



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur
et de la Recherche scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued
Faculté de la Technologie

Mémoire de Fin d'Études
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Technologie
Filière : Génie Électrique
Spécialité : Réseaux Électriques

Thème

***Etude de contournement des isolateurs
à haute tension***

Réalisé par :

ALLALI Salim

NAKES Yahya

Encadré par :

Dr. GUIA TALAL

Soutenu en Juin 2019

REMERCIEMENTS

Nous remercions ALLAH qui nous a donné la sagesse pour achever ce modestetravail.

Au terme de ce travail, nous souhaitons exprimer notre gratitude et nos remerciements à notre mentor le Dr. Guia Talal, pour la confiance dont il nous a gratifiés en acceptant d'encadrer les travaux de ce mémoire, en se préoccupant constamment de son avancement, et à tous ceux qui on de prés ou de loin contribués à notre étude .

Nakes Yahya

Allali salim

Dédicace

En cet honorable lieu, d'un simple geste tracé par écrit, mais qui jaillie du profond sentiment de reconnaissance, permettez-moi de citer les noms comme un mémorandum pour ceux qui ont une place particulière:

*A mon très cher père
A ma très chère mère
A mes frères et sœurs*

A tous mes cousins sans exception

A toute ma famille.

A tous mes ami(e)s sans exception.

A tous; je dédie cet ouvrage, qui est le sens de mes études supérieures, tel un présent du cœur, en priant ALLAH tout puissant à le mettre au service de notre nation et du bien de l'humanité, et qu'il sera une lumière sur mon parcours professionnel.

Yahya, Salim

Résumé

Dans ce travail , nous nous proposons d'étudier le phénomène de pollution des isolateurs de ligne haute tension (tension alternative 50 Hz). pour cela, nous avons effectué une série d'essais sur un modèle d'isolateur ,au niveau du Laboratoire de haute tension, les données et tension sont enregistrées, afin , nous proposons un modèle de laboratoire qui simule le comportement de l'isolateur ,vis-à-vis du contournement , et cela pour différents conductivités des couches polluantes et différents niveaux de tension.

Mots clés : haute tension ,isolateurs ,contournement , pollution

ملخص

في هذا العمل ، نقترح دراسة ظاهرة تلوث عوازل خط الجهد العالي (50 هرتز) لهذا قمنا بإجراء سلسلة من الاختبارات على نموذج عازل ، على مستوى مخبر الجهد العالي. يتم تسجيل البيانات الحالية والجهد ، من أجل تنفيذ معالجة الإشارات ، نقترح نمودجا مختبريا يحاكي سلوك العازل ، في مايتعلق بالتجاوز وتيار التسرب ، وهذا من أجل توصيلات مختلفة من الطبقات الملوثة ومستويات مختلفة من التوتر

الكلمات المفتاحية : الجهد العالي, العوازل, الإحاطة, التلوث

Summary

In this work, we propose to study the phenomenon of pollution of high-voltage line isolators (50 Hz AC voltage). For this, we carried out a series of tests on an isolator model, at the laboratory level. high voltage, data and voltage are recorded, so we propose a laboratory model that simulates the behavior of the insulator, vis-à-vis the bypass, and this for different conductivities of polluting layers and different voltage levels.

Key words: Pollution, surround, insulators, high voltage

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapiter I. Isolateurs de haute tension

I.1. Introduction.....	3
I.2. Quelques définitions concernant les isolateurs.....	3
I.2.1. courant de fuite critique.....	3
I.2.2. Tension de tenue (Tension d'essai).....	3
I.2.3. Contournement.....	3
I.2.4. Contrainte de Contournement.....	3
I.2.5. Tension de Contournement.....	3
I.2.6. Courant de fuite.....	4
I.2.7. Rigidité diélectrique.....	4
I.2.8. Résistivité diélectrique.....	4
I.2.9. Conductivité électriques.....	4
I.3. Les isolateurs.....	4
I.3.1. Définition des isolateurs de haute tension.....	4
I.3.2. Fonctionnement et constitution d'un isolateur.....	5
I.4. Caractéristiques d'un isolateur.....	5
I.5. Types d'isolateurs.....	6
I.5.1. Isolateurs rigides.....	6
I.5.2. Isolateurs suspendus ou éléments de chaîne.....	7
I.5.3. Isolateur longfut.....	7
I.5.4. Isolateur capot et tige.....	7
I.5.4.1. Les différents profils de Isolateur capot et tige	8
I.5.4.2. Profil standard.....	8

I.5.4.3. Profil anti brouillard (forme A).....	9
I.5.4.4. Profil antibrouillard(forme B).....	9
I.5.4.5. Profil sphérique.....	10
I.5.4.6. Profil plat.....	10
I.6.Choix des isolateurs.....	11
I.7.Matériaux isolants utilisés pour la fabrication des isolateurs.....	11
I.7.1. Céramique.....	11
I.7.2. Le verre.....	12
a Le verre trempé:.....	12
b Le verre recuit.....	12
I.7.3. Matériaux synthétiques.....	12
I.8. Défauts des isolateurs.....	14
I.8.1. Défauts électriques.....	14
I.8.2. Défauts mécaniques.....	15
I.8.3. Défauts dus à la manipulation.....	15
I.9. Vieillissement des matériaux isolants.....	15
I.9.1. Farinage.....	16
I.9.2. Faïençage.....	16
I.9.3.Craquelures.....	16
I.9.4.Erosion.....	16
I.9.5.Acheminement.....	16
I.10. Conclusion.....	17

Chapitre II. Pollution des isolateurs

II.1. Introduction.....	18
II.2. Sources de pollution.....	18
II.2.1. Pollution naturelle.....	18

II.2.1.1. Pollution marine.....	18
II.2.1.2. Pollution désertique.....	18
II.2.2. Pollution industrielle.....	19
II.2.3. Pollution mixte.....	19
II.3. Formation et répartition de la couche de pollution.....	19
II.3.1. La non-uniformité longitudinale par groupe.....	19
II.3.2. La non-uniformité transversale.....	20
II.3.3. La non-uniformité longitudinale périodique.....	20
II.4. Conséquences de la pollution.....	20
II.4.1. Arc non localisé :.....	21
II.4.2. Arc fixe :.....	21
II.4.3. Contournement des isolateurs pollués:.....	22
Etape 1 : Dépôt de la pollution.....	22
Etape 2 : Humidification de la pollution.....	23
Etape 3 : Développement des zones sèches et apparition d'arcs.....	24
Etape 4 : Comportement des arcs.....	24
II.5. l'influence de pollution sur les isolateurs.....	25
II.6. Sévérité de pollution d'un site.....	25
II.6.1. Classification des sites pollués.....	25
II.6.1.1. Classe1.....	26
II.6.1.2. Classe2.....	26
II.6.1.3. Classe3.....	26
II.6.1.4. Classe4.....	26
II.7. Méthodes d'essais sous pollution.....	26
II.7.1. Essais sous pollution naturelle.....	26
II.7.2. Essais sous pollution artificielle.....	27
II.7.3. Méthode de la couche solide.....	27

II.7.4. Méthode du brouillard salin.....	27
II.7.5. Méthode de pollution liquide.....	27
II.8. Techniques de Lutte contre La pollution :	28
II.8.1. Allongement de la ligne de fuite.....	28
II.8.2. Isolateurs plats.....	28
II.8.3. Graissage périodique.....	28
II.8.4. Revêtement silicone.....	28
II.8.5. Les isolateurs composites.....	29
II.8.6. Nettoyage des isolateurs.....	29
II.9. Conclusion	29

Chapitre III. Etude et résultats expérimental

III .1. Introduction.....	30
III. 2. Dispositif expérimental.....	30
III .2.1 Circuit d'essai du laboratoire de Haute tension (Université d'El Oued).....	30
III. 2.1.1 Équipement de la station d'essai.....	30
III .2.1.2. Transformateur d'essai.....	31
III .2.1.3.Transformateur de réglage.....	31
III 2.1.4.Pupitre de commande.....	31
III.2.1.5. Appareils de mesure et de protection.....	31
III.2.1.6. Diviseur de tension.....	32
III 2.1.7. Circuit d'essai à tension alternatif.....	32
III.3. Mode opératoire.....	33
III.3.1 Modèle expérimental.....	33
III.3.2 Préparation du modèle.....	36
III.3.3 Préparation des agents polluantes.....	36
III.3.4 Méthode de pulvérisation.....	36
III.3.5 Application de la couche de pollution.....	37

III. 4. Correction atmosphérique	37
III 4.1 Influence de la densité relative de l'air.....	37
III. 4.2 Influence de l'humidité.....	38
III. 5. Procédé d'essais.....	38
III. 5.1 Mesure de la tension du contournement	38
III. 6. Etude de la tension de contournement.....	39
III. 6.1 . Détermination de la tension de contournement.....	40
III. 6.1.1. Cas propre	40
III. 6.1.2. Cas de pollution en sable.....	40
III. 6.1.3. Cas de pollution en Tuf.....	47
III.6.1.4. Cas de pollution en Argile.....	55
III.6.2. L'impact de la nature de pollution.....	62
III 7. Conclusion.....	63

Liste des figures :

Figure I.1. photo Isolateur de haut tension.....	5
Figure I.2: Les caractéristiques d'un isolateur.....	6
Figure I.3. photo Isolateur rigide.....	6
Figure I.4. photo isolateur longe fut.....	7
Figure I.5. Isolateur capot et tige.....	8
Figure I.6. photo Isolateur capot et tige avec profil standard.....	8
Figure I.7. photo Profil antibrouillard (forme A).....	9
Figure I.8. photo Profil antibrouillard (forme B).....	9
Figure I.9. photo Profil sphérique.....	10
Figure I.10. photo Isolateur capot et tige de profil plat.....	10
Figure. I.11. Isolateur composite.....	13
Figure I.12. photo La bonne prospérité hydrophobe.....	13
Figure I.13. photo Vieillissement d'un isolateur composite.....	13
Figure II.1. photo Initialisation des arcs électriques (Arc non localisé).....	21
Figure II.2. photo Evolution des arcs électriques (Arc fixe).....	21
Figure II.3. photo Contournement total.....	22
Figure II.4. Dépôt et évolution de l'agent polluant	22
Figure II.5. Humidification du dépôt polluant et création d'un courant de fuite.....	23
Figure II.6. Arc et bande sèche.....	24
Figure II.7. Régime d'arcs sous pollution.....	24
Figure III.1. Photo du pupitre de commande et oscilloscope numérique du la boratoire de haute tension de l'université d'El –Oued.....	31
Figure III.2 :Circuit d'essai à fréquence industrielle.....	32

Figure III.3 : Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle.....	33
Figure III.4. Modèle d'isolateur.....	34
Figure III.5. les sites des lignes aériennes exposées aux différentes sources de pollutions désertiques et leurs échantillons.....	35
Figure III.6. Photo Méthode de pulvérisation.....	36
Figure III.7. Instrument de mesure pour les conditions atmosphériques (température et pression).....	37
Figure III.8. les bandes de la pollution.....	39
Figure III.9. Photo contournement d'un modèle d'isolateur sous pollution.....	39
Figure III.10. Photo contournement du plaque propre.....	40
Figure III.11. Photo pollution en sable coté terre, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée.....	40
Figure III.12. Photo pollution en sable coté ht, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée.....	41
Figure III.13. Photo pollution en sable coté terre, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée.....	41
Figure III.14. Photo pollution en sable coté ht, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée.....	42
Figure III.15. Photo pollution en sable coté terre, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée.....	42
Figure III.16. Photo pollution en sable coté ht, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée.....	43
Figure III.17. Photo pollution en sable coté terre, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée.....	43
Figure III.18. Photo pollution en sable coté ht, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée.....	44
Figure III.19. Photo contournement du plein pollution.....	44

Figure III.20. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution en sable.....	45
FigureIII.21. Photo pollution discontinue en sable, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	45
FigureIII.22. Photo pollution discontinue en sable coté terre, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	46
FigureIII.23. Photo pollution discontinue en sable coté terre, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	46
Figure III.24. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution discontinue en sable.....	47
Figure III.25. Photo pollution en tuf coté ht, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée.....	48
Figure III.26. Photo pollution en tuf coté terre, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée.....	48
Figure III.27. Photo pollution en tuf coté ht, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée.....	49
Figure III.28. Photo pollution en tuf coté terre, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée.....	49
Figure III.29. Photo pollution en tuf coté terre, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée.....	50
Figure III.30. Photo pollution en tuf coté ht, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée.....	50
Figure III.31. Photo pollution en tuf coté terre, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée.....	51
Figure III.32. Photo pollution en tuf coté ht, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée.....	51

Figure III.33. Photo contournement du plein pollution.....	52
Figure III.34. Photo variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution en tuf.....	52
Figure III.35. Photo pollution discontinue en tuf, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	53
Figure III.36. Photo pollution discontinue en tuf, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	53
Figure III.37. Photo pollution discontinue en tuf, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	54
Figure III.38. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution discontinue en tuf.....	54
Figure III.39. Photo pollution en Argile coté ht,(a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée.....	55
Figure III.40. Photo pollution en Argile coté terre, (a) largeur de pollution 2cm et(b) contournement du modèle polluée.....	55
Figure III.41. Photo pollution en Argile coté terre, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée.....	56
Figure III.42. Photo pollution en Argile coté ht, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée.....	56
Figure III.43. Photo pollution en Argile coté ht, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée.....	57
Figure III.44. Photo pollution en Argile coté terre, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée.....	57
Figure III.45. Photo pollution en Argile coté terre, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée.....	58
Figure III.46. Photo pollution en Argile coté ht, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée.....	58
Figure III.47. Photo contournement du plein pollution.....	59

Figure III.48. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution en Argile.....	59
Figure III.49. Photo pollution discontinue en argile, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	60
Figure III. 50. Photo pollution discontinue en argile coté terre, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	60
Figure III.51. Photo pollution discontinue en argile coté ht, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée.....	61
Figure III.52. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution discontinue en argile.....	61
Figure III.53. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution en (Argile, tuf, sable) (a) coté ht et (b) coté terre.....	62

Introduction générale :

Le domaine de l'énergie électrique comprend la conception et l'exploitation des systèmes de production, de transport et de distribution. Le génie électrique a connu diverses avancées majeures en ce domaine depuis la fin des années soixante-dix [1].

Les équipements de haute tension (les câbles, les pylônes, les isolateurs....ext), présents dans les réseaux aériens de transport de l'énergie électrique, sont supposés opérer de façon fiable quelles que soient les conditions environnementales. En particulier, les isolateurs, qui représentent relativement un faible pourcentage dans le prix des lignes aériennes, constituent un élément essentiel dans le bon fonctionnement de ces lignes [2].

Les lignes aériennes et les postes des réseaux de transport d'énergie électrique sont exposés à diverses contraintes. Parmi celles-ci, la pollution des isolateurs constitue l'un des facteurs de première importance dans la qualité et la fiabilité du transport d'énergie. En effet par temps de pluie ou de brouillard, les dépôts polluants se fixant sur les surfaces isolantes réduisent considérablement la résistivité superficielle et le contournement peut parfois survenir.

Les isolateurs sont des éléments essentiels dans la conception d'une ligne aérienne. Leur rôle est de relier les conducteurs sous tension aux supports et d'assurer l'isolement électrique entre ces deux parties constitutives de la ligne. En effet, le choix du type d'isolateur, les contrôles de réception, la surveillance en exploitation doivent être faite avec un maximum de soin, pour assurer le bon fonctionnement de la ligne [2].

De ce fait, les éléments constituant les systèmes de transport d'énergie électrique sont exposés à diverses contraintes. Parmi celles-ci, la pollution des isolateurs constitue un des facteurs de première importance dans la qualité et la fiabilité du transport d'énergie [3]. Le phénomène de pollution des isolateurs peut être considéré comme un déversement continu ou intermittent d'impuretés d'origines diverses. Ces impuretés peuvent provenir des flots de fumée qui s'échappent des appareils d'évacuation (pollution industrielle ou urbaine), ou alors de fines particules salines dans les régions situées au bord de la mer (pollution marine), et même de particules de sable plus ou moins fines dans les régions désertiques (pollution désertique)[1]

Le présent travail comporte trois parties et porte sur l'étude des phénomènes de conduction et de décharge électrique sur des isolateurs dans les conditions de pollution.

Dans le premier chapitre, nous présentons, l'importance des isolateurs, leur utilité et leurs principaux types, profils et matériaux.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des phénomènes de pollution et leurs conséquences sur le transport d'énergie électrique. Les principaux paramètres associés ainsi que les méthodes de mesure et les moyens de lutte contre ce phénomène, sont également présentés.

Finalement notre travail est achevé par une partie expérimentale qui présente l'effet des différents types de pollution(Argile. sable.tuf) sur un modèle d'isolateur rectangulaire (modèle d'Obenaus [5]) tel que la tension de contournement et la conductivité superficielle .

Chapitre I

Isolateurs de haute tension

I.1. Introduction :

Le rôle des isolateurs est de relier les conducteurs aux supports en assurant leur isolation électrique. En effet, un bon choix de dimensionnement des isolateurs s'avère indispensable pour assurer la fiabilité et la qualité de l'isolement de haute tension.

Dans ce chapitre nous allons présenter les isolateurs de haute tension et leurs types.

