d'électricité. L'énergie y est injectée essentiellement par le réseau de transport via des transformateurs, mais aussi par des centrales électriques de moyennes puissances.

Les réseaux de répartition sont distribués de manière assez homogène sur le territoire d'une région et leur structure est essentiellement aérienne. Par contre, lorsqu'ils sont proches des villes, les lignes deviennent des câbles enterrés.

I.5.3. Le réseau de distribution

Les réseaux de distribution ont pour but d'alimenter l'ensemble des consommateurs tout en réalisant le moins de pertes possibles.

I.6. Les structures d'un réseau

L'ensemble des constituants d'un réseau électrique peut être agencé selon différentes structures, dont la complexité détermine la disponibilité de l'énergie électrique et le coût de l'investissement. Le choix de l'architecture sera donc fait pour chaque application sur le critère de l'optimum technico-économique. [4]

I.6.1. Réseau maillé

Utilisé généralement pour le transport, un réseau maillé est un réseau où les liaisons forment des boucles donc réalisant une structure en mailles.

Avantages

Le réseau maillé est caractérisé par

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

Inconvénients

- Le coût de réalisation est énorme
- Nécessité des protections sophistiquées

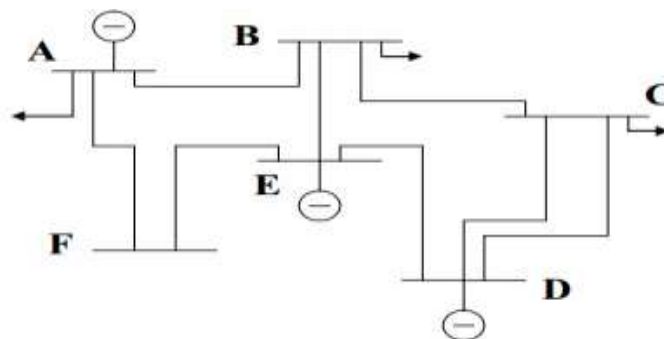


Figure I.6. Réseau maillé [4]

I.6.2. Réseau bouclé

Ce sont des réseaux maillés simplifiés, présentant un certains nombres de boucles fermés, chacune de ces boucles contient un nombre limité de sources. L'énergie peut transiter alors par des chemins différents, et la mise hors tension accidentelle d'un tronçon n'entraîne pas des surcharges inadmissibles pour les autres tronçons. Les réseaux bouclés sont généralement utilisés pour les réseaux de répartition.

Avantages

- Grande continuité de service
- Un bon rendement
- Faible chute de tension

Inconvénients

- Forts courants de court-circuit ;
- Plus onéreux et plus difficile à exploiter que le précédent.

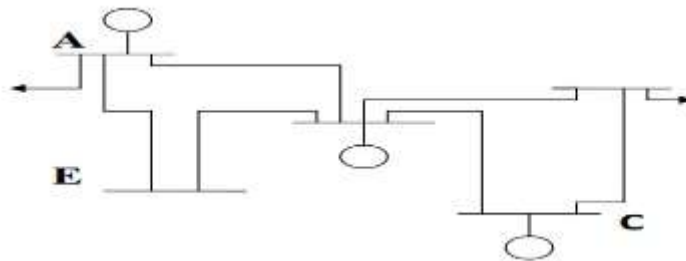


Figure I.7. Réseau bouclé [4]

I.6.3. Réseau radial

Les réseaux radiaux sont exploités débouclés. La sécurité d'alimentation, bien qu'inférieure à celle de la structure maillés, reste élevée. On rencontre deux structures principales :

- **En coupure d'artère:** typique des réseaux souterrains. Ces réseaux sont conçus pour un éventuel fonctionnement en boucle ;

- **Structure arborescente:** typique des réseaux ruraux aériens. Ces réseaux comportent des points de bouclage pour assurer un secours par la moyenne tension.[4]

Avantages

- Facile à étudier et à construire.

- Pour effectuer des travaux, il suffit d'ouvrir l'appareil (sectionneur, interrupteur ...)

placé au début du réseau.

Inconvénients

- Des grandes chutes de tension pour les longueurs dépassant 500m.

- La mise hors tension des consommateurs en cas d'une panne en tête de ligne.

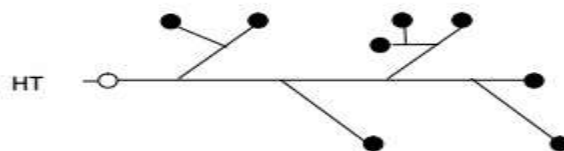


Figure I.8. Réseau Radial [4]

I.7. Domaine de tension

I.7.1. Catégories de tension

Tableau I.1. catégories de tension [2]

Domaines		Courant alternatif	Courant continu lisse
Très basse tension TBT		$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
Basse tension BT	A	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ V}$
	B	$500 \text{ V} < U \leq 1\,000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U \leq 1\,500 \text{ V}$
Haute tension HT	A	$1\,000 \text{ V} < U \leq 50 \text{ kV}$	$1\,500 \text{ V} < U \leq 75 \text{ kV}$
	B	$U > 50 \text{ kV}$	$U > 75 \text{ kV}$

Les tensions les plus couramment utilisées en courant alternatif correspondent au réseau 230/400V. [2]

I.7.2. Catégories des réseaux de distribution en Algérie

Les réseaux de distribution à moyenne tension :

- Tensions nominales 10 ou 30 kV
- Neutre mise à la terre par une résistance
- Limitation de courant de défaut à 300 A pour les réseaux aériens
- Limitation de courant de défaut à 100 A pour les réseaux souterrains
- Réseaux souterrains en boucle ouverte

Les réseaux de distribution à basse tension :

Tensions nominales 230V (phase-neutre) ou 400V (phase-phase)

- Neutre directement mis a la terre
- Réseau de type radial , maillé ou bouclé. [2]

I.8. Les postes de transformation

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

Un poste électrique est un élément du réseau qui servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité, ils se trouvent donc aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution. On parle généralement des « sous-station ». [3]

I.8.1. Les type de postes HTA

On peut les classés selon :

- Leur fonction
- Leurs puissances

On distingue alors 4 types :

- poste de distribution publique (DP)
- poste de livraison (L) ou poste client
- les postes mixtes (DP/L)
- les postes sources HTB/HTA

I.8.2. Protection des postes de distribution

Un poste de distribution public possédant un transformateur HTA/BTA transforme l'électricité HTA en BTA, et assure la protection des installations. Chaque poste de distribution est équipé d'un point d'ouverture-fermeture et de protection. Ce poste d'une part, relie l'utilisateur au réseau et, d'une autre part, protège le réseau des perturbations survenues dans les installations des usagers.

La protection du matériel et des personnes dans les postes de distribution est assurée par les fusibles ou disjoncteurs et par la liaison à la terre. Du côté haute tension, la protection contre la foudre est assurée par des parafoudres ; un interrupteur à fusible protège le transformateur contre les courts-circuits. Du côté basse tension, un disjoncteur assure la protection contre les surintensités.

I.8.3. Conception générale d'un poste HTA/BT

Le poste de livraison reçoit de l'énergie du réseau HTA, la transforme en BT et assure la protection de personnes, du matériel, le comptage de l'énergie et ne doit pas perturber le réseau amont de distribution.

I.8.3.1. Poste extérieur

I.8.3.1.1. Poste de transformateur de haute tension

Ce poste est équipé d'un transformateur de puissance, d'un dispositif de protection contre la foudre et la surtension, et d'un disjoncteur BT. Le transformateur et l'appareillage sont fixés sur le poteau, l'alimentation est aérienne, le départ s'effectue en souterrain ou en aérien.



Figure I.9. Poste de transformateur de haut poteau [3]

I.8.3.1.2. Poste extérieur maçonné

Ces postes sont très compacts et leur mise en place est très rapide. Le tableau basse tension comporte soit un interrupteur avec fusibles, soit un disjoncteur avec coupure visible.

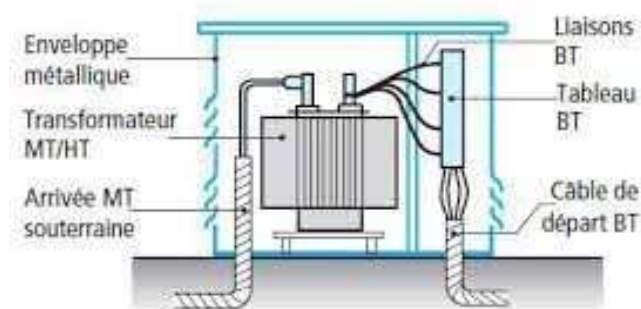


Figure I.10. Conception d'un poste extérieur [3]

I.8.3.2. Poste intérieur

Les postes intérieurs sont des postes maçonnés ou préfabriqués qui se trouvent dans les locaux HT, accompagnés des équipements de protection, d'interruption et éventuellement de comptage.



