

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

**FACULTE DE TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE**  
**N° D'ORDRE : RE 02 / 2021**



**DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE**  
**FILIERE : ELECTROTECHNIQUE**  
**OPTION : RESEAUX ELECTRIQUES**

**Mémoire présenté pour l'obtention**  
**Du diplôme de Master**

**Par: Berrabah Fares**

**Intitulé**

**Décharges Diélectriques sur une Surface Isolante Polluée**  
**sous Tension Alternative**

**Soutenu devant le jury composé de :**

<b>DJERIOU Salim</b>	Université Mohamed Boudiaf de M'sila	Président
<b>RAHALI Hilal</b>	Université Mohamed Boudiaf de M'sila	Rapporteur
<b>BELHOUCHE Khaled</b>	Université Mohamed Boudiaf de M'sila	Examineur

**Année universitaire : 2020/2021**



# *Remerciements*

Nos remerciements vont tout premièrement à Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donnée durant toutes ces longues années.

Je tiens avant tout à exprimer nos reconnaissances à Mr Rahali Hilal pour avoir accepté de nous encadrer dans cette étude. Nous la remercions pour son implication, son soutien et ses encouragements tout au long de ce travail.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail au sein du jury de soutenance.

Nos remerciements vont également à nos enseignants pour nous avoir transmis leur savoir et leur passion tout au long de ces années.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus à élaborer et réaliser ce mémoire.

## Table des matières

<b>Table des matières.....</b>	<b>I</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>II</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>III</b>
<b>La table des symboles.....</b>	<b>IV</b>
<b>Introduction générale.....</b>	<b>01</b>

### CHAPITRE I

#### ETAT DE L'ARTE SUR LES ISOLATEURS DE HAUTE TENSION

I.1.Introduction.....	03
I.2. Définition de l'isolateur.....	03
I.3.Constitution de l'isolateur et son fonctionnement .....	03
I.4.Caractéristique d'un isolateur .....	04
I.5. Quelques définitions concernant les isolateurs.....	04
I.5.1.Contournement .....	04
I.5.2.Tension de Contournement .....	04
I.5.3.ligne de contournement .....	05
I.5.4.tension de tenue.....	05
I.5.5.Courant de fuite .....	05
I.5.6.Courant de fuite critique .....	05
I.5.7.Facteur de forme d'un isolateur .....	05
I.5.8. Ligne de fuite spécifique ( $L_g$ ) d'un isolateur.....	05
I.6.Principaux types d'isolateurs.....	06
I.6.1.Isolateurs de type rigide.....	06
I.6.2.Isolateurs suspendus ou éléments de chaîne.....	06
I.6.3.Isolateurs à capot et tige.....	07
I.6.3.1.Quelques profils des isolateurs à capot et tige.....	08
I.6.4.Isolateur à long fût.....	10
I.7.Matériaux isolants utilisés pour la fabrication des isolateurs.....	10
I.7.1. Céramique.....	11
I.7.2. Le verre.....	11
I.7.3.Matériaux synthétiques.....	11

## Table Des Matières

---

I.8.Contraintes subites par l'isolateur.....	12
I.8.1.Contraintes mécaniques.....	12
I.8.2.Contraintes climatiques et d'environnement.....	12
I.8.3.Contraintes électrique.....	13
I.9.Choix des isolateurs.....	13
I.10.Vieillessement des isolateurs.....	13
I.10.1.Vieillessement thermique.....	14
I.10.2.Vieillessement Electrochimique.....	14
I.10.3.Vieillessement Electrique.....	14
I.11.Classification des isolateurs en Haute Tension.....	14
I.12.Conclusion.....	15

## CHAPITRE II

### POLLUTION DES ISOLATEURS HAUTE TENSION

II.1.Introduction.....	16
II.2.Phénomène de pollution.....	16
II.2.1Définition.....	16
II.3.Sources de pollution.....	17
II.3.1 Pollution naturelle.....	17
II.3.1.1 Pollution marine.....	17
II.3.1.2 Pollution désertique.....	17
II.3.1.3 Pollution à l'intérieur des terres .....	18
II.3.2.Pollution industrielle.....	18
II.3.3.pollutions mixte.....	18
II.4. Conséquences de la pollution .....	18
II.4.1. Arc non localisé .....	19
II.4.2. Arc permanent.....	19
II.5.Influence des conditions climatiques sur la distribution de la pollution.....	19
II.6. Les phénomènes climatiques exceptionnels.....	19
II.7. Sévérité de pollution d'un site.....	20
II.8. Méthodes d'essais sous pollution.....	20

## Table Des Matières

---

II.8.1 Essais sous pollution naturelle.....	20
II.8.2 Essais sous pollution artificielle.....	20
II.8.2.1 Méthode du brouillard salin.....	20
II.8.2.2 Méthode de la couche solide.....	20
II.9.Méthodes de mesure de la sévérité de pollution.....	23
I.10. Classifications de types de pollution.....	23
II.11.Techniques De Lutte Contre La Pollution.....	25
II.11.1 Allongement de la ligne de fuite.....	25
II.11.2 Isolateurs plats.....	25
II.11.3 Graissage périodique.....	25
II.11.4 Revêtement silicone.....	25
II.11.5 Les isolateurs composites.....	25
II.11.6 Nettoyages des isolateurs.....	26
II.12.CONCLUSION.....	26

## **CHAPITRE III**

### **TENSION D'ENTRETIEN DE L'ARC SUR UNE SURFACE ISOLANTE POLLUEE D'UNE FAÇON DISCONTINUE SOUS TENSION ALTERNATIVE**

---

III.1.INTRODUCTION.....	27
III.2. TECHNIQUE EXPERIMENTALE .....	27
III.3.OBJET D'ESSAI.....	28
III.4.PREPARATION DES SOLUTIONS POLLUANTES.....	28
III.5.PROCEDE D'APPLICATION DE LA COUCHE DE POLLUTION.....	29
III.6. MESURE DE LA TENSION DE CONTOURNEMENT A L'ETAT SEC.....	29
III.7.MESURE ET VISUALISATION DES FORMES DE LA TENSION DE CONTOURNEMENT ET COURANT DE FUITE.....	29
III.7.1TENSION DE CONTOURNEMENT.....	29
III.7.2 MESURE DU COURANT DE FUITE.....	30
III.8.ETUDE DE COURANT DE FUITE.....	30
III.8.1COURANT DE FUITE – CONDUCTIVITE.....	30
III.8.2 COURANT DE FUITE – TENSION APPLIQUEE .....	31

---

## Table Des Matières

---

III.8.3 COURANT DE FUITE – LARGEUR DE LA COUCHE POLLUEE .....	32
III.8.4 COURANT DE FUITE – POSITION DE LA COUCHE POLUEE .....	33
III.9 ETUDE DES DECHARGES PARALLELES .....	33
III.9.1 RELATION LONGUEUR CRITIQUE – CONDUCTIVITE .....	34
III.9.2 RELATION LONGUEUR D’ARC – TENSION APPLIQUEE .....	35
III.9.3 RELATION NOMBRE D’ARCS – TENSION APPLIQUEE .....	36
III.10. CONCLUSION.....	37
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>38</b>
<b>Références Bibliographie.....</b>	<b>39</b>
<b>Résumé</b>	

## Liste des figures

### Chapitre I

#### ETAT DE L'ARTE SUR LES ISOLATEURS DE HAUTE TENSION

Figure (I.1) Les caractéristiques d'un isolateur.....	04
Figure (I.2) isolateur rigide en verre.....	05
Figure (I.3) Assemblage à rotule.....	08
Figure (I.4) Isolateur à capot et tige.....	10
Figure (I.5) Isolateur capot et tige de profil standard.....	12
Figure (I.6) Isolateur capot et tige de profil Antibrouillard.....	13
Figure (I.7) un isolateur capot et tige de profil plat.....	
Figure (I.8).Isolateur capot et tige de profil sphérique.....	
Figure (I.9). Isolateur à long fût en porcelaine.....	
Figure( I.10). Isolateur composite.....	
Figure (I.11). Inconvénient des matériaux.....	

### Chapitre III

#### TENSION D'ENTRETIEN DE L'ARC SUR UNE SURFACE ISOLANTE POLLUEE D'UNE FAÇON DISCONTINUE SOUS TENSION ALTERNATIVE

---

Figure (III.1) : Modèle plan équivalent .....	33
Figure (III.2) : Modèle plan étudié .....	36
Figure (III.3) : Procédé d'application de la pollution .....	38
Figure(III.4): Variation de l'amplitude maximale du Courant de fuite en fonction de la conductivité.....	40
Figure(III.5) : Variation de l'amplitude maximale du Courant de fuite en fonction de la tension appliquée pollution coté HT	41
Figure(III.6) : Variation de l'amplitude maximale du Courant de fuite en fonction de la tension appliquée pollution coté terre.....	42
Figure(III.7) : Variation de l'amplitude maximale du courant de fuite en fonction du rapport X/L (pollution coté HT).....	43
	44

## Liste des figures

---

Figure (III.8) : Variation de l'amplitude maximale du courant de fuite en fonction du rapport X/L (tension appliquée 3kV).....	
Figure (III.9) : Longueur critique de la décharge parallèle pour chaque conductivité .....	45
Figure (III.10) : Rapport de la longueur maximale de la décharge parallèle sur la longueur de fuite et talée fonction de la tension appliquée, pour coté HT et terre ( $\sigma=10\mu\text{S/cm}$ ).	
Figure (III.11) : Rapport de la longueur maximale de la décharge parallèle sur la longueur de fuite et talée fonction de la tension appliquée, pour coté HT et terre ( $\sigma=1200\mu\text{S/cm}$ ).....	
Figure (III.12) : Nombre des décharges parallèles en fonction de la tension appliquée ( $\sigma=710\mu\text{S/cm}$ ).....	

## **LISTE DES TABLEAUX**

### **CHAPITRE II**

#### **COMMANDE DIRECTE DU COUPLE (DTC) DE LA MACHINE ASYNCHRONE**

Table (II.1) : Caractéristiques des méthodes d'essai artificiels.....	24
Table (II.2) : Méthodes de mesure et leurs dispositifs.....	25
Table (II.3) : Classement de degré de pollution.....	25

## NOTATION ET SYMBOLE

### Symboles

F	Le facteur de forme
l	est la longueur partielle de l'isolateur considéré (m)
dl.	élément de la ligne de fuite
$p(l)$	le périmètre de l'isolateur
$L_s$	La ligne de fuite
$V_e$ :	Tension d'essai en [kV].
$\varepsilon$	Longueur du canal de perforation

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

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 divers es avancées majeure sen ce domaine depuis la fin des années soixante-dix [1].

Les isolateurs des lignes et de postes de transport d'énergie électrique sont le siège de plusieurs contraintes. Entre autres, la pollution des isolateurs constitue l'un des facteurs de première importance dans la qualité et la fiabilité du transport d'énergie [2].

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 [3].

En face des difficultés causées par la pollution, plusieurs méthodes de lutte sont utilisées : le lavage ou le graissage des isolateurs, par exemple. Cependant ces opérations sont très coûteuses. Par conséquent, la meilleure solution consiste à trouver l'isolateur ayant la meilleure tenue sous pollution. En raison de la complexité des phénomènes des décharges électriques sur les surfaces isolantes polluées, plusieurs travaux aussi bien théoriques qu'expérimentaux, ont été entrepris En vue d'étudier leur comportement sous pollution. Divers paramètre sont été adoptés, à savoir, la nature du dépôt polluant [2,3], la non uniformité de la pollution [4], la conductivité superficielle de la couche polluante [5], le profil ainsi que le diamètre de l'isolateur [5, 6, 7]. En effet, le dépôt polluant provoque l'existence et la persistance d'un courant de fuite plus ou moins notable sur les isolateurs suivant la sévérité de la pollution du site considéré [8].