I.2. Quelques définitions concernant les isolateurs :

I.2.1. courant de fuite critique :

C'est le courant minimal nécessaire pour provoquer le contournement sous pollution d'un isolateur à tension donnée. Il est indépendant du procédé d'essai ainsi que la forme de l'isolateur.

I.2.2. Tension de tenue (Tension d'essai):

C'est le niveau de tension le plus important, que peut supporter une isolation sans provoquer de décharge disruptive (contournement dans le cas des isolateur) [6].

La tension d'essai ou de tenue est fixée par les règles nationales ou internationales et permet une coordination correcte de l'isolement.

I.2.3. Contournement:

Décharge disruptive le long d'une surface solide dont la trajectoire contourne ce dernier (cas d'isolateur). Le terme contournement est employé pour des décharges disruptives par amorçage dans l'air entourant l'isolateur.

I.2.4. Contrainte de contournement :

La contrainte de contournement d'un isolateur est le rapport de tension contournement à la longueur totale de l'isolateur.

I.2.5. Tension de contournement :

La tension de contournement est le niveau de tension le plus bas à partir duquel tous les arcs Oignent les deux électrodes. La tension de contournement dépend [6] :

- De la résistivité volumique moyenne de la pollution.
- De la répartition de la couche de pollution.
- De la longueur de l'isolateur.

I.2.6. Courant de fuite:

C'est un courant de faible amplitude, circulant à travers la couche polluante le long de la surface de l'isolateur, son intensité devient importante lorsqu'on s'approche de la tension de contournement [6]. Il dépend de plusieurs facteurs tels que la nature de la couche polluante et de la longueur de la ligne de fuite. Dans les conditions de forte humidité, la dissolution des sels contenus dans la couche polluante, provoque la formation d'une couche électrolytique.

I.2.7. Rigidité diélectrique :

C'est la propriété d'un diélectrique de s'opposer à la décharge disruptive. Si on augmente progressivement la tension entre les deux armatures de condensateur jusqu'à une certaine valeur (tension disruptive); il se produit une décharge entre ces deux armatures avec l'apparition d'une étincelle (arc électrique). Numériquement, la rigidité diélectrique est le rapport entre le potentiel appliqué et la distance entre les électrodes au moment où la rupture s'effectue [7].

I.2.8. Résistivité diélectrique :

Sous l'action du champ électrique, toutes les charges se mettent en mouvement. Dans un diélectrique, ce mouvement est un courant électrique, le mouvement des charges libres bien que leur quantité est très faible constituent un courant de fuite. Ce dernier a deux chemins possibles : il passe à travers le diélectrique lui-même ou bien il s'écoule par la surface du diélectrique. On aura donc un courant de fuite surfacique et un autre volumique. Chacun d'eux développe une résistance surfacique (R_s) et une autre volumique (R_v) [7].

I.2.9. Conductivité électriques :

La conductivité électriques est la capacité d'un matériau à laisse passer et conduire le courant électrique, comme la plupart métaux et les solutions chargées en ions.

I.3. Les isolateurs :**I.3.1. Définition des isolateurs de haute tension :**

L'isolateur est utilisé comme son nom l'indique pour l'isolement entre deux corps ou deux pièces sous différentes tensions pour empêcher les courts circuits, les pertes de courant et les charges d'électrocution. L'isolateur est un matériau solide, liquide ou gaz qui a une très grande résistance au passage du courant et dont la conductibilité est pratiquement nulle [8].

I.3.2. Fonctionnement et constitution d'un isolateur :

Les isolateurs sont des composants indispensables au transport et à la distribution de l'énergie électrique. Leur fonction est de réaliser une liaison mécanique entre des conducteurs portés à des potentiels différents accrochés aux pylônes des lignes aériennes, ils maintiennent les conducteurs dans la position spécifiée (isolateurs d'alignement et d'ancrage), ils assurent la transition entre l'isolation interne (huile, SF6) et l'isolation externe, ils permettent de raccorder les matériels électriques au réseau (traversées de transformateur, extrémités de câbles) et ils constituent, également, l'enveloppe de certains appareils (disjoncteurs, parafoudres, réducteurs de mesure) .

Les isolateurs sont conçus et dimensionnés pour résister aux contraintes prévisibles introduites par l'environnement. [9]. Du point de vue électrique, l'isolateur est considéré comme étant deux électrodes dont l'intervalle comporte trois zones constituant trois isolants en parallèle ayant des comportements différents [9].

- l'intervalle d'air.
- le matériau diélectrique.
- l'interface air-matériau diélectrique (la longueur de l'interface constitue la ligne de fuite, ligne le long de laquelle circulerait le courant de fuite).

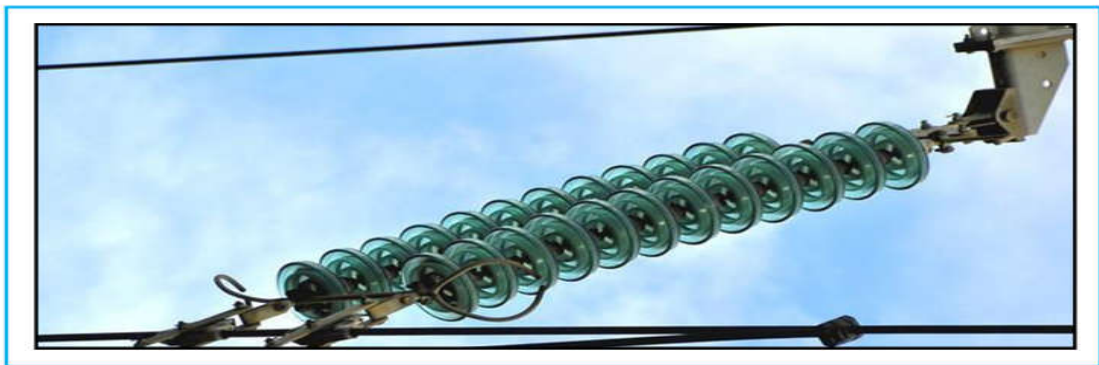


Figure I.1. photo chaines des isolateur

I.4. Caractéristiques d'un isolateur :

Parmi les valeurs spécifiées dans les normes d'essais d'isolateurs, nous pouvons citer:

a. Le pas P : C'est la distance séparant deux parties homologues de deux isolateurs consécutifs dans une chaîne. La détermination de ce paramètre nous permet donc de connaître la longueur d'une chaîne ayant un nombre donné d'isolateurs.

b. La ligne de fuite L_f : C'est la plus courte distance, suivant les contours de la surface extérieure des parties isolantes, mesurée entre les parties métalliques.

c. La ligne de contournement L_c : C'est la distance la plus courte dans l'air entre deux parties conductrices [10].

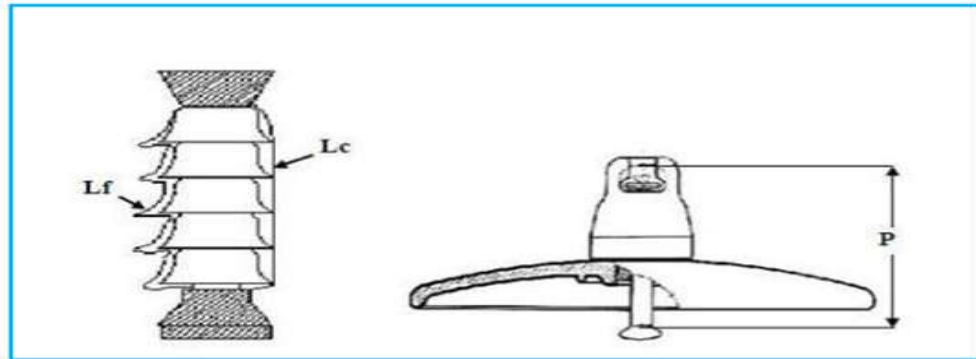


Figure I.2. Les caractéristiques d'un isolateur

I.5.Types d'isolateurs :

Vu les différentes façons d'utilisations et les différentes conditions de fonctionnement des isolateurs, on en distingue des types différents des isolateurs. La différence entre ces types se fait soit par leur fonction (support ou traversée), soit par le matériau isolant utilisé pour la fabrication de ces isolateurs, soit encore par leur profil ou par leur mode de fixation.

I.5. 1.Isolateurs rigides :

Ce type d'isolateur permet d'obtenir une liaison rigide entre le support et le câble. Il est constitué d'un ou plusieurs isolateurs encastrés et scellés entre eux, ils sont fixés aux pylônes par des ferrures de différentes formes. Ils sont montés sur pylônes soit d'une façon verticale, horizontale ou oblique (inclinée). Mais ce type d'isolateurs est utilisé pour les lignes aériennes qui ne dépassent pas le niveau de tension de 60 Kv [10].



Figure I.3. photo Isolateur rigide.

I.5.2. Isolateurs suspendus ou éléments de chaîne :

Ils sont constitués par le matériau isolant et d'une pièce métallique qui sert à réaliser la liaison entre deux isolateurs et à donner une certaine flexibilité à la chaîne d'isolateurs. La chaîne d'isolateurs est montée sur le pylône en suspension soit verticalement (chaîne d'alignement), soit d'une façon horizontale (chaîne d'ancrage) [11].

Il existe deux types principaux d'éléments de chaîne :

- L'isolateur capot et tige.
- L'isolateur long fut.

I.5.3. Isolateur long fut :

Il est constitué d'un bâton cylindrique plein en céramique, en porcelaine ou en matériaux synthétiques muni d'ailettes. A chaque extrémité il y a une pièce métallique pour les liaisons. Cette extrémité métallique peut se présenter sous deux formes distinctes, soit elle enveloppe les extrémités tronconiques sur le cylindre, soit en forme de tige scellée dans une cavité prévue à cet effet [12].



Figure I.4. photo isolateur longue fut.

I.5.4. Isolateur capot et tige :

Capot et tige est constitué d'un corps isolant qui porte à l'intérieur une tige en acier, où la tête conique de cette tige est scellée dans le matériau isolant soit le verre soit la porcelaine. L'extrémité supérieure de l'isolateur porte un capot scellé en fonte malléable troué de telle sorte qu'on peut faire entrer l'extrémité inférieure de la tige dans ce trou, et le scellement des éléments de chaîne capot et tige se fait de cette façon en faisant pénétrer la partie inférieure de la tige de l'élément supérieur dans le capot de l'élément inférieur en utilisant du ciment [8].

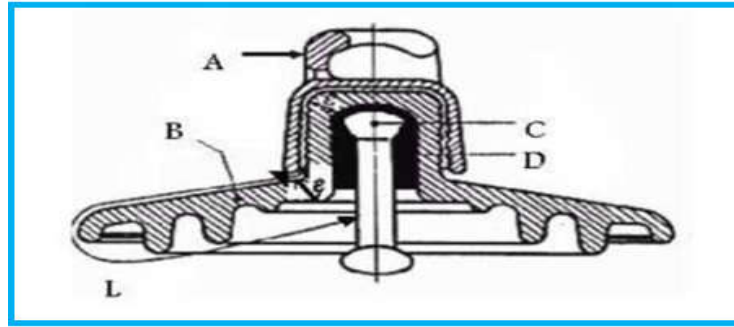


Figure I.5. Isolateur capot et tige.

A : le capot.

B : le diélectrique (verre trempé ou céramique).

D : le ciment de fixation.

C : la tige.

L : Plus courte distance dans l'air entre le capot et la tige.

ε : Longueur du canal de perforation, $\varepsilon \ll L/2$.

I.5.4.1. Les différents profils de isolateur capot tige :

Afin d'améliorer le fonctionnement des isolateurs dans les régions polluées, la CEI (comité international d'électrotechnique) a proposé plusieurs profils. Nous pouvant citer:

I.5.4.2. Profil standard :

La forme et les dimensions sont en accord avec la normalisation internationale (CEI 305 1978), à cause de leur planéité, les rainures internes bien espacées et la longueur de la ligne de fuite supérieure à la demande standard [13]. Ce type est très utilisé dans les endroits à pollution moyenne.



Figure I.6. photo Isolateur capot et tige avec profil standard

I.5.4.3. Profil antibrouillard (forme A):

Il est de conception avec un diamètre plus grand que le type de profil standard muni de deux ou trois rainures à grande profondeur. Cette conception permet également un lavage manuel facile si c'est nécessaire et empêche le claquage entre rainures voisines quand il y a une pollution sévère et tout le profil intérieur simplifie la maintenance [14].



Figure I.7. photo Profil antibrouillard (forme A)

I.5.4.4. Profil antibrouillard (forme B) :

Dans cette conception, l'épaisseur de la rainure extérieure agit comme une barrière contre l'action du brouillard et le dépôt des sels minéraux sur la surface de l'isolateur, empêchant alors la

formation d'un électrolyte conducteur sur la surface. Ce type d'isolateur est efficace dans les zones côtières [13].



Figure I.8. photo Profil antibrouillard (forme B).

I.5.4.5.Profil sphérique :

La forme sphérique permet une longueur de fuite équivalente à celle l'absence de rainures internes permet un lavage manuel facile et efficace [15].



Figure I.9. photo Profil sphérique.

I.5.4.6.Profil plat :

L'élimination complète des rainures internes réduit grandement l'accumulation de pollution sur la surface basse, grâce au courant d'air. Cette conception est particulièrement efficace dans les zones désertiques où l'auto lavage est peu fréquente par pluie [15].



Figure I.10. photo Isolateur capot et tige de profil plat.

I.6. Choix des isolateurs :

Les isolateurs entrent pour un pourcentage très modeste de l'ordre de 7%, dans le prix d'une ligne aérienne moyenne tension. Cependant, ils sont un élément essentiel dont dépendent la sécurité d'exploitation, la qualité et la continuité de service.

Les isolateurs les mieux adaptés à un environnement donné sont ceux qui retiennent le taux de dépôts polluants le moins élevé, c'est-à-dire ceux qui possèdent les meilleures propriétés d'auto-nettoyage [16].

Même bien choisie, une isolation n'est jamais à l'abri d'un incident:

- La sévérité de la pollution d'un site peut changer.
- L'apparition d'une nouvelle usine à proximité d'un poste.
- La construction d'un ouvrage routier voisin ou plus simplement, un événement météorologique. exceptionnel peuvent augmenter, durablement ou temporairement, la pollution d'un site, alors qu'un poste ou une ligne y sont déjà en exploitation.

Le dimensionnement initialement correct des isolateurs peut alors devenir insuffisant et il faut pouvoir protéger les installations existantes contre les nouvelles sources de pollution éventuelles [17].

I.7. Matériaux isolants utilisés pour la fabrication des isolateurs:

On trouve plusieurs isolants solides qui peuvent être utilisés pour la fabrication des isolateurs de haute tension comme le verre, la céramique et la porcelaine. Mais durant ces dernières années.

La porcelaine est de plus en plus abandonnée à cause de deux inconvénients principaux qui sont : Le poids lourd des isolateurs et la difficulté de détection des amorçages. Ces dernières années on s'intéresse de plus en plus à l'utilisation des isolateurs en matériaux polymères [18].

I.7.1. Céramique:

Le développement et la fabrication des céramiques datent depuis longtemps à cause de leurs performances. Pour les isolateurs qui vont être utilisés dans des lieux où il y a des contraintes mécaniques très importantes, on utilise de préférence des céramiques à grains très fins. Souvent on trouve les céramiques dans les postes: isolateurs supports, couverture isolante des

sectionneurs, des disjoncteurs, des transformateurs de potentiel, des bornes de traversées des transformateurs de puissance [18].

I.7.2. Le verre:

Outre son bas prix, le verre présente l'avantage de permettre de détecter les défauts par une simple observation.

On trouve deux types de verre pour la fabrication des isolateurs : le verre trempé et le verre recuit.

a. Le verre trempé:

La résistance à la traction du verre trempé est environ 5 à 6 fois plus grande que le verre recuit et peut supporter des variations brusques de température pouvant atteindre 100° C [18].

b. Le verre recuit:

Le verre recuit est utilisé pour la fabrication d'isolateurs rigides, mais présente cependant des inconvénients. Parmi ces inconvénients, nous citons le fait qu'il ne résiste pas aux variations brusques de température et qu'il ne supporte que des tensions mécaniques relativement faibles et c'est pour cette raison qu'il n'est pas utilisé pour la fabrication des isolateurs de suspension [18].

I.7.3. Matériaux synthétiques :

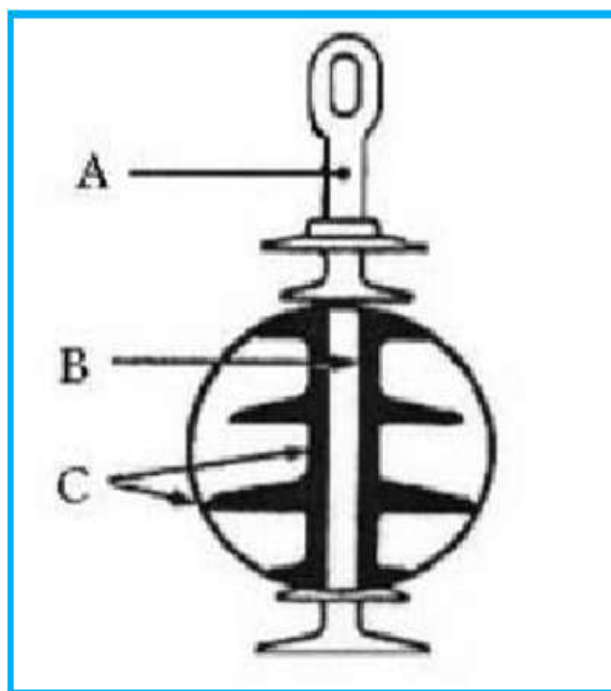
Les isolateurs en matériaux synthétiques sont composés d'un centre en fibres de verre imprégnées d'une résine et d'un revêtement à ailettes de type élastomère. Leur avantage est qu'ils sont légers et présentent une grande résistance mécanique (Figure I.11).