Figure I.11. Poste intérieur HTA/BT [3]

I.8.4. Equipements d'un poste électrique

- **Arrivée/Départ** : c'est un ensemble d'appareils de connexion reliant électriquement une ligne, un câble ou un transformateur aux jeux de barres.
- **Câble** : c'est un élément essentiel du réseau, sa fonction est le transit de l'énergie électrique. Sa durée de vie dépend de conditions auxquelles il est soumis.
- **Disjoncteur** : c'est un appareil de protection qui assure l'élimination des défauts survenant dans un circuit qu'ils protègent.
- **Sectionneur** : il est utilisé pour effectuer à vide des manœuvres d'isolement des lignes ou des réseaux pour entretien, visite, réparation.
- **Interrupteur** : c'est un appareil destiné à ouvrir ou fermer un circuit électrique plus perfectionné que le sectionneur. Il possède un certain pouvoir de coupure, en générale il peut couper sous tension nominale un courant à intensité nominale.
- **Parafoudre** : il est installé sur les pylônes d'arrivées. Son rôle est de limiter les surtensions en écoulant à la terre le courant de foudre.
- **Eclateur** : c'est le plus simple dispositif de protection, le moins couteux et le plus ancien des moyens de protection. Il est constitué essentiellement des deux électrodes séparées par un intervalle d'air, l'une est reliée au conducteur ou à l'appareil à protéger et l'autre est reliée à la terre.
- **transformateur de puissance** : Ils sont en général en refroidissement naturel, comportant des enroulements en cuivre. Le diélectrique utilisé est l'huile (immerge).
- **Jeux de barres** : Ce sont des éléments important pour l'exploitation d'un réseau. Il s'agit de points qui réalisent une concentration de l'énergie électrique et l'organisation de l'écoulement de puissance vers diverses lignes. [2].

I.8.5. Conducteurs et câbles de distribution

I.8.5.1. Définition

Les conducteurs permettent de conduire l'électricité d'un point à un autre. Ils représentent les éléments actifs de liaisons électriques. Les conducteurs doivent être très peu résistifs pour limiter les pertes par effets joule et les chutes de tension, mais aussi être correctement isolés avec une bonne matière isolante pour éviter les contacts directe ou bien les contacts entre conducteurs voisins (courts-circuits), avec la terre et les masses. Il existe une très grande variété de conducteurs et de câbles électriques en fonction des réalisations souhaitées. [2]

I.8.5.2. Constitution d'un conducteur

Un conducteur est constitué généralement :

- D'une âme conductrice en cuivre ou en aluminium dont le rôle est de conduire le courant ;
- Une enveloppe isolante qui doit présenter une très grande résistivité. On emploie généralement du PVC ou PRC.

Le sigle **PVC** désigne une matière plastique particulière. Ce terme vaut pour polyvinyl chloride, en anglais, comprenez "polychlorure de vinyles". Il renvoie à un polymère thermoplastique que l'on obtient par polymérisation du chlorure de vinyle. [10]

Le polyéthylène réticulé chimiquement (**PRC**) ou cross-linked polyethylene est devenu un matériau de choix dans l'isolation des câbles haute tension (HT) de nouvelle génération grâce à sa performance diélectrique, physico-chimique, mécanique et thermique. [11]

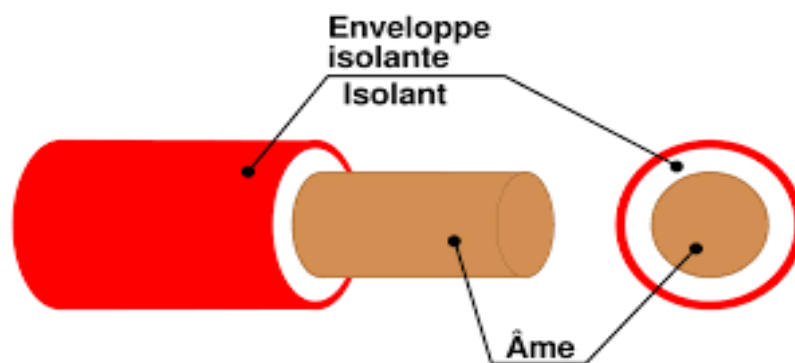


Figure I.12. Conducteur électrique [3]

I.8.5.3. Constitution d'un câble

Un câble électrique est constitué de plusieurs conducteurs électriques distincts et mécaniquement solidaires. On distingue des câbles unipolaires et multipolaires

Câble mono-conducteur : c'est un câble qui possède un seul conducteur

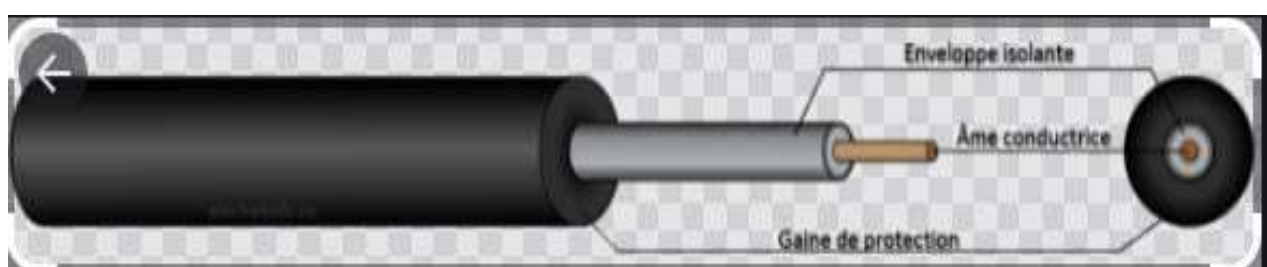


Figure I.13. Câble mono-conducteur [3]

Câble multiconducteur : c'est un câble qui possède plusieurs conducteurs.

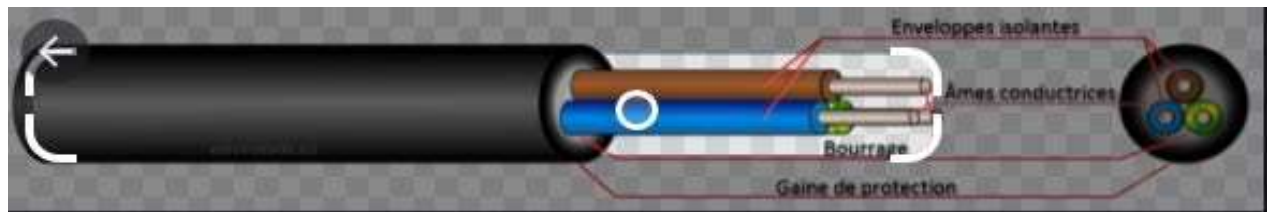


Figure I.14. Câble multiconducteur [3]

I.9. Types de lignes dans les réseaux HTA

I.9.1. Lignes aériennes

Elles constituent la majorité des lignes de transport et de répartition. Les câbles utilisés sont multifilaires, la partie conductrice est en almélec (Alliage d'aluminium). Une âme en acier assure la solidité mécanique.

Les pylônes ont vu leurs formes et dimensions évoluer ces dernières années. Chaque pylône transporte désormais deux lignes triphasées. [5]

Le tableau ci-après présente la nature et la section des conducteurs utilisée en aérien :

Tableau I.2. Nature et section des conducteurs en aérien. [5]

Lignes	Nature	Sections (mm ²)	Limite thermique (A) (1)	Limite thermique (A) (2)
Dorsale	Alliage Al	93.3	270	184
Dérivation	Alliage Al	34.3	140	101

(1) : valeurs rapportées à la température ambiante de 40 degré C et température de phase de 70 degré C

(2) : Distribution triangulaire de charge avec maximum à l'extrémité la plus éloignée



Figure I.15. Ligne aérienne [5]

I.9.2. Lignes souterraines

Dans les zones urbaines, à proximité des aéroports, près des sites classés..., les lignes aériennes sont remplacées par des câbles souterrains. Ces câbles peuvent être :

- Soit unipolaire (1 seul conducteur)
- Soit tripolaire (3 conducteurs)

Ces câbles coutent beaucoup plus cher qu'une ligne aérienne de même puissance. Aussi, on ne les installe que s'ils sont vraiment indispensables. [5]

Tableau I.3. Nature et section des conducteurs souterrains [5]

Réseau (KV)	Conducteur	Section (mm ²)	Limite thermique (A) (1)
10	Cuivre	120	300
	Aluminium	180	
30	Cuivre	70	230

(1) : valeur pour câble tripolaire individuel à champ radial directement enterrée.



Figure I.16. Ligne souterraine [3]

I.10. Conclusion

La conception d'un réseau électrique nécessite de faire des études électriques (besoin de charge) et mécaniques (gamme de support, poids et section des conducteurs). Une bonne exploitation de ce réseau permettra d'assurer une bonne qualité, une meilleure continuité de service et une exploitation optimale en toute sécurité.

Les architectures des réseaux électriques sont très importantes et très sensibles, ce qui nécessite des protections fiables contre les différents types d'anomalies (courts-circuits, surtensions, surintensités, surcharges, etc....).

L'étude des défauts sur les réseaux électrique sera le sujet du prochain chapitre.

CHAPITRE II:

Les défauts dans les réseaux électriques

II.1.Introduction

Comme tous les réseaux électriques, les réseaux HTA sont sujets à des défauts, qui possèdent leurs particularités. Ce risque d'apparition d'un incident sur le réseau n'est pas nul car il est lié à de nombreux paramètres aléatoires.

Ce chapitre fera l'objet d'une étude des différents types de défauts qui troublent la continuité des réseaux moyenne tension HTA en les classifiant selon leurs origines et leurs caractéristiques. [2]

II.2.Définition d'un défaut électrique

On appelle un défaut, toute perturbation qui engendre une modification de la valeur de courant et de la tension par rapport à une valeur nominale (dépassement de seuil). Un contact involontaire entre deux conducteurs, par exemple, provoque une augmentation de l'intensité électrique et peut mettre en péril l'ensemble du circuit électrique et provoquer des incendies ou des accidents. Dans certains cas, un défaut peut conduire à l'effondrement électrique du réseau et la mise en danger de son environnement. [6]

II.3. Origines des défauts

Les défauts dans un réseau électrique peuvent avoir différentes origines : [7]

- **Electriques:** 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.
- **Atmosphériques:** Les lignes aériennes sont soumises aux perturbations extérieures telles que la foudre, les tempêtes ou le givre.
- **Mécaniques:** C'est la chute d'un corps sur un conducteur ou la dégradation mécanique de conducteurs, suite à des agressions extérieures par des engins de terrassement par exemple.
- **Humaines:** 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. [7]

Les défauts peuvent être aériens ou souterrains :

Les défauts aériens

Les hauteurs au-dessus du sol, les distances d'isolement entre phases et les lignes de fuite des isolateurs rendent les lignes aériennes particulièrement sensibles à l'environnement. Les causes principales de ces défauts sont :

- Des agressions atmosphériques (foudre, tempête) 45%
- Des chutes d'arbres 18%
- Les défaillances des matériels 13%

Les défauts souterrains

La pose des conducteurs dans la terre les protège des conditions atmosphériques, mais les rend invisibles pour des travaux de proximité. Ainsi la répartition des principales origines de ces défauts est :

- Travaux de tiers.
- Défaillances de matériel.