Des observations sur sites ont montré que la répartition de la pollution le long des isolateurs est très peu uniforme [2, 9, 10]. Cette répartition de la pollution dépend principalement du profil de l'isolateur, de la nature ainsi que du niveau de la tension appliquée et de la position de l'isolateur par rapport au conducteur haute tension [9, 10].

Nous avons mené notre travail en utilisant un modèle de laboratoire sous tension alternative à fréquence industrielle (50Hz):

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

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.

Le troisième chapitre est entièrement consacré modèle plan d'isolateur lorsque la pollution est uniforme avec plusieurs conductivités, et lorsque la pollution est non uniforme pour trois cas de figures. Nous présentons les résultats concernant la tension de contournement, le courant de fuite, l'évolution de la longueur et du nombre de décharges parallèles à la surface du modèle plan.

Enfin, nous terminons notre mémoire par une conclusion générale représentant une Synthèses global de Notre travail.

**CHAPITRE I**  
**ETAT DE L'ARTE SUR LES ISOLATEURS DE**  
**HAUTE TENSION**

## **I.1. INTRODUCTION**

La ligne à haute tension est l'une des principales formes d'infrastructures énergétiques et le composant principal des grands réseaux de transport d'électricité. Elle permet le transport de l'énergie électrique, des centrales électriques vers les réseaux de distribution qui alimentent les consommateurs selon leurs besoins. Ces lignes sont aériennes, souterraines ou sous-marines.

L'isolateur est un élément important dans les réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique, il doit présenter de bonnes qualités mécaniques et électriques de façon à remplir son rôle pendant toute sa durée de vie. Nous avons présenté dans ce chapitre les isolateurs de haute tension et leurs types.

## **I.2. DEFINITION DE L'ISOLATEUR**

L'isolateur est 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 [11].

## **I.3. CONSTITUTION DE L'ISOLATEUR ET SON FONCTIONNEMENT**

Les isolateurs sont des composants indispensables au transport et à la distribution de l'énergie électrique. Leur importance est reliée directement au fait de :

- Réaliser une liaison mécanique entre des conducteurs portés à des potentiels différents accrochés aux pylônes des lignes aériennes.
- Maintenir les conducteurs dans la position spécifiée (isolateurs d'alignement et d'ancrage). Assurer la transition entre l'isolation interne (huile, SF6) et l'isolation externe (air atmosphérique).
- Raccorder les matériels électriques au réseau (traversées de transformateur, extrémités de câbles).
- Jouer le rôle d'une enveloppe de certains appareils (disjoncteurs, parafoudres, réducteurs de mesure) [12].

Les isolateurs sont conçus et dimensionnés pour résister aux contraintes prévisibles introduites par l'environnement [12]. Du point de vue électrique, l'isolateur est considéré comme deux électrodes dont l'intervalle comporte trois zones formant ainsi trois isolants en parallèle ayant des comportements différents. Ces trois zones sont les suivantes :

- 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) [13].

## I.4. CARACTERISTIQUES D'UN ISOLATEUR

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

**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.

**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.

**La ligne de contournement  $L_c$  :** C'est la distance la plus courte dans l'air entre deux parties conductrices [4].

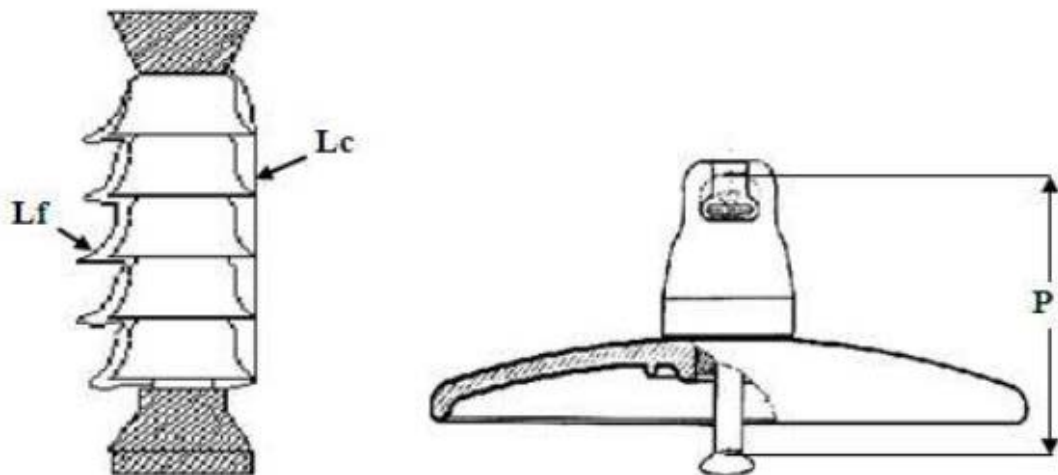


Figure I.1 :Les caractéristiques d'un isolateur

## I.5. QUELQUES DEFINITIONS CONCERNANT LES ISOLATEURS

### I.5.1. 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.5.2. 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 [15] :

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

### I.5.3. Ligne de contournement

La ligne de contournement ( $l_c$ ) est la distance la plus courte dans un gaz entre deux parties conductrices.

### I.5.4. Tension de tenue

C'est le niveau de tension le plus important, que peut supporter une isolation sans provoquer de décharge disruptive [15].

### I.5.5. 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. 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 [16].

### I.5.6. Courant de fuite critique

C'est le courant minimal nécessaire pour provoquer un contournement sur un isolateur à une tension donnée, sa valeur est obtenue dans la dernière demi-période avant le contournement. Il est indépendant de la forme de l'isolateur et du procédé d'essai auquel il est soumis, mais il dépend du rapport entre la tension appliquée et la longueur de la ligne de fuite de l'isolateur

### I.5.7. Facteur de forme d'un isolateur

Le facteur de forme est déterminé par les dimensions de l'isolateur. Pour l'estimation graphique du facteur de forme, on trace la courbe de l'inverse de la circonférence ( $1/p$ ) en fonction de la longueur de la ligne de fuite partielle  $l$ , calculée depuis une extrémité de l'isolateur jusqu'au point considéré. Il est donné par l'aire située sous la courbe et calculé suivant la formule (I.1) [29]:

$$F = \int_0^L \frac{dl}{p(l)} \quad (\text{I.1})$$

- $l$  : est la longueur partielle de l'isolateur considéré (m) ;
- $dl$  : élément de la ligne de fuite ;
- $p(l)$ : le périmètre de l'isolateur

### I.5.8. Ligne de fuite spécifique ( $L_s$ ) d'un isolateur

La ligne de fuite d'un isolateur peut être exprimée par :

$$L_s = \frac{L}{\sqrt{3}V_e} \quad (I.2)$$

Avec :

L : Longueur totale de fuite en [mm].

$V_e$ : Tension d'essai en [kV].

## I.6. PRINCIPAUX TYPES D'ISOLATEURS

On peut distinguer deux principaux types d'isolateurs : les isolateurs rigides et les éléments de chaîne

### I.6.1. Isolateurs de type rigide

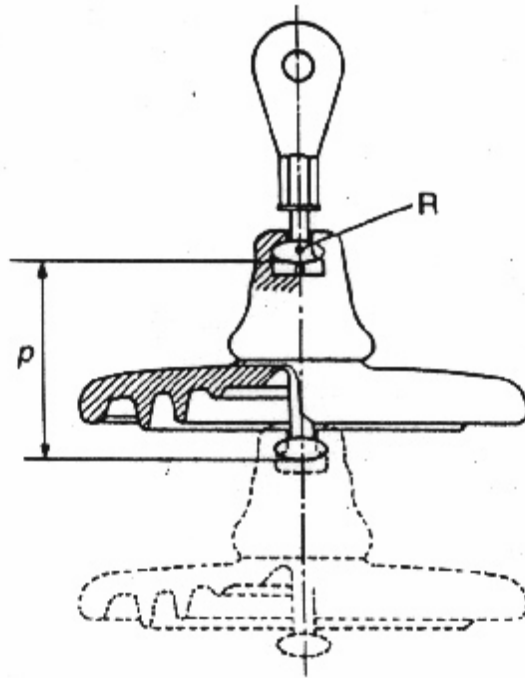
Un isolateur rigide (Figure I.2) est relié au support par une ferrure fixe. Cet isolateur est principalement soumis à des efforts de flexion et de compression, lorsqu'il est placé en position verticale. Il peut, dans certains cas, être placé horizontalement, voire oblique. Ce type d'isolateurs est utilisé pour les lignes aériennes qui ne dépassent pas le niveau de tension de 60 kV [17].



**Figure I.2** : isolateur rigide en verre

### I.6.2 Isolateurs suspendus ou éléments de chaîne

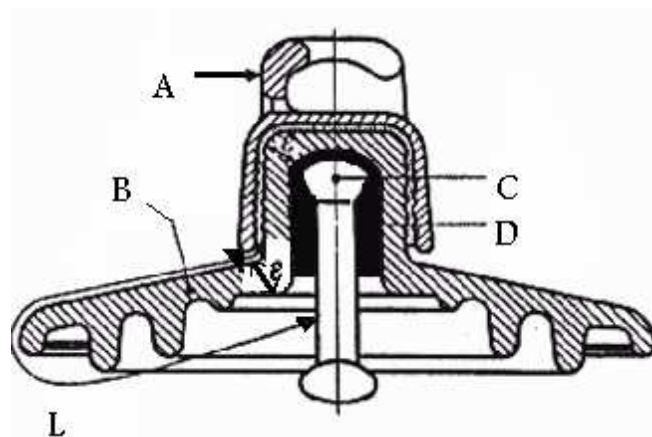
Une chaîne d'isolateurs est constituée de plusieurs éléments de type capot et tige ou autres (Figure 3). Ces éléments sont soumis principalement à des efforts de traction. Ils sont généralement utilisés en suspension et forment des chaînes d'isolateurs soit verticales (alignement), soit horizontale (ancrage) [18].



**Figure I.3.** Assemblage à rotule

### I.6.3. Isolateurs à capot et tige

L'isolateur 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 [19]



**Figure I.4.** Isolateur à 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.

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

On peut trouver plusieurs profils d'isolateurs capot et tige et ceci pour un meilleur fonctionnement.

### **I.6.3.1. Quelques profils des isolateurs à capot et tige**

#### **a. Profil standard**

La faible profondeur, l'espacement entre les anneaux (nervures) et la ligne de fuite moyenne permettent l'utilisation de ce profil dans une zone de pollution modérée (figure I.5)



**Figure I.5:** Isolateur capot et tige de profil standard

#### **b. Profil antibrouillard**

Plus large que le profil standard, l'écartement entre les anneaux permet un bon nettoyage par le vent ou la pluie et facilite le lavage manuel si nécessaire. L'espacement prévient également l'apparition d'arcs entre les anneaux adjacents dans des conditions sévères de pollution (figure I.6).



**Figure I.6:** Isolateur capot et tige de profil Antibrouillard

**c. Profil plat**

L'élimination complète des rainures internes réduit l'accumulation des agents polluants sur la surface basse, grâce au courant d'air, cette conception est particulièrement efficace dans les zones désertiques ou l'auto lavage est peu fréquent par la pluie (figure I.7).



**Figure I.7:** un isolateur capot et tige de profil plat

**d. Profil sphérique**

Ce type de profil donne une ligne de fuite équivalente au profil standard, mais l'absence d'anneaux facilite le nettoyage manuel (figure I.8)

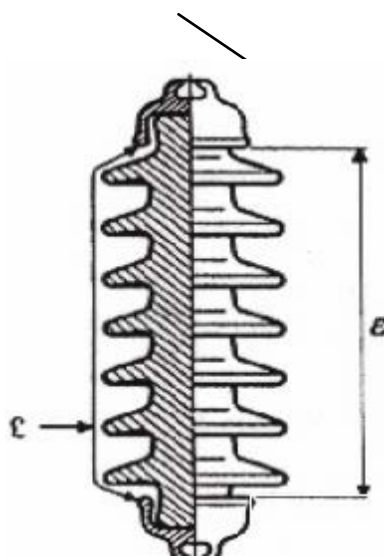


**Figure I.8:** Isolateur capot et tige de profil sphérique

#### I.6.4. Isolateur à long fût

Il est constitué d'un cylindre plein en céramique, en porcelaine ou en matériaux synthétiques, muni d'ailettes (Figure I.9). 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 [19].

