

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : GENIE
ELECTRIQUE N° D'ORDRE: RE-



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
FILIERE : ELECTROTECHNIQUE
SPECIALITE : RESEAUX ELECTRIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME DE MASTER

Présenté par

BENTORCHA Issam

TAYABI Riadh

Intitulé

**Contribution à l'étude d'un isolateur réel
soumis à différents types de tension
(DC/AC).**

Soutenu le 01 / 07 / 2021 devant le jury composé de :

Dr. BENSLIMANE Tarek	Université Mohamed Boudiaf - M'SILA	Président
Dr. BELHOUCHE Khaled	Université Mohamed Boudiaf - M'SILA	Encadreur
Dr. ZEMMIT Abderrahim	Université Mohamed Boudiaf - M'SILA	Co-Encadreur
Dr. CHAKROUN Salim	Université Mohamed Boudiaf - M'SILA	Examineur

Année universitaire : 2020 / 2021.

Remerciements

Nous tenons à remercier tout premièrement Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur « Dr. BELHOUCHE Khaled », pour suivi continué tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessé de nous donner ses conseils.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants et le chef de département de Génie électrique qui a contribué à notre formation. Par ailleurs, Nos remerciements à tous les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

En fin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis et collègues pour le soutien moral.

Que toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail soient assurées de mes plus sincères remerciements.

إهداء



إلى من قال فيهما سبحانه وتعالى "وبالوالدين احسانا"

والدتي حفظها الله

و الوالد الكريم الذي كان له كل الفضل في وصولي بعد الله عز وجل

إلى اخوتي والى كل عائلة " بن طرشة "

إلى صديقي في العمل " طيabi رياض "

إلى كل من ساندني و لو بكلمة طيبة

إلى مؤطري وأستاذي الكريم " الدكتور: خالد بلهوشات " كل الشكر والتقدير

أستاذي القدير والمحترم

أهديكم عملي هذا بكل فخر و اعتزاز...

"عصام"

إهداء



إلى من قال فيهما سبحانه وتعالى "وبالولدين إحسانا"

أمي الحنونة فرحة عمري ونور حياتي حفظها الله

أبي الغالي الذي رباني علي الإيمان وأنار لي درب العلم والإحسان حفظه الله

إلى إخوتي حفظكما الله إلى كل عائلة "طيبا"

إلى صديقي في العمل "بن طرشة عصام"

إلى كل من تمني لي التوفيق وساندني ولو بكلمة طيبة

إلى أستاذي الكريم "الدكتور بلهوشات خالد"

أهديكم عملي هذا بكل فخر واعتزاز...

"رياض"

Résumé

L'isolateur est un dispositif constitué spécialement d'un matériau isolant solide, capable de résister à la contrainte électrique. Il est caractérisé par une grande impédance au passage du courant électrique. Son rôle est de séparer deux corps conducteurs, soumis à deux potentiels différents. Dans les réseaux de transport d'énergie électrique, l'isolement pylône-conducteur est assuré par une chaîne d'isolateurs. Chaque chaîne est caractérisée principalement par sa longueur de fuite. Cette longueur est dépendante du niveau de tension de service. Ce mémoire a été réalisé dans le but d'analyser les caractéristiques de l'arc électrique autour d'un Isolateur pollué. En calculant la distribution du potentiel et le champ électrique, cela contribuera à améliorer la conception des isolateurs, en particulier pour les zones polluées. De plus, une tentative a été faite avec COMSOL pour calculer la tension et champ électrique sur la surface de l'isolateur avec et sans présence de contaminants.

La répartition du potentiel et du champ électrique dans un d'isolateurs en verre type capot et tige, utilisé dans les réseaux électriques algériens.

Mots-clés : isolateur, méthode des éléments finies (FEM), champ électrique, potentiel électrique
Comsol, Simulation.

Abstract

The insulator is a device made especially of a solid insulating material capable of withstanding electrical stress. It is characterized by high impedance to the passage of electric current. Its role is to separate two conductive bodies, subjected to two different potentials. In electric power transmission networks, pylon-conductor isolation is provided by a string of insulators. Each chain is characterized mainly by its trailing length. This length is dependent on the operating voltage level. This brief was produced in order to analyze the characteristics of the electric arc around a polluted insulator. By calculating the potential distribution and the electric field, this will help improve the design of insulators, especially for polluted areas. In addition, an attempt was made with COMSOL to calculate the voltage and electric field on the surface of the insulator with and without the presence of contaminants. The distribution of the potential and the electric field in a cover and rod type glass insulator, used in Algerian electricity networks.

Keywords: insulator, Electric field, Finite element method (MEF), Electric potential, Comsol, Simulation.

ملخص

العازل عبارة عن جهاز مصنوع خصيصاً من مادة عازلة صلبة قادرة على تحمل الضغط الكهربائي. يتميز بمقاومة عالية لمرور التيار الكهربائي. يتمثل دورها في فصل جسمين موصلين ، يخضعان لإمكانات مختلفة. في شبكات نقل الطاقة الكهربائية، يتم توفير عزل موصل الصرح بواسطة سلسلة من العوازل. تتميز كل سلسلة بشكل أساسي بطولها الخلفي. هذا الطول يعتمد على مستوى جهد التشغيل. تم إنتاج هذا الموجز لتحليل خصائص القوس الكهربائي حول عازل ملوث. من خلال حساب التوزيع المحتمل والمجال الكهربائي، سيساعد ذلك في تحسين تصميم العوازل، خاصة بالنسبة للمناطق الملوثة. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء محاولة مع COMSOL لحساب الجهد والمجال الكهربائي على سطح العازل مع وبدون وجود الملوثات. توزيع الجهد والمجال الكهربائي في عازل زجاجي بغطاء وقضيب يستخدم في شبكات الكهرباء الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: عازل ، الحقل الكهربائي، التوتر الكهربائي ، طريقة الحدود المنتهية (FEM) ، محاكاة.

Table des matières

<i>Table des matières</i>	<i>iv</i>
<i>Listes des Figures et Tableaux</i>	<i>vii</i>
<i>Symboles et abréviations</i>	<i>viii</i>

Chapitre 01

Introduction Générale

I.1.Contexte Général	1
I.2. problématique.....	2
I.3. objectifs	3
I.4. structure du mémoire	3

Chapitre 02

Généralité sur les isolateurs haute tension

II.1 Introduction.....	5
II.2 les isolateurs haute tension	5
II.3. Définitions	6
II.3.1. Isolement.....	6
II.3.2. Isolation	6
II.3.3. Dégradation de l'isolement.....	6
II.3.4. Décharge disruptive	6
II.3.5. Contournement	7
II.3.6. Tension de contournement.....	7
II.3.7. Tension de tenue (Tension d'essai)	7
II.3.8. Courant de fuite.....	8
II.4. Principaux types d'isolateurs.....	9
II.4.1. isolateurs de type rigide.....	9
II.4.2. isolateurs à capot et tige.....	10
II.4.3. isolateur à long fût en porcelaine.....	10
II.4.1. Chaînes d'isolateurs	11
II.5. Choix des isolateurs	12
II.6. Contraintes supportées par les isolateurs	12

II.6.1. Contraintes mécaniques.....	12
II.6.2. Contraintes climatiques et d'environnement	13
II.6.3. Contraintes électriques.....	13
II.7. Études de la performance électrique des isolateurs	14
II.7.1. Influence de la forme de l'isolateur.....	14
II.7.2. Influence du diamètre	15
II.8. Techniques de lutte contre la pollution	18
II.8.1. Allongement de la ligne de fuite	18
II.8.2. Graissage périodique	18
II.8.3. Revêtement silicone	18
II.8.4. Les isolateurs composites.....	19
II.8.5. Nettoyage des isolateurs	19
II.9. Conclusion	19

Chapitre 03

Méthodes numériques de calcul du potentiel et du champ électrique

III.1. Introduction.....	21
III.2. Equations de Maxwell.....	21
III.2.1. Équations en potentiel scalaire : Poisson et Laplace	21
III.2.2. Conditions aux limites	23
III.2.3. Conditions d'interfaces.....	23
III.3. La méthode des Éléments Finis (M.E.F)	24
III.3.1. Principe	24
III.3.2. Avantages de la M.E.F.....	25
III.3.3. Inconvénients de la M.E.F.....	26
III.3.4. Etapes de la méthode des éléments finis	26
III.5. Conclusion.....	27

Chapitre 04

Etude de l'influence de la pollution sur la distribution du champ électrique sous tension DC/AC

IV.1. Introduction	29
IV.2. Présentation de l'isolateur étudié.....	30

IV.3. Mesure des dimensions de l'isolateur étudié	30
IV.3.1. Instruments usuels de mesure.....	30
IV.4. Géométrie et caractéristique dimensionnelle de l'isolateur	32
VI.5. Simulation bidimensionnelle en utilisant COMSOL.....	32
IV.5.1. COMSOL Multiphysics.....	33

Chapitre 05

Résultats et discussion

V.1. Introduction	36
V.2. Études de la distribution de tension dans les conditions propres	36
V.3. Études de la distribution de tension dans les conditions polluées	37
a. Pollution uniforme.....	37
b. Pollution non-uniforme.....	40
V.4. Conclusion.....	43

Chapitre 06

Conclusions Générales	45
Références	48

Listes des Figures et Tableaux

Fig.2. 1. Niveaux de tension.....	6
Fig.2. 2. Exemple d'essai (isolateur en résine Epoxy).....	8
Fig.2. 3. Variation s du courant de fuite durant un test de tenue.....	9
Fig.2. 4. Isolateur rigide en verre	9
Fig.2. 5. Isolateur à capot et tige	10
Fig.2. 6. Isolateur à long fut en porcelaine	11
Fig.2. 7. Assemblage à rotule.....	11
Fig.2. 8. Définition du facteur de profil.....	14
Fig.2. 9. Influence de profil sur la tension de tenue des isolateurs	15
Fig.2. 10. Assimilation théorique d'un isolateur à un cylindre	15
Fig.2. 11. Diamètre moyen des isolateurs IEEE et EPDM.....	16
Fig.2. 12. Performance des isolateurs pollués en fonction du diamètre moyen...	17
Fig.3. 1. Diagramme de différentes étapes de résolution dans Comsol	27
Fig.4. 1. Isolateur capot et tige étudiés.	30
Fig.4. 2. Le pied à coulisse.....	31
Fig.4.3. Le micromètre.....	31
Fig.4. 4. Le Comparateur	32
Fig.4. 5. Interface du logiciel COMSOL Multiphysics	33
Fig.5. 1. Maillage de l'isolateur	36
Fig.5. 2. Lignes équipotentiels pour un isolateur propre.....	37
Fig.5. 3. Distribution des lignes équipotentiels pour plusieurs valeurs de la conductivité.....	38
Fig.5. 4. Distribution de la tension pour différentes valeurs de σ (uniforme)	39
Fig.5. 5. Champ électrique pour différentes valeurs de σ (uniforme)	39
Fig.5. 6. Densité de courant pour différentes valeurs de σ (uniforme).....	40
Fig.5. 7. Distribution équipotentiels Pollution non-uniforme pour différentes valeurs de conductivité.....	41
Fig.5. 8. Distribution de la tension pour différentes valeurs de σ (non-uniforme)	42
Fig.5. 9. Champ électrique pour les différentes valeurs de σ (non-uniforme).....	42
Fig.5. 10. Densité de courant pour les différentes valeurs de σ (non-uniforme)	43
Tableau 5. 1. Données nécessaires pour le cas propre.....	36

Symboles et abréviations

mm	Millimètre
cm	Centimètre
E	Champ Electrique
kV	Kilovolt
HT	Haute Tension
FEM	Finite Element Method
2D/3D	deux/trois Dimensional

CHAPITRE I

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

I.1.Contexte Général

Les équipements haute tension 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. Leur rôle est d'assurer l'isolement électrique entre les parties haute tension et les parties mises à la terre. Depuis plusieurs années, l'une des principales cibles dans les travaux de recherche et de développement dans le champ de la transmission et de la distribution électrique a été la diminution du nombre et de la durée des interruptions de l'alimentation en énergie électrique des consommateurs. Les isolateurs sont fabriqués à partir de matériaux diélectriques tels que le verre, la céramique et les matériaux composites. Un isolateur est idéalement une substance qui ne laisse pas passer la charge électrique et n'a aucun effet sur les champs électriques [1]. Par conséquent, des matériaux diélectriques qui ont une résistance électrique élevée et des constantes diélectriques sont utilisés comme isolants. Commencant par de simples isolateurs en verre et en porcelaine, il s'est rapidement développé depuis le début du siècle. Ces types d'isolateurs peuvent être considérés comme des isolateurs classiques et peuvent être classés dans la même catégorie que les isolateurs en céramique. D'après les recherches et des expériences de service [2], ils sont fiables et rentables pour les grandes installations extérieures.

Avec des tensions de plus en plus élevées, le problème du contournement de la pollution de l'isolant augmente et les pénalités augmentent fortement en raison des dommages à l'équipement. Par conséquent, une attention accrue doit être portée à l'amélioration des performances de pollution des isolateurs.

Le facteur le plus important qui détermine les dimensions physiques des isolateurs d'extérieur est leur performance dans des conditions de pollution. Selon la gravité de la pollution et les conditions de mouillage du site, les isolateurs d'extérieur doivent avoir une longueur de fuite de surface suffisante pour garantir que la formation de bandes sèches et l'arc de surface soient minimisés. Le contournement de la pollution est l'un des principaux problèmes qui mettent en danger la fiabilité d'un système d'alimentation électrique. La présence de contamination sur la surface de l'isolateur, combinée à des conditions très humides et humides telles que le brouillard, la rosée ou la pluie, est particulièrement responsable de nombreux contournements de pollution par l'isolateur [3].