II.4. Types de défauts

II.4.1. Défauts en fonctions de nombre de conducteurs affectés

- **Les défauts triphasés** : Ce sont les courts-circuits entre les trois phases avec ou sans mise à la terre.
- **Les défauts biphasés** : Ce sont les courts-circuits entre deux phases ou une phase et le neutre avec ou sans mise à la terre.
- **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. [7]

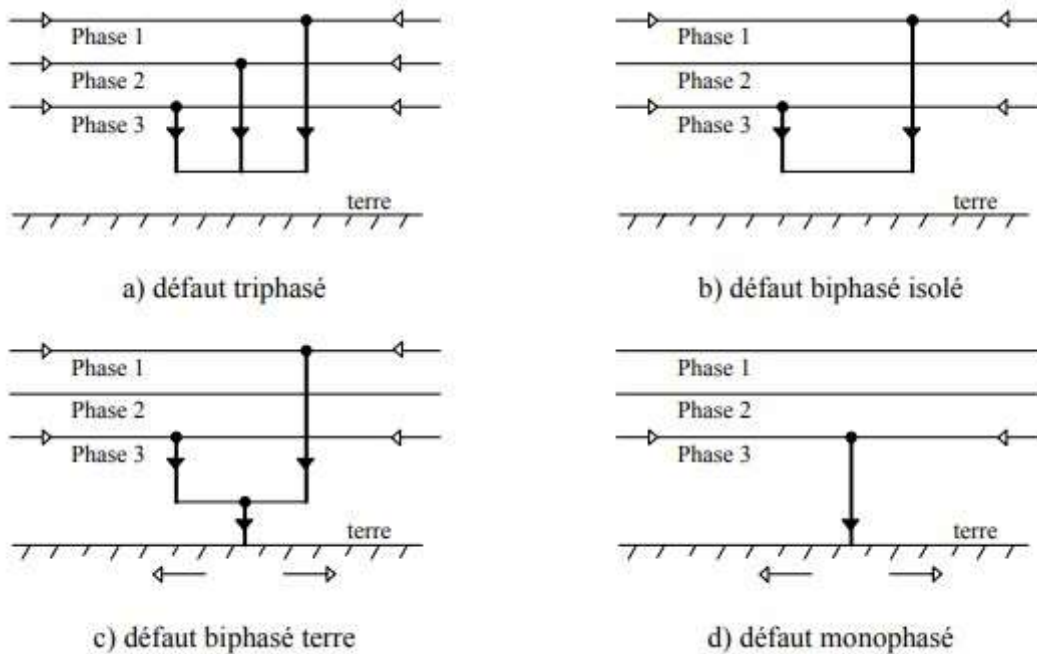


Figure II.1. Différents types de défauts [7]

II.4.2. Défauts en fonction de la durée

- **Défaut auto-extincteur** : Un défaut auto-extincteur monophasé est un défaut qui s'élimine seul, sans coupure de l'alimentation ou fermeture du disjoncteur shunt. Ces défauts existent sur les réseaux à neutre impédant (environ 10% des défauts). Mais ils existent surtout sur les réseaux à neutre compensé dans des proportions importantes (jusqu'à 80%).
- **Défauts fugitifs** : Ils nécessitent le fonctionnement des protections et sont éliminés par les automatismes de reprise de service après une ouverture d'environ 0.3s ou par le disjoncteur shunt.
- **Défauts semi-permanent** : Ils nécessitent le fonctionnement des protections et sont éliminés par les automatismes de reprise de service à l'issue du 1^{er} ou du 2^{ème} réenclenchement lent.
- **Défauts permanent** : Ils mettent le réseau hors tension et nécessitent l'intervention du personnel d'exploitation pour isoler l'équipement en défaillance et rétablir l'équipement en défaut. [7]

II.5. Défauts de type électrique [8]

II.5.1. Les surtensions

On appelle les surtensions toute tension entre le conducteur de phase et terre ou entre deux conducteurs de phases, dont la valeur maximale dépasse la valeur de crête correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel. L'importance de la contrainte à laquelle elle soumet les isolants, dépend grandement de sa valeur maximale et surtout de la vitesse avec laquelle elle s'établit.

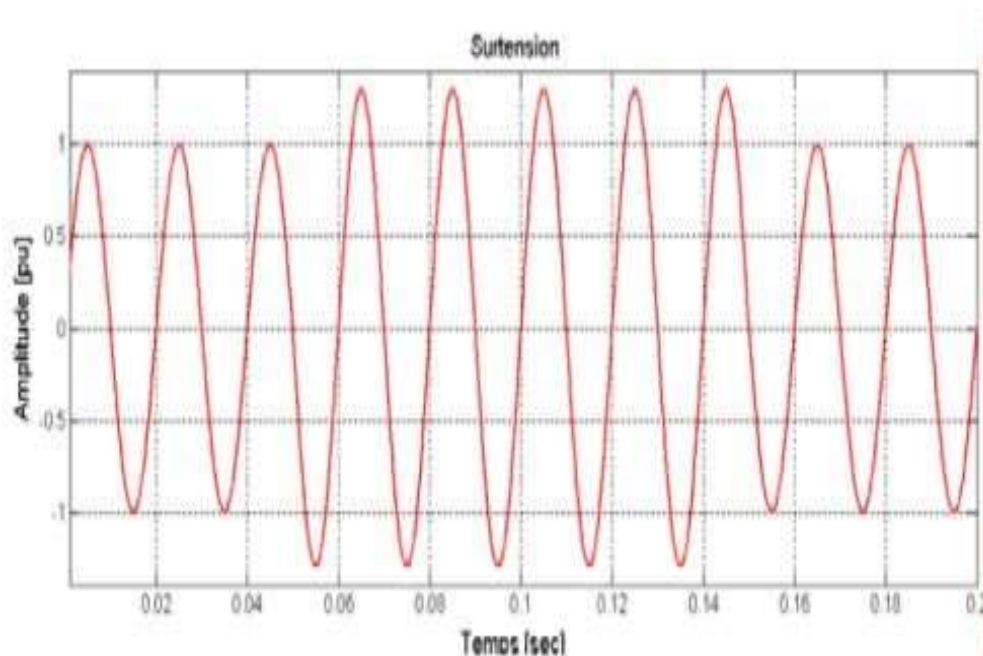


Figure II.2. Exemple de surtension [8]

On distingue :

Les surtensions à fréquence industrielle

Elles se manifestent à cause de mauvais réglage (centrale ou transformateur d'alimentation).

Au réseau à vide trop long. Elles ont pour conséquences:

- Contrainte sur les isolants
- Contrainte sur le circuit
- Contrainte sur les récepteurs

Surtensions à front rapide

Elles ont pour cause:

- Apport brutal de charges électriques
- Coup de foudre indirect
- Coupure brutale du courant en ligne

Elles ont par conséquent un risque de claquage des isolants dans l'air et/ou dans le transformateur.

II.5.2. Les surcharge

Elles se produisent lorsque les appareils installés pour les lignes d'alimentations sont trop puissants ou quand le travail demandé aux machines est exagéré, ce qui conduit à un courant de surcharge maintenu et ce dernier peut provoquer un échauffement anormal pouvant entraîner la détérioration des installations.

• Causes

- Court-circuit
- Surcharges violentes mais brèves
- Surcharges faibles mais durables

• Conséquences

- Vieillissement des équipements de réseau
- Couplages difficiles
- rupture de consommation ou de transit d'énergie
- Report de charge suite à la coupure d'une liaison en parallèle

II.5.3. Les déséquilibre

On appelle déséquilibre sur une ligne ou dans une installation triphasée la différence entre les trois courants de phases. Les déséquilibres sont généralement dus à la mauvaise répartition des charges sur les trois phases.

- **Causes**
 - L'enclenchement ou déclenchement d'un sectionneur ou d'un disjoncteur défectueux
 - Coupure d'un conducteur sans court-circuit
 - Mauvaise répartition des charges électriques
 - Inversion des deux phases
- **Conséquences**
 - Déséquilibre des tensions distribuées
 - Déséquilibre des courants
 - Perte de puissances
 - Échauffement

II.5.4. Les courts-circuits

Les courts-circuits sont des phénomènes transitoires. Ils apparaissent lorsque l'isolement est rompu entre deux conducteurs de tensions différentes, ou entre un conducteur sous tension et la terre. Ils engendrent des courts-circuits très importants dans les éléments constituant le réseau.

- **Causes**
 - Contact entre conducteurs
 - Claquage des isolants solides
 - L'amorçage par arc dans l'air ou un liquide isolant
- **Conséquences**
 - Chute de tension forte
 - Surintensité
 - Efforts électrodynamique (barre, transformateur)
 - Dégâts économiques importants s'ils ne sont pas éliminés rapidement par les systèmes de protection.