##### Scellement externe



##### Scellement interne

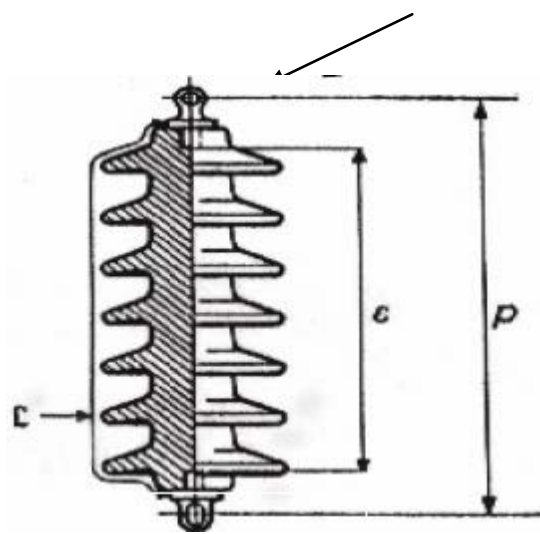


Figure I.9. Isolateur à long fût en porcelaine

$l$  : Plus courte distance dans l'air, extérieure à l'isolateur

$\epsilon$ : Longueur du canal de perforation

$p$ : pas  $\epsilon \gg l/2$

### I.7. MATERIAUX ISOLANTS UTILISES 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 [17].

### 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 [17].

### I.7.2. Le verre:

Outre son bas prix, le verre présente l'avantage de permettre de déceler 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 [17].

#### 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 [17].

### 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 10).

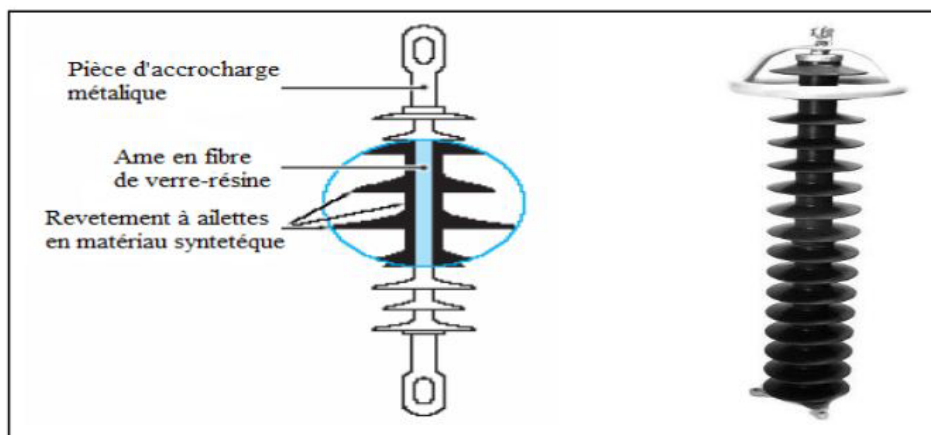
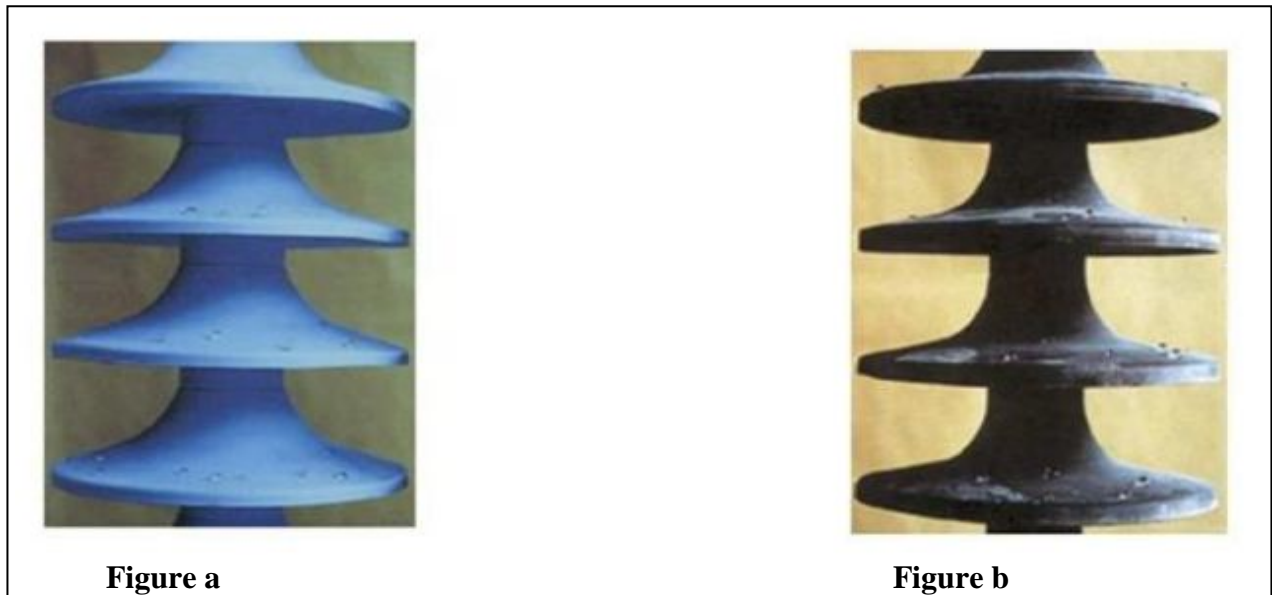


Figure I.10. Isolateur composite

Ils ont de bonnes propriétés hydrophobes et peuvent être utilisés dans des conditions de pollution très sévères (Figure a).

L'inconvénient de ces isolateurs est le vieillissement sous l'effet des différentes contraintes auxquelles ils sont soumis (électriques, mécaniques, atmosphériques...) figure b.



**Figure I.11.** Inconvénient des matériaux

## **I.8.CONTRAINTES SUBITES PAR L'ISOLATEUR**

L'isolateur est loin d'être épargné des contraintes néfastes réparties en trois classes [31]:

### **I.8.1.Contraintes mécaniques**

Du fait de leurs conceptions, 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, parmi ces contraintes on site:

- Charge permanente appliquée à la chaîne (le poids du conducteur, des accessoires).
- Surcharge exceptionnelle due au vent.
- Les dimensions de chaque élément d'isolateur dépendent de la charge mécanique qui est supportée en service; lorsque la charge augmente les dimensions augmentent aussi.

### **I.8.2. Contraintes climatiques et d'environnement**

Les isolateurs sont spécialement influés par la contamination de l'environnement, dans les ouvrages (lignes et postes) installés aux bordures de mer, les embruns portés par les vents déposent progressivement sur les isolateurs une couche de sel, qui a plus au moins longue échéance, en suite recouvre toute la surface de l'isolant y compris les parties les mieux protégées. Cette couche de sel humidifiés par les embruns eux même par un brouillard ou simplement par condensation, devient conductrice. Ce qui donne naissance à un courant de fuite qui s'établit à travers la couche superficielle, ou dans certaines conditions des arcs peuvent se développer et provoquer le contournement total de l'isolateur [31].

### **I.8.3. Contraintes électrique**

Ce type de contraintes est important, et elles se résument en :

- Tension de service : c'est la tension normale que supporte l'isolateur en service ;
- Décharge disruptive : phénomène associé à une défaillance de l'isolateur sous l'effet de la contrainte électrique, avec chute de tension et passage d'un courant entraînant une perte permanente de la rigidité diélectrique ;
- Tension de contournement (à sec et sous pluie) : c'est la plus faible tension produisant un amorçage entre conducteur et la masse ;
- Surtensions accidentelles : elles sont de brève durée pouvant être à l'origine d'un orage ou d'un régime transitoire

## **I.9. 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 [20].

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

## **I.10. VIEILLISSEMENT DES ISOLATEURS**

Le vieillissement est caractérisé surtout par une dégradation des propriétés électriques mécaniques ou chimiques (par exemple: augmentation des pertes diélectriques, diminution de la résistivité ou de l'hydrophobicité).

Soumis à différentes contraintes durant l'exploitation, les isolants vieillissent. Et selon le type de réaction produite sur le matériau composite, on distingue plusieurs types de vieillissement dont les principaux sont:

Le vieillissement thermique provoqué par l'action de longue durée de hautes températures, sur le diélectrique.

- Le vieillissement électrochimique engendré par certains processus dont la cause est le phénomène d'électrolyse ayant lieu dans le diélectrique.

- Le vieillissement électrique (ionisation -décharges partielles) résultant des décharges à la surface et dans les cavités surtout gazeuses enfermées dans les diélectriques.[34]

### **I.10.1.Vieillissement thermique**

Le vieillissement thermique dépend de la structure du diélectrique. La dégradation du matériau est activée par la présence d'oxygène. Les principaux processus de vieillissement thermique sont:

- La rupture des chaînes multimoléculaires, accompagnée par une dégradation des propriétés électriques et mécaniques,

- Le dégagement de gaz à faible poids moléculaire,

- L'oxydation conduisant à l'apparition d'acides carboxyliques [34].

### **I.10.2.Vieillissement Electrochimique**

Lors du processus de vieillissement électrochimique, la température du diélectrique augmente. Cette augmentation engendre non seulement une augmentation de la conductivité du matériau mais aussi une activation des réactions chimiques qui sont la cause du vieillissement. [34].

### **I.10.3.Vieillissement Electrique**

Le vieillissement électrique est caractérisé par une dégradation des propriétés diélectriques du matériau, sous l'action prolongée d'une contrainte électrique (champ électrique) relativement élevée. Il est caractérisé par l'augmentation des pertes diélectriques et une diminution de la résistivité transversale du matériau [34].

## **I. 11 CLASSIFICATION DES ISOLATEURS EN HAUTE TENSION**

Conformément à la publication CEI, les isolateurs de lignes aériennes sont divisés en deux classes selon leur forme.

- **Classe A**

Elle comprend tous les isolateurs ou éléments de chaînes pour lesquels la plus courte longueur "ε" du canal de perforation à travers la matière isolante solide est au moins égale à la moitié de la plus courte distance dans l'air "L" extérieure à l'isolateur. Les isolateurs à long fût font, en général, partie de cette classe.

- **Classe B**

Elle comprend tous les isolateurs ou éléments de chaînes pour lesquels la plus courte longueur "ε" du canal de perforation à travers la matière isolante est inférieure à la moitié de la plus courte distance dans l'air "L" extérieure à l'isolateur. Les isolateurs à capot et tige appartiennent à cette classe [43]

## **I.12. CONCLUSION**

Nous avons présenté dans ce chapitre un résumé d'une étude bibliographique sur les isolateurs en précisant leur rôle et leurs différents types.

Les isolateurs sont des éléments essentiels dont dépendent la sécurité d'exploitation, la qualité et la continuité de service. Ils les mieux adaptées environnement donné sont ceux qui possèdent les meilleures propriétés d'auto-nettoyage.

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter le phénomène de pollution ainsi leur conséquences sur les ouvrages de haute tension.

**CHAPITRE II**  
**POLLUTION DES ISOLATEURS HAUTE TENSION**

## **II.1. Introduction**

La pollution est un phénomène qui constitue un sérieux problème sur l'isolement des ouvrages de haute tension, dont il faut tenir compte lors du dimensionnement de l'isolement des lignes de haute tension. Ceci est dû à la formation de couches plus ou moins conductrices sur la surface des isolateurs. Ces couches peuvent engendrer une diminution considérable de la résistivité superficielle des surfaces des isolants et par suite la diminution de la tension de tenue des isolateurs.