I.2. problématique

Le champ de recherche concernant le contournement électrique des isolateurs pollués est très vaste mais l'intérêt qu'il suscite se fait sentir dans de plus en plus de pays touchés par ce problème.

Plusieurs paramètres influent sur le bon fonctionnement de l'isolateur de haute tension tels que la nature du dépôt polluant [4-5], la non-uniformité du dépôt de pollution [6-7], la conductivité superficielle et le profil de l'isolateur [8], la tension appliquée (continue, alternative) [9], rendent la compréhension et la maîtrise du mécanisme de contournement très difficile.

La complexité de ce phénomène impose aux chercheurs d'effectuer plus d'expériences au laboratoire et en site, sous des conditions de pollution artificielle ou naturelle afin d'en comprendre le mécanisme.

Les résultats des travaux antérieurs ont néanmoins permis d'établir des modèles permettant d'accéder aux caractéristiques des décharges se propageant sur les surfaces d'isolateurs et ce jusqu'au contournement.

I.3. objectifs

Le présent travail porte sur l'étude de l'effet de la pollution et le phénomène de conduction Surfaccique sur les isolateurs. Dans ce mémoire nous présentons une synthèse bibliographique sur l'utilité de la haute tension. Et puis nous citons les différents types des isolateurs et de pollution. Et en suit présentons les principes de la méthode des éléments finis et comment l'exploiter à l'aide du logiciel **COMSOL**. Une partie sera consacrée à la simulation basée sur la méthode des éléments finis ayant pour objectif principal la détermination de la distribution du potentiel et du champ électrique le long de l'isolateur capot tige.

I.4. structure du mémoire

Le présent mémoire est organisé en six chapitres qui se présentent comme suit :

Le chapitre 1 est une introduction du travail. Il explique la problématique, les objectifs, la méthodologie pour cette étude.

Le chapitre 2 donne un aperçu général des différents isolateurs d'extérieur haute tention ainsi que de leur rôle dans les réseaux du réseau électrique. De plus, les facteurs accélérant la dégradation des isolateurs.

Le chapitre 3 discute les Méthodes numériques de calcul du potentiel et du champ électrique dans la présence de pollution à différentes distributions.

Le chapitre 4 Etude et évalue L'influence de la pollution sur la distribution du champ électrique sous tension DC/AC et discussion des résultats obtenus.

Le chapitre 6 présente les conclusions générales.

CHAPITRE II

GENERALITES SUR LES ISOLATEURS HAUTES TENSION

Généralité sur les isolateurs haute tension

II.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. Donc les isolateurs sont des composants indispensables au transport et à la distribution de l'énergie électrique. Leur rôle est de réaliser une liaison mécanique entre des conducteurs portés à des potentiels différents accrochés aux pylônes des lignes aériennes et de maintenir les conducteurs dans la position spécifiée (isolateurs d'alignement et d'ancrage).

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

II.2 les isolateurs haute tension

L'isolateur est un dispositif constitué spécialement d'un matériau isolant solide, capable de résister à la contrainte électrique. Il est caractérisé par une grande impédance au passage du courant électrique. Son rôle est de séparer deux corps conducteurs, soumis à deux potentiels différents [10]. Dans les réseaux de transport d'énergie électrique, l'isolement pylône-conducteur est assuré par une chaîne d'isolateurs. Chaque chaîne est caractérisée principalement par sa longueur de fuite (nombre d'éléments). Cette longueur est dépendante du niveau de tension de service.

Ce chapitre présente un aperçu sur les divers types des isolateurs, leur constitution et les perturbations qui peuvent nuire au fonctionnement correct de ces dispositifs en passant par quelques définitions nécessaires à la compréhension de ce domaine.

II.3. Définitions

II.3.1. Isolement

On appelle isolement d'un ouvrage ou d'un appareil électrique, son aptitude à supporter la tension ou plus généralement les contraintes électriques qui lui sont appliquées.

II.3.2. Isolation

L'isolation est un procédé permettant de supprimer ou de réduire la propagation de courant d'un milieu à un autre. Un matériau qui remplit ce rôle est dit isolant.

II.3.3. Dégradation de l'isolement

Les appareils dont la coordination de l'isolement est correcte, présentent les niveaux de tension montrés dans la figure (2.1).

- Tension de perforation U_p (isolation interne)
- Tension de contournement U_c (isolation externe)

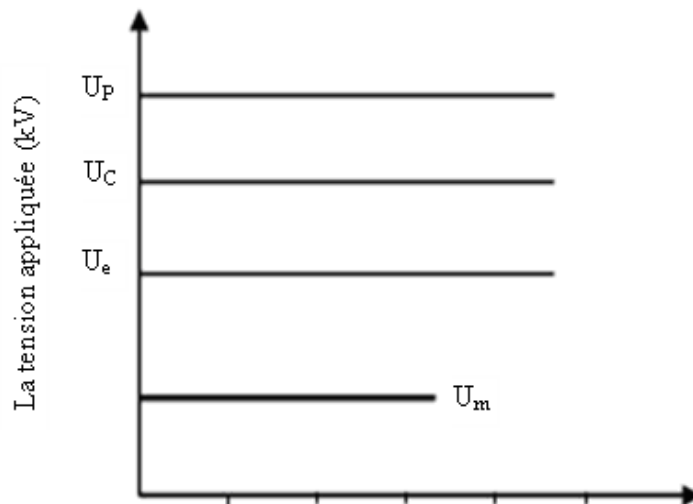


Fig.2. 1. Niveaux de tension [11]

II.3.4. Décharge disruptive

C'est le phénomène associé à une défaillance de l'isolation sous l'effet de contrainte électrique, avec chute de tension et passage d'un courant. On parlera de l'amorçage

pour les diélectriques gazeux; de claquage pour les liquides et enfin de perforation pour les solides [12].

II.3.5. Contournement

C'est la décharge disruptive le long d'une surface solide dont la trajectoire contourne ce dernier. Dans notre cas, c'est de l'isolateur qu'il s'agit. Aussi le terme contournement est employé pour des décharges disruptives par amorçage dans l'air entourant l'isolateur [12].

Quant au contournement, il faut distinguer deux cas :

- Le premier est dû à une surtension (foudre par ex.) qui provoquera une décharge électrique à la surface de l'isolateur suivant les mécanismes classiques des décharges.
- Le second cas correspond à la pollution atmosphérique [13]. Ce type de contournement est la conséquence de la combinaison de plusieurs paramètres. Il a été montré que le comportement des isolateurs sous pollution peut être décomposé en quatre grandes étapes : dépôt d'une couche de pollution sur la surface de l'isolateur, humidification progressive de la couche de pollution, développement de zones sèches et apparition d'arcs partiels et enfin extension des arcs partiels si les conditions sont favorables jusqu'à court-circuiter l'isolateur.

II.3.6. Tension de contournement

C'est le niveau de tension le plus bas au-delà duquel les arcs électriques joignent les deux électrodes. La tension de contournement dépend [13, 14]:

- de la conductivité de la couche polluée sur l'isolateur.
- de la répartition de la couche de pollution.
- la forme de l'isolateur (profil).

II.3.7. 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.

La tension d'essai ou de tenue est fixée par les règles nationales ou internationales et permet une coordination correcte de l'isolement [15-16].

Exemple : Essai au choc d'un isolateur en résine Epoxy.

Tension nominale la plus élevée 24 kV efficace.

Tension d'essai 125 kV, onde 1,2 /50 μ s.

Pour déterminer la tension de perforation de l'isolateur, il faut immerger ce dernier dans de l'huile ou dans du gaz sous pression (par exemple N_2 , SF_6).

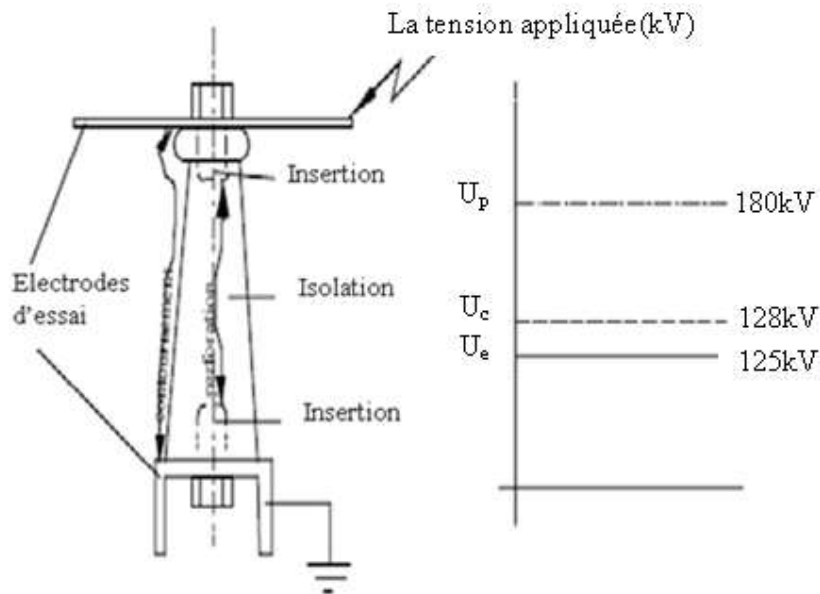


Fig.2. 2. Exemple d'essai (isolateur en résine Epoxy) [1]

II.3.8. Courant de fuite

C'est un courant de faible amplitude circulant à travers la couche polluante humectée le long de la surface isolante. Il est de type électrolytique et peut être un courant résistif pour une isolation totalement polluée ou un courant capacitif dans le cas d'une isolation parfaitement propre [5]. Son intensité devient importante lorsqu'on s'approche de la tension de contournement.

La figure (2.3), relevée à l'aide du système d'acquisition **Viewdac**, présente à titre d'exemple l'évolution du courant de fuite jusqu'au contournement sur une chaîne d'isolateurs IEEE dans un régime humide ($V=75$ kV).

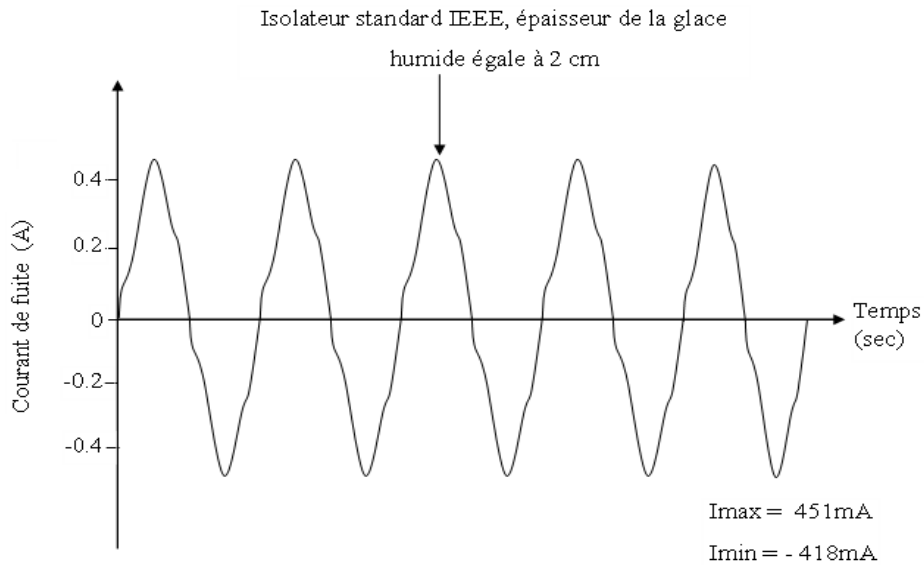


Fig.2. 3. Variation s du courant de fuite durant un test de tenue [6]

II.4. Principaux types d'isolateurs

On peut distinguer deux principaux types d'isolateurs :

II.4.1. isolateurs de type rigide

Un isolateur rigide (Fig. 2.4.) est relié au support par une ferrure fixe. Tous les isolateurs rigides normalisés sont livrés avec une douille scellée de telle façon qu'ils puissent être vissés directement sur les ferrures correspondantes. La céramique et le verre sont les deux matériaux utilisés pour les isolateurs rigides.



Fig.2. 4. Isolateur rigide en verre

II.4.2. isolateurs à capot et tige

L'isolateur capot et tige (Fig. 2.5) est constitué d'un bloc isolant portant à sa partie supérieure un capot scellé en fonte malléable et à l'intérieur une tige en acier, avec cannelures et dont la tête conique est également scellée dans le verre (ou la porcelaine). L'extrémité inférieure de cette tige est arrondie et a les dimensions voulues pour pénétrer dans le capot de l'élément suivant, et y être maintenue par une goupille [4, 17]. L'assemblage consiste à effectuer un scellement du capot et du diélectrique par du Ciment, puis celui de la tige et du diélectrique, le tout est posé sur une table vibrante pendant une minute afin d'obtenir un bon scellement.