II.5.5. Les oscillations

Les oscillations de la tension et du courant sont dues à une vitesse plus ou moins rapide de la charge qui agit directement sur la vitesse de la rotation (fréquence) des machines de production de l'énergie électrique. Elles sont liées directement à la mécanique des machines électriques, c'est la raison pour laquelle on les appelle "phénomènes transitoires électromécaniques". [8]

II.6. Cycles d'élimination des défauts [9]

II.6.1. Les automatismes d'élimination des défauts

II.6.1.1. Disjoncteur shunt

C'est un appareil installé dans le poste source du réseau HTA à neutre impédant. Il shunt temporairement (durant environ 150 à 250 ms) l'impédance de neutre sur la phase en défaut si un défaut monophasé non auto-extincteur apparaît sur cette même phase durant un temps compris entre 60 et 100ms. Celui-ci permet en effet, d'abaisser suffisamment la tension au point de défaut pour l'éliminer. Il n'y a donc pas de coupure triphasée et, comme les tensions composées sont pratiquement inchangées, les utilisateurs ne sont pas perturbés.

II.6.1.2. Cycle rapide

C'est un cycle qui s'exécute automatiquement sur un disjoncteur de poste source ou en tête d'ossature. Ce disjoncteur coupe l'alimentation du réseau en défaut durant environ 300ms (± 100 ms). Pour les défauts monophasés, le fonctionnement du cycle est différent selon les régimes de neutre :

Neutre impédant : Le cycle s'exécute après la fermeture et la réouverture du disjoncteur shunt, si le défaut monophasé réapparaît durant un temps supérieur à 100ms.

Neutre compensé : Il n'y a pas dans ce cas, de disjoncteur shunt. Le cycle s'exécute dès la première apparition du défaut si le défaut est monophasé et s'il dure plusieurs centaines de millisecondes (typiquement de 600ms à 1s), que le défaut soit de type réamorçant ou en régime établi à 50Hz. Pour les défauts polyphasés, il n'y a jamais de fonctionnement du disjoncteur shunt. Ce cycle se produit si le défaut polyphasé apparaît durant un temps supérieur à 100 ms, quelle que soit la mise à la terre du neutre du réseau HTA. [9]

II.6.1.3. Cycle lent

Ce cycle utilise également un disjoncteur de poste source ou en tête d'ossature. Le temps d'ouverture du disjoncteur est généralement de 15s. Il s'exécute après le cycle rapide.

- Pour les défauts monophasés qui durent plus de 500 ms (± 200 ms) si le neutre est impédant), ou plus de 600ms à 1s si le neutre est compensé.

- Pour les défauts polyphasés qui durent plus de 500ms (± 200 ms).

II.6.1.4. Déclenchement définitif

C'est le déclenchement qui intervient à la fin des différents cycles configurés sur le réenclencheur (cycle rapide, 1 ou 2 cycles lents), appelés cycle de réenclenchement. Le disjoncteur reste ouvert jusqu'à l'intervention d'un opérateur. [9]

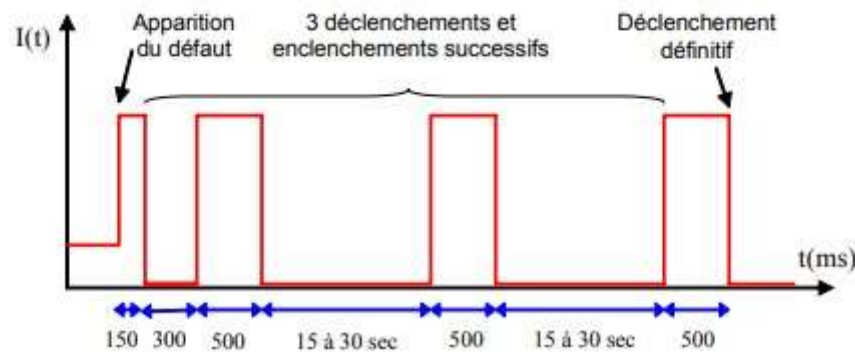


Figure.II.3.Cycle de réenclenchements d'un disjoncteur de départ [9]

II.7. Elimination des défauts

La surveillance permanente des grandeurs électriques du réseau, par capteurs fiables et bien dimensionnés alimentant des relais de protection, permet un isolement rapide de la zone de défaut.

On n'oublie pas que le temps d'élimination des défauts comprend deux composants principaux :

- Le temps de fonctionnement des protections
- Temps d'ouverture du disjoncteur

Une fois le défaut est détecté, il faut pouvoir le localiser au mieux afin de ne mettre hors tension que la partie du réseau la plus proche du défaut. Les protections doivent :

- Détecter la présence du défaut
- Identifier l'ouvrage atteint
- Commander les organes de coupure dont l'ouverture conduira à l'isolement de cet ouvrage par rapport au reste du réseau. [2]

II.8. Conclusion

Les défauts électriques ont longtemps gangrené le quotidien du réseau électrique. De par leurs natures différentes, ils ont su progresser car à chaque utilisation complexe de l'électricité résulte un moyen de maîtrise et de protection encore plus complexe.

Quand à chaque milliseconde est vitale pour l'être humain et pour les machines qui sont conçues pour fonctionner dans des conditions de travail bien déterminées, il est nécessaire d'avoir tout un ensemble structuré pour assurer une meilleure protection.

CHAPITRE III:

Localisation des défauts dans un réseau

HTA

III .1.Introduction

La fonction principale d'un réseau électrique étant d'assurer le transfert de l'électricité et l'acheminement de l'énergie électrique vers les consommateurs, ce qui constitue un point clef pour la gestion des réseaux électriques. La détection et la localisation de défauts dans ce réseau est alors une composante de plus en plus importante pour cette gestion.

Lors de l'occurrence de ces défauts, les responsables sur la gestion du réseau électrique doivent être informés puis intervenir pour régler ce défaut: **ces actions constituent la détection et la localisation de défauts dans les réseaux électriques.** [12]

Ce chapitre permettra d'aborder des différentes méthodes utilisées dans la recherche de défauts qui apparaissent sur le réseau : câbles moyenne tension de distribution d'énergie électrique et les auxiliaires du poste ainsi que l'explication pratique des principaux concepts.

Cette partie a été réalisée au niveau de la sonelgaz de Bouira.

III.2. Localisation des défauts sur les câbles HTA

La recherche de défauts sur un câble électrique consiste à localiser précisément ou se trouve l'anomalie. Cette exploitation peut être faite sur tous les types de câbles électriques :

- Câbles d'énergies basse et haute tension ;
- Câbles de télécommunication et de commande ;
- Câbles sous-marins ;
- Câbles chauffants ;.....

Les causes de rupture de câbles sont nombreuses :

- Danger externe : Les êtres humains, poids de machine lourdes ;....
- Danger atmosphérique : Chaleur, corrosion, inondation ;.....
- Vieillessement.

La rupture des câbles est désignée en pratique par « point faible » et on dit que c'est un « déclenchement définitif » lorsque le câble atteint le point faible. [13]

III.3. Principe générale de la recherche de défauts

La conduite d'une recherche de défauts a pour but de les situer sur le terrain.

L'emplacement exact du défaut avec une erreur ne dépassant pas un mètre quel que soit la longueur du câble.

La recherche de défauts doit être conduite dans un minimum de temps sans aggraver l'ouvrage (câbles et accessoires) en prenant en compte les risques qui s'y affèrent. [14]

Cette investigation présente des étapes bien définies :

Identifier le défaut : déterminer de quel type s'agit-il le défaut ;

Pré-localiser le défaut : réduire la distance d'investigation entre 1 et 10% de la longueur totale ;

Localiser le défaut : localiser précisément le défaut.

A ces trois étapes s'ajoute l'identification du câble, car il s'agit d'identifier le câble défectueux dans un faisceau de conducteurs à l'emplacement du défaut. C'est particulièrement important lorsque le défaut n'est pas visible de l'extérieur (cas de canalisation souterraine). [15]

On peut citer parmi les avantages de ces procédures :

Gains de temps ;

Economique ;

Diminution de l'impact environnemental.

III.4. Catégories de défauts de câbles électriques

Selon l'emplacement et l'installation du câble, deux catégories de défauts peuvent être observés : [15]

- Le défaut souterrain ;
- Le défaut aérien.

III.4.1. Défaut souterrain

Ce défaut se manifeste sur les câbles de transport et de distribution d'énergie que l'on ne peut pas voir à l'œil nu et qui sont enterrés dans des caniveaux. La canalisation souterraine est un moyen économique et sécurisé pour alimenter les abonnés urbains, en énergie électrique dans les meilleures conditions, de continuité de service ainsi que la bonne organisation des villes urbanisées tels que les réseaux téléphoniques; d'eaux; etc.

Les câbles souterrains moyens tension et basse tension dans le milieu urbain, sont exposés aux dangers atmosphériques et physiques ainsi qu'aux agressions externes. [14]

III.4.1.1. Les types de défauts souterrains

La plus grande partie des défauts survenant sur les réseaux souterrains est d'origine externes. On désigne: [14]

Défauts d'isolement: Le câble est soit mal isolé (âme conductrice et isolant), soit lui-même mal isolé par rapport à la terre. Ce défaut représente 85% de l'ensemble de défauts.

Défauts de continuité: C'est une coupure du conducteur traduite par le cisaillement du câble.

Défaut éclateur: C'est un cas particulier de défaut d'isolement rencontré sur les réseaux HTA lorsque la résistance de défauts tend vers l'infini. Il peut être assimilé et traité de la même façon qu'un défaut d'isolement.