Ils ont de bonnes propriétés hydrophobes et peuvent être utilisés dans des conditions de pollution très sévères (Figure I.12). L'inconvénient de ces isolateurs est le vieillissement sous l'effet des différentes contraintes auxquelles ils sont soumis (électriques, mécaniques, atmosphériques...) (Figure I.13) [18].

A : pièce d'accrochage métallique.

B : noyau en fibre de verre-résine.

C : revêtement à ailettes en matériaux synthétiques



.Figure. I.11. Isolateur composite



Figure I.12. photo La bonne prospérité hydrophobe.



Figure I.13. photo Vieillissement d'un
isolateur composite.

I.8. Défauts des isolateurs :

Les isolateurs composites des générations précédentes ont présenté comme principaux problèmes l'érosion, l'acheminement, la décharge de couronne...etc.

Ces problèmes ont été éliminés par le bon choix des matériaux et le développement de nouvelles techniques de fabrication. L'inconvénient des isolateurs composites est la difficulté d'identifier l'isolateur défectueux de l'isolateur sain, d'où la nécessité de développer une méthode de diagnostic pour différencier entre un isolateur défectueux et un isolateur sain [4].

On peut distinguer deux types de défauts : défauts électriques et défauts mécaniques .Ces deux types de défauts sont mutuellement dépendants.

I.8.1. Défauts électriques :

Le vieillissement des isolateurs est causé par les conditions climatiques auxquelles l'isolateur est exposé ainsi que son profil. Un profil qui permet l'accumulation des agents polluants favorise l'apparition des décharges locales menant à l'érosion et par la suite au cheminement.

L'effet de couronne est considéré comme agent principal de vieillissement des Isolateurs. Cet effet se caractérise par la réduction de l'hydrophobie, la décoloration de la surface de l'isolateur ainsi que l'érosion sous l'effet des gaz de décharge.

Les gouttelettes d'eau sur la surface de l'isolateur affectent la distribution du champ sur cette surface (la permittivité relative de l'eau est élevée ce qui augmente l'intensité du champ aux voisinages des gouttelettes), les gouttelettes se déforment dans la direction du champ.

Un excellent isolateur est caractérisé par son hydrophobicité, cette hydrophobie peut être perdue suite à l'accumulation des agents polluants sur la surface de l'isolant, ou même après avoir subi des chocs électriques (arcs locaux) ; certains isolateurs peuvent réacquérir leurs états hydrophobes après immigration des molécules de faible poids (LowMolarWeight) du centre de l'objet jusqu'à la surface[4].

Le mouillage de la surface favorise l'apparition de l'effet couronne dans les régions de forte intensité de champ, d'où la perte locale de l'hydrophobie ; une quantité de pollution se dissout et forme une couche plus ou moins conductrice, par conséquent une nouvelle distribution du champ s'établit. Ce processus se poursuit et le chemin conducteur mouillé se développe à travers l'isolateur, par la suite le courant circulant à travers ce chemin cause l'assèchement des régions à

forte densité de courant ce qui conduit au développement d'un arc local ; celui-ci provoque d'avantage de perte d'hydrophobie, d'érosion de surface et augmente l'amplitude du courant de fuite. Dans le cas d'un isolateur en polymère, le séchage de sa surface lui permet de réacquérir ses propriétés hydrophobes[1].

Dans le cas des isolateurs en verre ou en porcelaine, le mécanisme de décharge est différent de celui des isolateurs en polymère, le mouillage de la pollution accumulée sur la surface des isolateurs en verre ou en porcelaine conduit à l'apparition d'un film d'eau continu, donc l'arc peut se développer directement. Le séchage de la partie restante et l'élongation de l'arc causent le contournement de l'isolateur. Les premières étapes sont similaires à celles des SIR. De plus, la couche de pollution développée est souvent mince, ce qui limite l'intensité du courant de fuite et par la suite, la tension de contournement augmente [1].

I.8.2. Défauts mécaniques :

Les défauts mécaniques d'un isolateur peuvent mener à des conséquences fatales. Dans le cas des isolateurs en SIR, la plupart des défauts sont d'ordre mécanique.

I.8.3. Défauts dus à la manipulation:

Les isolateurs en porcelaine peuvent être endommagés facilement mais le taux de tels endommagements est toujours faible. Les isolateurs composites ne sont pas fragiles mais marquent un taux relativement élevé d'endommagements.

En effet, un nombre d'endommagements plus ou moins important a été constaté dû des manœuvres durant le transport et l'installation. Pour prendre en charge ces problèmes, le groupe CIGRE (Conférence International des Grands Réseaux Electriques) prépara un guide de manipulation qui contient des recommandations relatives aux méthodes de manipulation de ce type d'isolateurs, en commençant de l'endroit de fabrication jusqu'à sa mise sous tension [1].

I.9. Vieillessement des matériaux isolants :

En génie électrique, le vieillissement électrique est défini comme tout changement des propriétés du matériau qui affecte ses fonctions d'isolation. Il peut donc s'agir d'une modification de nature chimique ou physique induisant une modification des propriétés électriques dans un sens défavorable pour la pérennité des fonctions isolantes. Généralement on accepte de façon intuitive, et l'expérience le montre souvent, que la durée de vie d'un matériau

isolant dépend de l'intensité de la contrainte électrique subie par celui-ci mais également de la durée d'application de cette contrainte [4].

I.9.1. Farinage :

Apparition à la surface du matériau synthétique des particules de charge formant une surface rugueuse ou poudreuse.

I.9.2. Faïençage :

Micro fractures superficielles peu profondes de (0,01 à 0,1 mm).

I.9.3. Craquelures :

Fractures superficielles de profondeur supérieure à 0,1 mm.

I.9.4. Erosion :

Dégradation irréversible et non conductrice, qui peut se produire, à la surface de l'isolateur, par perte de matière. Elle peut être uniforme, localisée, ou arborescente. Après des amorçages partiels, il peut se produire sur les isolateurs composites des traces superficielles, en générale arborescentes, comme sur les pièces en porcelaine, tant qu'elles ne sont pas conductrices, ces traces ne sont pas préjudiciables. Quand elles sont conductrices, elles se classent dans le phénomène d'acheminement.

I.9.5. Acheminement :

Dégradation irréversible, par formation de chemins qui apparaissent et se développent à la surface d'un matériau isolant. Les chemins sont conducteurs même à sec .le acheminement peut se produire sur des surfaces au contact de l'air et aussi aux interfaces entre matériaux isolants différents

.il est en général matérialisé par l'apparition d'une trace de matériau carbonisé.

I.10. Conclusion :

Nous allons pu voir on cours de ce chapitre la définition et les types des isolateurs, La pollution de ces isolateurs figure comme un vrai problème néfaste à leur bon fonctionnement. La tension de tenue des isolateurs peut diminuer considérablement à cause des dépôts polluants recouvrant leurs surfaces. Ils peuvent même conduire au contournement des isolateurs dans certains cas critiques.

Nous nous intéressons dans le prochain chapitre à la pollution de ces isolateurs.

Chapitre II

Pollution des Isolateurs de haute tension

II.1. Introduction :

L'apparition d'une nouvelle usine à proximité d'un poste, la construction d'un même bien choisie, une isolation n'est jamais à l'abri d'un incident. La sévérité de la pollution d'un site ouvrage routier voisin ou plus simplement, un événement météorologique exceptionnel peuvent augmenter, durablement ou temporairement, la pollution d'un site, alors qu'un poste ou une ligne y sont déjà en exploitation. Le dimensionnement initialement correct des isolateurs peut alors devenir insuffisant et il faut pouvoir protéger les installations existantes contre les nouvelles sources de pollution [19].

II.2. Sources de pollution :

Nous distinguons trois sortes de pollutions : la pollution naturelle, industrielle et mixte.

II.2.1. Pollution naturelle :

Cette pollution peut être marine, désertique ou autre, provenant des dépôts de poussières véhiculés par les vents.

II.2.1.1. Pollution marine :

Dans les installations en bordure de mer, les embruns portés par le vent déposent progressivement sur les isolateurs une couche de sel qui, à plus ou moins longue échéance, recouvre toute la surface de l'isolateur y compris les parties les mieux protégées. Cette couche de sel, humidifiée par les embruns eux même, ou par un brouillard ou simplement par condensation, devient conductrice [20]. Un courant de fuite s'établit alors à travers la couche superficielle et des arcs électriques peuvent prendre naissance dans certaines conditions, et se développer jusqu'à provoquer le contournement total de l'isolateur.

II.2.1.2. Pollution désertique :

Dans les régions désertiques, les fréquentes tempêtes de sables déposent progressivement sur les surfaces des isolateurs une couche de pollution contenant des sels. Une fois humidifiée,

Cette couche devient beaucoup plus conductrice. Un courant de fuite apparaît brusquement accompagné d'arcs partiels, dont la propagation à la surface de l'isolateur peut aussi conduire à un contournement total de l'isolateur.

II.2.2. Pollution industrielle :

Le problème de la pollution industrielle se présente pour les lignes qui passent près des zones industrielles (les fumées des usines, raffineries, cimenteries, minerais etc.), près des grandes villes (les gaz d'échappement des véhicules) ou près des terrains agricoles (les engrais utilisés en agriculture).

II.2.3. Pollution mixte :

La pollution mixte est la plus sévère pour l'exploitation des ouvrages électriques. Car elle résulte de la combinaison entre deux ou plusieurs pollutions précitées. La couche électrolytique formée par le processus d'humidification des dépôts solides accumulés progressivement sur la surface des isolateurs, engendre une diminution considérable de la rigidité diélectrique.

II.3. Formation et répartition de la couche de pollution :

La formation et la répartition de la couche de pollution sur la surface des isolateurs dépendent du profil des isolateurs, de la hauteur et de la disposition des chaînes d'isolateurs par rapport au sol [6].

En général, la couche de pollution se concentre sur les éléments de la chaîne d'isolateurs situés du côté de la conductrice haute tension et dans les parties les mieux protégées contre les facteurs d'auto nettoyage (vent et pluie forte). Par conséquent, la répartition de la pollution le long des chaînes d'isolateurs n'est pas uniforme. Cette non-uniformité devient plus accentuée lorsque la longueur des chaînes d'isolateurs augmente [6].

Il existe une distinction nette entre les couches formées à la surface supérieure et celles formées à la surface inférieure d'un isolateur soumis à la pollution naturelle. La non-uniformité de la pollution peut être classée en trois catégories :

II.3.1. La non-uniformité longitudinale par groupe :

Elle est caractérisée par un ensemble de groupes d'isolateurs, soumis à différentes conductivités de la couche de pollution, dont la valeur est constante dans chaque groupe [9].

Nous retrouvons ce type de pollution dans les cas suivants :

- Temporairement pendant le lavage sous tension.
- Dans les chaînes d'isolateurs en forme de 'T'.

II.3.2. La non-uniformité transversale :

Ce type est caractérisé par des secteurs ou bandes de différentes conductivités superficielles de la couche polluante. Ces bandes sont réparties transversalement autour de la surface de chaque isolateur de la chaîne. La conductivité dans chaque secteur est la même le long de la ligne de fuite. Ce type de pollution est dû principalement à l'existence d'une direction privilégiée des vents et des pluies [9].

II.3.3. La non-uniformité longitudinale périodique :

Ce type est le plus fréquent. Il est caractérisé par une variation périodique de la conductivité de la couche de pollution le long de la ligne de fuite, mais elle garde une symétrie circulaire. Ses principales spécifications sont :

- La conductivité de la face inférieure de l'isolateur est plus grande que celle de la face supérieure [9].
- La concentration de la pollution augmente de la zone périphérique vers centrale.
- La pollution est plus accentuée entre les nervures.

II.4. Conséquences de la pollution :

Les couches polluantes qui s'accumulent à la surface des isolateurs provoquent une conductivité électrique superficielle. Celle-ci modifie la répartition du potentiel le long de la ligne de fuite. Suivant les conditions atmosphériques (pluie fine, brouillard,...), la tension de rupture diélectrique de l'air peut être atteinte entre deux points de la surface isolante entraînant l'amorçage d'un arc électrique qui court-circuite une partie de la ligne de fuite [13].

Trois cas peuvent se présenter selon les contraintes auxquelles est soumis l'isolateur :

II.4.1. Arc non localisé :

L'arc électrique s'éteint rapidement, puis se réamorçage à un autre endroit et ainsi de suite. Il y a apparition de courant de fuite entraînant une petite perte d'énergie, généralement supportable par l'installation (Figure II.1) [21].

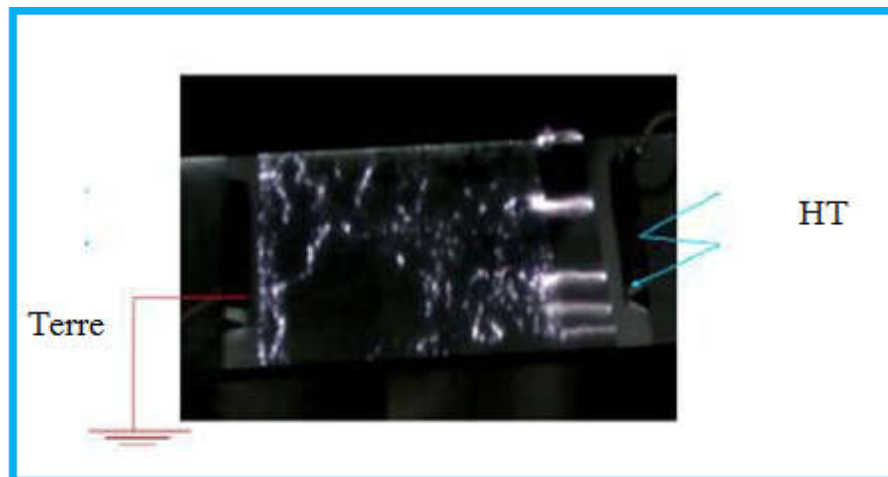


Figure II.1. photo Initialisation des arcs électriques (Arc non localisé).

II.4.2. Arc fixe :

L'arc électrique se fixe sur la surface, soit en s'y maintenant (courant continu), soit en se réamorçant au même endroit (courant alternatif) [21]. Cet arc peut entraîner, par effet thermique, une dégradation du support isolant nécessitant le remplacement de l'élément défaillant

(Figure II.2) .

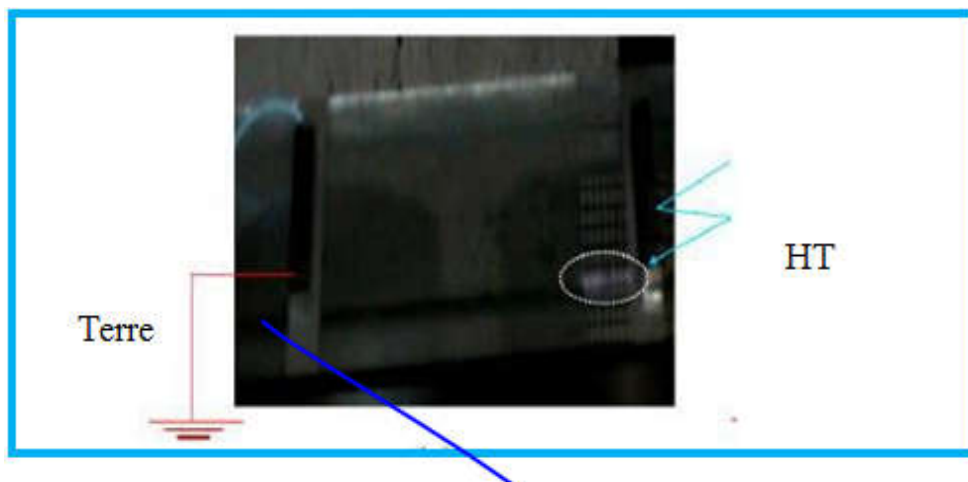


Figure II.2. photo Evolution des arcs électriques (Arc fixe).

II.4.3. Contournement des isolateurs pollués:

L'accumulation du dépôt est continue et n'est modifiée que par la pluie et le vent. En position verticale, le nettoyage est plus efficace sur le dessus de l'isolateur que sur le dessous, d'où un dépôt plus important sur la surface inférieure des ailettes.

Le comportement des isolateurs sous pollution peut être décomposé en quatre étapes distinctes. Chacune de ces étapes a une importance sur le résultat final, donc sur la tenue ou le contournement de la chaîne isolante sous tension de service du réseau (Figure II.3) [22].