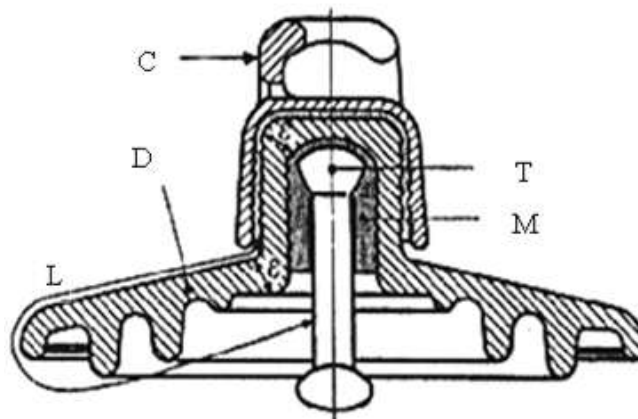


Fig. 2.5

Fig.2. 5. Isolateur à capot et tige

C : Capot (fonte malléable, galvanisée à chaud)

D : Diélectrique (verre trempé ou céramique)

M : Mortier de ciment alumineux ou Portland

T : tige (acier, galvanisé à chaud)

L : Plus courte distance dans l'air ; extérieure à l'isolateur.

II.4.3. isolateur à long fût en porcelaine

Ils sont constitués d'un cylindre plein en céramique, en porcelaine ou en matériaux synthétiques, muni d'ailettes (Fig. 2.6). A chaque extrémité est fixée une pièce métallique de liaison. Celle-ci peut être enveloppante en forme de capot scellé autour des extrémités tronconiques prévues sur le cylindre, ou bien en forme de tige scellée

dans une cavité prévue à cet effet. De tels isolateurs peuvent être utilisés unitairement ou en série de plusieurs éléments en fonction de leur longueur et du niveau d'isolement requis [18].



Fig.2. 6. *Isolateur à long fût en porcelaine [18]*

II.4.1. Chaînes d'isolateurs

Les chaînes d'isolateurs sont constituées d'un ensemble d'isolateur de type capot et tige ou à long fût équipés de pièces métalliques de liaison, nécessaires pour les relier de façon flexible les uns aux autres (Fig. 2.7), à la pince de suspension du conducteur ou au support. Les éléments de chaînes sont soumis principalement à des efforts de traction. Ils sont généralement utilisés en suspension et forment des chaînes d'isolateurs soit verticales (chaînes d'alignement), soit horizontales (chaînes d'ancrages).

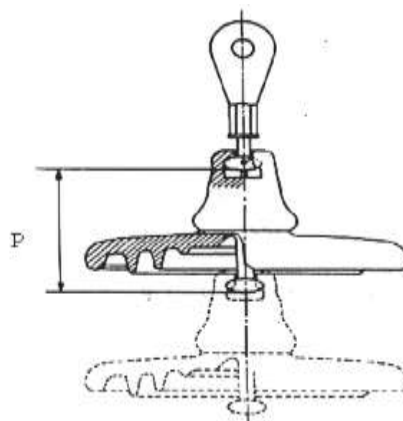


Fig.2. 7. *Assemblage à rotule [18]*

II.5. Choix des isolateurs

L'isolateur entre pour un pourcentage très modeste de l'ordre de 7%, dans le prix d'une ligne aérienne moyenne tension. Cependant, il est 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.

Le choix des isolateurs se fait en fonction de :

- La charge mécanique de rupture;
- La tension de tenue à fréquence industrielle à sec;
- La tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie;
- La tension de tenue aux chocs de foudre;
- La tenue à la perforation;
- Le diamètre nominal de la partie isolante;
- Le pas nominal;
- La ligne de fuite nominale;
- Le poids approximatif.

Donc le choix des isolateurs est lié aux contraintes suivantes :

II.6. Contraintes supportées par les isolateurs

Trois types de contraintes sont imposées aux isolateurs, chaque type comprend lui-même plusieurs types. Ces contraintes sont généralement d'amplitude variable et agissent simultanément, si bien que les isolateurs sont soumis à des régimes complexes [5].

II.6.1. Contraintes mécaniques

Du fait de leur conception, les chaînes d'isolateurs sont articulées (avec un faible degré de liberté) à chaque isolateur, ce qui permet de les faire travailler exclusivement à la traction :

- Charge permanente appliquée à la chaîne (poids des conducteurs, des accessoires etc.).
- Surcharge exceptionnelle due au vent.

Les dimensions d'isolateur dépendent de la charge mécanique qui est supporté en service ; lorsque la charge augmente les dimensions augmentent aussi.

II.6.2. Contraintes climatiques et d'environnement

Les isolateurs sont spécialement influés par la contamination de l'environnement, dans les ouvrages (lignes ou postes) installés en bordure de mer, les embruns portés par les vents déposent progressivement sur les isolateurs une couche de sel, qui à plus ou moins longue échéance, ensuite recouvre toute la surface l'isolant y compris les parties mieux protégées. Cette couche de sel humidifiée par les embruns eux –mêmes par un brouillard ou simplement par condensation, devient conductance ce qui donne naissance à un courant de fuite qui s'établit à travers la couche superficielle, et dans certaines conditions des arcs peuvent se développer et provoquer le contournement totale de l'isolateur.

Les remèdes contre les amorçages produits par la pollution sont divers, on site :

-l'augmentation du nombre d'isolateurs qui engendre l'augmentation e la ligne de fuite totale d'une chaîne.

-l'utilisation des isolateurs spéciaux appelés « isolateurs antipollution ».

-protection par l'utilisation des graisses, soit à minérales, soit à base de silicone.

Puisque l'entretien continu et le remplacement des isolateurs en défaut sont des processus coûteux et fastidieux ; le choix et le dimensionnement de l'isolateur demeurent très importants.

II.6.3. Contraintes électriques

Les isolateurs sont soumis à des contraintes électriques importantes telles que :

- La tension de service : c'est la tension normale que supporte l'isolateur en service.
- Décharge disruptive : phénomène associé à une défaillance de l'isolateur, avec chute de tension et passage d'un courant qui entraîne une perte permanente de la rigidité diélectrique.
- La tension de contournement (à sec et sous pluie) : la plus faible tension produisant un amorçage entre conducteur et la masse.
- Les surtensions accidentelles.

II.7. Études de la performance électrique des isolateurs

II.7.1. Influence de la forme de l'isolateur

La longueur de fuite est un important paramètre qui influence la tenue des isolateurs. Pour augmenter la performance d'un isolateur, on pourrait être tenté d'augmenter la longueur de fuite. Cependant, la forme des isolateurs est différente d'un type à l'autre. Un isolateur dont le profil est simple (fig. 2.8.a) possède une ligne de fuite plus petite que celui dont le profil comporte de nombreuses nervures comme les isolateurs antipollution (fig. 2.8.b) lorsqu'ils sont identiquement pollués [11]. En effet, si la couche de pollution est uniformément répartie, des arcs locaux peuvent se développer sous certaines conditions. Si les arcs locaux restent en contact avec la surface isolante, la ligne de fuite est complètement utilisée (fig. 2.8.a).

Un critère empirique appelé facteur de profil, FP , présenté dans la fig. 2.8, a été introduit comme le rapport entre la ligne de fuite simplifiée ($2P + S$) et la ligne de fuite réelle (LS) pour 1 pas de l'isolateur, (P) étant la profondeur horizontale maximale des ailettes et (S) la distance entre deux ailettes.

Les expériences sur les isolateurs ont montré que pour un niveau de pollution donné, la tension de contournement des isolateurs est d'autant plus faible que le facteur de profil est plus petit (Fig. 2.9)

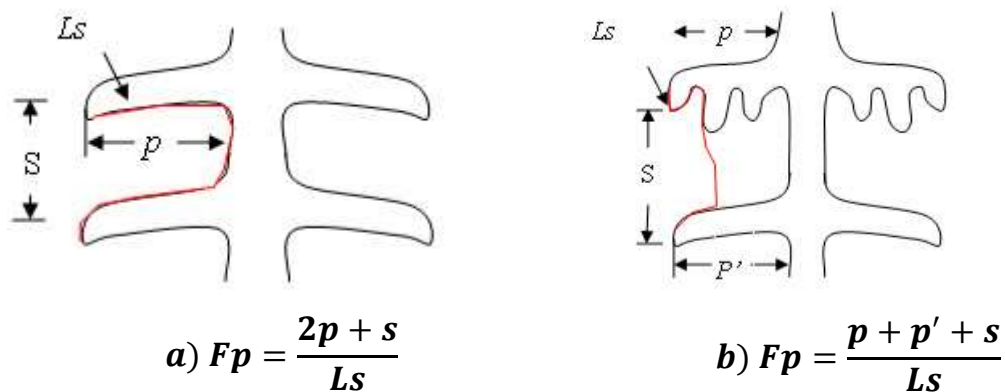


Fig.2. 8. Définition du facteur de profil [11]

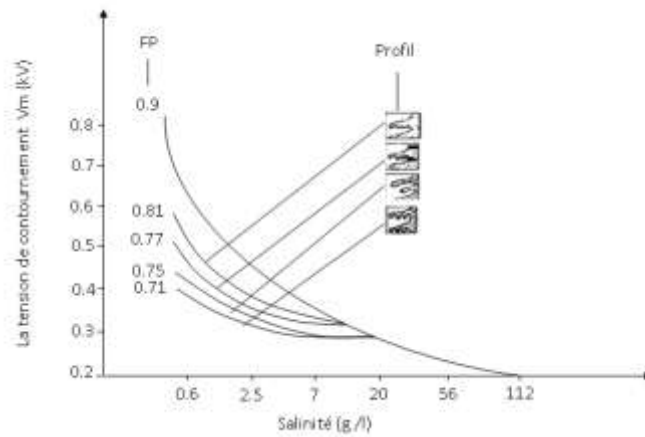


Fig.2. 9 .Influence de profil sur la tension de tenue des isolateurs

II.7.2. Influence du diamètre

Par définition, le diamètre moyen ϕ d'un isolateur réel correspond au diamètre d'un isolateur qui serait cylindrique et qui posséderait la même ligne de fuite, L , et la même résistance lorsqu'il est recouvert de la même couche polluante, e , que l'isolateur réel. (Fig. 2.10)

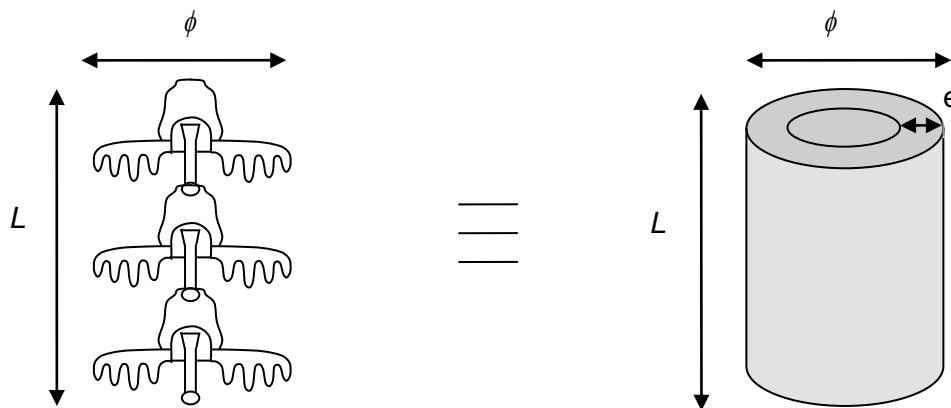


Fig.2. 10. Assimilation théorique d'un isolateur à un cylindre [11]

En effet, la longueur d'un cylindre est donnée par :

$$L = \frac{S}{\pi \cdot \phi} \tag{2.1}$$

Où S est la surface latérale du cylindre et ϕ est le diamètre. Par conséquent, si on intègre f le long du profil de l'isolateur, on aura une approximation de son facteur de forme :

$$f = \int_0^L \frac{dS}{\pi.\phi} \tag{2.2}$$

D'une part, si on assimile la couche polluante à un film régulier d'épaisseur e et de résistivité volumique ρ , la résistance de l'isolateur sera:

$$R = \rho \int_0^L \frac{dS}{\pi.\phi.e} = \frac{\rho}{e} f \tag{2.3}$$

Où f est le facteur de forme de l'isolateur. D'autre part, la résistance du cylindre équivalent est :

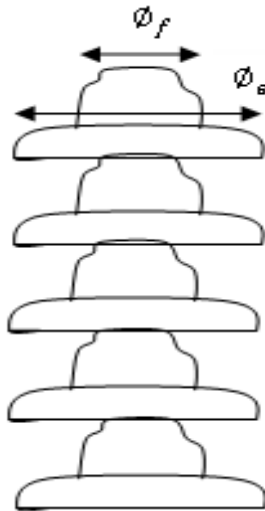
$$R = \rho \frac{dS}{\pi.\phi.e} \tag{2.4}$$

En conclusion, en assimilant l'isolateur réel à un isolateur cylindrique (Fig. 2.10) ayant une même ligne de fuite L_f et une même couche polluante, le diamètre moyen s'écrit:

$$\phi = \frac{L_f}{\pi.f} \tag{2.5}$$

Pour les isolateurs de gros diamètre, on peut résumer le diamètre moyen comme suit :

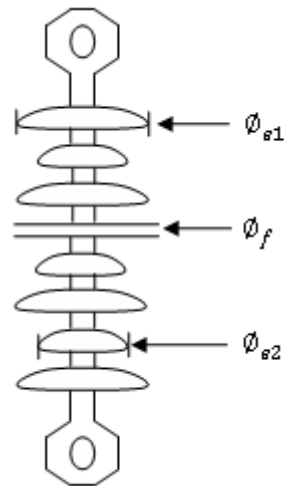
Isolateurs à ailettes régulières



IEEE standard (porcelaine)

$$\phi_m = \frac{\phi_e + \phi_f}{2}$$

Isolateurs à ailettes alternés



EPDM (composite)

$$\phi_m = \frac{\phi_{e1} + \phi_{e2} + 2\phi_f}{4}$$

Fig.2. 11. Diamètre moyen des isolateurs IEEE et EPDM [LER 1984]

Le fait qu'un large diamètre ϕ signifie une plus grande exposition de la surface à la pollution, diminuant ainsi la résistance et réduisant par conséquent la tension de contournement. Par contre, une augmentation relative du diamètre peut causer un supplément d'arcs locaux provoquant une baisse de tension aux bornes de l'électrode. Cette baisse de tension compense partiellement la baisse de la tension de contournement. De plus, l'augmentation du diamètre peut impliquer l'augmentation de la distance de fuite qui atténue la diminution de la tension de contournement. La figure 2.12 exprime les tensions de contournement mesuré (V_c) en fonction du diamètre moyen de l'isolateur.