Défaut intermittent: C'est un défaut qui dans un premier temps, provoque le fonctionnement des protections entraînant la mise hors tension du câble et qui immédiatement après se ré-isolement.

III.4.1.2. Les procédures de localisation des défauts

La localisation des défauts est un processus composé de plusieurs étapes qui doivent être exécutées de manière rapide et sécurisée pour éviter que les utilisateurs ne soient confrontés à une panne d'électricité. [16]

III.4.1.2.1. Branchement de " l'appareil recherche de défauts"

L'appareil recherche de défaut (un véhicule laboratoire dans certains cas) doit être raccordé afin de garantir la sécurité des opérateurs et des tiers. Les raccordements de cet appareil à l'extérieur sont les suivants: [16]

Câble de terre principale vers terre des masses du poste (liaison équipotentielle). Il est nécessaire de créer cette terre des masses si celle-ci n'existe pas.

Câble de terre auxiliaire vers, soit des plaques de cuivre sous les roues de véhicule, soit un petit piquet de terre planté au pied de l'appareil (contrôle de présence des terres et mesure de l'élévation du potentiel local).

Les trois phases de mesure de l'appareil vers les trois phases du câble en défaut ainsi que les écrans de ces câbles interconnectés et reliés à l'écran du câble en défaut ou au neutre.



Figure III.1. Appareil recherche de défaut -modèle <<MEGGER>>

On entend par véhicule laboratoire de recherche de défaut:

- Le porteur, généralement de type fourgon
- L'équipement, aménagé dans le porteur et comprenant, entre autres, les générateurs, les appareils de mesure et la connectique. [14]



Figure III.2. Véhicule laboratoire de recherche défaut

Il est ensuite demandé de suivre les procédures suivantes:

A- Identification de tronçon en 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. [17]

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.

A.1. 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.

Si on est certain que la liaison est intégralement réalisée en câble sans champ radial, seules les trois mesures phase/écran sont utiles.

Cependant, si le défaut a dégénéré (mauvais fonctionnement des protections) en un défaut bipolaire, les autres mesures peuvent être utiles.

Si la liaison comporte un câble à champ non radial, il faut compléter la mesure précédente par les trois mesures phase/phase.

Enfin, s'il s'agit d'un câble sans écran, après l'avoir isolé à toutes ses extrémités, on ajoutera autant de mesures complémentaires conducteur/terre que le câble comporte de conducteurs (ex. :3 phases, 1 neutre et 1 conducteur de protection).



FigureIII.3. mégohmmètre

A.2. Essai diélectrique

Comme nous venons de le voir, l'essai diélectrique est indispensable pour éclaircir le choix de la méthode de pré-localisation dès que la valeur de R_d (résistance d'isolement) s'élève quelque peu.

En utilisant un générateur de tension dont l'intensité de courant maximal est limitée à 10 mA, on applique une tension croissante à chaque conducteur de phase successivement par rapport à l'ensemble des autres conducteurs du câble réunis à la terre (cette mise à la terre est automatiquement réalisée par le sélecteur de phase du véhicule laboratoire).

Lors de l'essai, on doit pouvoir augmenter la tension jusqu'à $3U_0$ (U_0 =tension nominale). La durée de cet essai est limitée à quelques secondes après une montée régulière jusqu'à cette valeur.

On remet alors le générateur à zéro et on observe la vitesse de décharge du câble. Lorsque le matériel comporte un ampèremètre de contrôle, on peut mesurer la valeur du courant de charge pendant la montée en tension.

A.3. 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 terre, dans le cas d'un câble sans dérivation (pont de Sauty ou Nernst, abandonnés aujourd'hui) ;

Soit encore en mettant en œuvre une méthode écho-métrique : la méthode classique.

B. Pré-localisation

La pré-localisation est nécessaire et fiable pour situer un défaut de câble souterrain rapidement et efficacement. La pré-localisation consiste à déterminer à quelle distance se situe le défaut à partir des extrémités du câble. [17]

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 mesure ou lever une incertitude, soit pour préparer l'étape suivante.

C- La localisation précise de l'endroit de défaut

Cette opération permet de déterminer le défaut exacte par:

- Envoi des impulsions de courant avec l'appareil émetteur pour réceptionner les ondes avec le récepteur de l'onde de choc: méthode dite de réflexion;
- utilisation du " traceur de câbles " afin de poursuivre et voir la profondeur du câble;
- Utilisation de " l'identificateur de câble " pour détecter le câble hors tension. [17]

III.4.1.2.2. Les règles de sécurité

Les cinq règles de sécurité suivantes sont à respecter rigoureusement:

Isoler le câble (le déconnecter)

Etre assuré contre les ré-enclenchements

S'assurer de l'absence de tension

Etre relié à la terre

couvrir ou isoler les parties environnantes sous tension. [17]

III.4.1.3. Recherche de défauts sur câble souterrain par "Echométrie"

L'échométrie est la principale technique de pré-localisation de défaut sur les câbles d'énergie. On appelle méthodes écho-métrique les méthodes de localisation de défaut basées sur des mesures de vitesse de propagation d'ondes électromagnétiques dans le câble.

Un échométrie est un instrument de mesure permettant de localiser un ou plusieurs défauts sur un câble. Ceci est possible grâce à l'association d'un générateur d'impulsions électroniques, délivrant des impulsions de tension de valeur crête comprise entre quelques volts et jusqu'à 150 ou 200V avec des temps de front de 10 à 100ns, et d'un oscilloscope. [18]

C'est l'impulsion elle-même qui déclenche l'enregistrement d'une image: un écho-gramme.

III.4.1.3.1. Méthode classique

On peut aussi nommer cette méthode : échométrie BT en comparaison, puisque cela caractérise parfaitement la manière de mise en œuvre.

L'écho-mètre étant aiguillé vers les 3 phases du câble en défaut, un commutateur interne va diriger successivement l'impulsion vers chacune des phases. Selon l'appareil, on pourra visualiser les écho-grammes, superposés de 2 ou 3 phases.

L'écho-mètre permet, à minima, de visualiser les phases par paires, en rotation : L1/L2, L2/L3, L3/L1.

Des écho-grammes caractéristiques après une comparaison entre une phase saine et une phase en défaut sont donnés sur la **figure 4**. La première divergence correspond à la mesure du défaut. [17]

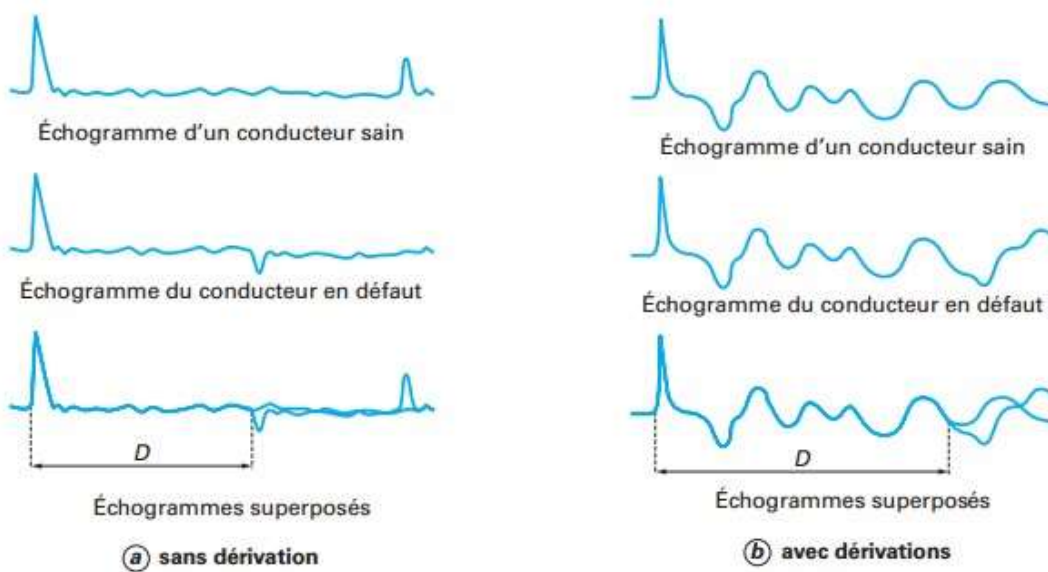


Figure III.4. Méthode classique-écho-gramme caractéristique [17]

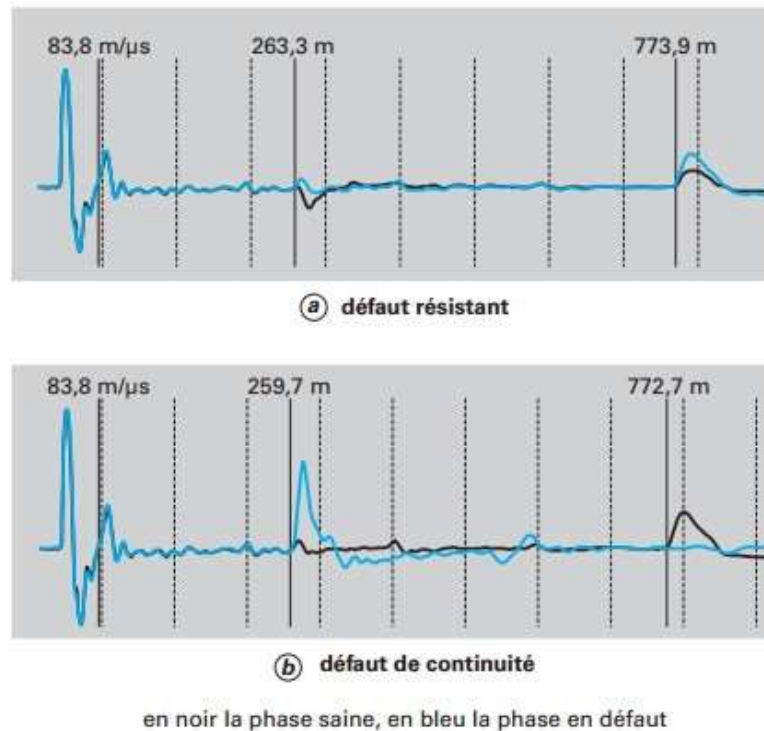


Figure III.5. Méthode classique-copie d'écran d'écho-gramme [17]

III.4.1.3.2. Méthode de réflexion sur l'arc

Historiquement, cette méthode n'a été mise au point qu'au début des années 1980. La genèse de cette méthode est finalement assez simple et résulte de l'observation de la technique du brûlage. [17]

En effet, dans son premier état, la phase en défaut est échométriquement saine, et lors de la deuxième mesure, on traite un défaut très faiblement résistant, proche du court-circuit.