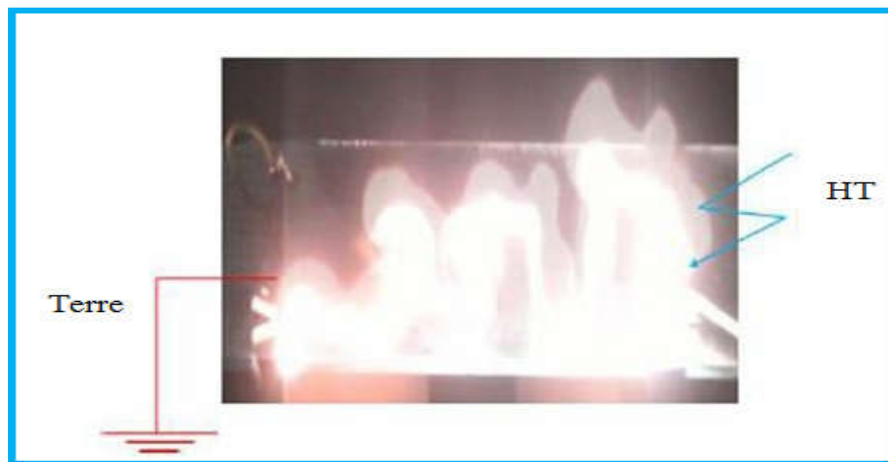


Figure II.3. photo Contournement total.

Etape 1 : Dépôt de la pollution

Les particules du dépôt sont apportées par le vent (l'isolateur, par sa présence, modifie le régime laminaire du vent) et se concentrent entre les nervures ou autour du capot (Figure II.4) [22].

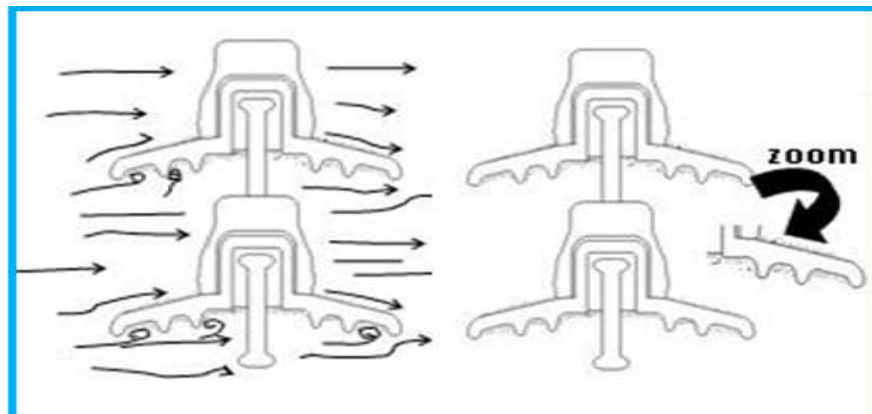


Figure II.4. Dépôt et évolution de l'agent polluant.

Les facteurs d'accumulation sont les suivants :

- 1). la nature, le poids et la taille des particules polluantes,
- 2). la distance de l'isolateur par rapport à la source de pollution et par rapport au sol d'où peut provenir des poussières,
- 3). la vitesse du vent,
- 4). l'orientation de la chaîne, et surtout la forme de l'isolateur et son aptitude à l'auto-nettoyage par les fortes pluies et vents.

Etape 2 : Humidification de la pollution

Le brouillard, la condensation de la petite pluie modifient graduellement et pratiquement sans délavage la surface de l'isolateur pollué. Ces conditions correspondent à des conditions dites critiques. Les sels contenus dans le dépôt se dissolvent et créent un électrolyte conducteur sur la surface de l'isolateur. Un courant de fuite prend alors naissance dès qu'un film conducteur se forme sur la surface de l'isolateur (Figure II.5) [22].

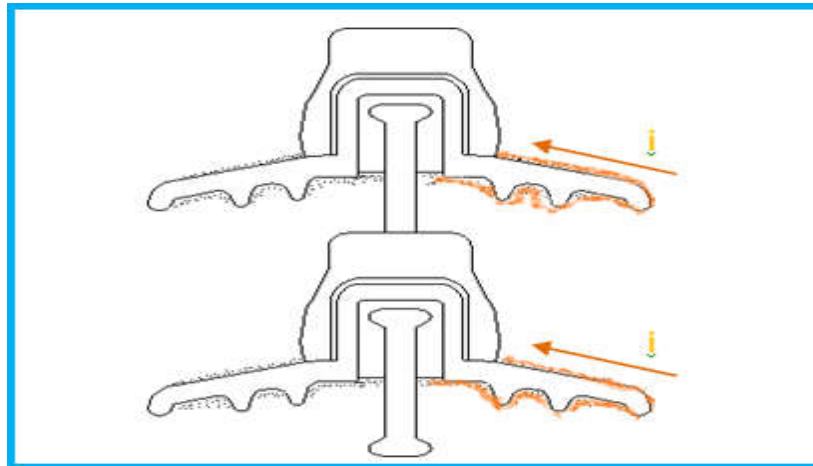


Figure II.5. Humidification du dépôt polluant et création d'un courant de fuite.

Pendant le cycle d'humidification, le courant de fuite augmente jusqu'à une valeur maximale, puis diminue s'il y a séchage. Le niveau de courant de fuite dépend du temps, de la nature et de la quantité des sels solubles et insolubles. Ces derniers maintiennent par absorption une certaine quantité d'eau à la surface de l'isolateur, entretenant ainsi l'humidification du dépôt.

Etape 3 : Développement des zones sèches et apparition d'arcs

La densité du courant de fuite est beaucoup plus importante près des ferrures de l'isolateur. Par effet Joule, la température s'élève, l'eau s'évapore et le dépôt devient moins conducteur. Le courant est alors très réduit en amplitude par la présence d'une « bande sèche ». La répartition de potentiel sur l'isolateur est modifiée par cette bande sèche, car la plus grande portion du potentiel électrique se trouve reportée aux bornes de cette bande sèche. Si la largeur de cette dernière est insuffisante pour supporter le potentiel correspondant, un arc se crée (Figure II.6).

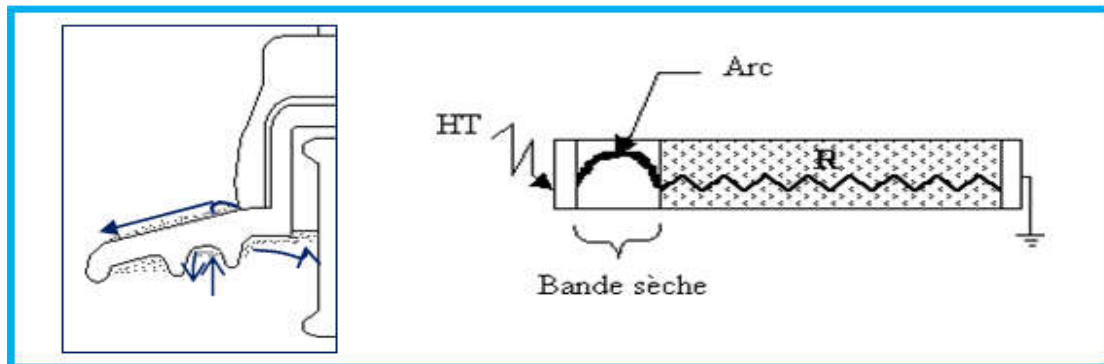


Figure II.6. Arc et bande sèche.

Etape 4 : Comportement des arcs

La résistance du dépôt humidifié R, en série avec l'arc, limite le courant et la longueur de l'arc (Figure II.6). Si le courant est trop faible, l'arc s'éteindra, la bande sèche s'humidifiera à nouveau et le mécanisme se répétera encore. Tant que le courant de fuite n'excède pas ce que l'on appelle « courant critique » correspondant à une « longueur critique » de l'arc, cette situation reste stable (Figure II.7). Dans le cas contraire, le contournement de l'isolateur peut survenir.

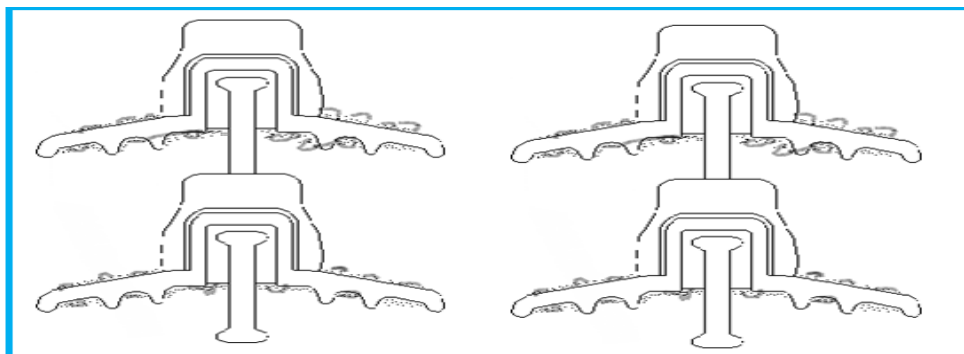


Figure II.7. Régime d'arcs sous pollution.

II.5. l'influence de pollution sur les isolateurs :

La pollution est un phénomène qui agit négativement sur le comportement des isolateurs de haute tension. C'est un paramètre important à prendre en considération. Lors du choix et du dimensionnement des chaînes d'isolateurs.

La pollution provoque la formation d'une couche sur la surface des isolateurs. Ces couches de pollution, quand elles sont humidifiées, réduisent considérablement la résistivité des isolateurs ce qui conduit à la diminution de leur tension de tenue.

Notons que cette couche de pollution n'est pas homogène et sa distribution n'est pas uniforme. La non-homogénéité est due à la présence de différents agents polluants dans une même région, et la non-uniformité de la répartition sur les surfaces des isolateurs est due aux profils des isolateurs, le sens et la direction des vents dans cette région, la pluie, la position de la chaîne d'isolateurs par rapport au sol (verticale, horizontale, inclinée), la position de l'isolateur dans la chaîne, le degré de pollution du site où se trouvent les isolateurs ainsi que la surface inférieure ou supérieure de l'isolateur [13].

II.6. Sévérité de pollution d'un site:

Afin de dimensionner convenablement les isolateurs susceptibles d'assurer un service sans défaillance dans un site pollué, il est nécessaire de caractériser la sévérité de pollution de ce site. La sévérité est généralement caractérisée par l'intensité de précipitation, ainsi que par la conductivité des dépôts polluants [21]. La mesure de cette sévérité est indispensable pour assurer un service sans défaillance dans un site pollué.

On peut classer les degrés de la pollution suivant quatre niveaux selon la CEI 81-5 qui sont: faible, moyenne, forte et très forte.

II.6.1. Classification des sites pollués :

Afin d'évaluer l'isolement des lignes de transport et d'établir la corrélation entre la méthode de brouillard salin et les conditions de pollution naturelle, quatre classes de sévérité ont été proposées :

II.6.1.1. Classe 1 :

Cette classe correspond à une pollution faible. Cette pollution est généralement naturelle (sauf marine) ou légèrement industrielle. La salinité équivalente maximale retenue pour cette classe correspond à une pulvérisation d'une solution de chlorure de sodium à 2,5 g/l de concentration.

II.6.1.2. Classe 2 :

La classe 2 correspond à une pollution moyenne. En général, cette pollution est naturelle (sauf marine) ou faiblement industrielle. En classe 2, la sévérité équivalente maximale retenue est de 10 g/l.

II.6.1.3. Classe 3:

Cette classe correspond à des zones très localisées où l'on trouve simultanément une forte pollution marine et industrielle. Il s'agit donc de zones à densité industrielle importante, de grandes villes ou de zones proches de la mer soumises à l'action directe des embruns. Ces sites nécessitent un isolement important. La salinité équivalente maximale, concernant cette classe, est de 80 g/l.

II.6.1.4. Classe 4

La classe 4 correspond aux zones où le niveau de pollution est exceptionnel. La pollution est éventuellement naturelle ou mixte. La salinité équivalente maximale pour la classe 4 est de 160 g/l.

II.7. Méthodes d'essais sous pollution:

Pour comparer les performances de divers types d'isolateurs et sélectionner ceux qui présentent le meilleur comportement sous pollution, il est nécessaire de les soumettre à des essais. Ces derniers peuvent être effectués dans les conditions naturelles (sur site) ou au laboratoire. On distingue deux catégories de recherches sur les isolateurs pollués : les essais sous pollution naturelle et les essais sous pollution artificielle [15].

II.7.1. Essais sous pollution naturelle :

Ils consistent à installer, dans les différents sites pollués, des stations dans lesquelles on observe le comportement d'un certain nombre de chaînes d'isolateurs de longueurs ou de profils différents. Les qualités respectives de ces isolateurs, placés sous la même tension, sont

appréciées en fonction des temps au contournement. On peut classer les isolateurs en distinguant ceux qui ont contourné de ceux qui ont tenu, durant deux ou trois ans d'exposition, par exemple [15].

Ces essais ont l'avantage de tenir compte de l'effet de toutes les contraintes, dans toutes leurs complexités sur un site donné. L'inconvénient majeur de ces essais est qu'ils nécessitent plusieurs années, pour pouvoir étudier valablement les performances des isolateurs.

II.7.2. Essais sous pollution artificielle :

Ils consistent à reproduire en laboratoire les conditions de la pollution naturelle. Ils sont aujourd'hui largement utilisés et ont l'avantage d'être rapides. Les méthodes d'essais qui demeurent actuellement normalisées sont les méthodes de la couche solide, la méthode du brouillard salin et la méthode de la pollution liquide [15].

II.7.3. Méthode de la couche solide :

Dans ces méthodes, la surface isolante est recouverte par pulvérisation d'une couche de pollution solide constituée de chlorure de sodium et d'un agent liant inerte. La conductivité de cette suspension est réglée par addition d'une certaine quantité de chlorure de sodium [22]. Si l'humidification s'effectue après application de la tension (méthode du brouillard à vapeur), le paramètre de sévérité est défini par la densité de dépôt de sel en mg/cm^2 . Par ailleurs, si l'humidification a lieu avant l'application de la tension, le paramètre de sévérité est défini par la conductivité de la couche polluante. Certains chercheurs ont utilisé une couche semi-conductrice comme agent polluant.

II.7.4. Méthode du brouillard salin :

La solution saline utilisée dans la méthode du brouillard salin représente assez bien la pollution marine contenant un peu de matière insoluble. Dans cette méthode, l'isolateur soumis à la tension d'essai, est placée dans un brouillard salin dont le taux de salinité définit la sévérité. D'après la classification des sites pollués, les valeurs de salinités appliquées sont choisies selon une progression allant de 2.5 à 160 kg/m^3 .

II.7.5. Méthode de pollution liquide :

Cette méthode s'apparente à la méthode du brouillard propre dans la mesure où un mélange liquide est appliqué sur l'isolateur avant l'essai. Cependant, dans ce cas la pollution, n'est pas séchée avant l'essai. Elle est constituée d'eau, de craie et de méthylcellulose ou de kaolin.

Comme pour la méthode de la couche solide la conductivité est ajustée par addition de chlorure de sodium.

Après quelques minutes d'égouttage, la tension d'essai est appliquée à l'isolateur sans humidification supplémentaire.

II.8. Techniques de Lutte contre La pollution :

L'augmentation du degré de pollution représente un risque immense pour les installations électriques. Pour cela plusieurs techniques de lutte contre la pollution sont utilisées [20]. Nous allons résumer comme suit :

II.8.1. Allongement de la ligne de fuite :

Elle permet d'adapter le dimensionnement aux nouvelles conditions de pollution. Deux techniques sont employées : [23] :

1. Le changement de type d'isolateur (pour rallonger la ligne de fuite) : c'est une technique très coûteuse et souvent impossible à réaliser en poste.
2. L'utilisation de prolonger de ligne de fuite en matériaux polymères, qui sont collés sur la surface des isolateurs existants.

II.8.2. Isolateurs plats :

Les isolateurs sans nervures ont la propriété d'accumuler moins de pollution que les isolateurs traditionnels et s'autonettoyant très bien sous l'effet du vent [22].

II.8.3. Graissage périodique :

Par mesure économique, seuls les isolateurs de postes sont concernés. On utilise des graisses silicones. Grâce à ses propriétés hydrophobes, la graisse protège temporairement les isolateurs [22].

II.8.4. Revêtement silicone :

Cette méthode consiste à appliquer, par pulvérisation ou au pinceau, un caoutchouc silicone qui se vulcanise à température ambiante à la surface des isolateurs. Ce revêtement protège les isolateurs et améliore leurs tenues sous pollution [18].

II.8.5. Les isolateurs composites :

Ils ont de bonnes propriétés hydrophobes et peuvent être utilisés dans des conditions de pollution très sévères. Cependant, ces isolateurs, revêtus d'un polymère voient leurs caractéristiques changer au cours du temps ; ils peuvent vieillir sous l'effet des différentes contraintes (électriques et climatiques) auxquelles ils sont soumis en service [18].

II.8.6. Nettoyage des isolateurs :

Le nettoyage manuel et le lavage périodique hors tension sont fréquemment utilisés à travers le monde. Néanmoins, l'application de ces méthodes pose des problèmes majeurs à cause des interruptions de service, parfois assez longues. Pour éviter ces coupures, un lavage sous tension des isolateurs est réalisé à l'aide d'installations fixes ou mobiles. Dans les deux cas, il est effectué selon des règles strictes concernant la qualité de l'eau du lavage, le processus du lavage et les distances de sécurité, et ce afin d'éliminer tout risque de contournement pendant le lavage.

II.9. Conclusion :

La pollution des isolateurs est un facteur essentiel dont il faut tenir compte dans la conception des lignes électriques de haute tension.