L'échauffement de la couche polluante conductrice humidifiée, provoqué par la circulation des courants de fuite sur la surface de ces isolateurs, entraîne des assèchements locaux de la couche de la pollution et l'apparition d'arcs de petite longueur (arcs partiels). Dans certaines conditions, ces arcs partiels peuvent se développer le contournement total des isolateurs, en connectant l'extrémité sous haute tension à celle mise à la terre, et conduisant ainsi à la mise hors service de l'ensemble de l'installation

## **II.2 phénomène de pollution**

Un isolateur placé à l'extérieur est exposé aux différents agents constituant l'atmosphère qui le contamine. Cette contamination d'un dépôt de pollution à sa surface. Son importance dépend de:

- La géométrie et la position de l'isolateur.
- Les conditions du milieu.
- La durée d'exposition de l'isolateur.

Cette pollution est généralement constituée de matières solubles et insolubles :

- Matières solubles: Elles sont composées essentiellement de sels ioniques.
- Matières insolubles: caractérisées par leur faible conductivité sont de nature minérale inorganique solide. [29]

### **II.2.1. Définition**

La pollution est un phénomène qui agit négativement sur le comportement des isolateurs haute tension.

Selon l'emplacement et les zones environnantes, les isolateurs rencontrent différents types de polluants : les grains de sable dans les régions désertiques et les zones minières, des substances métalliques et chimiques dans les zones industrielles et agricoles, et les particules de sel dans les régions côtières.

Elle est un paramètre important à prendre en considération lors du choix et du dimensionnement des isolateurs ou chaînes d'isolateurs. En effet, 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 surfacique des isolateurs ce qui conduit à la diminution de leur tenue diélectrique.

Notons que dans la pratique, 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. [39]

### **II.3.Sources de pollution**

Les divers types de pollution atmosphérique les plus fréquemment observés peuvent être regroupés selon leurs origines et classés comme suit :

#### **II.3.1 Pollution naturelle**

La pollution naturelle provient de [21]:

- Sels marins dans les régions côtières
- Poussières du sol (notamment lors de chantiers importants)
- Sables véhiculés par le vent en régions désertique

##### **II.3.1.1 Pollution marine**

Dans les installations au voisinage de la mer, les embruns portés par le vent se déposent progressivement sur les isolateurs, formant ainsi, une couche de sel qui recouvre toute leur surface. Cette couche, qui humidifiée par les embruns eux-mêmes, devient de plus en plus conductrice. Ce qui donne naissance à des courants de fuite encore plus intenses, et des arcs pouvant se développer jusqu'à provoquer le contournement total de l'isolateur [23].

##### **II.3.1.2 Pollution désertique**

Ce genre de pollution est constitué par les particules de sable, terre, poussière, et est accentué surtout par les facteurs climatiques :

- Le vent en assurant le transport de ces particules arides et finit par les déposer sur l'isolateur en formant une couche qui recouvre toute la surface de l'isolateur

- La température, par ces variations entre le jour et la nuit implique le phénomène de condensation donnant au dépôt une certaine conductivité [22].

### **II.3.1.3 Pollution à l'intérieur des terres**

Dans les régions qui ne sont pas soumises à la pollution marine, le vent peut transporter des déchets végétaux notamment à proximité des champs de cultures céréalières ou fourragères, et des poussières du sol durant les saisons chaudes, ou de sécheresse.

Dans les contrées à climat désertique, la fréquence des vents chargés de poussières, provoquent occasionnellement des tempêtes de sable qui affecter des tronçons importants du réseau électrique.

La pollution des isolateurs par le sable fin est un processus permanent quel que soit le type de montage, aussi bien intérieur ou extérieur [24]

### **II.3.2.Pollution industrielle**

Au voisinage de certaines zones industrielles, la pollution est engendrée par l'évacuation des fumées des usines (raffinerie, cimenterie, minerais ..... etc.). La présence d'éléments conducteurs dans les couches, et/ou la dissolution des sels qu'elles contiennent engendrent la circulation d'un courant de fuite plus ou moins fort selon les concentrations des agents polluants

### **II.3.3.pollutions mixte**

Les pollutions mixte s résultent d e la combinaison d'une ou de plusieurs pollutions précitées. C'est la forme de pollution la plus sévère pour l'exploitation des ouvrages électriques.

Par conséquent, quelle que soit la source de pollution, on observe la formation d'une couche électrolytique due à l'humidification d'un dépôt solide accumulé progressivement à la surface des isolateurs. La nature et les caractéristiques des agents contaminants sont très variées.

Généralement, ils ne provoquent pas de dégradation de la rigidité diélectrique lorsqu'ils sont secs. Cependant, l'humidification d'un dépôt solide accumulé progressivement à la surface des isolateurs, quelle que soit sa nature, provoque la formation d'une couche électrolytique, caractéristique du phénomène de pollution [25].

## **II.4. Conséquences de la pollution**

Lorsque l'isolateur est propre ou recouvert d'une couche de pollution sèche, un très faible courant capacitif circule à sa surface. Ceci est dû aux très faibles valeurs des conductivités volumiques de l'air, de l'isolant solide et de la couche de pollution. On obtient ainsi une répartition électrostatique du potentiel électrique. Par contre, lorsque la couche de pollution est

humidifiée, elle devient le siège d'un courant de conduction de valeur relativement importante et la répartition du potentiel électrique diffère de la répartition électrostatique.

La 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. Trois cas peuvent se présenter selon les contraintes auxquelles est soumis l'isolateur [26, 27].

#### **II.4.1. Arc non localisé**

L'arc électrique s'éteint rapidement, puis se réamorçe aléatoirement à un autre endroit et ainsi de suite. Il y a apparition d'un courant de fuite intermittent entraînant une perte d'énergie relativement faible et généralement supportable par l'installation [27].

#### **II.4.2. Arc permanent**

L'arc électrique se fixe à la surface, soit en s'y maintenant (courant continu), soit en se réamorçant au même endroit (courant alternatif). Cet arc peut entraîner, par effet thermique, une dégradation du support isolant nécessitant le remplacement de l'élément défaillant [27].

### **II.5. Influence des conditions climatiques sur la distribution de la pollution**

**Humidité** : l'humidification de l'air fait accroître la conductivité des dépôts polluants, ce qui entraîne la diminution de la tenue des isolateurs pollués.

**Température**: les hautes températures provoquent l'assèchement des dépôts polluants et entraînent l'augmentation de leur résistivité et par conséquent l'élévation de la tenue des isolateurs pollués. Cependant, la différence de température entre le jour et la nuit peut provoquer le phénomène de condensation et l'humidification de la couche de pollution.

**Vent** : il est évident que le vent constitue l'agent qui assure le transport des poussières et des sels marins qui viennent se déposer sur la surface de l'isolateur. Par contre les fortes vitesses de vent peuvent apporter une aide au nettoyage des isolateurs, donc le vent peut se comporter dans ce cas comme agent d'auto-nettoyage.

**Pluie** : d'une part, les fines pluies peuvent mouiller les surfaces polluées, ce qui augmente les risques de contournement. D'autre part, les fortes pluies permettent en général de nettoyer les surfaces polluées des isolateurs [30].

### **II.6. Les phénomènes climatiques exceptionnels**

**Le givre**: c'est un dépôt de glace provenant de la congélation de très fines gouttelettes d'eau en surfusion dans le brouillard ou les nuages. Par température fortement négative, le dépôt est

granuleux, contient de l'air et adhère peu. A 0°C, de l'eau liquide gèle dans les interstices, rend le dépôt compact et adhérent, avec une densité pouvant atteindre celle de la glace.

**Le verglas :** Il résulte de la congélation d'eau en surfusion provenant de gouttes de bruine (100 à 500 µm). Le dépôt est compact et homogène et il a la densité de la glace (0,9).

**La pluie verglaçante :** elle se produit lorsqu'une masse d'air à température négative, en contact avec le sol et d'épaisseur suffisante pour que les gouttes aient le temps de passer en surfusion.

**La neige collante:** la neige, qui est un mélange de plusieurs phases (glace, air saturé de vapeur d'eau liquide) se présente sur diverses formes. La neige collante doit l'adhérence qui la caractérise à la capillarité, les cristaux se transforment au moment de l'impact en grains de glace entourés d'eau. La neige collante est provoquée par une chute de neige intense à une température positive [42].

## **II.7. Sévérité de pollution d'un site**

Le dimensionnement convenable de l'isolation externe vis-à-vis de la pollution est subordonné à la détermination du degré de pollution du lieu d'utilisation de cette isolation.

La sévérité de pollution d'un site est généralement caractérisée par l'intensité de précipitation ainsi que par la conductivité des dépôts polluants.

L'évaluation de la sévérité de pollution d'un site, devrait fournir toutes les informations nécessaires sur le comportement diélectrique des isolateurs, ainsi que sur la fiabilité des lignes et des postes. La surveillance de l'évolution spatio-temporelle de la pollution est indispensable pour la conception et le choix d'une isolation adéquate, et pour prévoir ainsi, des techniques de luttés efficaces aux problèmes de contournement sous pollution. Diverses méthodes ont été conçues pour l'évaluation de la sévérité de pollution d'un site [41].

## **II.8. Méthodes d'essais sous pollution**

L'amorçage à la surface d'un isolateur pollué dépend de paramètres différents de ceux de l'amorçage d'un intervalle d'air. Pour représenter les conditions naturelles qui provoquent l'amorçage sous pollution, plusieurs techniques d'essais ont été mises en œuvre.

D'où on distingue deux types d'essais sur les isolateurs pollués :

- Essais sous pollution naturelle.
- Essais sous pollution artificielle

### **II.8.1 Essais sous pollution naturelle**

Ces essais consistent à installer dans différents sites pollués, des stations dans lesquelles on observe et analyse le comportement d'un certain nombre de chaînes d'isolateurs ou colonnes

isolantes, de longueurs et de profils différents. Ils ont l'avantage de tenir compte de l'effet de toutes les contraintes, dans toute leur complexité dans un site donné.

L'inconvénient majeur est qu'ils nécessitent plusieurs années pour pouvoir étudier valablement les performances des isolateurs. Pour cela, plusieurs méthodes de laboratoire ont été proposées en vue de simuler convenablement les conditions naturelles d'exploitation [28].

## **II.8.2 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 [32].

### **II.8.2.1 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. Elle est également valable pour représenter de nombreux dépôts de pollution industrielle ayant une couche de pollution relativement mince. Dans cette méthode, l'isolateur soumis à la tension d'essai est placé dans un brouillard salin dont le taux de salinité définit la sévérité de l'essai. Le taux peut être caractérisé soit par le poids du sel contenu dans un litre d'eau en g/l, soit par la mesure de la résistivité ou de la densité de la solution saline. Selon la classification des sites pollués, les valeurs de salinité appliquées sont choisies selon une progression allant de 2.5 à 160 kg/m<sup>3</sup> [32].

### **II.8.2.2 Méthode de la couche solide**

Cette méthode consiste en l'application d'une couche à la surface de l'isolateur. Elle simule mieux les dépôts de pollutions industrielles telles que les cendres de carburant et le ciment. Ce type de couche peut contenir des quantités d'eau relativement importantes.

Cette couche est composée d'un matériau solide contenant des ingrédients ioniques, qui devient conductrice par humidification. Le Kieselguhr (terre à diatomée), est souvent choisi comme matériau solide et le Chlorure de Sodium comme ingrédient ionique. Le brouillard, produit par un générateur de vapeur, est recommandé comme moyen d'humidification. Cette technique "Kieselguhr-brouillard de vapeur" est en accord avec les spécifications de la CEI. Dans certains cas, la couche solide est composée d'une peinture semi-conductrice.

La méthode du brouillard salin permet d'obtenir, par rapport aux méthodes de la couche solide, une bonne reproductibilité des essais ; elle est d'une grande facilité de mise en œuvre.