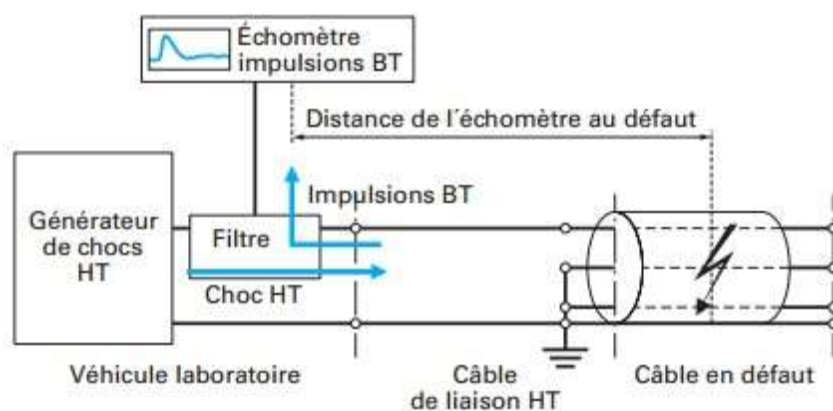


Figure III.6. Réflexion sur l'arc - schéma de raccordement

Cette méthode fonctionnera donc comme ceci:

En première étape, on émet une impulsion basse tension. L'écho-gramme est enregistré dans la première mémoire ;

La deuxième étape commence par l'émission d'une onde de choc. Un capteur permet à l'écho-mètre de « la voir passer ». Après un léger retard, parfois réglable, l'écho-mètre émet une impulsion basse tension. Lorsque l'onde de choc atteint l'emplacement du défaut, et après un certain temps d'ionisation, un arc prend naissance. L'impulsion basse tension doit alors arriver à ce moment et « rencontrer » l'arc/court-circuit pour y rebondir, s'y réfléchir. L'image enregistrée dans la deuxième mémoire est bien celle d'un défaut de court-circuit ;

Après superposition des écho-grammes situés dans les deux mémoires, il reste à mesurer la distance jusqu'à la première divergence. On peut consulter un exemple de courbe théorique sur la **figure7**.

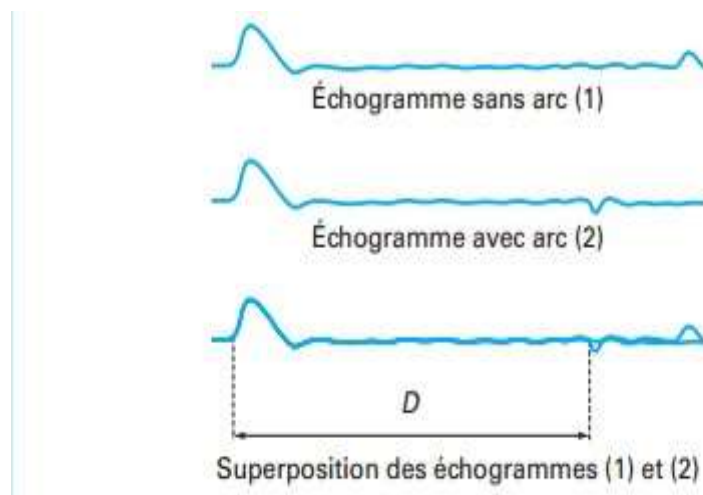
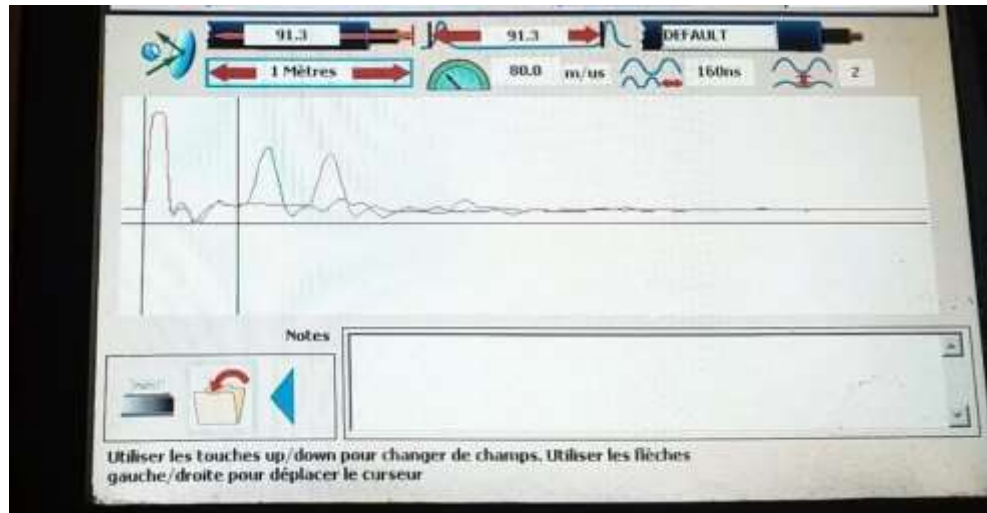


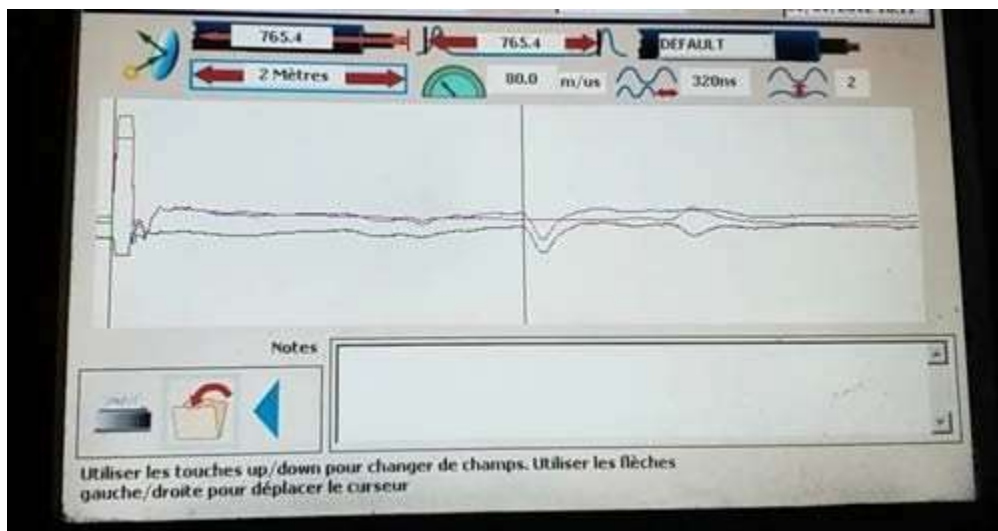
Figure III.7. Réflexion sur l'arc-écho-gramme caractéristiques

Quelques essais réels sur la localisation des défauts souterrains



FigureIII.8. Défaut d'un Câble technique d'électricité à lakhedariya

Dans ce cas, nous n'avons pas fait la réflexion sur arc, mais nous avons remarqué que les ondes bleu et rouge sont différentes, donc il est considéré comme un défaut et nous avons trouvé que le câble est complètement coupé.



FigureIII.9. Défaut d'un câble souterrain à bouira

Dans ce cas, nous avons remarqué deux courbes de sens négatifs. donc il y a un défaut sur les deux phases de câble.

Exemple réel sur un défaut souterrain



Figure III.10. Défaut sur un câble souterrain

Cet exemple montre un défaut sur un câble souterrain, pendant sa préparation pour placer une boîte de jonction, l'opérateur a causé une fissure sur la partie isolante du câble et donc l'endommagement de la partie semi-conducteur.

III.4.2. Défaut aérien

Ce défaut se manifeste sur les câbles de transport et distribution d'énergie que l'on peut voir à l'œil nu et qui traversent des supports aériens (pylônes, transformateur,...).

Les lignes aériennes sont soumises aux perturbations suivantes :

Atmosphériques (foudres, tempête, givre,...).

Mécaniques (chute d'un conducteur, dégradation mécanique d'un conducteur,..)

Humaines (fausses manœuvres d'exploitation). [14]

III.4.2.1. Technique préventive de détection des défauts dans un câble aérien

III.4.2.1.1. Localisation du défaut aérien à l'œil nu

Contrairement au défaut souterrain qui sont plus compliqués à détecter et qui demandent du matériels spécial pour la localisation directe et précise, les défauts aérien (claquage de câble , masse électrique...) sont beaucoup moins compliqués que ces derniers étant donné qu'on peut visualiser directement à œil nu le défaut dans le câble aérien.