Pour mieux dimensionner les chaînes d'isolateurs, il est indispensable de connaître la sévérité de la pollution des sites concernés. La connaissance de cette sévérité consiste à étudier les différents paramètres qui définissent l'état de dégradation de l'isolation. Il n'en demeure pas moins que trois années sont au minimum nécessaires pour déterminer la sévérité d'un site.

Le fait de disposer d'une méthode de pollution artificielle permet de n'effectuer l'expérimentation (sur site) que sur un seul type d'isolateurs et éventuellement à un niveau de tension différent que celui prévu, ce qui constitue déjà un avantage considérable.

Afin d'être en mesure de fournir rapidement des renseignements concernant l'isolement nécessaire, il serait préférable de disposer d'une carte de sévérité des principaux sites pollués. On propose de les classer en quatre catégories de sévérité auxquelles correspondent des longueurs minimales de lignes de fuite à respecter pour les isolateurs en services dans ces sites.

Chapitre III

Etude et résultats expérimental

III .1. Introduction :

Dans le laboratoire de haute tension de l'université d'el oued, où notre étude expérimentale a été effectuée, existe un transformateur d'essais à fréquence industrielle 50 Hertz.

Afin d'assurer un bon fonctionnement des équipements de haute tension, des essais diélectriques sont nécessaires.

Les essais effectués, au laboratoire de haute tension, concernent les tensions de contournements d'un modèle d'isolateur de labo de haute tension.

Nous nous sommes intéressés à la détermination de la tension de contournement en fonction de la largeur et la nature de pollution.

Dans ce chapitre nous présentons l'équipement de la station d'essais. Nous présentons aussi les différents types d'essais, et le modèle opératoire utilisé pour les essais de haute tension ainsi que les procédés d'essai. Finalement nous interprétons nos résultats.

III. 2. Dispositif expérimental :

III .2.1 Circuit d'essai du laboratoire de Haute tension (Université d'El Oued) :

Les essais sont effectués dans le laboratoire de haute tension de l'université d'El Oued.

Notre laboratoire est constitué des trois sources de tensions:

- Une source de tension à fréquence industrielle 50Hz,
- un générateur de tension continue,
- un générateur de tension impulsionnelle.

III. 2.1.1 Équipement de la station d'essai :

La station d'essai de notre laboratoire comprend les organes suivants :

- Un transformateur d'essai,
- un transformateur de réglage,
- des diviseurs de tension,

- un pupitre de commande et des appareils de mesure et de protection,

III .2.1.2. Transformateur d'essai :

Nous avons utilisé un transformateur d'essai conçu et isolé pour la génération de haute tension. Il a un rapport de transformation de 250V / 100kV, avec une puissance de 5 kVA.

Ce transformateur permet la variation de la haute tension au secondaire de 0 à pleine tension.

III .2.1.3.Transformateur de réglage :

Nous permettons la variation de la tension aux bornes du transformateur d'essai.

Son rapport de transformation est de 220V/250V.

III 2.1.4.Pupitre de commande :

Ce pupitre est alimenté sous une tension de 220V. Ce pupitre nous permettons la variation automatique de la tension d'essai. Figure (III.1).



Figure III.1 .Photo du pupitre de commande et oscilloscope numérique du la boratoire de haute tension de l'université d'El -Oued

III.2.1.5. Appareils de mesure et de protection :

L'alimentation du laboratoire se fait à partir d'un pupitre de commande situé dans le laboratoire, mais à l'extérieur de la plate-forme d'essai (la cage de faraday). Le transformateur de haute tension et son régulateur sont protégés indépendamment par un fusible et un relais thermique de 250A. Ces protections sont liées avec le circuit de la bobine du contacteur

principal, ce qui donne une protection suffisante contre les surcharges du transformateur et les courants de court-circuit.

Pour les mesures de tension on a :

DSM : un voltmètre numérique pour mesurer la tension alternatif.

DGM : un voltmètre numérique pour mesurer la tension continue.

Un voltmètre et ampèremètre pour mesurer de la tension primaire au niveau du transformateur d'essai.

III.2.1.6. Diviseur de tension :

Il existe deux diviseurs de tension :

- Un diviseur de tension capacitif pour la mesure de la tension à fréquence industrielle.
- Un diviseur de tension résistif pour la mesure de la tension continue.

III 2.1.7. Circuit d'essai à tension alternatif :

Les générateurs de haute tension alternative à fréquence industrielle sont utilisés pour:

- Les essais à haute tension alternative (transformateurs haute tension).
- L'alimentation (transformateurs haute tension) des redresseurs à courant continu, des générateurs à circuit oscillant et des générateurs de choc.

La Figure III.2 représente le circuit d'essai à tension alternatif réalisé au laboratoire de haute tension. Figure III.3 est celle du montage réalisé au laboratoire de haute tension.

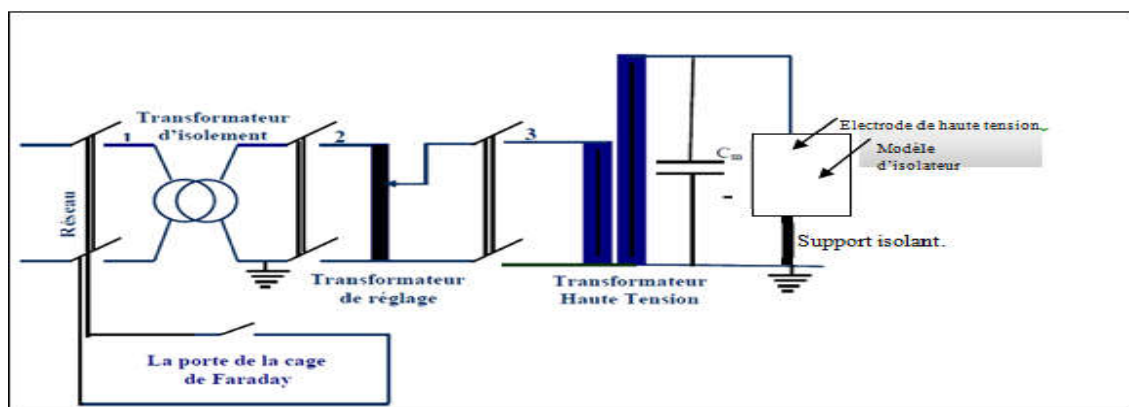


Figure III.2 .Circuit d'essai à fréquence industrielle.

Cm : Condensateur de mesure



Figure III.3. Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle

III.3. Mode opératoire :

La plupart des travaux considèrent des modèles expérimentaux de géométrie simple et rarement le profil d'un isolateur réel. Cependant, si ces modèles équivalents ne reflètent pas exactement le comportement des isolateurs réels, ils permettent, par contre, une meilleure visualisation du phénomène de décharge électrique.

III.3.1 Modèle expérimental :

A cause de la symétrie de l'isolateur, le modèle expérimental que nous avons proposé, est un modèle dont la forme rectangulaire. Il est constitué d'une plaque de verre de largeur ($d = 20\text{cm}$) et épaisseur ($e = 8\text{mm}$) ayant la propriété de résister à la chaleur due aux décharges électriques.

Cette plaque est munie à deux électrodes en papier aluminium. L'une représente le capot, relié à la terre, et l'autre aussi mise à la borne de haute tension. Le modèle du

laboratoire proposé est soumis à une répartition continue de la pollution reproduisant l'état critique de surface de l'isolateur capot et tige, (figure III.4).

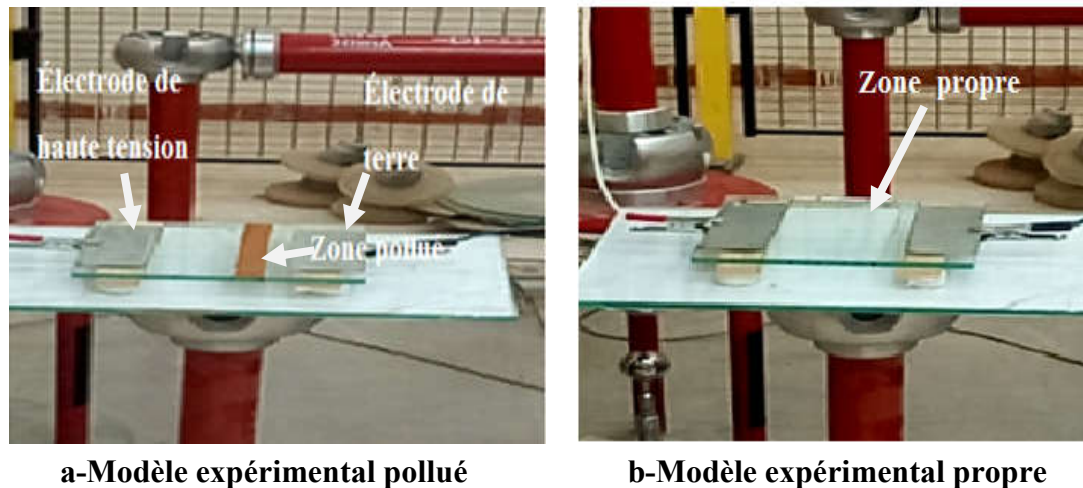


Figure III.4. Modèle d'isolateur

La distance inter électrodes du modèle expérimental ($d=10$ cm) correspond à la ligne de fuite de l'isolateur. Afin de simuler une pollution parfaitement conductrice, les couches polluantes sont réalisées avec de la dilution des trois types de pollution sable, tuf et argile avec des concentrations différents, (Figure III.5).

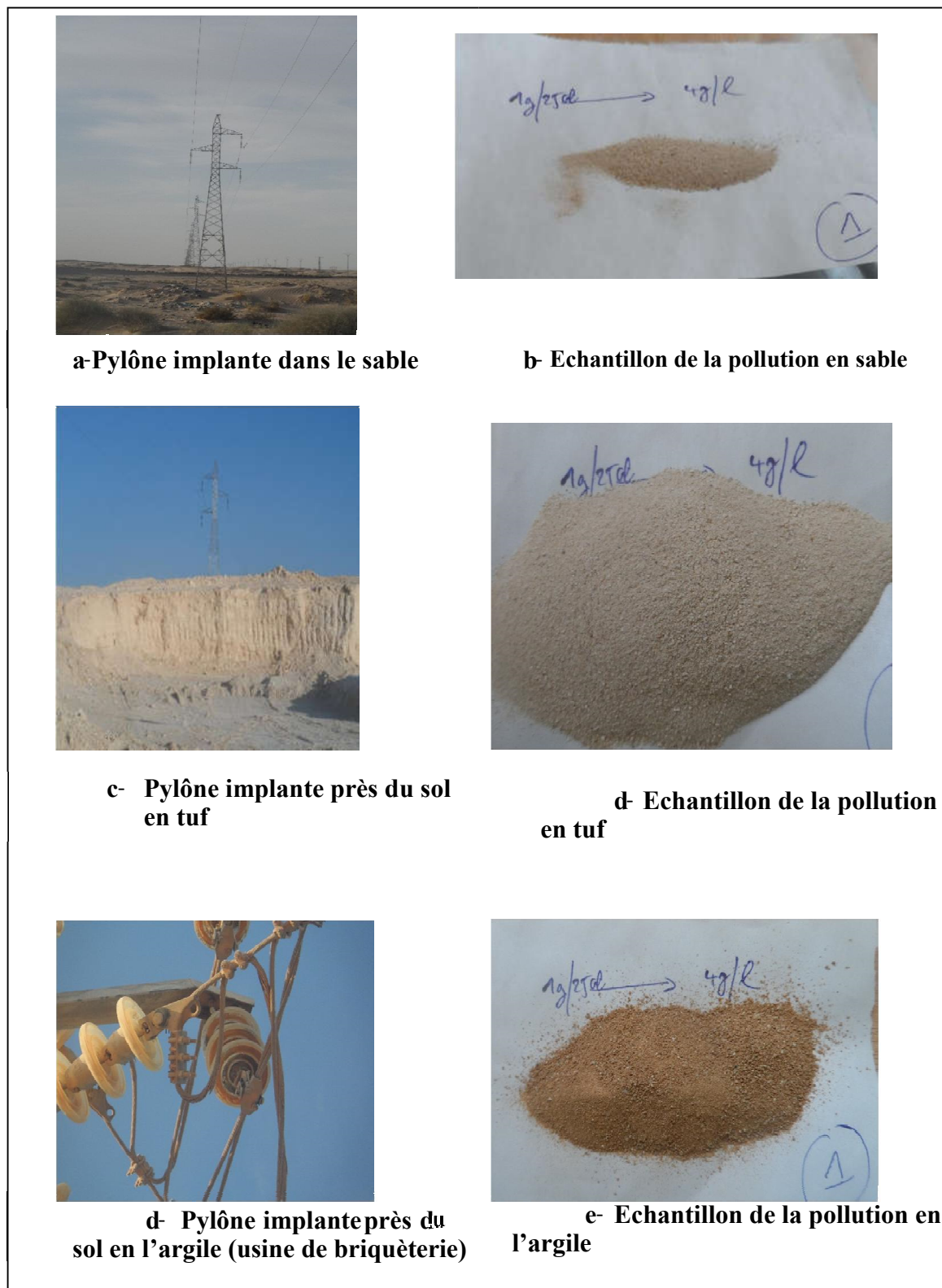


Figure III -5 : les sites des lignes aériennes exposées aux différentes sources de pollutions désertiques et leurs échantillons.

III.3.2 Préparation du modèle :

Avant chaque série d'essai, la plaque isolante est bien nettoyée, puis imbibée de gaz oil dans les endroits d'emplacement des électrodes en aluminium, de manière à ce qu'aucun espace d'air ne reste entre la plaque et les électrodes. La plaque est ensuite essuyée avec du coton imbibé d'alcool isopropylique pour éliminer toute trace de gaz oil sur la plaque isolante. Le modèle est disposé horizontalement sur un support isolant.

III.3.3 Préparation des agents polluantes :

Les agents polluantes ont été préparées tantôt au laboratoire. Celles-ci sont composées de différentes quantités de poudre extraite des différents sols situés au près des lignes aériennes par exemples les dunes du sable, usines de briqueterie et le mine du tuf, ces échantillons de pollution sont mouillés à de l'eau distillée

III.3.4 Méthode de pulvérisation :

La méthode de pulvérisation a été choisie pour la pollution naturelle de la surface du modèle plan pour le cas uniforme. La longueur de fuite $L_f = 10$ cm du modèle est gardée constante pour la pollution uniforme.

Pour cette configuration (pollution uniforme), l'isolateur est humidifié avec une conductivité donnée en gardant une ouverture constante du pulvérisateur.

L'humidification de la surface est obtenue après cinq pulvérisations de chaque côté de l'isolateur (figure III.6) à une distance de 0.5 m qui est gardée constante durant toute

l'opération.

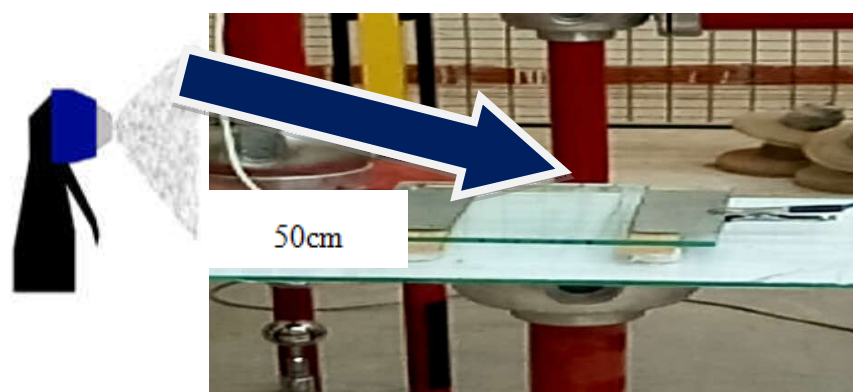


Figure III.6. Photo Méthode de pulvérisation

III.3.5 Application de la couche de pollution :

La couche polluante est réalisée par des coupes rectangulaire de dilution de chaque type de pollution à la surface de l'isolateur, en humidifiant les surfaces de l'isolateur avec du gaz oïl, chaque fois la couche polluante que nous changeons. Nous appliquons une tension alternative, et mesurons la tension de contournement.

III. 4. Correction atmosphérique :

Pour chaque essai que on effectuée on prenant les conditions atmosphériques par un appareil spécial électronique qui est présenter par la(figure III.7)



Figure III.7. Instrument de mesure pour les conditions atmosphériques

(température et pression)

III 4.1 Influence de la densité relative de l'air :

La température et la pression, influent sur la rigidité diélectrique de l'air. Dans la CEI 60 (Commission d'Electrotechnique Internationale), nous trouvons la notion de densité relative qui est définie comme étant le rapport de la densité de l'air dans les conditions de pressions P et de température T , à la densité de l'air dans les conditions atmosphériques de référence dites normales, c'est à dire:

- ❖ Température ambiante $T_0 = 20^{\circ}\text{C}$
- ❖ Pression atmosphérique $P_0 = 1013 \text{ mbar} (= 760 \text{ mmHg})$

$$\partial = 0.289 \frac{P}{273 + T}$$

∂ : facteur de correction de la densité de l'air.

La pression P est en mbar et la température T en $^{\circ}\text{C}$.