Cette méthode est la seule qui assure, au cours des essais, un renouvellement de la couche polluante.

La validation de cette méthode a été vérifiée dans un certain nombre de régions côtières. On a également trouvé une corrélation satisfaisante avec les résultats dans les conditions naturelles de pollution industrielle.

Le tableau I1.1 donne un bref résumé des caractéristiques de sept méthodes d'essai [33].

**Tableau II.1:** Caractéristiques des méthodes d'essais artificiels.

Méthode	Pollution	Formation du dépôt	Humidification	Application de la tension	Paramètres de sévérité	Ecart type $\sigma$ (%)
Brouillard salin	Eau salée	Brouillard ambiant – eau salée	Brouillard ambiant – eau salée	Constante dès le début	Salinité du brouillard en kg de NaCl par m <sup>3</sup> de solution	2 – 4
Méthylcellulose	Sel dans une solution de 10 g de Méthylcellulose 25 g de craie fine par un litre d'eau à préparer 48 h avant l'essai	Par pulvérisation ou trempage, 30 minutes de stabilisation	Pas d'humidification subséquente	Constante 0 à 5 minutes après stabilisation	Conductivité de la couche après stabilisation en $\mu\text{S}$	5 – 10
Brouillard équivalent	Sel dans une suspension de 40 g de poudre Tonoko par litre d'eau	Par pulvérisation, coulage ou trempage	Pas d'humidification subséquente	Augmentés jusqu'au contournement au taux de 10 kV/S max	Densité du dépôt de sel en mg de NaCl/cm <sup>2</sup>	3 – 12
Kieselguhr	Sel dans une solution de 100 g de Kieselguhr et 100 g d'Aérosil par litre d'eau	Par pulvérisation suivie de séchage	Eau vaporisée en quantité suffisante, atteindre la conductivité max	Constante dès que la conductivité maximale est atteinte	Conductivité max de la couche en $\mu\text{S}$	~ 8
Brouillard tenu	Sel dans une suspension de 40 g de poudre Tonoko ou Kaolin par litre d'eau	Par pulvérisation, peinture ou trempage suivie de séchage	Pulvérisation indirecte de l'eau	Constante dès le début de l'humidification	Densité du dépôt de sel en mg de NaCl/cm <sup>2</sup>	6 – 7
Brouillard vapeur	Sel dans une suspension d'un liant et d'eau	Par pulvérisation et séchage	Condensation lente d'eau vaporisée	Constante dès le début de l'essai	Densité du dépôt de sel en mg de NaCl/cm <sup>2</sup>	6 – 12
Contaminant humide	Sel dans une suspension de 20 g de Cob-O.Sil et 1 g de Photo-Flo 600 par litre d'eau	Coulage ou trempage	Pas d'humidification	Constante quelques minutes après application de la couche	Conductivité de la couche quelques minutes après application $\mu\text{S}$	5 – 10

## II.9. Méthodes de mesure de la sévérité de pollution

Une évolution de la sévérité d'un site, devrait fournir toutes les informations nécessaires au calcul de la probabilité du contournement sous pollution d'un isolateur et à son dimensionnement. En effet, on se propose d'établir les différentes méthodes de mesure et les dispositifs nécessaires (Tableau II.2).

Méthode de mesure	Dispositif de mesure
Conductivité électrique de la pollution	Conductimètre à sonde mobile
Densité du dépôt de sel équivalent(DDSE)	Formule empirique
Conductance superficielle	Formule empirique
Comptage des impulsions de courant de fuite	Méthode de connexion d'un compteur d'impulsion à l'isolateur de ligne
Courant de fuite le plus élevé	Circuit de mesure

Tableau II.2.Méthodes de mesure et leurs dispositifs [41].

## I.10. Classifications de types de pollution

Par pollution, on entend les particules solides qui se trouvent dans l'atmosphère et qui se déposent sur la surface de l'isolateur.

Cette pollution constitue l'origine du problème. A ce titre, des efforts considérables ont été menés afin de la classer quantitativement et qualitativement.

La composition de cette pollution est variable suivant les sources de contamination et les conditions auxquels sont soumis les isolateurs. La norme CET 815 donne le classement de la pollution suivant son origine (Tableau II.1).

Essentiellement, les types de pollution qui existent sont: la pollution naturelle, la pollution industrielle et la pollution mixte

<p><b>Faible (2.5 g/l)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones sans industries et avec faible densité d'habitation équipées d'installation de chauffage</li> <li>• Zones avec faible densité d'industries ou d'habitations mais soumise fréquemment aux vents et/ou pluies.</li> <li>• Régions agricoles. • Régions montagneuses</li> </ul>
<p><b>Moyenne (10 g/l)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones avec industries ne produisant pas de fumées particulièrement polluantes et/ou avec une densité moyenne d'habitation équipée d'installation de chauffage.</li> <li>• Zones à forte densité d'habitation et/ou d'industries mais soumises fréquemment à des chutes de pluies.</li> <li>• Zones exposées aux vents de mer, mais trop proches de la cote</li> </ul>
<p><b>Forte (80 g/l)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones avec forte densité d'industries et banlieues de grandes villes avec forte densité d'installation de chauffage polluantes.</li> <li>• Zones situées près de la mer, ou en tout cas exposées à des vents relativement forts venant de la mer</li> </ul>
<p><b>Forte (160 g/l)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones généralement peu étendues, soumises à des fumées industrielles produisant des poussières conductrices.</li> <li>• Zones généralement peu étendues, très proches de la cote et exposées aux embruns ou au vent fort et polluant venant de la mer.</li> <li>• Zones désertiques caractérisées par de longues périodes sans pluie, exposées aux vents forts transportant de sable et du sel soumis à une condensation régulière</li> </ul>

**Tableau II.3.** Classement de degré de pollution

Le phénomène de pollution des isolateurs des lignes aériennes constitue un sujet d'étude d'une importance essentielle.

Cela provient du fait que la pollution des isolateurs constitue un sérieux problème pour l'exploitation des réseaux de haute tension.

En effet, et suite à l'interaction entre, l'air transportant des grains de poussières et l'isolateur, une couche étrangère se dépose sur les surfaces de celui-ci.

Une fois cette couche humidifiée, la tension de tenue peut diminuer considérablement, provoquant des incidents très graves [40].

## **II.11. 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 [18].

Les différentes techniques utilisées pour la lutte contre la pollution sont :

### **I.11.1 Allongement de la ligne de fuite**

Elle permet d'adapter le dimensionnement aux nouvelles conditions de pollution. Deux méthodes sont employées :

- Le changement de type d'isolateurs (pour allonger la ligne de fuite) : c'est une opération très coûteuse et souvent impossible à réaliser en poste
- L'utilisation de prolongateurs de ligne de fuite en matériaux polymères, qui sont collés sur la surface des isolateurs existants [36].

### **I.11.2 Isolateurs plats**

Les isolateurs sans nervures ont la propriété d'accumuler moins de pollution que les isolateurs traditionnels et s'auto nettoyant très bien sous l'effet du vent[38]

### **I.11.3 Graissage périodique**

Cette méthode est utilisée seulement pour les isolateurs de poste. Par mesure économique, on utilise des graisses à base de silicone grâce à leurs propriétés hydrophobes. La longévité du graissage dépend à la fois de l'environnement (pollution, conditions climatiques) et de la qualité des graisses.

### **I.11.4 Revêtement silicone**

Il consiste à appliquer, par pulvérisation ou au pinceau, un caoutchouc silicone qui se vulcanise à température ambiante à la surface des isolateurs. Il protège et améliore leur tenue sous pollution. Par contre, sa longévité est nettement supérieure à celle du graissage[33]

### **I.11.5 Les isolateurs composites**

Ils ont en plus l'avantage d'être légers et d'avoir une grande résistance mécanique que leur confrère le noyau. Ils ont aussi de bonnes propriétés hydrophobes et peuvent être utilisés dans des conditions de pollution très sévères [37].

Ils sont constitués d'un noyau en fibres de verre imprégnées d'une résine et d'un revêtement à ailettes de type élastomère.

Cependant, ces isolateurs présentent le désavantage de vieillir sous l'effet des différentes contraintes auxquelles ils sont soumis (électrique et mécanique)[36].

### **I.11.6 Nettoyages des isolateurs**

Le nettoyage manuel et le lavage périodique hors tension sont fréquemment utilisés à travers le monde. Néanmoins, ce choix pose des problèmes majeurs à cause des interruptions de service, parfois assez longues. Pour éviter ces interruptions, on effectue un lavage sous tension des isolateurs à l'aide d'installations fixes ou mobiles. Dans les deux cas et afin d'éliminer tout risque de contournement, le lavage est effectué selon des règles strictes concernant la qualité de l'eau, le processus et les distances de sécurité à respecter[18].

## **II.12.CONCLUSION**

Dans ce chapitre introductif, une synthèse des différents aspects des phénomènes de pollutions est présentée. Les principales conclusions que l'on peut tirer de cette synthèse sont : La pollution reste un facteur déterminant pour le dimensionnement des isolateurs dans les ouvrages de haute tension.

La pollution des isolateurs constitue un sérieux problème pour l'exploitation des réseaux de haute tension. La connaissance du degré de pollution est une condition indispensable, pour prévoir une isolation externe convenable. Nous pouvons retenir que :

- La nature et la sévérité de pollution dépendent, en grande partie, de la localisation géographique et de l'industrialisation du site ;
- La meilleure définition de degré de pollution d'un site est d'obtenir la salinité équivalente du site

## **CHAPITRE III**

### **TENSION D'ENTRETIEN DE L'ARC SUR UNE SURFACE ISOLANTE POLLUEE D'UNE FAÇON DISCONTINUE SOUS TENSION ALTERNATIVE**

### III.1 Introduction:

Les isolateurs des lignes et de postes de transport d'énergie électrique sont le siège de plusieurs contraintes. Entre autres, la pollution des isolateurs constitue l'un des facteurs de première importance dans la qualité et la fiabilité du transport d'énergie.

Des observations sur sites ont montré que la répartition de la pollution le long des isolateurs est très peu uniforme [44, 45, 46]. Cette répartition de la pollution dépend principalement du profil de l'isolateur, de la nature ainsi que du niveau de la tension appliquée et de la position de l'isolateur par rapport au conducteur haute tension [45, 46]

Une étude expérimentale a été effectuée au niveau du laboratoire de l'Ecole Nationale Polytechnique pour examiner le comportement d'un modèle d'isolateur 1512L naturellement pollué. Le même état de surface que celui d'un isolateur 1512L exploité pendant une dizaine d'années dans la zone SONELGAZ de Hassi R'mel au Sahara Algérien a été reproduit sur une plaque en verre (Fig. 1,  $r = 25$  mm).

Le modèle de laboratoire a été soumis à différents paramètres à savoir, l'amplitude de la tension appliquée, la largeur de la couche polluante et la polarité de l'électrode active. Afin d'apporter un complément valable à cette étude expérimentale, nous avons développé un modèle théorique basé sur des circuits électriques équivalents. Notre modèle permet de déterminer le courant de fuite circulant sur la surface du même modèle d'isolateur soumis aux paramètres électro géométriques susmentionnés.