En conclusion, en assimilant l'isolateur réel à un isolateur cylindrique (Figure 2.4) ayant une même ligne de fuite L_f et une même couche polluante, le diamètre moyen s'écrit:

$$\phi = \frac{L_f}{\pi \cdot F} \quad (2.6)$$

Il a été démontré que, pour une certaine densité de contamination, la tension critique de contournement diminue au fur et à mesure que le diamètre augmente et ce, jusqu'à une certaine valeur où la tension de contournement cesse de diminuer. Ce phénomène s'explique par le fait qu'un large diamètre ϕ signifie une plus grande exposition de la surface à la pollution.

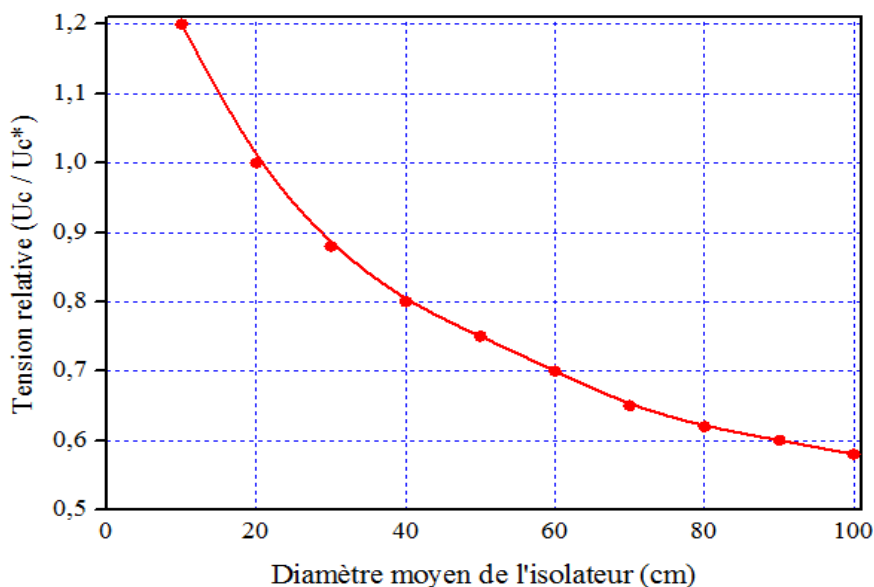


Fig.2. 12. Performance des isolateurs pollués en fonction du diamètre moyen [25]

pollution, diminuant ainsi la résistance d'après l'équation 2.4 et réduisant par conséquent la tension de contournement. Par contre, une augmentation relative du diamètre peut causer un supplément d'arcs locaux provoquant une baisse de tension aux bornes de l'électrode. Cette baisse de tension compense partiellement la baisse de la tension de contournement.

On remarque que l'augmentation du diamètre peut impliquer l'augmentation de la distance de fuite qui atténue la diminution de la tension de contournement.

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.

II.8.1. Allongement de la ligne de fuite

Cette méthode permet d'adapter le dimensionnement aux nouvelles conditions de pollution. Deux techniques sont utilisées :

- 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.
- L'utilisation de prolonger de ligne de fuite en matériaux polymères, qui sont collés sur la surface des isolateurs existants [19].
- 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.

II.8.2. Graissage périodique

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

II.8.3. 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.

II.8.4. 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.

II.8.5. 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 longs. 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

Dans le matériel électrique destiné à fonctionner en HT, l'isolation des conducteurs prend une grande importance d'où, les matières isolantes pour chaque type d'isolateur sont choisies en tenant compte de leurs propriétés et les différentes contraintes supportées.

Nous avons présenté certains types d'isolateur et leur utilisation. Dans la suite du travail nous allons entreprendre un calcul de la distribution du potentiel et la détection des régions critiques ou la concentration du champ électrique est élevée en utilisant la méthode des éléments finis.

CHAPITRE III

METHODES NUMERIQUES DE
CALCUL DU POTENTIEL ET DU
CHAMP ELECTRIQUE

Méthodes numériques de calcul du potentiel et du champ électrique

III.1. Introduction.

La détermination de la distribution du champ et du potentiel électrique de tout système haute tension est un problème complexe de calcul non pas par la simplicité des équations aux dérivées partielles qui les décrivent mais plutôt à cause de la forme irrégulière des diélectriques, de la proximité de surfaces métalliques aux formes complexes, des lignes de transmission, et dans certains cas, de la présence d'une couche conductrice.

Les progrès de l'informatique ont permis de développer des méthodes numériques de calcul afin de déterminer de façon précise la distribution du champ et du potentiel électrique. La méthode numérique la plus connue et la plus utilisée dans ce type de problème, la méthode des Éléments Finis (M.E.F).

Cette méthode, dont le principe et les caractéristiques sont développés dans ce chapitre, sont basées sur la résolution de l'équation de Laplace en imposant les conditions aux frontières adaptées à chaque problème.

III.2. Equations de Maxwell

III.2.1. Équations en potentiel scalaire : Poisson et Laplace

Les équations qui gouvernent la répartition du potentiel et du champ électrique, dans un milieu donné, dérivent des équations de Maxwell. Celles-ci sont formées par quatre équations aux dérivées partielles qui lient les phénomènes magnétiques caractérisés par le champ magnétique H et l'induction magnétique B aux phénomènes électriques caractérisés par le champ électrique E et l'induction électrique D .

Ces quatre équations sont :

$$\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \quad (3.1)$$

$$\text{div}\vec{D} = \rho_v \quad (3.2)$$

$$\text{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \quad (3.3)$$

$$\text{div}\vec{B} = 0 \quad (3.4)$$

Avec ρ_v représente la densité volumique de charges.

Outre ces quatre équations, il existe des relations constitutives qui lient l'induction électrique D et la densité de courant J au champ électrique E ainsi que l'induction magnétique B au champ magnétique H :

$$\vec{D} = \varepsilon\vec{E} \quad (3.5)$$

$$\vec{j} = \sigma\vec{E} \quad (3.6)$$

$$\vec{B} = \mu\vec{H} \quad (3.7)$$

Avec ε , μ et σ représentent respectivement la permittivité électrique, la susceptibilité magnétique, et la conductivité électrique du milieu.

Lorsque l'on applique une différence de potentiel alternative, la dérivation des grandeurs électriques par rapport au temps revient à les multiplier par la quantité $j\omega$ où j sont l'unité imaginaire et ω la pulsation de la source. En tenant compte des relations constitutives, les équations (3.1) et (3.3) deviennent :

$$\text{rot}\vec{E} = -j\omega\mu\vec{H} \quad (3.8)$$

$$\text{div}(\vec{E}) = -\rho_v \quad (3.9)$$

$$\text{rot}\vec{H} = \sigma\vec{E} + j\omega\vec{E} \quad (3.10)$$

Comme le champ magnétique est faible, dans les équipements H . T considérés, le second membre de l'équation (3.8) peut être négligé, ce qui donne :

$$\text{rot}\vec{E} = 0 \quad (3.11)$$

On peut donc découpler les équations (3.9) et (3.10) qui gouvernent les grandeurs électriques de celles qui gèrent les grandeurs magnétiques. L'équation (3.9) n'est alors rien d'autre que la forme locale du théorème de Gauss qui traduit la conservation de la

charge. L'équation (3.10) permet de dire que le champ E dérive d'un potentiel φ avec :

$$\vec{E} = -\text{grad } \varphi \quad (3.12)$$

L'introduction de la relation (3.12) dans l'équation (3.9) donne :

$$\text{div}(-\text{grad}\varphi) = \rho_v \quad (3.13)$$

On obtient ainsi l'équation qui gouverne la répartition du potentiel dans un milieu de permittivité ε absolue avec une densité de charge volumique de charge ρ_v .

Pour des matériaux isolants, généralement utilisés dans les appareillages H.T, la densité volumique de charge ρ_v est nulle. Avec ces hypothèses, on obtient l'équation de Laplace (3.13) qui gouverne la répartition du potentiel dans les matériaux isolants

$$\nabla^2 \varphi = 0 \quad (3.14)$$

On peut noter que cette équation gouverne aussi la répartition du potentiel dans les matériaux conducteurs tels que les électrodes car ceux-ci sont des volumes équipotentiels.

III.2.2. Conditions aux limites

Il existe plusieurs solutions aux équations différentielles précédemment définies. Les conditions aux limites servent en fait à déterminer une solution unique de ces équations. Ces conditions sont principalement de deux types : la condition de Dirichlet et la condition de Neumann. La condition de Dirichlet impose la valeur du potentiel comme par exemple les surfaces des conducteurs, les surfaces équipotentiels, ou les limites infinies du domaine d'étude. La condition de Neumann impose la valeur de la dérivée normale du potentiel tel les plans de symétrie ou les surfaces à flux imposé. Les conditions de Dirichlet et de Neumann sont dites homogènes si les valeurs imposées sont nulles. Elles sont dites non homogènes dans le cas contraire.

III.2.3. Conditions d'interfaces

L'équation (3.13) a été obtenue en émettant l'hypothèse que la permittivité absolue ε est constante sur tout le domaine d'étude. Cette équation n'est donc valable que pour des milieux homogènes et isotropes. Dans le cas où plusieurs milieux coexistent, ce

qui est généralement le cas dans les problèmes H.T, l'équation (3.13) n'est plus vraie dans l'ensemble du domaine d'étude. Il faut alors chercher une solution dans chaque milieu et lier les différentes solutions par des conditions d'interfaces.

À la frontière de deux milieux de propriétés différentes, les équations dites d'interfaces, en l'absence de charges et de courants superficiels, s'écrivent :

$$\varphi_1 = \varphi_2 \quad (3.15)$$

III.3. La méthode des Éléments Finis (M.E.F)

La *M.E.F*, outil numérique très puissant, est beaucoup utilisée dans la résolution des problèmes à domaine spatial fini, surtout en mécanique où elle a connu son plus fort développement. Cette méthode a été appliquée avec succès dans les problèmes de calcul de potentiel et de champs électriques [20].

L'idée de la méthode est de chercher une solution approchée à une équation différentielle après une reformulation sous forme d'identité intégrale appelée forme faible ou variation- elle. Au lieu de chercher à satisfaire l'équation aux nœuds, on décompose ici le domaine en sous domaines appelés éléments finis, et on impose la satisfaction des équations par sous domaine. L'introduction d'une approximation locale par sous domaine (dit élément fini) permet de contourner le problème de complexité des géométries car il suffit alors de choisir une approximation ou une décomposition (maillage) qui respecte la géométrie [21].

III.3.1. Principe

Le principe de cette méthode consiste à diviser le domaine d'étude en plusieurs éléments finis (appelé maillage). C'est une étape très importante puisque le choix de la forme de l'élément de maillage est primordial dans la précision des résultats obtenus. Il est donc nécessaire de trouver la forme et le degré d'approximation de celui-ci qui soient les plus adaptés à la géométrie du domaine d'étude. Il existe un grand nombre de formes géométriques pour les éléments de maillage tels que :

1. des triangles, des rectangles, des quadrilatères arbitraires pour les problèmes à deux dimensions;

2. des tétraèdres, des hexaèdres, des cubes, des prismes pour des problèmes à trois dimensions.

Sur chacun des éléments issus de la subdivision, la fonction qui modélise le phénomène est définie par une fonction d'interpolation. Souvent, on choisit des polynômes comme fonction d'interpolation pour les variables car ceux-ci sont faciles à intégrer ou à différencier. Le degré du polynôme dépend du nombre de nœuds assignés à chaque élément, de la nature et du nombre d'inconnues à chaque nœud et surtout du degré de dérivabilité des variables apparaissant dans la forme variationnelle associée aux E.D.P du problème avec conditions aux limites.

La résolution du système final est simple puisque les équations obtenues sont linéaires et les matrices ainsi formées sont symétriques. Pour déterminer la distribution du champ électrique, il faut calculer la dérivée du potentiel par une méthode numérique adaptée.

III.3.2. Avantages de la M.E.F

- La flexibilité est l'un des plus importants avantages de la M.E.F. Les éléments peuvent avoir plusieurs formes variées et peuvent donc s'adapter facilement à n'importe quelles formes géométriques complexes et aussi tenir compte des propriétés inhomogènes et non linéaires des matériaux.
- Les matrices formant le système final d'équations sont symétriques ce qui simplifie grandement la résolution de celui-ci.
- La programmation de la méthode est assez simple surtout lorsqu'il s'agit de tenir compte de l'introduction des conditions aux limites.
- La M.E.F a fait ses preuves dans beaucoup de domaines en ingénierie. De plus, avec son développement important, il existe de très bons logiciels commerciaux qui sont basés sur cette méthode et qui la rendent très accessible, et par conséquent, elle est applicable à beaucoup de problèmes sans que nous connaissions nécessairement la M.E.F en détail.