Cette équation III.1 est utilisée pour convertir la tension de décharge U mesurée dans les conditions atmosphériques d'essais (température T et pression P) à la valeur U_0 qui aurait été obtenue dans les conditions normales (T_0 et P_0) :

$$U_0 = \frac{U}{(\partial)^n} \quad n \leq 1$$

L'exposant n dépend de la forme d'onde, de la longueur d'intervalle et de la position des électrodes.

III. 4.2 Influence de l'humidité :

La tension d'amorçage est particulièrement moins sensible à la variation de l'humidité dans le cas des ondes rapides ou très rapides. C'est le cas pour les chocs de foudre. Ainsi, nous ne tiendrons pas compte de ce facteur. Durant nos essais l'humidité relative variait entre 34% et 56%.

III. 5. Procédé d'essais :

Les essais que nous avons effectués, nous permettent de faire une analyse de l'évolution de la tension de contournement.

III. 5.1 Mesure de la tension du contournement :

Avant chaque essai, nous nettoyons toutes les zones propres avec du coton, imbibé d'alcool isopropylique, pour éliminer les traces partiellement frottées par le passage de l'arc électrique.

La mesure de la tension de contournement a été effectuée pour la tension alternative, en variant la largeur de la couche polluante de 0 (plaque propre) à 100% polluant (plein de pollution). En fait les largeurs de pollution uniforme que nous avons

adoptées sont les suivantes 2cm, 4cm, 6cm, 8cm et 10cm (figure III.8), (figure III.9) .

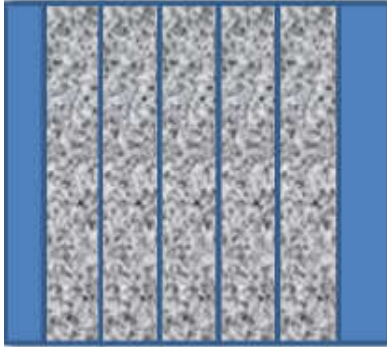


Figure III.8. les bandes de la pollution

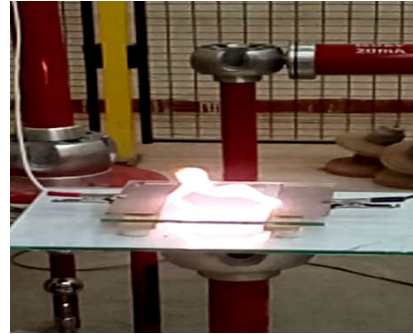


Figure III.9. Photo contournement d'un modèle
d'isolateur sous pollution

Note :

La mesure de la tension de contournement a été effectuée pour chaque configuration. Au moins cinq valeurs ont été relevées à l'aide d'un voltmètre.

III. 6. Etude de la tension de contournement :

La tension de contournement est un paramètre essentiel pour l'isolateur car il permet d'identifier le système formé par les électrodes (pointe-pointe, plan-plan,.....) et donc de définir la rigidité diélectrique du système ainsi formé par les électrodes. Dans notre cas, la mesure de la tension de contournement a pour objectif la protection des appareillages de mesure, en particulier l'oscilloscope car la mesure du courant de fuite ne doit pas se faire à plus de 50% de la tension de contournement.

III. 6.1 . Détermination de la tension de contournement :

III. 6.1.1. Cas propre :

U(KV)	70.08	68.03	67.46
-------	-------	-------	-------

$$U_{moy}=68.52 \text{ kv.} \quad U_{moyc}=66.87\text{kv}$$

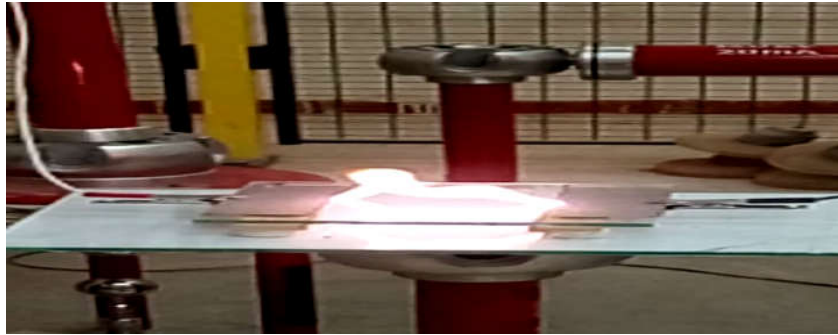


Figure III.10. Photo contournement du plaque propre

III.6.1.2 Cas de pollution en sable :

Dans cette partie nous analysons l'influence de sable sur la tension de contournement du modèle plan. Les résultats d'essai pour les différentes largeurs de pollution en sable par suivant.

a-Largeur de pollution L=2cm :

Essai 1 : coté terre :

U(KV)	59.77	60.56	61.21
-------	-------	-------	-------

$$U_{moy}=59.84 \text{ kv} \quad U_{moyc}=58.39 \text{ kv}$$



Figure III.11. Photo pollution en sable coté terre, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté ht :

U(KV)	57.78	57.83	57.02
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 57.54 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 56.15 \text{ kv}$


Figure III.12. Photo pollution en sable coté ht, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée

b-Largeur de pollution L=4cm :**Essai 1 : coté terre :**

U(KV)	42.97	41.02	45.15
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 43.04 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 42 \text{ kv}$


Figure III.13. Photo pollution en sable coté terre, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté ht :

U(KV)	42.86	44.32	43.71
-------	-------	-------	-------

$U_{moy}=43.63 \text{ kv}$

$U_{moyc}= 42.57 \text{ kv}$



Figure III.14. Photo pollution en sable coté ht, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée

c-Largeur de pollution L=6cm :**Essai 1 : coté terre :**

U(KV)	30.38	32.30	32.12
-------	-------	-------	-------

$U_{moy}=31.6 \text{ kv}$

$U_{moyc}=30.83 \text{ kv}$

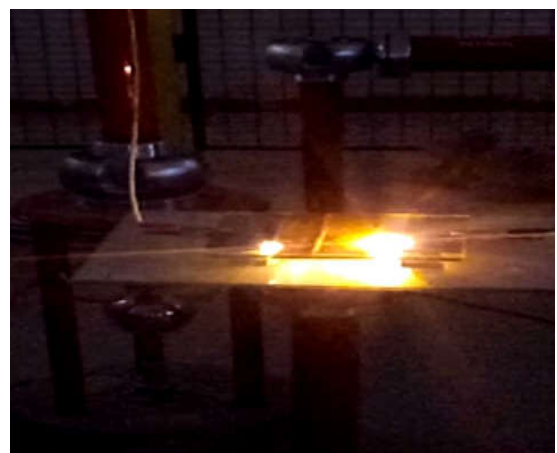


Figure III.15. Photo pollution en sable coté terre, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2: coté ht :

U(KV)	28.26	28.78	30.73
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 29.25 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 28.54 \text{ kv}$


Figure III.16. Photo pollution en sable coté ht, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée

d-Largeur de pollution L=8cm :**Essai 1 : coté terre :**

U(KV)	17.46	16.68	16.05
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 16.73 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 16.32 \text{ kv}$


Figure III.17. Photo pollution en sable coté terre, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 8 : coté ht :

U(KV)	17.23	17.40	18.70
-------	-------	-------	-------

$U_{moy}=17.77 \text{ kv}$

$U_{moyc}=17.34 \text{ kv}$



Figure III.18. Photo pollution en sable coté ht, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée

e- Largeur de pollution L=10cm :**Essai 1 :**

U(KV)	0.12	0.12	0.12
-------	------	------	------

$U_{moy}=0.12 \text{ kv}$

$U_{moyc}=0.11 \text{ kv}$

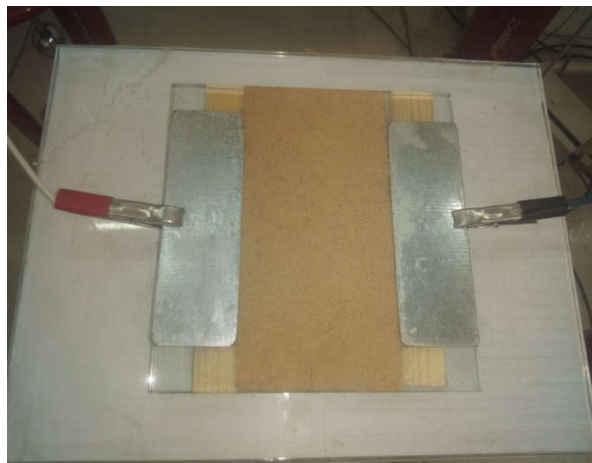


Figure III.19. Photo contournement du plein pollution

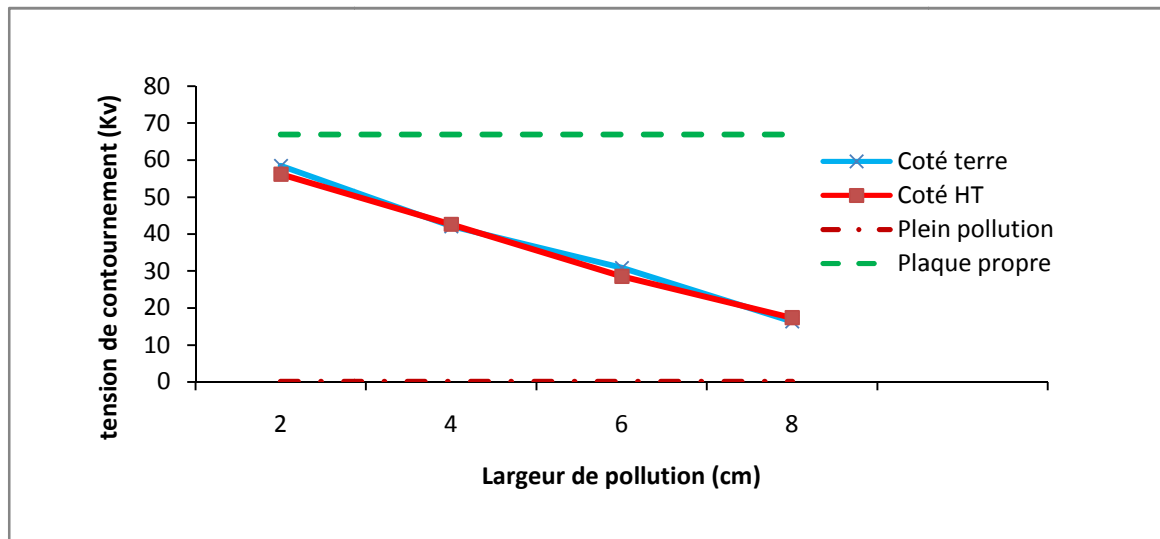


Figure III.20. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution en sable

D'après la figure (III.20), nous remarquons que la tension de contournement diminue d'une façon pratiquement linéaire en fonction de la largeurs de pollution. Notons également que cette tension est d'autant plus importante que la largeur de pollution en sable est faible. La tension de contournement décroît fortement pour les largeurs comprises entre 6 et 8 cm.

f- Pollution discontinue :

Essai:

U(KV)	25.90	28.43	30.58
-------	-------	-------	-------

$$U_{moy} = 28.30 \text{ kv}$$

$$U_{moyc} = 27.61 \text{ kv}$$



Figure III.21. Photo pollution discontinue en sable, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

Essai 1 : coté terre :

U(KV)	60.48	57.69	59.28
-------	-------	-------	-------

$U_{moy} = 59.15 \text{ kv}$

$U_{moyc} = 57.72 \text{ kv}$

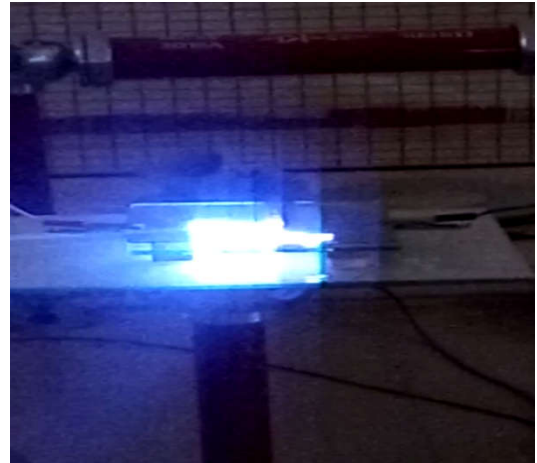


Figure III.22. Photo pollution discontinue en sable coté terre, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté ht :

U(KV)	57.80	58.49	58.58
-------	-------	-------	-------

$U_{moy} = 58.29 \text{ kv}$

$U_{moyc} = 56.88 \text{ kv}$

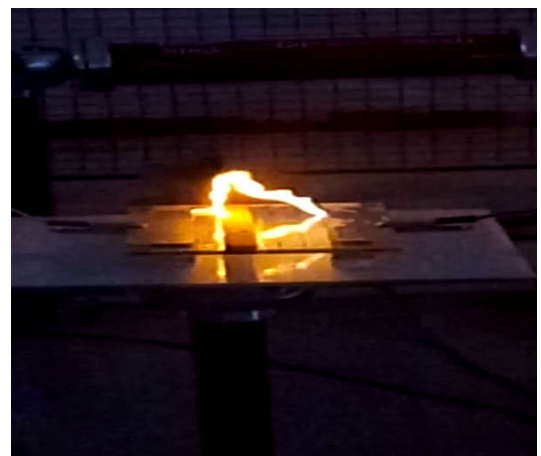


Figure III.23. Photo pollution discontinue en sable coté terre, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

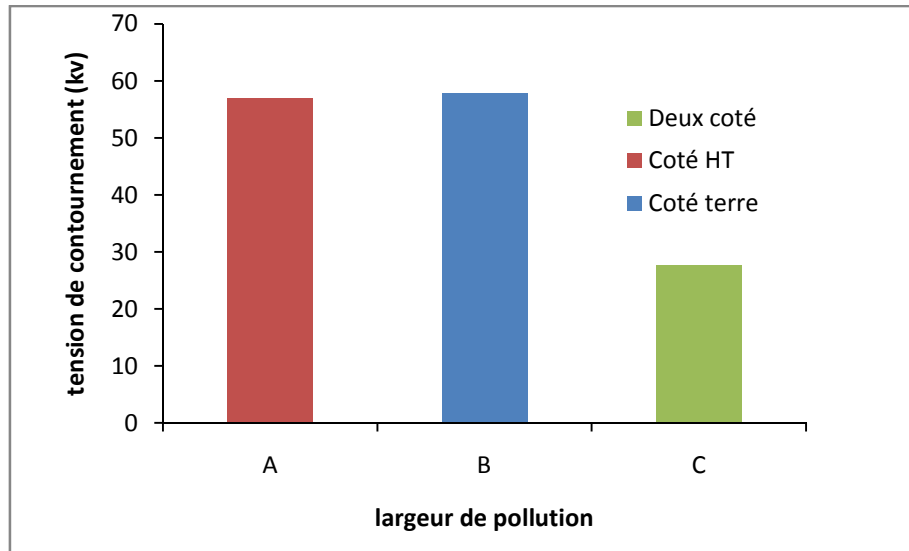


Figure III.24. Histogramme variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution
discontinue en sable

D'après le histogramme de la figure III.24, on remarque que pour tous les types de pollution (sable) le système qui ayant deux bandes de pollution est le système le moins rigide que le système qui avait une seule bande de pollution ; quel que soit la position de cette dernière .