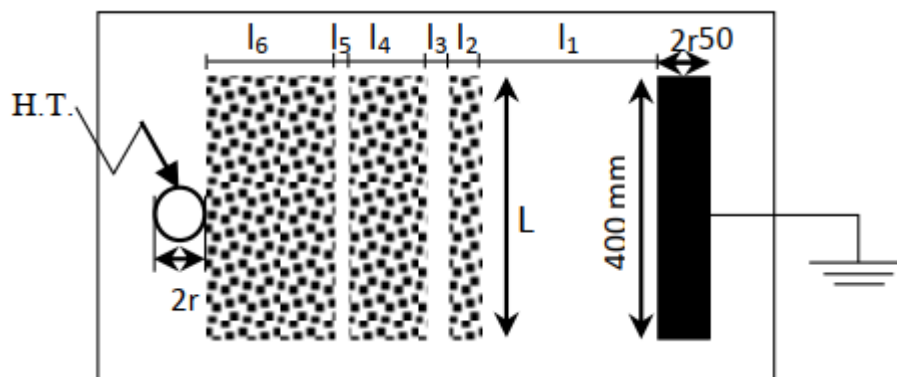
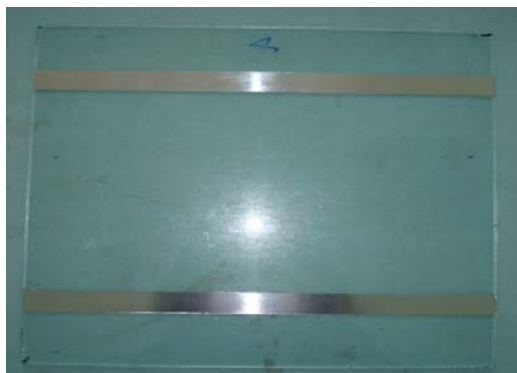


Figure III.1: Modèle plan équivalent

### III.2. TECHNIQUE EXPERIMENTALE :

Le modèle plan simule l'isolateur 1512 L. Le modèle est constitué par une plaque en verre de 50 cm x 50 cm et de 5 mm d'épaisseur sur la quelles ont posées deux électrodes, l'une de terre et l'autre de haute tension, Ces électrodes sont réalisées avec du papier aluminium. Les dimensions

des électrodes et la distance inter-électrodes  $L$  (29.2 cm) sont gardées constantes durant tous les essais (Figure 2).



**Figure III.2 :** Modèle plan étudié.

### III.3.OBJET D'ESSAI :

Le modèle plan (figure 2) simule l'isolateur 1512 L. Le modèle est constitué par une plaque en verre de 50 cm x 50 cm et de 5 mm d'épaisseur sur laquelle sont posées deux électrodes, l'une de terre et l'autre de haute tension. Les deux électrodes sont posées sur deux bandes conductrices en aluminium qui sont découpées (500 x 30 mm<sup>2</sup>), la découpe des électrodes, à partir d'un film d'aluminium, est effectuée à l'aide d'un cutter, de telle sorte à ne pas avoir des pointes sur les faces des électrodes. La surface de la plaque de verre est lavée à l'eau de robinet, puis à l'eau distillée. Nous passons du gasoil sur les zones où les électrodes vont être placées, les électrodes sont collées une par une de façon à ne pas laisser de bulles d'air entre le verre et l'électrode. Nous passons un coton avec du gasoil sur l'électrode en même temps que nous la plaçons, puis nous nettoyons ces mêmes endroits avec de l'alcool pour supprimer toute trace de gasoil ou de poussière. Après ces différentes étapes

### III.4.Préparation des solutions polluantes :

La solution polluante est obtenue à partir d'un mélange d'eau distillée et de chlorure de sodium (NaCl). La variation du degré de pollution est obtenue en variant la concentration de sel dans l'eau distillée. Nous avons ainsi fixé la conductivité de la solution à la valeur désirée grâce à un conductimètre, afin d'obtenir les conductivités volumiques suivantes : 0.01 mS/cm, 0.19 mS/cm, 0.71 mS/cm, 1.2 mS/cm et 10.1 mS/cm. Le choix de ces conductivités est fait

pour avoir une bonne visibilité concernant l'élongation des décharges parallèles et aussi pour une bonne étude de la tension de contournement et du courant de fuite pour le cas de la pollution uniforme.

### III.5. Procédé d'application de la couche de pollution :

Le dépôt de pollution est obtenu tout d'abord par pulvérisation uniforme de la solution sur tout le modèle. Pour assurer une bonne uniformité, et une bonne reproductibilité de la couche polluante, nous avons gardé, durant tous les essais, la même méthode de pulvérisation (même nombre de pulvérisations de chaque côté de la plaque et à la même distance

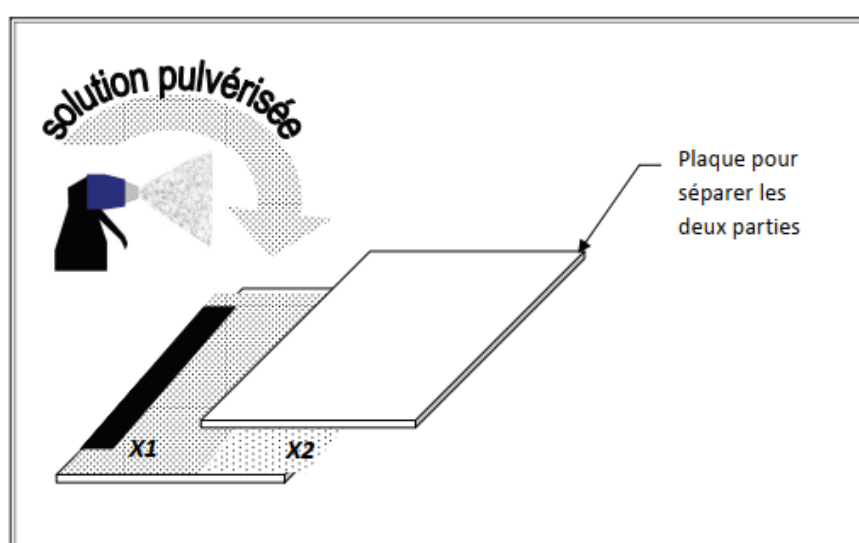


Figure III.3 : Procédé d'application de la pollution

### III.6. Mesure de la tension de contournement à l'état sec :

Le modèle d'isolateur est soumis à cinq essais de contournement à l'état sec, et la tension de contournement sera égale à la valeur moyenne des cinq valeurs obtenues. Les valeurs trouvées seront corrigées conformément à la norme CEI 60060-1[49].

### III.7. Mesure et visualisation des formes de la tension de contournement et courant de fuite :

#### III.7.1 Tension de contournement :

La mesure de la tension de contournement a été effectuée pour chaque configuration à l'aide d'un voltmètre électrostatique. Cette mesure permet non seulement de déterminer l'impact de la configuration du modèle sur la tension de contournement, mais aussi de déterminer les

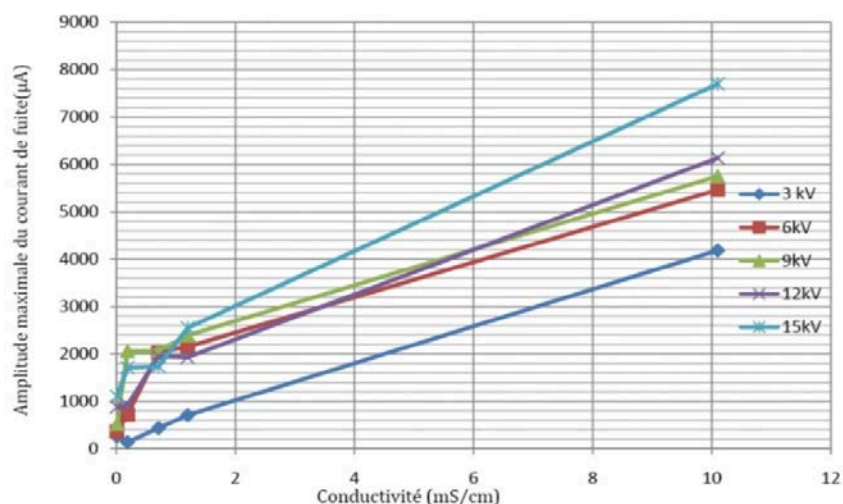
paliers de tension (<40% de la tension de contournement) à appliquer pour l'enregistrement du courant de fuite. La mesure de la tension de contournement du système a été effectuée pour les cinq conductivités choisies (0.01, 0.19, 0.71, 1.2 et 10.1 mS/cm) pour la configuration de la couche polluante uniforme. Pour le cas de la pollution non-uniforme, notre choix est porté sur la conductivité volumique de 1.2 mS/cm qui nous a permis de mieux suivre l'évolution de la forme d'onde du courant de fuite à la surface du modèle plan et pour cinq largeurs de la couche polluante (5cm, 10cm, 15cm, 20cm et 25cm).

### III.7.2 Mesure du courant de fuite :

La mesure du courant de fuite est effectuée à l'aide d'un oscilloscope à mémoire, relié à une résistance de mesure de 1k $\Omega$ . Pour éviter l'influence des parasites dans le signal recueilli, la résistance est introduite dans une boîte métallique mise à la terre, formant ainsi un écran. Ce dispositif permet également de visualiser simultanément le signal de la tension et celui du courant sur l'oscilloscope, afin de relever le facteur de puissance correspondant. La protection de l'oscilloscope est assurée par un éclateur mis en parallèle avec deux diodes rapides montées parallèlement en tête bêche. Un ordinateur sert à l'acquisition des données de la tension appliquée et du courant de fuite qui traverse la surface du modèle,

## III.8.ETUDE DE COURANT DE FUITE.

### III.8.1COURANT DE FUITE – CONDUCTIVITE :



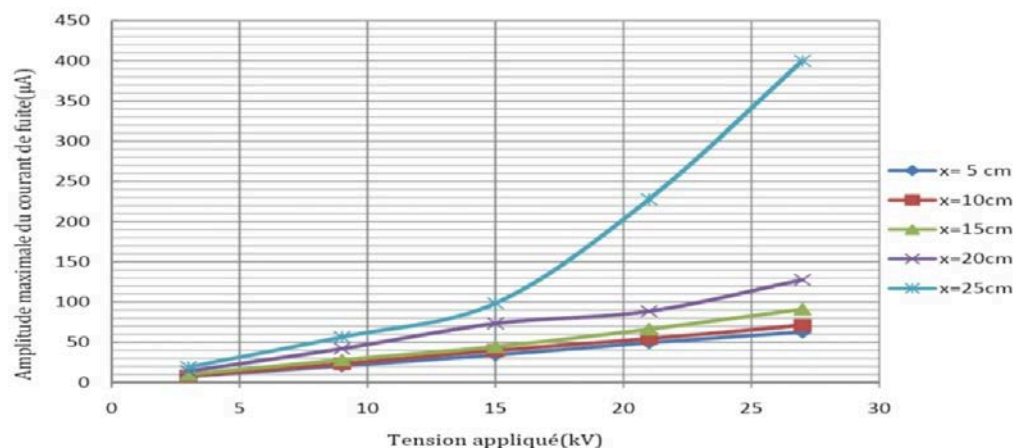
**Figure III.4 :** Variation de l'amplitude maximale du Courant de fuite en fonction de la conductivité.

Nous constatons d'après la figure III. 4 Que la conductivité influe sur le courant de fuite, de façon que le courant croisse avec l'augmentation de la conductivité de la pollution. De manière

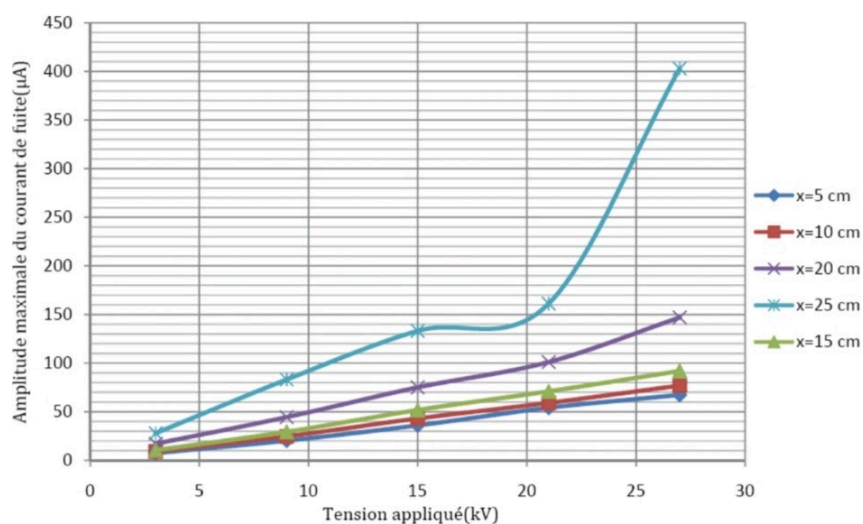
générale, l'augmentation du courant de fuite en fonction de la conductivité pourrait s'expliquer par :

- La diminution de l'impédance équivalente vue entre les électrodes.
- L'augmentation du champ électrique surtout pour les niveaux de tension élevée, qui provoquent l'ionisation de la couche polluée.