III.3.3. Inconvénients de la M.E.F

- Dans les problèmes de calcul de champs électriques présentant un domaine spatial infini, l'établissement de la frontière artificielle peut causer certaines difficultés dans la réalisation d'un programme simple. D'une part, celle-ci doit être beaucoup plus vaste que le domaine d'étude, ce qui engendre un temps de calcul (en ce qui concerne le maillage) beaucoup plus important que pour des domaines finis. D'autre part, le choix de cette frontière à une grande importance dans la précision des calculs et son influence sur celle-ci doit être pris en compte dans tout programme de ce type.
- Il a été dit que la M.E.F était une méthode flexible car elle s'adapte facilement aux différentes géométries, mais ce n'est pas le cas du maillage car celui-ci doit être entièrement refait si une modification sur une partie de la géométrie du problème considéré intervient.
- L'utilisation de la M.E.F pour la résolution d'un problème donné nécessite la connaissance parfaite de la géométrie du problème mais aussi des conditions aux limites; ce qui n'est pas toujours le cas.
- Une fois le potentiel connu en chaque nœud, il faut procéder à un autre calcul numérique pour déterminer le champ électrique en tout point ce qui peut engendrer d'autres erreurs.

La méthode des éléments finis utilise une approximation par morceau de la fonction inconnue pour résoudre une équation différentielle. On peut aussi utiliser les équivalences physiques pour chercher la solution d'une équation aux dérivées partielles. La méthode de simulation de charges en est une bonne illustration.

III.3.4. ETAPES DE LA METHODE DES ELEMENTS FINIS

C'est la méthode la plus utilisée vue sa généralisation et sa capacité de résoudre les problèmes les plus complexes, le système d'équations algébriques est obtenue en appliquant la méthode des résidus pondérés, ou la méthode variationnelle, la résolution du système permet d'obtenir la solution du problème original [22]. La méthode des éléments finis peut être résumée [23] dans les étapes suivantes :

- discrétisation du domaine;
- formulation intégrale des équations différentielles partielles;
- choix des fonctions d'interpolation;
- formation des matrices et vecteurs élémentaires;
- Assemblage;
- résolution du système algébrique globale.

Actuellement, il existe différents logiciels qui utilisent cette méthode comme le Femlab, Maxwell, Flux2D et FEMM. Dans la suite de ce travail, nous avons utilisé le logiciel COMSOL Multiphysics version 3.5. Les étapes de résolution peuvent être résumées selon l'organigramme montré dans la figure (3.1)

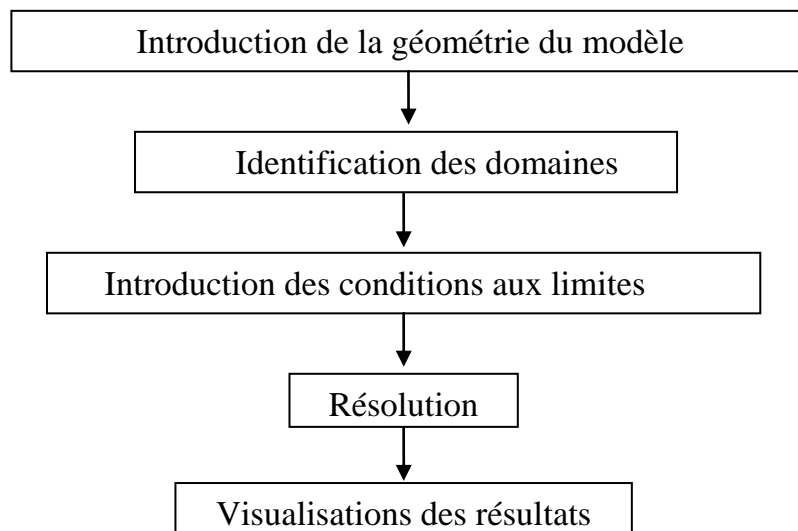


Fig.3. 1. Diagramme de différentes étapes de résolution dans Comsol

III.5. Conclusion

La méthode des éléments finis est une application toute appropriée dans le cas d'isolateurs sains ou pollués. C'est pourquoi cette méthode a été retenue pour réaliser les différentes simulations bidimensionnelles qui sont présentées dans le chapitre suivant.

CHAPITRE IV

L'INFLUENCE DE LA POLLUTION
SUR LA DISTRIBUTION DU
CHAMP ELECTRIQUE SOUS
TENSION DC/AC

Etude de l'influence De La Pollution Sur La Distribution Du Champ Electrique Sous Tension AC/DC

IV.1. Introduction

En général, la distribution de la pollution à la surface des isolateurs n'est pas répartie uniformément. La nature du champ électrique appliqué, le vent, la pluie, la forme et la position jouent un rôle important sur l'accumulation et la distribution de la pollution sur la surface de l'isolateur [25-36]. Des mesures montrent que la pollution déposée sur la surface supérieure d'un isolateur est plus importante que celle de la surface inférieure [25-36]. Cette irrégularité de distribution de la pollution, croît avec l'augmentation du nombre de subdivisions pratiquées pour prendre la mesure des degrés de pollution [34, 35]. La quantité de pollution accumulée à la surface inférieure des isolateurs augmente au fur et à mesure que l'on s'approche de la tige de l'isolateur là où le champ électrique est très concentré [34, 35]. D'autres travaux montrent que la pollution accumulée sous tension continue est supérieure à celle sous tension alternative [30, 32] et que pour cette dernière elle est plus importante au niveau de la tige. L'effet de la non uniformité des dépôts de pollution, sur la tension de contournement a fait l'objet de nombreux travaux et des résultats contradictoires ont été rapportés. Il ressort des résultats rapportés dans la littérature que l'écart entre les tensions de contournement des isolateurs uniformément et non uniformément pollués est négligeable ou que la tension de tenue en pollution non uniforme est supérieure à celle obtenue en pollution uniforme, alors que dans il a été prouvé tout à fait le contraire, à savoir que la tension de contournement d'une surface non uniformément polluée est inférieure à celle obtenue dans le cas d'une pollution uniforme.

IV.2. Présentation de l'isolateur étudié.

L'isolateur étudié est représenté dans la figure 4.1. Pour faciliter la mesure des dimensions du capot et de la tige on a cassé un isolateur semblable.



Fig.4. 1. *Isolateur capot et tige étudiés.*

IV.3. Mesure des dimensions de l'isolateur étudié

Le type d'isolateurs qui nous avons étudiée y a une forme très complexe.la ou nous reporterons dans ce chapitre les mesures effectués sur des isolateurs en verre utilisés par la SONELGAZ. Les mesures des différentes parties de l'isolateur sont indispensables pour la partie concernant l'implantation du modèle élément finis dans le logiciel COMSOL Multiphysics version 3.5.

IV.3.1. Instruments usuels de mesure [BER1997]

Les instruments usuels de mesure de longueur sont par définition des instruments d'usage courant, ne nécessitant ni une formation trop longue ni haut niveau de connaissance, et donc utilisant des principes de mesure simple. Les instruments dits usuels d'aujourd'hui sont généralement des instruments qui étaient déjà utilisés dans le

courant du siècle dernier, voire avant pour le pied à coulisse ou micromètre, dont les premiers instruments datent de la fin du XVIII^e siècle. Le principe du vernier consiste à placer une réglette gravée, proche de la règle, le plus souvent sur une partie biseautée au-dessus de celle-ci. Le vernier le plus courant est le vernier au 1/50mm, la règle est gravée tous les millimètres et le vernier est constitué de 50 traits sur 49 mm ; pour le vernier au 1/20mm, il comporte 20 traits sur 19mm, et enfin pour le vernier au 1/10 mm (qui n'est pratiquement plus utilisé aujourd'hui), il comporte 10 traits sur 9mm.



Fig.4. 2. *Le pied à coulisse*

Le micromètre, souvent encore appelé du nom de son inventeur J.L.Palmer en 1848, est constitué d'une vis de précision, la lecture étant effectuée à l'aide d'un tambour gradué pour les instruments au 1/100mm et parfois à l'aide d'un vernier pour les instruments au 1/1000mm.



Fig.4.3. *Le micromètre*

Les comparateurs ont permis la mise au point de toute une métrologie. Il est vrai que toute mesure est une comparaison, mais les habitudes sont telles que l'appellation comparaison est plus réservée aux méthodes de mesure dans lesquelles la pièce à mesurer est « comparée » à un étalon de même nature, c'est-à-dire même forme de surface et dimension proche de la dimension de la pièce.



Fig.4. 4. *Le Comparateur*

IV.4. Géométrie et caractéristique dimensionnelle de l'isolateur

Dans ce travail nous allons faire la simulation numérique sur un modèle utilisé actuellement par la SONALGAZ de type E120/146, la norme IEC (International Electrotechnical Commission). Le pas d'un élément d'isolateur capot et tige en verre trempé est 146mm, et leur diamètre moyen ϕ est environ 255mm, tandis que la ligne de fuite est environ 315mm.

VI.5. Simulation bidimensionnelle en utilisant COMSOL

L'objectif principal de cette simulation était de calculer la distribution du potentiel et du Champ électrique le long d'une chaîne d'isolateurs type capot et tige en verre. Comme il était très difficile de mesurer de façon précise la distribution du potentiel et surtout du champ électrique le long d'un Isolateur, l'utilisation d'une méthode numérique par l'intermédiaire d'un logiciel s'est avérée être une des meilleures solutions compte tenu de la difficulté des mesures. À cet effet, la méthode des Éléments Finis était la mieux adaptée aux contraintes imposées par le problème. De plus, cette méthode numérique avait été appliquée avec succès dans le calcul du potentiel et du champ électrique autour des isolateurs pollués. L'utilisation de logiciel basé sur la méthode numérique. Leur application couvre généralement un domaine plus vaste que le problème étudié et dans certains cas, ils ne répondent pas tous aux exigences spécifiques du problème. Cependant, ils offrent souvent une interface simplifiant ainsi la modélisation du problème (interface Conception Assistée par Ordinateur et définition des propriétés des matériaux),

la résolution du problème (définition des conditions initiales et conditions aux limites, maillage automatique ainsi que différents solveurs) et enfin, la visualisation des résultats (affichage des résultats sous forme de courbes, d'équipotentiels, de vecteurs, etc....). Cette dernière solution a ainsi été retenue pour réaliser les différentes simulations.

Une description rapide du logiciel et de ces capacités est présentée dans la section suivante.

IV.5.1. COMSOL Multiphysics

IV.5.1.1. Description de logiciel COMSOL Multiphysics

COMSOL Multiphysics est un logiciel d'analyse et solveur par éléments finis, qui a diverses application en physique et ingénierie en particulier les phénomènes couplés, ou multiphasiques. COMSOL Multiphysique offre aussi une vaste et bonne gérance d'interface MATLAB et ses boites à outils pour une grande variété de programmation et de post procédures possible. Une interface similaire est offerte COMSOL script [24]. Les paquets sont multi plateformes (Windows, Mac, Linux, Unix) En plus de la physique classique à base d'interfaces utilisateur, COMSOL Multi physique permet également d'entrer dans des systèmes couplés d'équation aux dérivées partielles ; elles peuvent être saisies directement ou en utilisant la soi-disant forme faible.

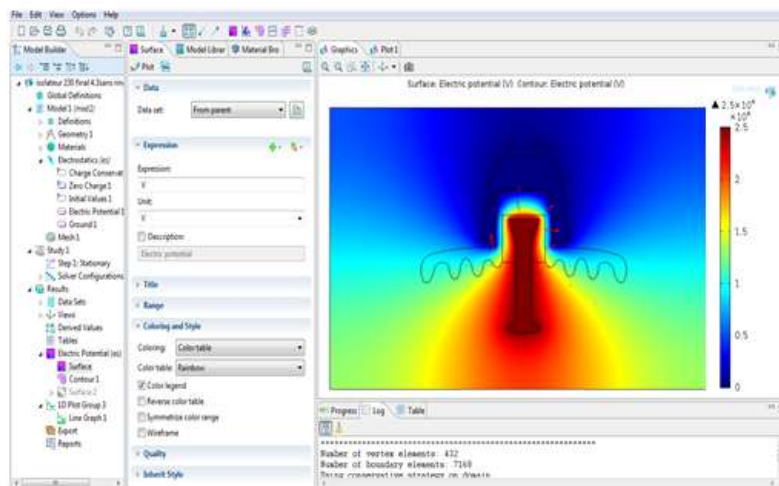


Fig.4. 5. Interface du logiciel COMSOL Multiphysics

COMSOL a été lancé par les étudiants diplômés à Germund Dahlquist reposant sur des

codes mis au point pour une cour universitaire à l'Institut royal de technologie à Stockholm, en suède. COMSOL Multiphysics est un outil très employé dans des secteurs divers de recherche, car il facilite amplement les étapes de modélisation et de simulation, soit : la définition de la géométrie, des propriétés physiques des matériaux présents et des conditions aux frontières, le maillage, la résolution et l'affichage des résultats. Par ailleurs, le logiciel ne demande pas de connaissances approfondies dans les dynamiques ou les analyses numériques. En effet, toutes les équations nécessaires à la résolution sont déjà prédéfinies, il suffit alors de préciser dans quel domaine (électromagnétisme, transfert de chaleur, acoustique...) et dans quel régime (stationnaire, temporel...) le modèle doit être construit. Selon ce choix, la modélisation est disponible en 1D, 2D, 2D axisymétrique ou encore en 3D.