III. 6.1.3 Cas de pollution en Tuf :

Nous analysons par la suite l'effet de la conductivité du Tuf sur la tension de contournement du modèle plan.

a-Largeur de pollution L=2cm :**Essai 1 :coté ht :**

U(KV)	56.52	56.63	58.05
-------	-------	-------	-------

$$U_{moy}=56.43\text{kv}$$

$$U_{moyc}=55.07\text{kv}$$



Figure III.25. Photo pollution en tuf coté ht, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté terre :

U(KV)	56.93	58.26	56.92
-------	-------	-------	-------

$$U_{moy}=57.37\text{kv}$$

$$U_{moyc}=55.98\text{kv}$$



Figure III.26. Photo pollution en tuf coté terre, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée

b-Largeur de pollution L=4cm :**Essai 1 : coté ht :**

U(KV)	42.92	43.92	44.77
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 43.87 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 42.81 \text{ kv}$


Figure III.27. Photo pollution en tuf coté ht, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté terre :

U(KV)	38.66	41.40	44.04
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 41.36 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 40.36 \text{ kv}$


Figure III.28. Photo pollution en tuf coté terre, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée

c-Largeur de pollution L=6cm :**Essai 1 : coté terre :**

U(KV)	31.09	34.65	31.06
-------	-------	-------	-------

Umoy=32.26kv

Umoyc=31.48kv



Figure III.29. Photo pollution en tuf coté terre, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté ht :

U(KV)	35.70	33.34	32.78
-------	-------	-------	-------

Umoy=33.94kv

Umoyc=33.12kv



Figure III.30. Photo pollution en tuf coté ht, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée

d-Largeur de pollution L=8cm :**Essai 1 : coté terre :**

U(KV)	14.68	11.79	12.34
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 12.93 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 12.61 \text{ kv}$


Figure III.31. Photo pollution en tuf coté terre, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté ht :

U(KV)	18.16	16.83	17.68
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 17.55 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 17.12 \text{ kv}$


Figure III.32. Photo pollution en tuf coté ht, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée

e-Largeur de pollution $L=10\text{cm}$:

Essai 1 :

U(KV)	0.56	0.56	0.56
-------	------	------	------

$U_{moy}=0.56\text{kV}$

$U_{moyc}=0.54\text{kV}$

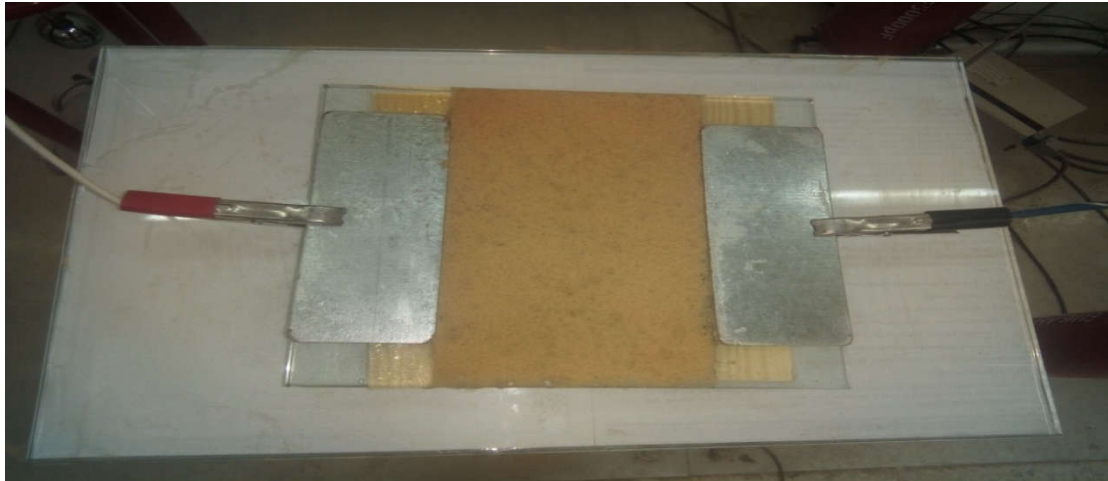


Figure III.33. Photo contournement du plein pollution

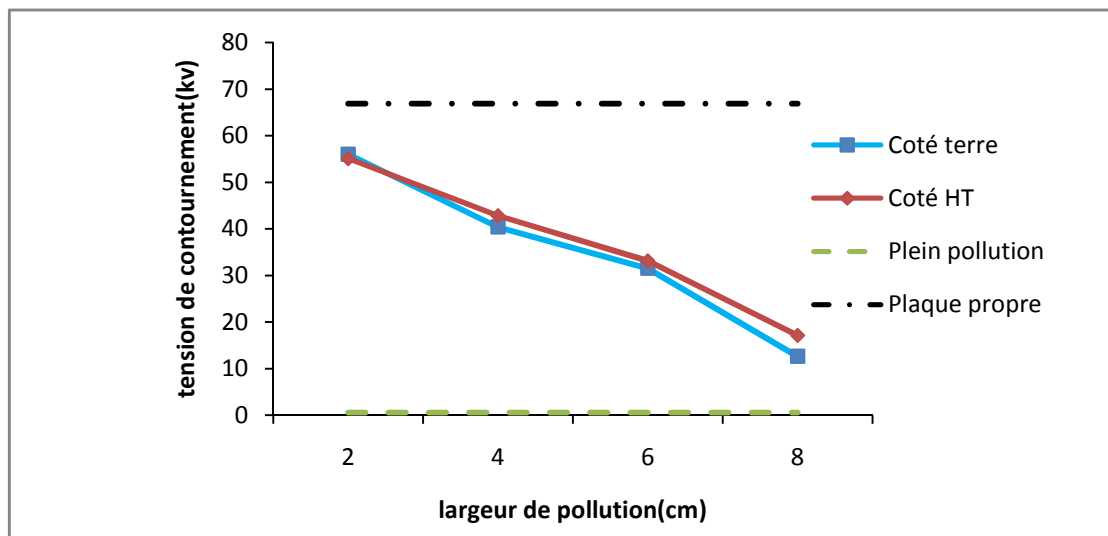


Figure III.34. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution en tuf

D'après la figure (III.34), nous remarquons que la tension de contournement diminue d'une façon pratiquement linéaire en fonction de la largeurs de pollution. Notons également que cette tension est d'autant plus importante que la largeur de pollution en tuf est faible. La tension de contournement décroît fortement pour les largeurs comprises entre 6 et 8 cm.

f- Pollution discontinue :**Essai 1:**

U(KV)	36.81	44.82	43.26
-------	-------	-------	-------

Umoy=41.63kv

Umoyc=40.62kv



Figure III.35. Photo pollution discontinue en tuf, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

Essai 1 : coté ht :

U(KV)	60.24	59.17	58.54
-------	-------	-------	-------

Umoy=59.31kv

Umoyc=57.88kv

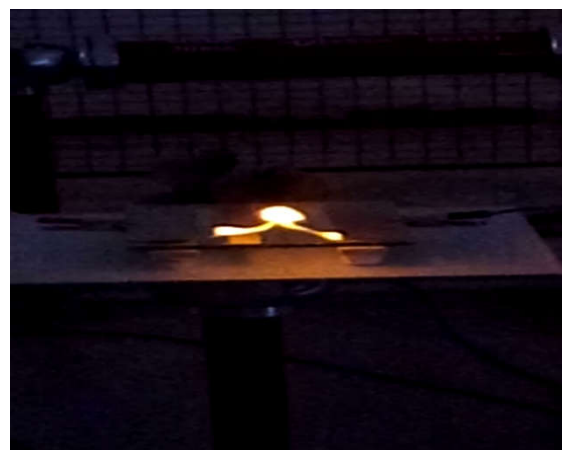


Figure III.36. Photo pollution discontinue en tuf, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté terre :

U(KV)	59.55	62.62	63.69
-------	-------	-------	-------

$$U_{moy}=61.95\text{kv}$$

$$U_{moyc}=60.45\text{kv}$$

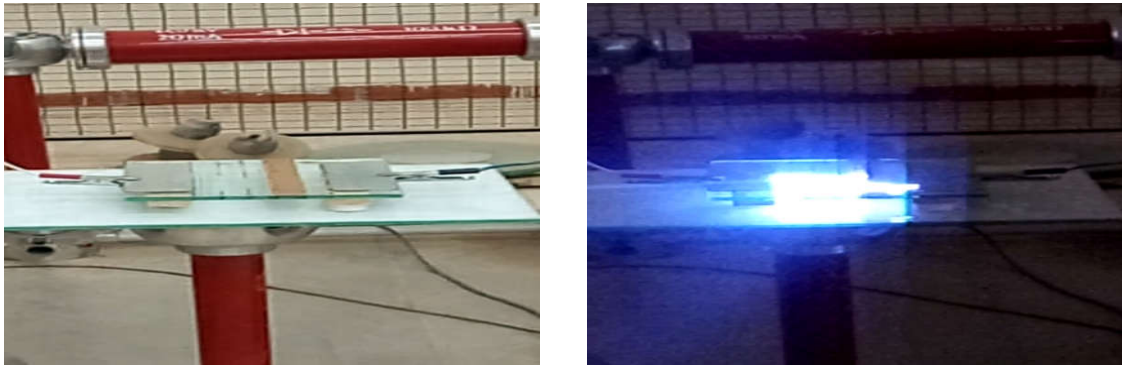


Figure III.37. Photo pollution discontinue en tuf, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

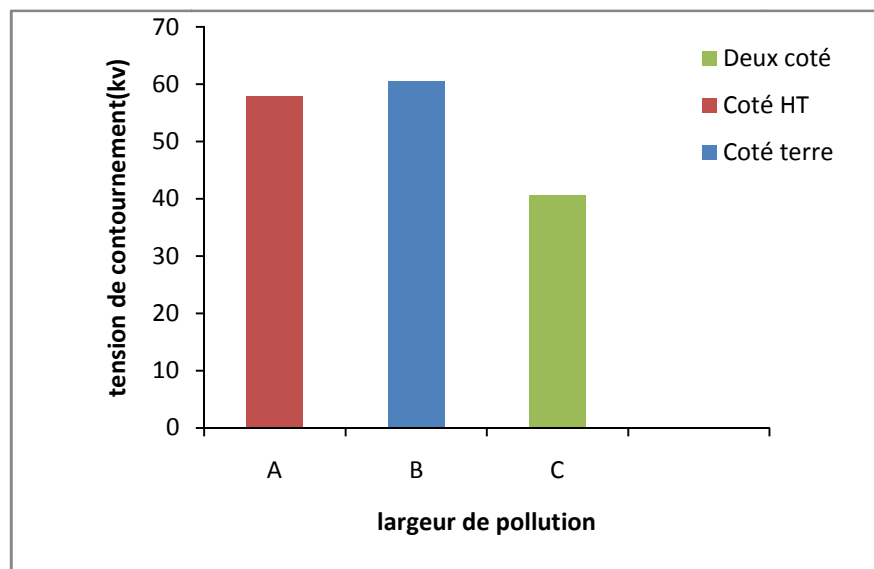


Figure III.38. Histogramme variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution discontinue en tuf

D'après le histogramme de la figure III.38, on remarque que pour tous les types de pollution (tuf) le système qui ayant deux bandes de pollution est le système le moins rigide que le système qui avait une seule bande de pollution ; quel que soit la position de cette dernière .

III.6.1.4 Cas de pollution en Argile :

a-Largeur de pollution $L=2\text{cm}$:

Essai 1 : coté ht :

U(KV)	56.8	54.76	55
-------	------	-------	----

$U_{moy}=55.52\text{ kv.}$

$U_{moyc}= 54.18\text{kv}$



Figure III.39. Photo pollution en Argile coté ht, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté terre :

U(KV)	57.02	55	57.25
-------	-------	----	-------

$U_{moy}=56.42\text{ kv}$

$U_{moyc}=55.06\text{kv}$



Figure III.40. Photo pollution en Argile coté terre, (a) largeur de pollution 2cm et (b) contournement du modèle polluée

b-Largeur de pollution L=4cm :**Essai 1 : coté terre :**

U(KV)	44.50	45.81	45.12
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 45.14 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 44.05 \text{ kv}$


Figure III.41. Photo pollution en Argile coté terre, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté ht :

U(KV)	41.70	42.38	43.28
-------	-------	-------	-------

 $U_{moy} = 42.45 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 41.42 \text{ kv}$


Figure III.42. Photo pollution en Argile coté ht, (a) largeur de pollution 4cm et (b) contournement du modèle polluée

c-Largeur de pollution L=6cm :**Essai1 : coté ht :**

U(KV)	31.83	33.38	34.22
-------	-------	-------	-------

$U_{moy}=33.14 \text{ kv}$

$U_{moyc}=32.34 \text{ kv}$



Figure III.43. Photo pollution en Argile coté ht, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2: coté terre :

U(KV)	33.53	33.89	32.89
-------	-------	-------	-------

$U_{moy}=33.43 \text{ kv}$

$U_{moyc}=32.62 \text{ kv}$

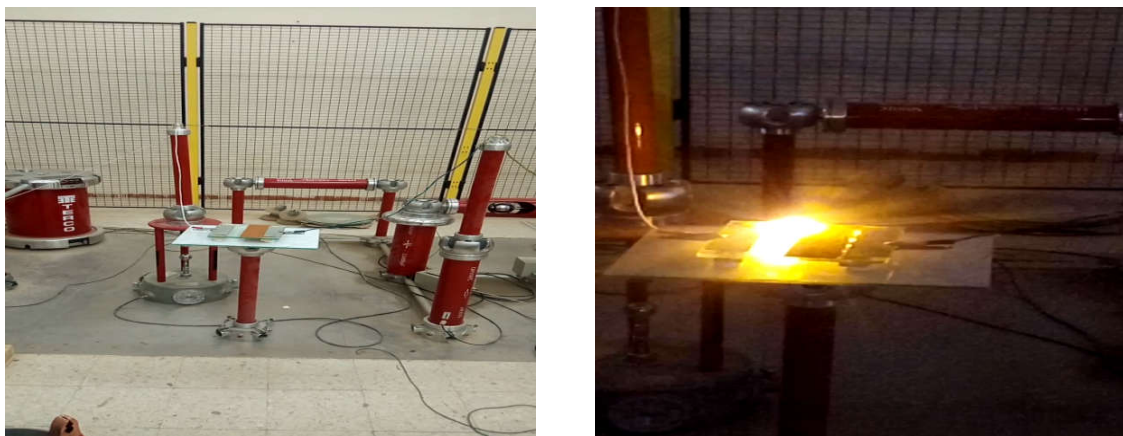


Figure III.44. Photo pollution en Argile coté terre, (a) largeur de pollution 6cm et (b) contournement du modèle polluée

d-Largeur de pollution L=8cm :**Essai 1 : coté terre :**

U(KV)	18.53	18.24	18.80
-------	-------	-------	-------

Umoy=18.52 kv

Umoyc=18.07kv

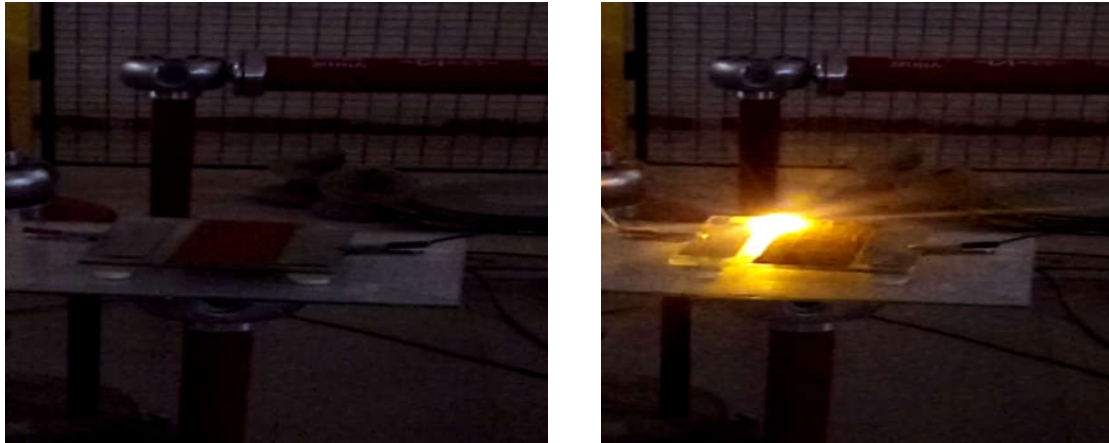


Figure III.45. Photo pollution en Argile coté terre, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté ht :

U(KV)	17.76	18.20	18.30
-------	-------	-------	-------

Umoy=18.08 kv

Umoyc=17.64kv



Figure III.46. Photo pollution en Argile coté ht, (a) largeur de pollution 8cm et (b) contournement du modèle polluée

e-Largeur de pollution L=10cm :

Essai1 :

U(KV)	0.31	0.30	0.29
-------	------	------	------

Umoy=0.3 kv

Umoyc=0.29kv



Figure III.47. Photo contournement du plein pollution

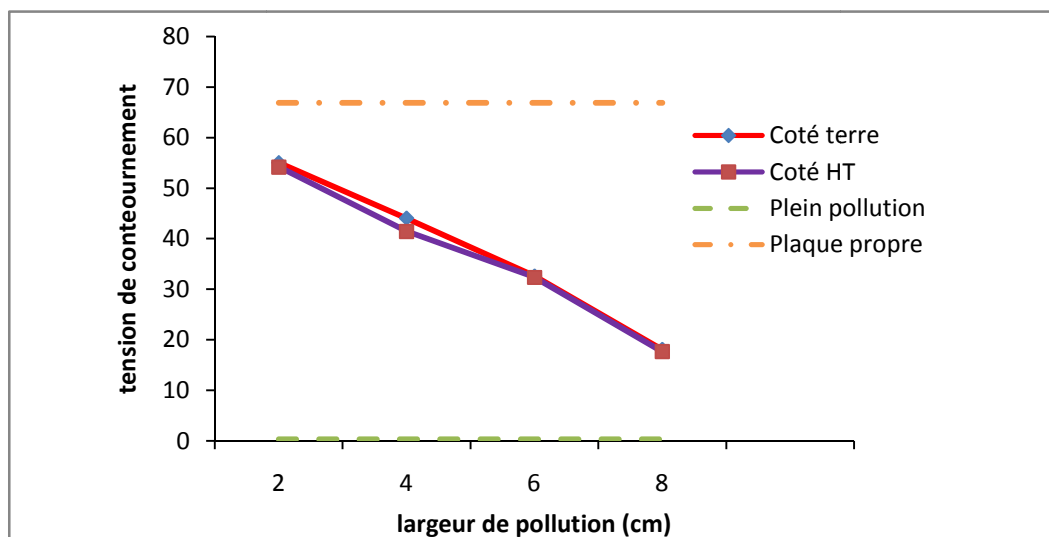


Figure III.48. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution en Argile

D'après la figure (III.48), nous remarquons que la tension de contournement diminue d'une façon pratiquement linéaire en fonction de la largeurs de pollution. Notons également que cette tension est d'autant plus importante que la largeur de pollution en argile est faible. La tension de contournement décroît fortement pour les largeurs comprises entre 6 et 8 cm.