### III.8..2 COURANT DE FUITE – TENSION APPLIQUEE :



**Figure III.5 :** Variation de l'amplitude maximale du Courant de fuite en fonction de la tension appliquée pollution coté HT.

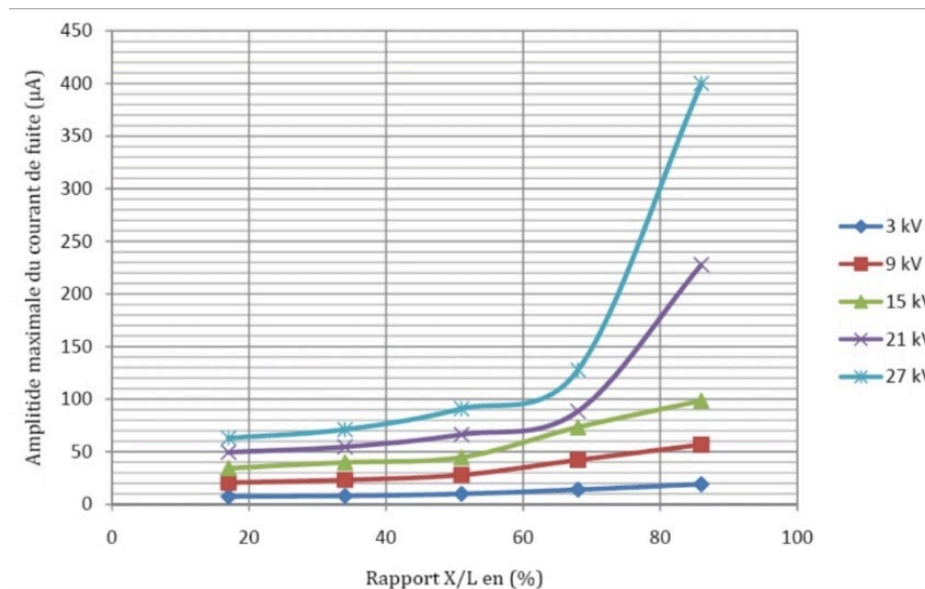


**Figure III. 6 :** Variation de l'amplitude maximale du Courant de fuite en fonction de la tension appliquée pollution coté terre.

Pour les cas possibles de configurations et les dispositions considérées, les caractéristiques donnant la variation de l'amplitude du courant de fuite en fonction de la tension

appliquée montrent que, pour toutes les largeurs de la couche polluée ainsi que sa position par rapport aux électrodes, l'amplitude du courant de fuite augmente avec la tension appliquée. Les courbes présentent une partie linéaire de pente donnée et une autre non linéaire : Pour des tensions appliquées inférieures à 15 kV, la pente de la courbe courant – tension reste assez stable pour les faibles valeurs de la couche de pollution ( $X=5$ ,  $X=10$  et  $X=15$  cm). Le système semble suivre donc une loi ohmique où l'impédance totale pour une largeur donnée ne dépend pas de la tension appliquée, ce qui est logique si on néglige les phénomènes de conduction de la zone sèche. Par contre pour des tensions supérieures, l'accroissement du courant de fuite est très sensible, le système perd donc largement son caractère ohmique.

### III.8.3 COURANT DE FUITE – LARGEUR DE LA COUCHE POLLUEE :



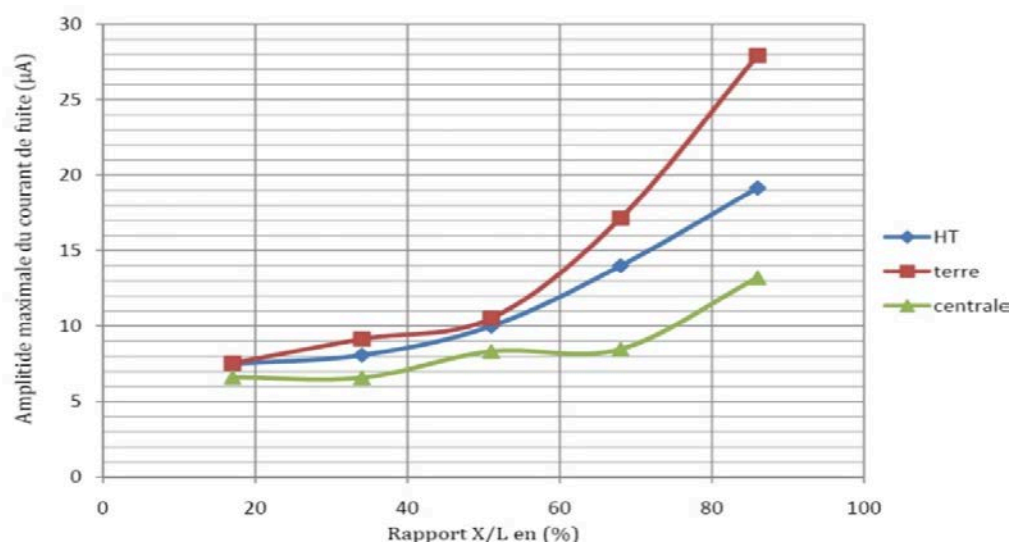
**Figure III.7:** Variation de l'amplitude maximale du courant de fuite en fonction du rapport  $X/L$  (pollution coté HT).

La figure III.7 montre l'évolution de l'amplitude du courant de fuite en fonction de la largeur de la couche polluante.

L'augmentation de l'amplitude du courant de fuite peut être expliquée par la réduction significative de l'impédance totale équivalente du milieu proportionnellement à l'élargissement de la couche polluée, et ce pour chaque niveau de tension et pour les trois configurations.

Nous notons également que, pour les faibles tensions, à partir d'une certaine largeur de pollution, le courant augmente assez brutalement puis en aura une croissance brutale du courant qui représente le cas le plus favorable à la formation de l'arc électrique

### III.8.4 COURANT DE FUITE – POSITION DE LA COUCHE POLUEE :



**Figure III.8 :** Variation de l'amplitude maximale du courant de fuite en fonction du rapport X/L (tension appliquée 3kV).

Les expériences effectuées nous montrent que pour les faibles valeurs de la tension appliquée (3 et 9kV), la position de la couche n'influe pas sur le courant de fuite et cela pour les faibles largeurs de la couche polluée.

Ce résultat montre que la position de la couche de pollution n'a pas d'influence sur le courant de fuite tant que la tension n'a pas atteint une limite correspondant probablement à la tension C'est pourquoi pour les niveaux de tension plus élevés on remarque une large différence d'amplitude du courant de fuite, nous observons alors un courant beaucoup plus élevé lorsque la pollution est établie côté terre.

On constate que l'amplitude du courant est plus intense pour le côté terre par rapport aux autres configurations quand la largeur de la zone polluée est plus grande. Ceci pourrait s'expliquer par une plus grande probabilité de phénomènes de conduction de la zone sèche, par effet couronne et arcs, lorsque la couche polluante est du côté haute tension et de couche centrale [47,50].

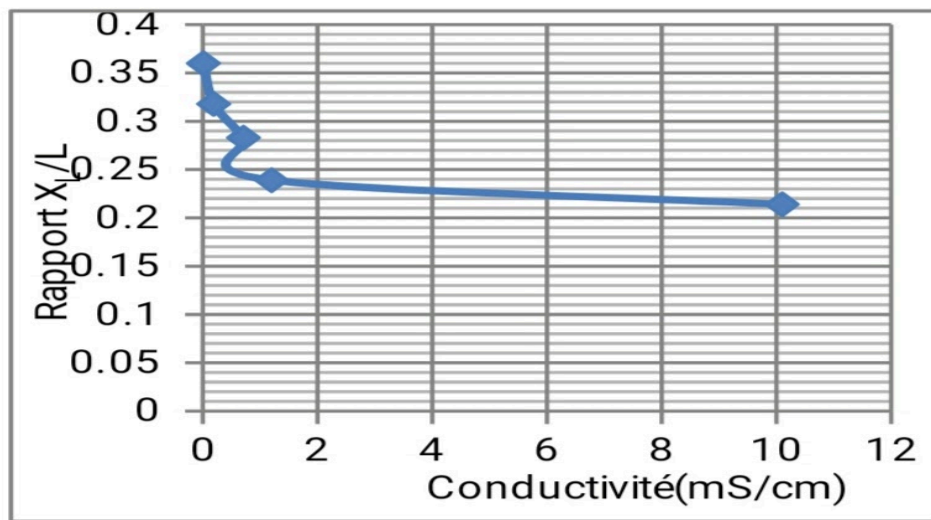
Certains chercheurs [48] ont montré que pour d'autres configurations de pollution non-uniforme, la valeur du ratio entre l'impédance de la couche polluée et celle de la couche sèche du côté terre est effectivement plus petite que celle pour le côté HT.

### III.9 ETUDE DES DECHARGES PARALLELES :

Pour le cas uniforme, la mesure de la longueur des décharges parallèles qui se développent sur la surface du modèle plan polluées réalisée à l'aide d'un caméscope numérique qui permet de les

visualiser en fonction de la tension appliquée. La détermination du nombre de décharges parallèles a été effectuée pour les deux cas de répartition de la pollution, pollution du côté de l'électrode de terre et pollution du côté de l'électrode sous tension. La mesure de la longueur critique de la décharge est faite pour chaque conductivité de l'agent polluant. Le traitement de la séquence filmée est assuré par le logiciel de traitement d'image KM Player qui nous permet de suivre l'évolution des décharges parallèles en fonction de la tension appliquée sur le plan pollué.