Figure III.11. Câble aérien endommagé (claquage)

III.4.2.1.2. La thermographie infrarouge

La thermographie infrarouge est la science de l'acquisition et de l'analyse d'informations thermique à l'aide de dispositifs d'imagerie thermique à distance.

Par le terme thermographie infrarouge, on attend l'utilisation d'une caméra sensible aux rayonnements infrarouges pour visualiser et/ou mesurer l'énergie thermique émise par un objet. Le terme « thermographie » signifie « écrire avec la chaleur ». [14]

III.4.2.2. Les caméras thermiques FLIR

- Sont aussi faciles à utiliser qu'un caméscope ou un appareil photo numérique ;
- Vous donnent une image globale de la situation ;
- Identifient et localisent le problème ;

- Mesurent les températures ;
- Enregistrent les informations ;
- Vous indiquent exactement ce qui doit être réparé ;
- Vous aident à détecter les défaillances avant que les vrais problèmes n'apparaissent ;
- Vous permettent d'économiser du temps précieux et de l'argent ; [20]



Figure III.12. Camera thermique-modèle FLIR [20]

III.4.2.3. Principe de la thermographie

Chaque objet qui a une température supérieure au zéro absolu, produit une chaleur, plus la température de l'objet est élevée, plus l'émission des radiations IR (Infrarouges) est forte.

La caméra thermographique infrarouge (ou thermo-caméra) visualise ce que l'œil humain ne peut pas voir et permet une mesure précise sans contact de la température de l'objet. Le cliché généré est appelé image thermique ou « thermo gramme », après transcription en température. Cette technique consiste à détecter précisément les points chauds des ouvrages électriques (linges aériennes, postes de transformation,..). Après mesure des températures, on pose : [16]

$$\Delta T = T_m - T_a \quad [III.1]$$

T_m : température mesurée ;

T_a : température atmosphérique.

Si :

- $\Delta T \geq 10^\circ \text{C}$: c'est une anomalie de premier degré (nécessite un suivi de près) ;
- $\Delta T \geq 20^\circ \text{C}$: c'est une anomalie de deuxième degré (à programmer) ;
- $\Delta T \geq 30^\circ \text{C}$: c'est une anomalie de troisième degré (à signaler en urgence pour y remédier).



Figure III.13. Défaut électrique détecté sur la camera thermique [20]

III.4.2.4. Domaine D'utilisation

Cette technique est employée

- En électricité ;
- Dans les bâtiments ;
- Dans les fours et chaudière ;
- En mécanique ;
- Dans les cuves et réservoirs ;
- Pour les problèmes d'écoulement de fluide ;
- Pour la recherche et développement ;
- En médecine vétérinaire ;
- Dans le contrôle de la qualité et surveillance des procédés. [14]

III.5. Test et diagnostic des auxiliaires de poste

III.5.1. Définition d'un mégohmmètre

Un mégohmmètre est un Ohmmètre spécifique destiné aux mesures des résistances d'isolement électrique. Cet appareil est utilisé pour mesurer l'isolement et la continuité d'un équipement électrique tel que par exemple une machine électrique, des câbles d'énergies, des isolateurs, des parafoudres ainsi que tout équipement ou installation susceptible de présenter un danger pour la sécurité en cas de défaut. [21]



III.114. Mégohmmètre

III.5.2. Définition d'un test d'isolement électrique

La mesure de la résistance d'isolement s'appuie sur la loi d'Ohm. En injectant une tension continue de valeur connue et de valeur inférieure à celle de l'essai diélectrique puis en mesurant le courant circulant, il est possible de déterminer simplement la valeur de la résistance. [22]

III.5.2.1. Causes de défaillances de l'isolement

La mesure de l'isolement d'un équipement électrique à l'aide d'un mégohmmètre s'inscrit dans une politique de maintenance préventive et il convient de comprendre les différentes causes de dégradation possible des performances de l'isolement de cet équipement. [22]

On peut résumer ces causes en cinq groupes :

Les causes d'origine électrique : Généralement liés à des phénomènes de sur tension et de sous-tension ;

Les causes d'origine mécanique : Sont généralement due au matériel, câbles, défauts d'équilibrage de machine tournante, ou la mise en marche ou arrêt

Les causes d'origines chimique : La proximité des produits chimiques, huiles et vapeurs corrosives et de façon générale la poussière affecte la performance de l'isolement ;

Les causes d'origines variations de la température : En combinaison avec les causes mécanique provoquées par les séquences de marche et d'arrêt des équipements, des contraintes de dilatation ou de contraction affectent les caractéristiques des matériaux isolants. Le fonctionnement aux températures extrêmes est également un facteur de vieillissement des matériaux.

Les contaminations de l'environnement : Le développement de moisissures et le dépôt de particules dans l'environnement humide et chaud participent également à la détérioration des caractéristiques d'isolement des installations.

III.5.2.2. Principe de mesure de l'isolement électrique

Par principe la résistance d'isolement présente une valeur très élevée mais pas infinie et donc la mesure du faible courant, l'appareil de mesure indique la valeur de résistance de l'isolement en fonction du résultat KW,MW,GW, voir pour certain modèles en TW. Cette résistance exprime la qualité de l'isolement entre deux éléments conducteurs et fournit une bonne indication sur les risques de circulation de courant de fuite.

Un certain nombre de facteurs (la température ou l'humidité...) affectent la valeur de l'isolement, donc la valeur du courant circulant lorsqu'une tension constante est appliquée au circuit sous test. [22]

III.5.2.3. Précautions à prendre lors du test d'un fort isolement

Il y'a cinq règles de sécurité à suivre lors de la mesure d'un fort isolement dans quelconque appareil électrique. [22]

- Utilisation de la borne Garde ;
- Utilisation de cordons propres et secs ;
- Eloigner les cordons les uns des autres et sans contact avec des objets ou le sol, de façon à limiter la possibilité de courants de fuites au sein même de la chaine de mesure ;

- Ne pas toucher ni déplacer les cordons durant la mesure afin de ne pas créer un effet capacitif parasite ;
- Attendre le temps nécessaire à une stabilisation dans le cas d'une mesure ponctuelle

III.5.3. Définition d'un test de continuité électrique

Un test de continuité est une vérification rapide qui permet de déterminer si un circuit est ouvert ou fermé. Seul un circuit fermé et complet (mis sous tension) a de la continuité. Au cours d'un test de continuité, le multimètre numérique envoie un peu de courant dans le circuit pour mesurer sa résistance. [23]

III.5.3.1. Causes de défaillance de la continuité [23]

- **Le vieillissement** : La durée de service d'un câble peut être considérablement réduite s'il doit opérer en dehors des conditions de fonctionnement optimales pour lesquelles il a été conçu. Le processus de vieillissement entraîne généralement une fragilisation, une fissuration et une défaillance éventuelle des matériaux d'isolation et de revêtement, exposant le conducteur et risquant un court-circuit potentiel, une cause probable d'incendie électrique ;
- **Le type d'application** : Si le câble sélectionné dans l'équipement électrique n'est pas approprié pour l'application, il est probable qu'il échoue en service. Un câble insuffisamment robuste pour l'environnement, soit mécaniquement assez résistant à l'usure et à l'abrasion ou chimiquement résistant aux conditions ambiantes, est plus susceptible de tomber en panne qu'un câble dont la composition est adaptée à l'environnement d'installation ;
- **La panne mécanique** : Si une partie de l'équipement est endommagée lors de l'installation ou lors d'une utilisation ultérieure, l'intégrité de l'équipement sera affectée et réduira sa durée de vie et cela mène à la discontinuité électrique ;
- **La surchauffe des câbles électriques** : La surchauffe d'un câble entraîne une dégradation du matériau d'isolation et de la continuité électrique, ainsi qu'une défaillance prématurée. La chaleur peut provenir d'une source externe être générée par la résistance lors du passage du courant dans le conducteur – une défaillance qui risque d'advenir lorsque le câble est surchargé et/ou sous-évalué pour l'application ;
- **La surcharge électrique** : En principe, la surcharge électrique se produit quand un câble est sous-évalué pour l'application ou s'il subit trop de charge cela peut produire un endommagement des parties de l'équipement électrique. [23]

III.5.3.2. Principe de mesure de la continuité électrique

La continuité est la présence d'un trajet complet pour la circulation du courant.

La mesure de continuité est une vérification rapide pour déterminer si un circuit est fermé ou ouvert. Seul un circuit complet et fermé (mise sous tension) a une continuité.

Au cours de la mesure, l'appareil de mesure envoie un peu de courant dans le circuit pour mesurer sa résistance. Du même que la mesure de l'isolement l'appareil de mesure indique la valeur de résistance de la continuité en fonction du résultat KW, MW, GW, voir pour certains modèles en TW. [23]

Plus la valeur de résistance est proche de 0 zéro, plus la continuité est bonne.

III.5.3.3. Précautions à prendre lors du test de continuité électrique

Le point le plus important à prendre en considération lors de la mesure de la continuité électrique de quelque appareil électrique est que le conducteur n'est pas sous tension, donc lors des différentes manipulations et tests de continuité, il faut vérifier toujours l'absence de tension. [23]

III.5.4. Sécurité de l'essai

- **Avant le test**

- Le test doit être effectué dans une installation hors tension et déconnectée afin d'assurer que la tension de l'essai ne sera pas appliquée à des équipements autres qui seraient raccordés électriquement au circuit à tester ;
- S'assurer que le circuit est déchargé. La décharge peut être effectuée en court-circuitant et/ou en reliant la terre et les bornes de l'équipement pendant un temps suffisant ;
- Une protection particulière est à observer lorsque le dispositif à tester se trouve localisé dans un environnement inflammable ou explosif, des étincelles pouvant survenir lors de la décharge de l'isolant (avant et après test) mais également durant le test d'isolement défaillant ;
- De fait de la présence de tensions continues pouvant être élevées, il est recommandé de réduire au maximum l'accès au personnel et de porter des équipements de protection individuelle notamment des gants de protection électrique ;

- N'utiliser que les câbles de raccordements adaptés au test à réaliser et dans leur parfait, dans le meilleur cas, des câbles inadaptés induiront des erreurs de mesures mais peuvent surtout être dangereux.