f- Pollution discontinue :**Essai 1 :**

U(KV)	39.74	36.71	34
-------	-------	-------	----

$U_{moy} = 36.81 \text{ kv}$

$U_{moyc} = 35.92 \text{ kv}$



Figure III.49. Photo pollution discontinue en argile, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

Essai 1: coté terre :

U(KV)	53.55	55.26	55
-------	-------	-------	----

$U_{moy} = 54.60 \text{ kv}$

$U_{moyc} = 53.28 \text{ kv}$

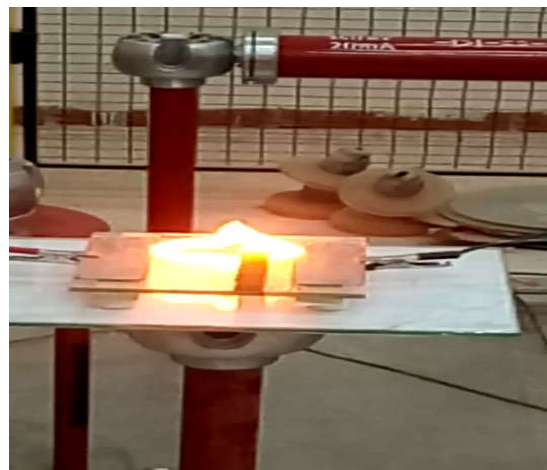
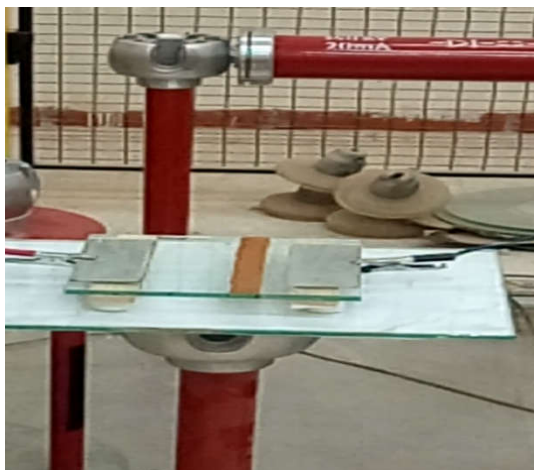


Figure III. 50. Photo pollution discontinue en argile coté terre, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

Essai 2 : coté ht :

U(KV)	63.14	63.26	60.57
-------	-------	-------	-------

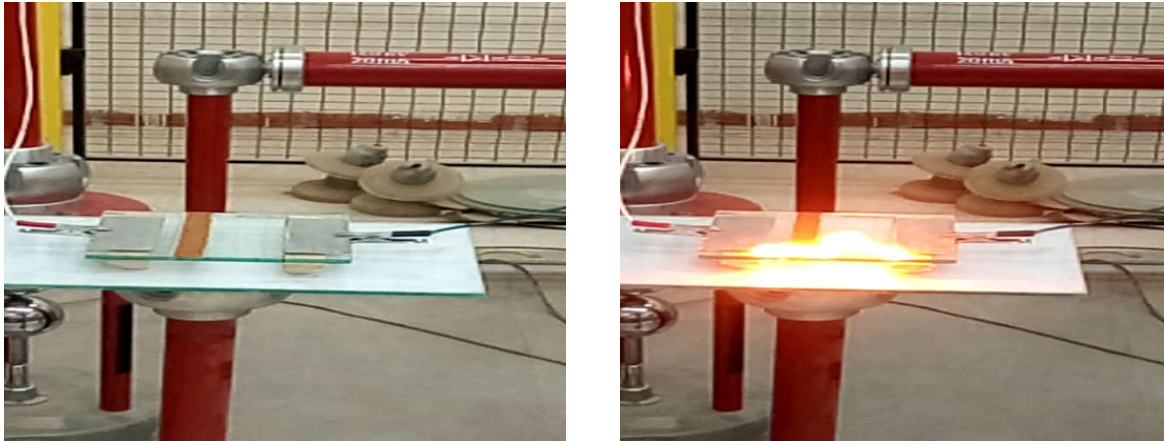
 $U_{moy} = 62.32 \text{ kv}$
 $U_{moyc} = 60.81 \text{ kv}$


Figure III.51. Photo pollution discontinue en argile coté ht, (a) largeur de pollution et (b) contournement du modèle polluée

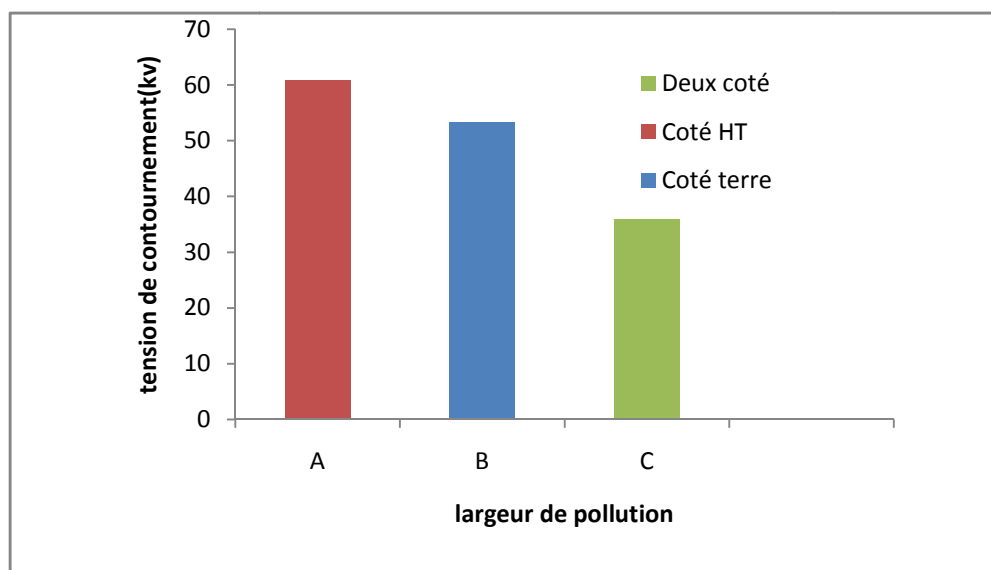


Figure III.52. Histogramme variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution discontinue en argile

D'après le histogramme de la figure III.52, on remarque que pour tous les types de pollution (argile) le système qui ayant deux bandes de pollution est le système le moins rigide que le système qui avait une seule bande de pollution ; quel que soit la position de cette dernière .

III.6.2. L'impact de la nature de pollution :

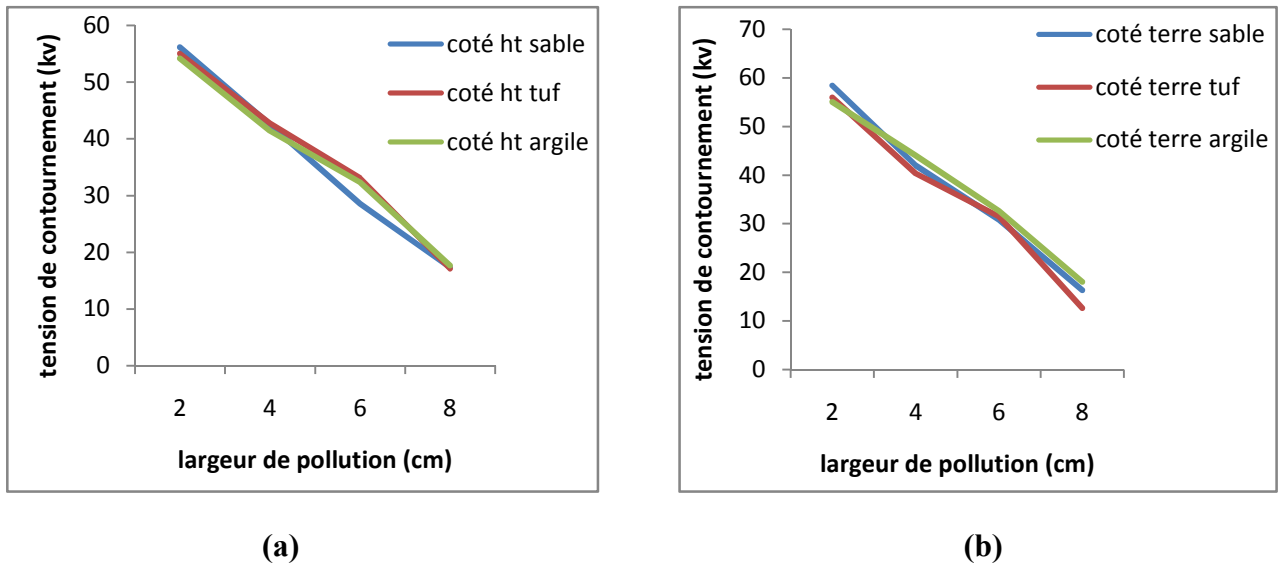


Figure III.53. variation de la tension de contournement en fonction du largeur de pollution en (Argile, tuf, sable) (a) coté ht et (b) coté terre

Selon la figure III.53.(a) suivante on remarque que la pollution en tuf et en argile et en sable près de coté HT ont presque les mêmes effets sur la dégradation et le contournement du plaque isolante, mais pour la position opposée de pollution en tuf (coté de terre) et c'est le cas majeur observé dans la réalité, le niveau de la tension de contournement est le moins par rapport aux autres type de pollution (la figure III.53.(b)).

III 7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons cité les dispositifs expérimentaux, (circuit d'essai, etc), nous avons présenté le modèle opératoire utilisé au labo, ainsi que le mode expérimental et préparation du modèle pour chaque essai.

Aussi nous avons présenté les différentes sources de pollution situées dans notre zone, telle que le sable, Tuf et l'argile. Après ce dernier nous avons donné les procédures d'essai pour mesurer la tension de contournement

Finalement nous présentons les résultats expérimentaux obtenus et les interprétations. On a conclu d'après ces résultats que tous les pollutions ont leurs degrés de conséquences ou le contournement se passe, généralement la tension pour tous les types de pollution diminue avec l'augmentation de la zone polluée. Cette variation est légèrement, par contre la largeur de pollution de chaque a un grand effet sur la tension du contournement par ce que cette variation est brusquement, l'isolateur pour les grands largeurs est non plus rigide

D'après les résultats obtenus, on peut dire que la pollution en tuf est plus dangereuse par rapport aux conditions moyennes telles que la concentration des différents types de pollution et leur distribution superficielle sur la surface d'isolateur (largeur de pollution).

Conclusion générale

Dans le cadre de notre étude, les essais effectués au Laboratoire de Haute tension de l'université d'el oued, avaient pour objectif d'étudier le comportement d'un modèle d'isolateur naturellement pollué, lorsqu'une tension alternative lui est appliquée.

Pour cela, des couche polluées (à base de pollution en sable, tif, argile). En outre, deux répartition de la pollution a été considérée ; continue et discontinue (modèle expérimental).

Lors des essais expérimentaux, nous avons suivi les variations de la tension de contournement, en fonction de la largeur de la pollution sur la surface de l'isolateur.

Nous avons conclu que la tension de contournement, changent en fonction de la largeur de la couche polluante. Par voie de conséquence, l'isolateur est moins rigide lorsqu'il est appliqué une couche polluante. Il est évident que la tension de contournement est affectée par l'état de surface de l'isolateur. La tension de contournement est plus importante dans le cas de l'état sec que dans le cas pollué.

Nous remarquons que la tension de contournement varie de manière linéaire et inversement proportionnelle en fonction de la largeur de la couche polluée sur la longueur de fuite totale. Nous constatons également que les tensions de contournement pour le cas pollution coté HT en tuf sont légèrement plus élevées que celles du sable et en argile. Ceci signifie que le modèle plan étudié est un peu plus rigide dans le cas de la pollution en tuf.

Dans notre travail, concernant l'étude du comportement du modèle plan dans des conditions de pollution différentes, la tension de contournement diminue dans le cas de la pollution, soit avec l'augmentation de la largeur de la couche polluée. Le cas de la pollution de la couche en sable en point de vue des grandes largeurs coté HT présente une rigidité diélectrique moins importante que le cas où la couche polluée est du Tuf ou argile car l'effet de conduction est plus important que ces deux cas qui peuvent être similaire à la présence de barrières isolante qui remplacent les intervalles d'air couche polluée-électrode., ce qui correspond à la plus petite tension de contournement pour les trois cas de la pollution.

Aussi nous avons présenté les différentes sources de pollution situe dans notre zone, telle que le sable, Tuf et l'argile. Apres ce dernier nous avons donné les procédures d'essai pour mesurer la tension de contournement

On a conclus d'après ces résultats que tous les pollutions ont leurs degré de conséquences ou le contournement se passe, généralement la tension pour tous les types de pollution diminue avec l'augmentation de la zone polluée cette variation est légèrement, par

contre la largeur de pollution de chaque a un grand effet sur la tension du contournement par ce que cette variation est brusquement, l'isolateur pour les grands largeurs est non plus rigide

Bibliographie :

- [1] **Ahmed Seddik Bouhadjar**, Amokrane Mounir, « Caractérisation de l'état de surface d'un isolateur par technique d'ondelettes modélisation », Mémoire d'Ingénieur d'Etat, ENP d'Alger, Juin 2008.
- [2] **S. Tounsi, F. Chikh**, « Influence du Sol sur le Comportement d'un Modèle d'Isolateur sous Tension », Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Electrotechnique, ENP, Alger, 2008.
- [3] **N. Dhahbi Megriche**, « Modélisation dynamique des décharges sur les surfaces d'isolateurs pollues sous différentes formes de tension: élaboration d'un critère analytique de propagation », Sciences de l'ingénieur physiques, Ecole Centrale de Lyon, 1998.
- [4] **Adel kara**, « contribution a l'étude d'un modèle dynamique de contournement d'un isolateur pollue », Mémoire De magister, Seif, 2013.
- [5] **F. Obenaus**, « Fremdschichtüberschlag und Kriechweglänge », Deutsche Elektrotechnik, vol. 4, pp. 135 – 136, 1958.
- [6] **Belhouch et Khaled**, « Estimation des paramètres de l'arc de contournement des isolateurs pollués en utilisant l'approche génétique », Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas Setif.
- [7] **El Bahi Azzag**, « problèmes de contournement et perforation des isolateurs de haute tension », thèse doctorat d'état, Université Badji Mokhtar, Annaba, 2007.
- [8] **Bourim Hammoum, Ahmed Kerbouche**, « Etude du Phénomène de Pollution des Isolateurs de Haute Tension dans la Région Electrique du Centre Algérien », Mémoire d'Ingénieur d'Etat ENP, Alger, 2007.
- [9] **Satta Samia**, « contribution a l'étude de l'influence de la pollution discontinue sur le comportement des isolateurs : expérimentation et simulation », mémoire de magister, SETIF.
- [10] **Hamza Slamet Amina**, « Contribution à l'étude du modèle développé d'un isolateur pollué », Mémoire de Magister en électrotechnique, université d'Oran, 2013.
- [11] **M'hamdi Ben alia**, « amélioration des performances des chaines d'isolateur de de haute tension », Thèse de Doctorat en Sciences, ENP, Alger, 2016.
- [12] **Chakou Abdelkarim Djemmaa Mohamed**, « Elaboration d'un modèle dynamique de contournement d'un isolateur pollué sous une tension impulsionnelle », mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2012.

- [13] **Sayah Moatez Béllah** «Prédiction du contournement d'une Chaîne d'isolateur MT 175 CTV-Sonelgaz Polluée Artificiellement par la Logique Floue », mémoire de master, Université Mohamed Khider Biskra, 2014.
- [14] **M. Tegar, A. boubakeur**, « Pollution des Isolateurs de Haute Tension », ENP d'Alger, 2002.
- [15] **F. Taleb, A. Bouleghlem**, «Comportement de l'Isolateur capot et tige 15121 Artificiellement Pollué sous Tension Alternative 50 Hz » Mémoire d'Ingénieur d'Etat, ENP, Alger, 2010.
- [16] **M. Rahali Hilal**, « Comportement d'un modèle d'isolateur sous différentes configurations de pollution sous tension alternative 50 HZ », Mémoire de Magister, ENP, Alger, 2011.
- [17] **A.Tilmatine**, « Isolateurs Des Lignes Aériennes Haute Tension », cours de haute tension, chapitre 6.
- [18] **Fatiha Aouabed**, « Contribution A L'étude D'un Circuit Equivalent Des Isolateurs Synthétiques Sous Pollution En Utilisant L'empt », Mémoire De Magister, Setif.
- [19] **A.cimador, S. vitet**, « La pollution des isolateurs », EDF-Epure, No. 27, Juillet 1990.
- [20] **M. A. Boudjamaa, R. Sebti**, « Modélisation Des Phénomènes De Pollution Des Isolateurs De Haute tension », Mémoire de Master, université d'Ouargla, 2012.
- [21] **T. Guia**, « Comportement d'un modèle Isolateur sous à une Tension Impulsionnelle », Mémoire de Magister, Département de Génie Electrique, Laboratoire de Haute Tension, ENP, Alger, Mai 2010.
- [22] **Meraghni Tahar, Guia Issam**, « effet de la pollution désertique sur l'isolateur de haute tension », mémoire de master, 2015.
- [23] **Mohamed Aminé Soufi, Menouar Zemirline**, « Conception d'un Modèle Dynamique de Contournement d'un Isolateur Pollué sous Tension Alternative 50 Hz », Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Electrotechnique, ENP d'Alger, 2004.