IV.5.1.2. Les modèles

Plusieurs modèles spécifiques à l'application sont disponibles pour COMSOL Multiphysique:

- AC/DC Module.
- Acoustiques Module.
- CAD Import Module.
- Chemical Engineering Module.
- Structural Mechanics module.
- Earth Science Module.

IV.5.1.2. AC/DC Modèle

Ce modèle simule composants électriques et les dispositifs qui dépendent de les l'électrostatique, et électromagnétique quasi-statique application, en particulier Magnétostatique associée à d'autres physiques [24].

CHAPITRE V

RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats et discussion

V.1. Introduction

Comme il a été signalé la pollution joue un rôle important dans la détermination de la répartition de la tension le long de l'isolateur. Pour élucider cet effet, plusieurs valeurs de la conductivité de la couche de pollution ont été utilisées. Le cas sans pollution a été aussi introduit pour but de comparaison. Un exemple de maillage est illustré dans la figure 5.1.

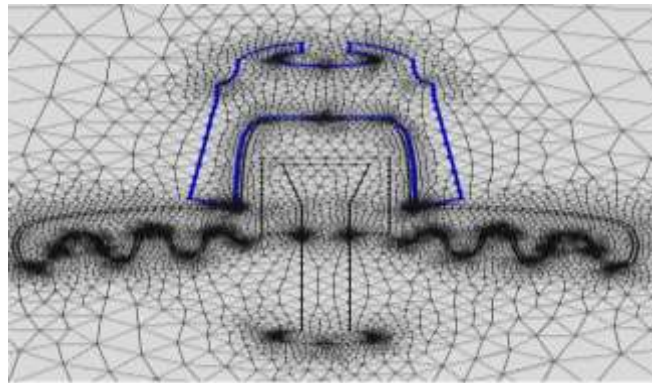


Fig.5. 1. *Maillage de l'isolateur*

V.2. Études de la distribution de tension dans les conditions propres

Une fois que les données nécessaires au modèles et résumées dans le tableau 5.1. On lance la simulation. La figure 5.2 représente les résultats de simulation pour les lignes équipotentielles pour un isolateur propre. De ces résultats nous pouvons conclure que la répartition de la tension n'est pas uniforme et que la zone proche de l'électrode HT est la plus contraincée alors que celle près de l'électrode terre la tension est presque nulle

Tableau 5. 1. *Données nécessaires pour le cas propre*

Domaine	Constante diélectrique relative ϵ_r	Conductivité σ (S)
Electrodes	1,0	1.10^{20}
Silicone	4.2	0
Air	1,0	1,0

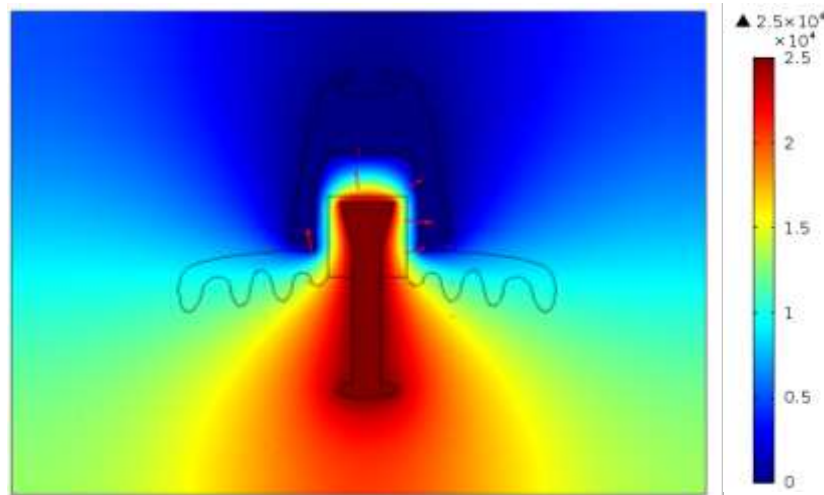


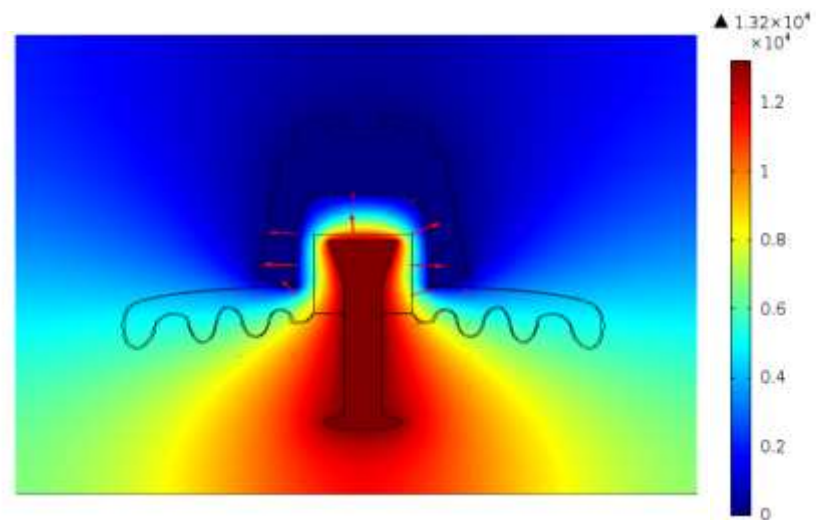
Fig.5. 2. Lignes équipotentielles pour un isolateur propre

V.3. Études de la distribution de tension dans les conditions polluées

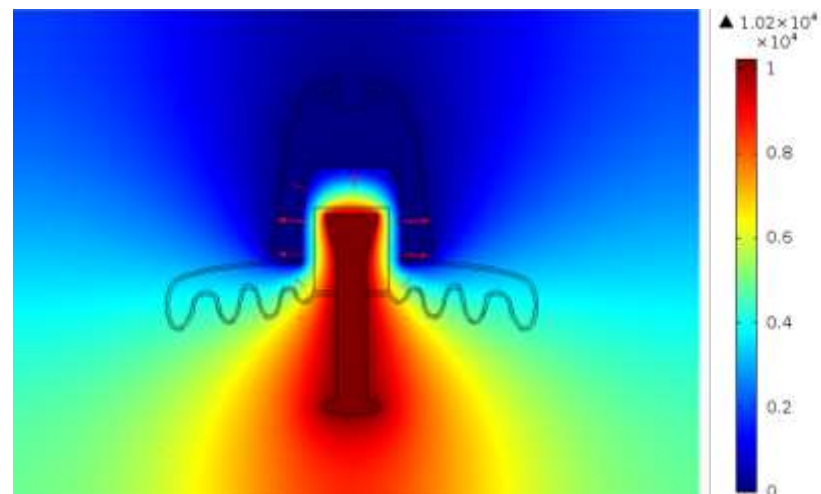
Dans cette partie du travail, L'étude de la répartition de la tension et du champ électrique en présence d'une couche de pollution à la surface de l'isolateur sera faite. Elle aura pour objectifs de voir l'effet des différentes conductivités et la nature de la pollution sur la dite distribution de tension. A cet effet nous allons procéder à plusieurs scénarios que l'on présentera séparément dans les paragraphes qui suivent tout en introduisant le cas sans pollution pour comparaison.

a. Pollution uniforme

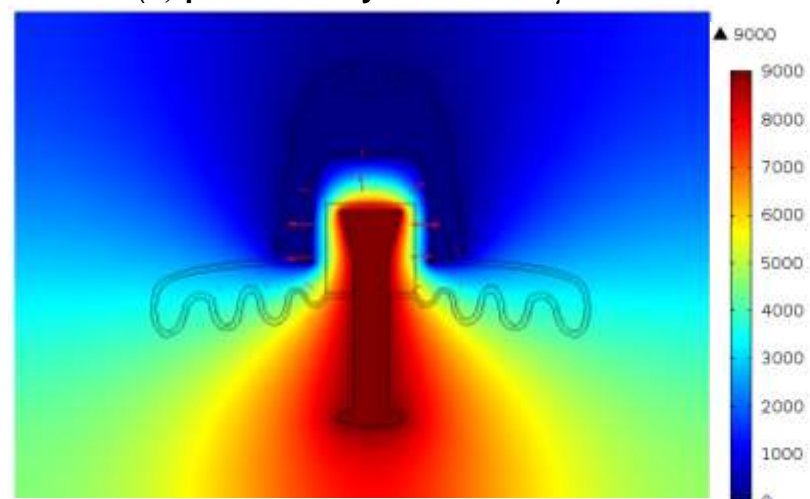
Dans ce premier essai, une couche de pollution uniforme ayant les conductivités égales à $10\mu\text{S}$, $30\mu\text{S}$ et $50\mu\text{S}$ est appliquée à la surface de l'isolateur. Les résultats sont montrés dans les figures 5.3-5.6. Dans la figure 5.3 on présente la distribution des lignes équipotentielles où on peut remarquer que seulement un changement minime qui a eu lieu. Cette différence est plus claire en examinant les courbes des figures 5.4 et 5.5 qui donnent la répartition axiale de la tension.



(a) pollution faible $\sigma = 10\mu S$



(b) pollution moyenne $\sigma = 30\mu S$



(b) pollution fort $\sigma = 50\mu S$

Fig.5. 3. Distribution des lignes équipotentiels pour plusieurs valeurs de la conductivité

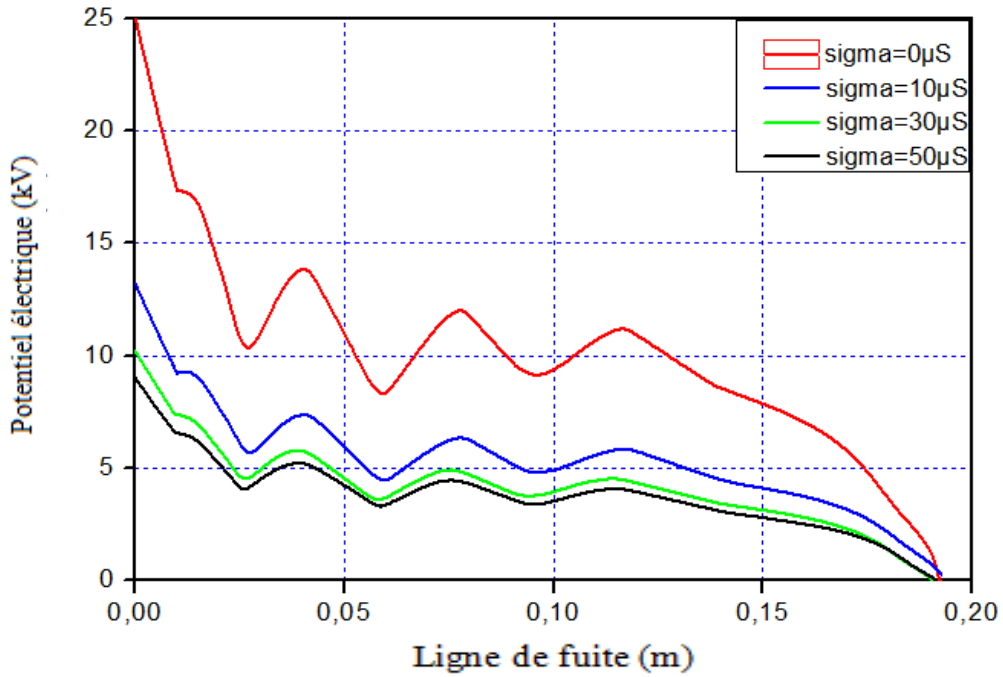


Fig.5. 4. Distribution de la tension pour différentes valeurs de σ (uniforme)

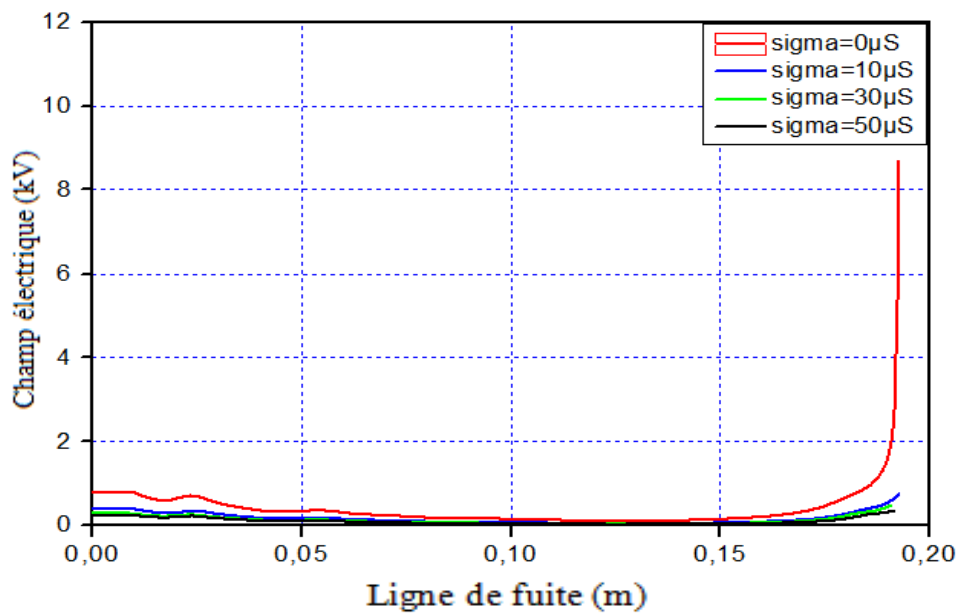


Fig.5. 5. Champ électrique pour différentes valeurs de σ (uniforme)