- **Après le test**

A l'issue du test, l'installation a accumulé une quantité d'énergie qu'il est très important de décharger pendant une durée de cinq (5) fois égale au temps de charge (temps du dernier essai). [22]

III.6. Quelques essais sur l'isolement et continuité électrique dans un réseau HTA

Les tests de continuité et d'isolement sont pratiqués sur l'une des parties les plus importantes d'un réseau électrique qui est le transformateur.

III.6.1. Définition d'un transformateur

Un transformateur électrique est une machine électrique permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme. [24].



Figure III.15. Transformateur électrique

✚ Test de continuité sur un transformateur électrique :

- **Mesure de continuité entre primaire et secondaire dans le cas d'absence de défaut :**



Figure III.16. Résultat de mesure de continuité (cas sans défaut)

Interprétation des résultats

La résistance électrique, pour rappel, est la capacité d'un matériau à laisser passer le courant.

Un matériau qui laissera passer le courant facilement aura une résistance très faible.

Un matériau qui empêchera le courant de passer aura une résistance très forte.

Dans ce test, cet appareil diffuse un léger son lorsque le résultat est positif. La valeur de la résistance est très faible (0,02 GΩ), donc la continuité est parfaite.

○ **Mesure de continuité dans le cas de défaut:**



Figure III.17. Branchement de l'appareil de mesure de continuité



Figure III.18. Résultat de la mesure de continuité (cas de défaut)

Interprétation des résultats

Dans ce cas, l'appareil ne diffuse aucun son donc le résultat est négatif. On a trouvé que la valeur de la résistance est loin de zéro (10.0GΩ). La continuité n'est plus parfaite donc il y a un défaut.

✚ Test d'isolement sur un transformateur électrique

- **Mesure d'isolement entre phase et terre (carcasse du transformateur) dans le cas d'absence de défaut :**



Figure III.19. Résultat de mesure d'isolement cas d'absence de défaut

Interprétation des résultats

Plus la résistance est élevée plus l'isolant est considéré comme de bonne qualité. Elle doit être supérieure ou égale à $10\text{G}\Omega$.

- Si la résistance est supérieure ou égale à $10\text{G}\Omega$, l'isolement est de bonne qualité.
- Si la résistance est inférieure à $10\text{G}\Omega$, l'isolement est de mauvaise qualité, donc il y a un défaut dans ce transformateur.

Dans ce test, tout d'abord on a appliqué une tension continue pendant quelques secondes, la valeur obtenue via l'appareil de mesure est assez grande ($10.0\text{G}\Omega$), donc l'isolement est de bonne qualité.

- **Mesure d'isolement entre phase et terre (carcasse du transformateur) dans le cas de défaut :**



Figure III.20. Résultat de mesure d'isolement (cas de défaut)

Interprétation des résultats

Dans ce test, la valeur de la résistance obtenue via l'appareil est faible ($1,07\text{G}\Omega$), donc il y a un défaut.

III.7. Conclusion

A travers le temps, le matériel électrique a connu une évaluation systématique et des méthodes de recherches des défauts ont considérablement été améliorées. Sur un câble de grande longueur, surtout enterré, cela évite son déplacement et les frais s'y rapportant.

Les procédures de recherche de défauts sont effectuées entre postes « injections de courant » et se déroulent sans coupure car les postes sont bouclés entre eux.

D'une autre part, l'ensemble des installations et équipements électriques respectent des caractéristiques d'isolement et de continuité afin de permettre un fonctionnement en toute sécurité, que ce soit au niveau des câbles de raccordement, des dispositifs de sectionnement et de protection ou au niveau des moteurs et générateurs, les essais sont réalisés à l'aide de matériaux présentant une forte résistance électrique de façon à limiter au maximum de courants en dehors des conducteurs.

Conclusion Générale

Conclusion général

Le sujet de ce mémoire concerne les défauts dans les réseaux électriques HTA et leur localisation afin d'assurer a un fonctionnement normal qui réponds aux trois exigences essentielles de la fourniture de l'énergie électrique aux clients : la stabilité, l'économie et surtout la continuité du service.

Dans le premier chapitre du mémoire, nous avons parlé des généralités d'un réseau HTA, les différentes centrales électrique, la description du réseau, sa structure général et son domaine de tension.

Et on s'est intéressant plus particulièrement aux postes de transformation, les différents types de postes HTA, leurs protections, la conception générale d'un poste HTA/BT et de ces différents équipements, et un petit aperçu sur les lignes et câbles électriques dans le réseau HTA.

Le deuxième chapitre est accordé aux défauts qui peuvent atteindre le réseau HTA, leurs origines, types, nature et caractéristiques ainsi aux cycles d'éliminations de ces défauts qui apparaissent dans les réseaux ou dans des parties du réseau. Nous avons parlé notamment de la détection des défauts qui peuvent apparaître sur l'une des parties importantes du réseau qui est le câble.

Les essais de localisations des défauts dans le réseau HTA sont effectués dans le troisième chapitre, une partie est destiné aux localisations des défauts dans les câbles souterrains et aériens, des tests réelles on était faits afin de pouvoir cerner le défaut en question. La seconde partie est consacré aux tests d'isolement et continuité, des essais sont exercés sur une partie major du réseau dite transformateurs, ou nous avons vu clairement quelconques endommagement qui peuvent atteindre cette partie de réseau.

Comme perspective, un travail et une recherche peut être faite sur les différentes méthodes de traitement de ces défauts après la localisation.

Liste des références

- [1]: M.MOUDOUD." Etude des protections d'un départ moyenne tension application d'un poste 60KV/30KV de TIZI-MEDEN". Mémoire de fin d'étude. 2013
- [2].Groupe sonalgaz. " Protection des réseaux électriques HTA". Document technique de groupe sonelgaz.2018.
- [3].T.NABECHE, F.TEZKRATT." Restructuration du réseau électrique MT de la région de Fréha pour alimentation du pôle d'excellence de Tamda". Mémoire de fin d'étude. 2014.
- [4]. Philippe CARRIVE. Réseaux de distribution « Structure et planification».Technique de l'ingénieur D4 210.
- [5].Garba Moussa Hamissou et Sidi Ousmane. "Etudes des protections des réseaux électriques MT (30KV et 10KV). Mémoire de fin de formation. 2018
- [6].WIKIPEDIA 'Court-circuit, Sectionneurs, Surtension, Eclateurs, Transformateur électrique, Protection des réseaux électrique, Les relais, Appareillages électrique
- [7].S.ABBASSEN et N.KACED ' Etude des protection des départs MT application poste 60/30 KV FREHA. Mémoire d'ingénieur. 2008.
- [8].WIKIPEDIA."Court-circuit, Sectionneurs, Surtension, Eclateurs, Transformateur électrique, Protection des réseaux électrique, Les relais, Appareillages électrique". Visité en 09/2021
- [9].S. Martino. « Localisation des défauts dans les réseaux d'énergie électrique (Etude bibliographique) » Nte/Sy6/02/001/A – IDEA/EDF/LEG/SE, 2002
- [10]: <https://blog.materielelectrique.com/cables-electriques/>. visité en 09/2021.
- [11].Ammari aimed et abdoun lamine." Etude du vieillissement d'un câble isolé en PRC sous tension alternative". Mémoire de fin d'étude. Université de Bejaïa. 2019
- [12].Cong due pham "Détection et localisation des défauts dans les réseaux de distribution en présence de génération d'énergie dispensée HTA". Thèse pour l'obtention de grade de docteur de l'INP de Grenoble, spécialité génie électrique, INP de Grenoble.2005

- [13]. [https://fr.wikipedia.org/wiki/recherche de d%C3%A9faut sur C%C3%A2bles? e pi=7%2CPAGE ID10%2C3247420856](https://fr.wikipedia.org/wiki/recherche_de_d%C3%A9faut_sur_C%C3%A2bles?e_pi=7%2CPAGE_ID10%2C3247420856). visité en 10/20121.
- [14]. Henri Hubin, "Recherche de défauts sur câbles d'énergie". RCD-consultant. 2006
- [15]. Henri Hubin. "Localisation de défauts câbles". BAUR, 2012
- [16]. Documentation fournie par RDC (group sonelgaz).
- [17]. Henri KUZYK. "Câbles d'énergie: recherche et identification des défauts". Document technique de l'ingénieur D 4 541v2.2008
- [18]. HOUAIDJ Fatima et KEDDAR Cherifa. "Sécurité dans les véhicules laboratoires de recherche de défauts câbles". Seba KMT.2003
- [19]. Henri KUZYK. "Câbles d'énergie-prélocalisation des défauts par échométrie". Technique de l'ingénieur, D 4542.2008
- [20]. [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=camera thermique/oldid=153233313](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=camera_thermique/oldid=153233313); visité le 10/10/2021.
- [21]. <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9gohmm%C3%A8tre>, visité le 11/10/2021
- [22]. "Guide de la mesure d'isolement". Chauvin Arnoux GROUP. 906210195, 2ème édition.
- [23]. <https://www.fluke.com/fr/apprendre/blog/installations-electriques/qu-est-ce-que-la-continuite>. visité le 11/10/2021.
- [24]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformateur_%C3%A9lectrique. visité le 11/10/2021