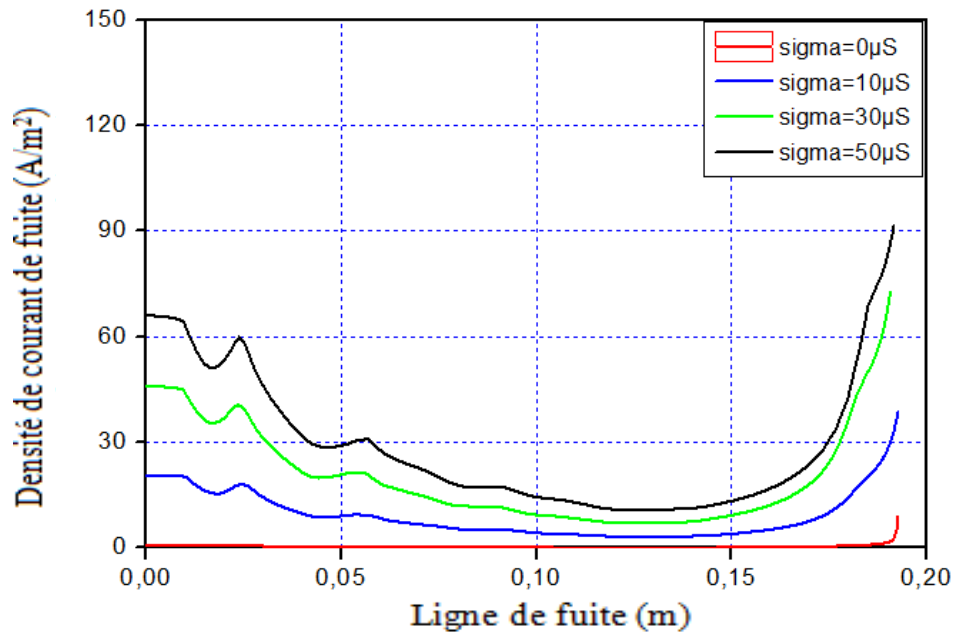
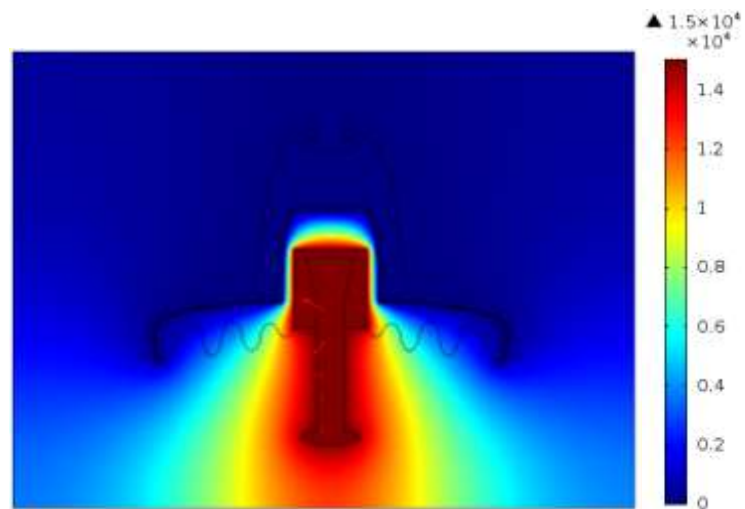


Fig.5. 6. Densité de courant pour différentes valeurs de σ (uniforme)

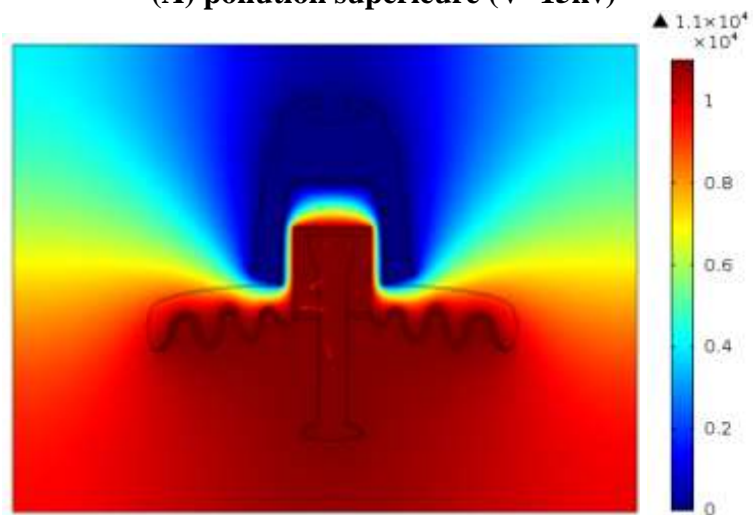
La figure 5.6 montre la variation de la densité de courant de fuite le long de la couche de pollution uniforme sur l'isolateur en verre dans les conditions propres et polluées afin de produire la tension de contournement.

b. Pollution non-uniforme

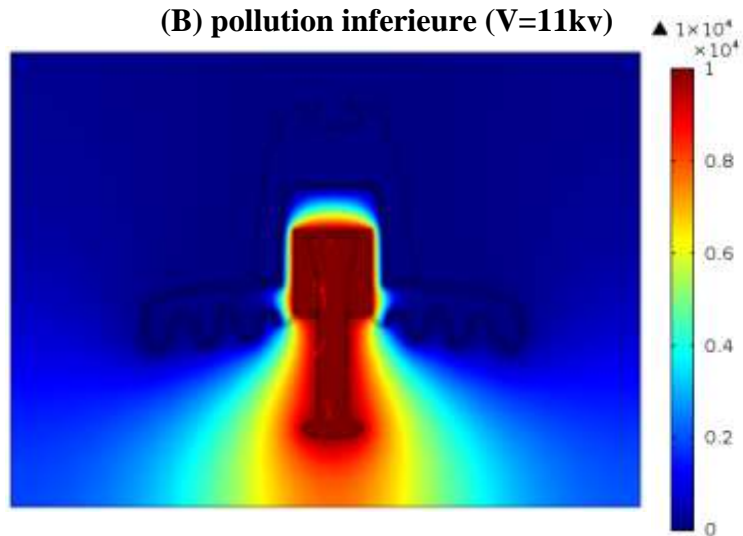
Dans le deuxième essai, une couche de pollution non-uniforme est appliquée à la surface de l'isolateur. Les résultats sont montrés dans les figures 5.7 - 5.10. Dans la figure 5.7 on présente la distribution des lignes équipotentielles où peut remarquer qu'un changement minime en comparaison avec les cas sans pollution (figure 5.2). Cette différence est plus claire en examinant les courbes dès la figure 5.8 qui donne la répartition axiale de la tension.



(A) pollution supérieure (V=15kv)



(B) pollution inferieure (V=11kv)



(C) pollution discontinue avec bande sèche (V=10kv)

Fig.5. 7. Distribution équipotentielle Pollution non-uniforme

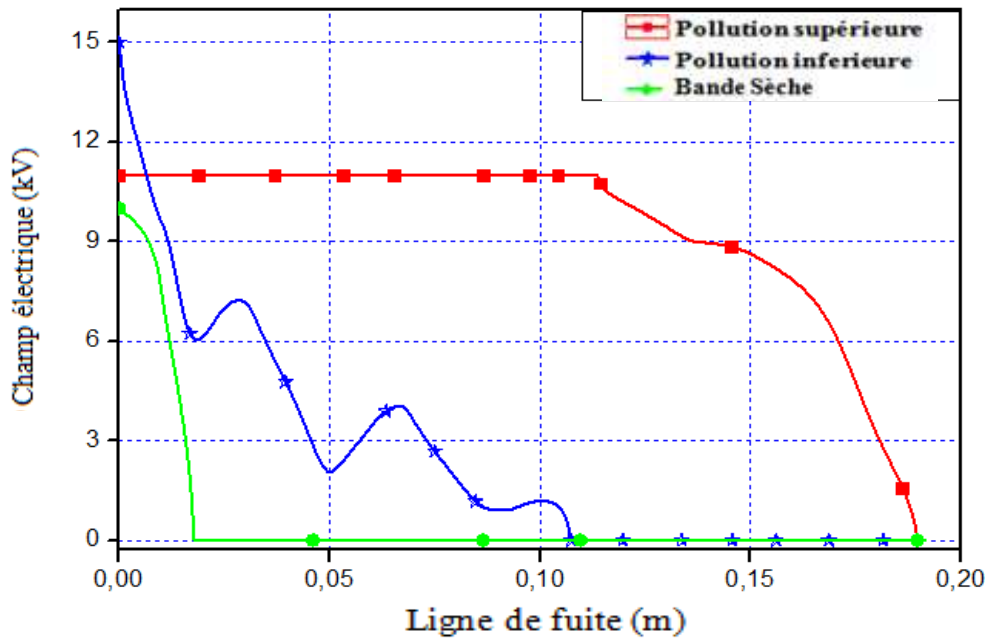


Fig.5. 8. Distribution de la tension en fonction de la ligne de fuite

De plus on remarque, comme il était attendu que les valeurs maximales des potentiels sont près de l'électrode haute tension et commence à décroître jusqu'à son annulation quand on se rapproche de l'électrode de masse. La distribution axiale du potentiel et du champ électrique pour les cas de couche de pollution sont représentées dans la figure 5.9.

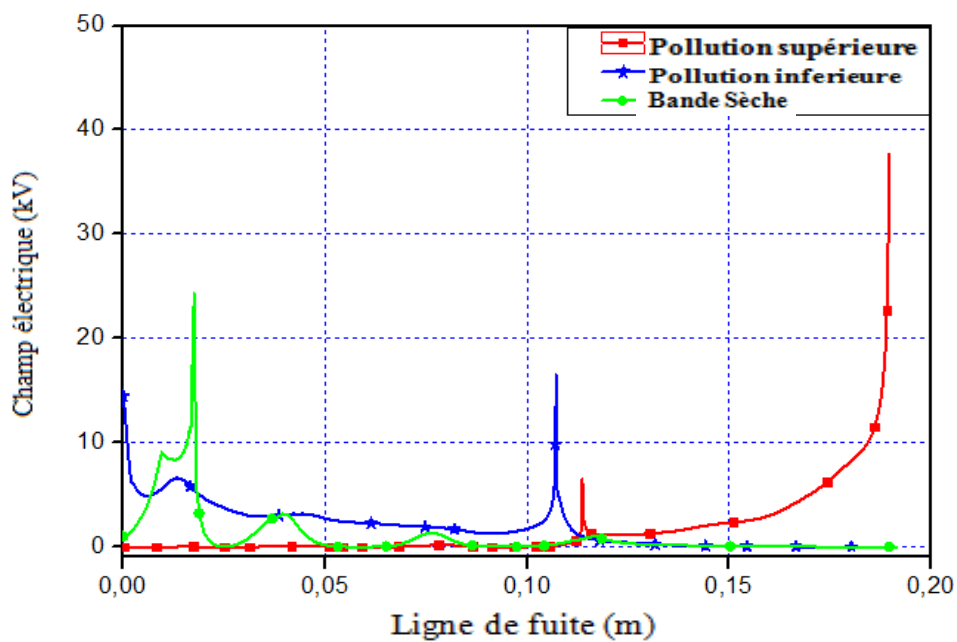


Fig.5. 9. Champ électrique en fonction de la ligne de fuite

Comme il était attendu le type de pollution influe énormément sur la distribution du potentiel et la rend non-uniforme ce qui veut dire que l'isolateur n'est pas contraint de la même manière ce qui favorise l'apparition des contournements (voir partie pratique). Ce constat est en accord avec la distribution du champ électrique montré dans la figure 5.7.

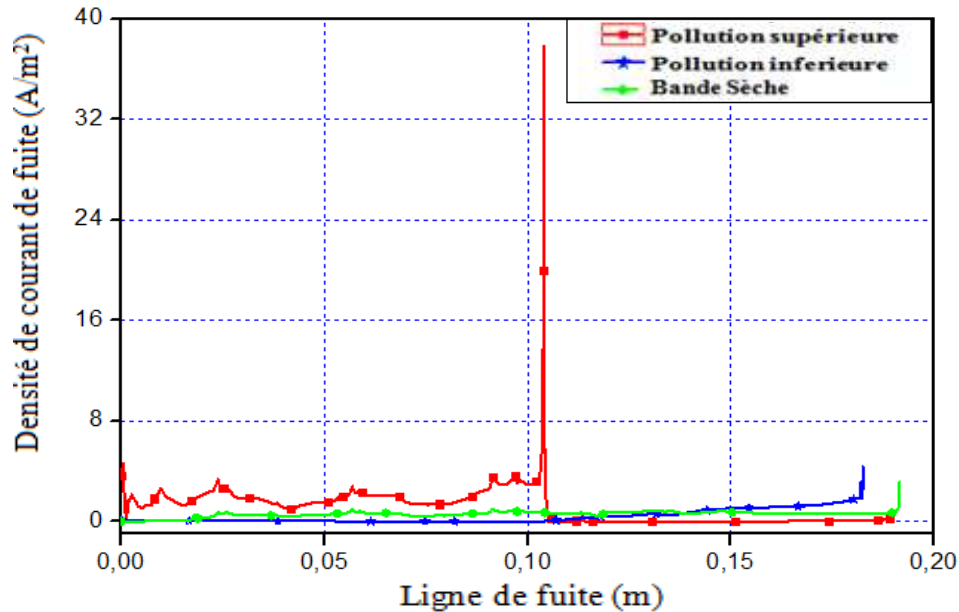


Fig.5. 10. Densité de courant en fonction de la ligne de fuite

La figure 5.10 montre la variation de la densité de courant de fuite le long de la couche contaminée non-uniforme sur l'isolateur en verre dans les conditions propres et polluées afin de produire la tension de contournement.

V.4. Conclusion

L'objectif fondamental de ce chapitre était l'étude de la distribution de tension le long des isolateurs capot et tige sous des conditions de pollution. Nous nous sommes intéressés essentiellement à l'influence de la formation de la bande sèche ; D'après ces résultats nous remarquons l'augmentations de la conductivité de la couche polluée que favorise la distribution non uniforme de la tension le long de la surface d'un isolateur en verre.

CHAPTRE VI

CONCLUSIONS GENERALES

Conclusions Générales

VI.1. Conclusions Générales

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

Pour mieux dimensionner les 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.

Après avoir examiné les concepts fondamentaux et les informations d'ordre générales sur les isolateurs et le phénomène de pollution ainsi que l'influence du milieu extérieur sur la vie des isolateur, nous avons mené une recherche bibliographique qui nous a permis d'explorer Les conséquences du contournement vont de la détérioration de la surface de l'isolateur à la mise hors service de la ligne haute tension. Une des caractéristiques principales d'un isolateur de haute tension sera donc sa tenue au contournement en fonction de l'environnement dans lequel il est placé pendant son fonctionnement, un système d'isolation peut subir des surtensions accidentelles.

La partie réservée à la simulation avait pour but principal l'étude de la distribution de tension le long de l'isolateur silicone sous des conditions de pollution. Nous nous sommes intéressés essentiellement à l'influence de la formation de la bande sèche. Les résultats obtenus ont montré que l'augmentation de la conductivité de la couche polluée favorise la distribution non-uniforme de la tension le long de la surface de l'isolateur.

Pour cette étude nous avons procéder à la mesure des différentes dimensions de l'isolateur qui présente une géométrie très complexes et par la suite nous l'avons dans le logiciel de simulation Comsol Les différents résultats de simulations ont été

présenté et discutés (potentiels électriques, champ électriques, etc.).

Les résultats de simulation obtenus montre que la détermination la résistance totale de la couche de pollution entres les deux électrodes capot et tige ne suffit pas pour prédire les valeurs critiques d'un système d'isolation.

Il est donc très économique d'utiliser la méthode des éléments finis dans différents Domaines et en particulier dans le domaine de la pollution des isolateurs. En effet, les essais sont non seulement très coûteux mais aussi très longs à réaliser. La méthode des éléments finis permettent de diminuer le travail expérimental en faisant une prédiction des valeurs de la caractéristique, d'où un gain de temps considérable.

REFERENCES

Références

- [1] A. MEKHALDI 'Etude des phénomènes de conduction et de décharge électrique sur des surfaces isolantes polluées sous tension alternative 50hz', thèse de doctorat d'état, 1999, département de génie électrique, laboratoire de haute tension, école nationale polytechnique d'Alger.
- [2] K. BELHOUCHE, « Estimation des paramètres de l'arc de contournement des Isolateurs pollués en utilisant l'approche génétique », thèse de magister en Génie Electrique, Faculté de technologie, Université Ferhat Abbas- Setif,2011.
- [3] G. RIQUEL, E. SPAN GENBERG, 'De la céramique au synthétique', EDF-EPURE, n° 58, avril 1998.
- [4] F. AMIDI, K. OUERDANE, 'Les effets de la pollution sur les ouvrages électriques à 30kV en régions littorales', projet de fin d'études, département d'électrotechnique, université des sciences et technologies houari Boumediene, bab Ezzouar, juin 1998.
- [5] P. CLAVERIE, Y. PORCHERON, 'les phénomènes de pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en régions polluées', RGE, tome 82, no. 3, pp. 166-194, mars 1973, paris, France.
- [6] M. HARA ET L.C. PHAN, 'leakage current and flashover performance of iced insulators', IEEE transaction on power apparatus & systems, vol. PAS-98, no. 3, pp. 849-859, May/June 1979.
- [7] S. SATTA, «contribution à l'étude de l'influence de la pollution discontinue Sur le comportement des isolateurs : expérimentation et simulation», thèse de magister en Génie Electrique, Faculté de technologie, Université Ferhat Abbas- Setif.
- [8] J.Y. SAISON, «Etude du phénomène d'humidification des dépôts naturels et artificiels de pollution sur des isolateurs électriques », Thèse de Doctorat Sciences, Université de Strasbourg, France, 1992.
- [9] M. SLAMA « contribution à l'étude de l'influence de la non uniformité de la pollution basée sur la méthode de la D.D.S.E pour le dimensionnement des isolateurs des lignes THT a courant alternatif ».mémoire de magister ; promotion 2002, université Mohamed Boudiaf, Oran.

- [10] M.TEGUAR, A.BOUBAKEUR, "Pollution des Isolateurs de Haute Tension", Laboratoire de Haute Tension, Département de Génie Electrique, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger (E.N.P).
- [11] G. LEROY et all, 'Les propriétés diélectriques de l'air et les très hautes tensions', édition Eyrolles, paris, France, 1984
- [12] S. BOUAZABIA, T. CHIKHAOUI, 'Méthodes d'essais sur des isolateurs pollués dans les conditions désertiques', projet de fin d'études, département de génie électrique, laboratoire de haute tension, école nationale polytechnique d'Alger, 1988.
- [13] D.L.Williams, A. Haddad, A.R.Rowlands 'formation and characterization of dry bans in clean fog on polluted insulators' IEEE.Trans, October 1999
- [14] Notice technique du service de transport d'énergie ' les lignes aériennes du réseau de transport, et leurs divers matériaux d'équipement' 1977
- [15] IEC 71-1: 1993, Insulation-Co-ordination part 1: Definition, principles and rules.
- [16] IEC 71-2: 1996, Insulation-Co-ordination Part 2: Application guide.
- [17] M. A. B. EL KOSHAIRY, F. A. M. RIZK, 'Comportement des isolateurs des lignes de transport à très haute tension dans les conditions de pollution désertiques', CIGRE, rapport 33.05, Paris, 1970
- [18] Y. PORCHERON, « lignes aériennes : matériels entrant dans la constitution d'une Ligne aérienne », technique de l'ingénieur D4425, 1975.
- [19] C. H. A. ELY, P. J. LAMBETH, J. S. T. LOOMS ET D. A. SWIFT, C.E.G.B « 'Contournement des polymères humides et pollués l'ailette booster », CIGRE, rapport 15.02, Paris, France, 1978.
- [20] A. BOSSAVIT, C. emson et I.D. MAYERGOYZ 'Méthodes numériques en électromagnétisme', Éditions Eyrolles, Paris, 1991
- [21] Xinquao wu, Zongren peng 'Calculation of Electric-field Distribution and Research on Characteristics of Shielding Ring along the Long-rod Post Porcelain Insulators Used in 1000kv System' NSFC IEEE 2006.
- [22] COMSOL Multyphysics User's Guide, version 3.5a, [logiciel], Burlington COMSOL, Inc, novembre 2008.
- [23] M.A. BOUDJAMAA, R. SEBTI « modélisation des phénomènes de Pollution des isolateurs d'haute tension », thèse de master en Génie Electrique, Département

De Génie Electrique, Université Kasdi Merbah–Ouargla, 2012.

[24] K. ELEPERUMA, T. P. SAHA et T. GILLESPIE. « Electric Field Modelling of Non-ceramic High Voltage Insulators ». Australian Journal of Electrical & Electronics Engineering, Vol. 4, No. 3, 2008.

[25] S. M. GUBANSKI, “Modern outdoor insulation- Concerns and challenges”, IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 21, N°6, pp. 5-11, Nov./Dec. 2005.

[26] M. FARZANEH and W. A. CHISHOLM, “Insulators for icing and polluted environments”, IEEE Press, John Wiley & Sons, Inc. Publication, 2009.

[27] Cigrè working group 33-04, “The measurement of site pollution severity and its application to insulator dimensioning for AC systems,” GT/WG 04. Electra, N°20, 1979.

[28] M. AKBAR and F. ZEDAN, “Performances of HV transmission line insulators on desert conditions - Part 3: pollution measurement at a coastal site in the eastern region of Saudi Arabia”, IEEE Trans. on PD, vol. PD-6, N°1, January 1991.

[29] M. EL-A. SLAMA, “Contribution à l’étude de l’influence de la non-uniformité de la distribution de la pollution basée sur la méthode de la DDSE pour le dimensionnement des isolateurs des lignes THT à courant alternatif”. Thèse de Magister, Université des Sciences et Technologies d’Oran (USTO), Algérie, 2002.

[30] K. TAKASU, T. SHINDO and N. ARAI, “Natural contamination test of insulators with DC voltage energization at Inland Areas”, IEEE Trans. On PD, Vol. 3, No.4, pp 1847-1853, October 1988.

[31] K. NAITO, K. Morita, Y. Hasegawa and T. Imakoma, “Improvement on the DC voltage insulation efficiency of suspension insulators under contaminated conditions”, IEEE Trans. Electr. Insul., Vol. 23, pp. 1025-1032, 1988.

[32] I. KIMOTO, T. Fujimura, K. Naito, “Performance of Insulators for Direct Current Transmission Line under Polluted Conditions”, IEEE Trans. PAS, Vol. 92, pp. 943-949, 1973.

[33] X. LIN, Z. Chen, X. Liu, K. Chu, K. Morita, R. Matsuoka and S.Ito, “Natural insulator contamination test results on various shed shapes in heavy industrial contamination areas”, IEEE Trans. on Electr. Insul., Vol. 27, N°3, pp. 593-600, June 1992.

[34] M. EL-A. SLAMA S. FLAZI, H. HADI, N. TCHOUAR, “Etude du dépôt de pollution responsable du contournement des isolateurs des lignes aériennes du réseau

électrique THT national”, Revue Sciences et Technologie B, n°25, pp 43-50, Revue éditée par l’Université Mentouri de Constantine, Algérie, Juin 2007.

[35] Working Group C4.303, “Outdoor insulation in polluted conditions: Guideline for selection and dimensioning. Part 1 General principles and the AC case”, Cigré, June 2008.

[36] M. A. B. EL-KOSHAIRY et F. A. M RIZK, “comportement des isolateurs des lignes de transport à THT dans des conditions de pollution désertique”, Cigré, Gr 33-05, 1978.

العازل عبارة عن جهاز مصنوع خصيصًا من مادة عازلة صلبة قادرة على تحمل الضغط الكهربائي. يتميز بمقاومة عالية لمرور التيار الكهربائي. يتمثل دورها في فصل جسمين موصلين ، يخضعان لإمكانات مختلفة. في شبكات نقل الطاقة الكهربائية، يتم توفير عزل موصل الصرح بواسطة سلسلة من العوازل. تتميز كل سلسلة بشكل أساسي بطولها الخلفي. هذا الطول يعتمد على مستوى جهد التشغيل. تم إنتاج هذا الموجز لتحليل خصائص القوس الكهربائي حول عازل ملوث. من خلال حساب التوزيع المحتمل والمجال الكهربائي، سيساعد ذلك في تحسين تصميم العوازل، خاصة بالنسبة للمناطق الملوثة. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء محاولة مع COMSOL لحساب الجهد والمجال الكهربائي على سطح العازل مع وبدون وجود الملوثات. توزيع الجهد والمجال الكهربائي في عازل زجاجي بغطاء وقضيب يستخدم في شبكات الكهرباء الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: عازل ، الحقل الكهربائي، التوتر الكهربائي ، طريقة الحدود المنتهية (FEM) ، محاكاة.

Abstract

The insulator is a device made especially of a solid insulating material capable of withstanding electrical stress. It is characterized by a high impedance to the passage of electric current. Its role is to separate two conductive bodies, subjected to two different potentials. In electric power transmission networks, pylon-conductor isolation is provided by a string of insulators. Each chain is characterized mainly by its trailing length. This length is dependent on the operating voltage level. This brief was produced in order to analyze the characteristics of the electric arc around a polluted insulator. By calculating the potential distribution and the electric field, this will help improve the design of insulators, especially for polluted areas. In addition, an attempt was made with COMSOL to calculate the voltage and electric field on the surface of the insulator with and without the presence of contaminants. The distribution of the potential and the electric field in a cover and rod type glass insulator, used in Algerian electricity networks.

Keywords: insulator, Electric field, Finite element method (MEF), Electric potential, Comsol, Simulation.

Résumé

L'isolateur est un dispositif constitué spécialement d'un matériau isolant solide, capable de résister à la contrainte électrique. Il est caractérisé par une grande impédance au passage du courant électrique. Son rôle est de séparer deux corps conducteurs, soumis à deux potentiels différents. Dans les réseaux de transport d'énergie électrique, l'isolement pylône-conducteur est assuré par une chaîne d'isolateurs. Chaque chaîne est caractérisée principalement par sa longueur de fuite. Cette longueur est dépendante du niveau de tension de service. Ce mémoire a été réalisé dans le but d'analyser les caractéristiques de l'arc électrique autour d'un Isolateur pollué. En calculant la distribution du potentiel et le champ électrique, cela contribuera à améliorer la conception des isolateurs, en particulier pour les zones polluées. De plus, une tentative a été faite avec COMSOL pour calculer la tension et champ électrique sur la surface de l'isolateur avec et sans présence de contaminants.

La répartition du potentiel et du champ électrique dans un d'isolateurs en verre type capot et tige, utilisé dans les réseaux électriques algériens.

Mots-clés : isolateur, méthode des éléments finies (FEM), champ électrique, potentiel électrique Comsol, Simulation.