### III.9.1 RELATION LONGUEUR CRITIQUE – CONDUCTIVITE :

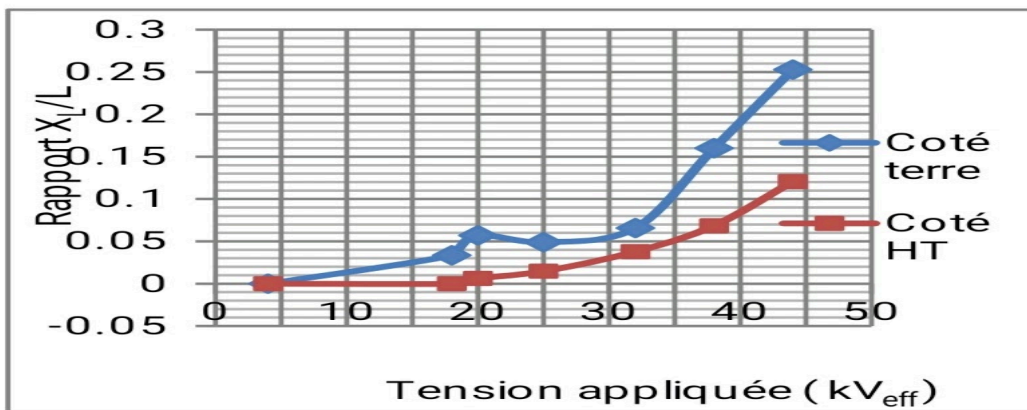


**Figure.III.9** : Longueur critique de la décharge parallèle pour chaque conductivité.

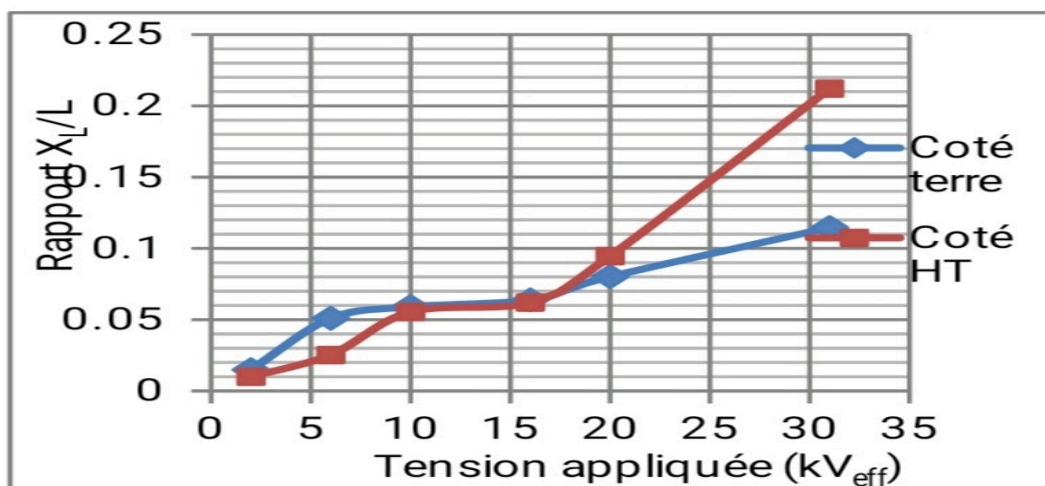
D'après la **figure.III.9**, nous remarquons que la longueur critique maximale de la décharge parallèle est de 36 % de la longueur de fuite totale pour la plus faible conductivité 0,01mS/cm et de 31,8 % pour la conductivité 0,19 mS/cm. Pour les grandes conductivités, la longueur critique de la décharge parallèle est de 23,9% pour 1,2 mS/cm et 21,4% pour 10,1 mS/cm de la longueur de fuite totale.

Ceci nous amène à dire que la longueur critique de la décharge diminue de manière non-linéaire avec l'augmentation de la conductivité de la couche polluante qui est due à la diminution de l'effet résistif de la résistance de l'isolateur. Cette diminution est causée par l'apparition d'arcs sur toute la surface polluée qui favorise pour les faibles tensions, la création d'un canal ionisé le long duquel progressera la décharge finale. L'apparition des arcs peut être interprétée par une baisse considérable de l'impédance équivalente de l'isolateur polluée qui favorise la création des zones sèches.

### III.9.2 RELATION LONGUEUR D'ARC – TENSION APPLIQUEE :



**Figure.III .10 :** Rapport de la longueur maximale de la décharge parallèle sur la longueur de fuit et talée fonction de la tension appliquée, pour coté HT et terre ( $\sigma=10\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



**Figure.III.11 :** Rapport de la longueur maximale de la décharge parallèle sur la longueur de fuit et talée fonction de la tension appliquée, pour coté HT et terre ( $\sigma=1200\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

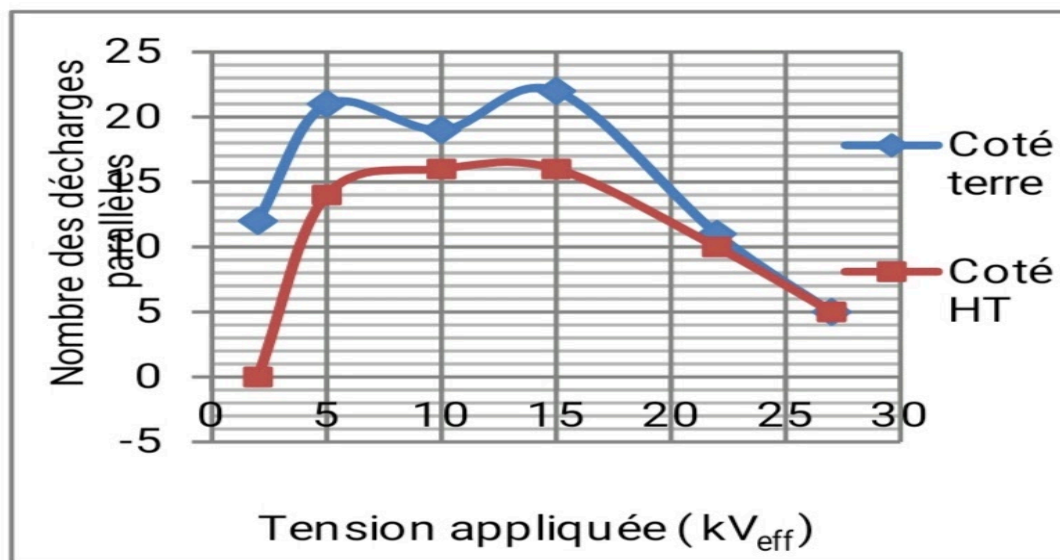
Les figures.III.11 et illustrent la variation du rapport de la longueur maximale de la décharge parallèle en fonction de la tension pour les deux conductivités.

Nous constatons que l'application d'une tension de quelques kilovolts entre les électrodes pour une couche de pollution uniforme, provoque l'apparition des décharges parallèles. D'après les figures (10 et 11), nous observons une augmentation régulière de la longueur d'arc en fonction de la tension appliquée. Ce résultat était prévisible puisque lorsqu'on augmente la tension on obtient un assèchement important de la couche polluée, la tension reportée sur la zone sèche doit être suffisamment élevée et les arcs s'éteignent pour alimenter l'arc principal qui croit jusqu'à

provoquer le court-circuit total. En effet, l'augmentation de la tension engendre la croissance de l'énergie électrique apparaissant dans l'arc, ce qui provoque son allongement [45].

Nous constatons la même allure pour les deux configurations (côté terre et côté haute tension).

### III.9.3 RELATION NOMBRE D'ARCS – TENSION APPLIQUÉE :



**Figures.III.12 :** Nombre des décharges parallèles en fonction de la tension appliquée ( $\sigma=710\mu\text{S/cm}$ ).

Le nombre de décharges progressant sur la surface isolante augmente avec l'augmentation de la tension appliquée. Leur nombre diminue petit à petit par la suite et les arcs s'éteignent pour alimenter l'arc principal. Celui-ci devient de plus en plus épais avec l'augmentation du champ électrique et s'allonge jusqu'à atteindre sa longueur critique qui provoque la décharge de contournement total de l'isolateur.

### III.10.Conclusion :

Nous concluons d'après notre étude que la tension de contournement diminue en fonction de deux paramètres principaux et qui sont :

La conductivité du milieu qui fait varier la tension de contournement de manière en on linéaire. L'augmentation de la largeur de la couche de pollution ainsi que son emplacement fait aussi varier la tension de contournement de manière presque linéaire.

L'analyse du courant de fuite nous permet de conclure que :

L'amplitude du courant de fuite augmente en fonction de la tension appliquée et de la conductivité du milieu. L'augmentation de la largeur de la couche polluée amplifie la valeur du

courant de fuite que ce soit pour le cas de la pollution du côté HT, terre ou pour le cas de la couche centrale.

Nous avons néanmoins observé que la position a peu, ou pas, d'influence sur le courant de fuite pour les cotés haute tension et terre.

Nous concluons que le modèle plan est plus rigide dans le cas où la couche centrale est polluée avec une conductivité volumique de 1,2 mS/cm pour des rapports de la couche polluée sur la longueur de fuite totale, inférieurs ou égaux à 68%. La tension de contournement présente aussi un minimum lorsque 85,6 % de la distance inter-électrode est polluée pour les trois cas de la pollution non-uniforme.

Nous observons une augmentation de la longueur d'arc en fonction de la tension appliquée, cette augmentation est due à la diminution du nombre d'arcs qui alimentent l'arc principale.

# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

Les études aussi bien théoriques qu'expérimentales du processus de contournement sont motivées par le nombre de contournements d'isolateurs pollués survenus sur les lignes hautes tension.

Dans l'étude bibliographique, nous présentons les différents travaux qui ont été réalisés dans le domaine de la pollution des isolateurs (connaître le fonctionnement et la constitution d'un isolateur et leurs principaux types, ainsi que l'origine de la pollution, puis connaître les différents types de pollution et finalement nous présentons quelques travaux de laboratoire sous pollution artificielle).

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

Les travaux expérimentaux que nous avons entre pris avaient pour principal objectif de voir le comportement d'une surface isolante plane, uniformément et non-uniformément polluée, lorsqu'une tension alternative lui est appliquée. Afin d'interpréter cela, nous avons tenté d'expliquer l'allure du courant de fuite, et de voir l'influence de la répartition de pollution sur l'évolution du courant de fuite, et sur la tension de contournement.

L'étude de la tension de contournement :

La configuration uniforme de pollution révèle que le modèle perd de sa rigidité diélectrique quand la conductivité volumique du milieu augmente.

Le modèle est plus rigide lorsque la couche de pollution est située au centre de la plaque isolante (conductivité volumique 1.2 mS/cm).

L'étude du courant de fuite montre que son amplitude maximale croit avec l'augmentation de la conductivité du milieu, l'agrandissement de la largeur de la couche polluée et l'augmentation de la tension appliquée. L'amorçage d'une décharge parallèle couche conductrice- électrode (terre ou HT) est réalisé pour des tensions élevées (27 kVeff) pour la pollution du côté HT, terre et pour la pollution au centre). Cet amorçage fait augmenter de manière exponentielle l'amplitude maximale du courant de fuite.

Nous observons une augmentation régulière de la longueur d'arc en fonction de la tension appliquée, puis diminue sensiblement pour alimenter l'arc principale, donc le nombre de ce dernier doit diminuer.

Il s'agit, en particulier, de voir l'influence de la nature et la répartition de l'agent polluant, l'étude par simulation d'autres paramètres tels que la longueur critique de l'arc, la distribution du champ électrique le long de la ligne de fuite, l'énergie de la décharge etc.

## 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] **H. ZHANG AND R. HACHAM**, «Electrical surface resistance hydrophobicity and diffusion phenomena in PVC», IEEE, Trans. on elect. insul., Vol.6, N°1, pp. 73-83, February 1999.
  - [3] **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
  - [4] **L.L. ALSTON, S. ZOLEDZIOWSKI**, «Growth of discharges on polluted insulators», IEEE, Trans. PAS, Vol. 110 N°7, July 1963..
  - [5] **L.E. ZAFFANELLA, H.M. SCNEIDER, J.H. DUNLAP**. «Performance des isolateurs pollués pour lignes CCHT», CIGRE, rapport 33-05, 1986.
  - [6] **R. SUNDARARAJAN, R. S. GORUR**, « Role of non soluble contaminants on the flashover voltage of porcelain insulator», IEEE, Trans. on diel. and elect. Insul, Vol. 3 N°2, pp.121-127, April 1997.
  - [7] **R. MATSUOKA, S. ITO, K. SOKANISHI, K. NAITO**, «Flashover on contaminated insulators with different diameters», IEEE, Trans. On elect. Insul., Vol. 26 N°6, December 1991.
  - [8] **A.CIMADOR, M.COJAN, P.HAUTEFEUILLE, M.MOREAU**, «Méthodes de dimensionnement des isolateurs de lignesaériennesenrégionspolluées» CIGRE, rapport 33-04, 1978.
  - [9] **J. KELLER-JACOBSEN, AA. PEDERSEN, JK. RASMUSSEN, A. HENRIKSEN C. LINDQVIST, S. SMEDSFELT**, «Essais au laboratoire et enplein air pour dimensionner correctement les isolateurs exposés à la pollution saline », CIGRE, Rapport 33-11, 1978.
  - [10] **A. EL-ARABATY, A. NOSSEIR, S. EL-DEBEIKY, E. NASSER, A. EL-SARKY**, «Choix d'isolateurs utilisables dans des ambiances polluées et notamment dans les régions désertiques», CIGRE, Rapport 33-11, 1980.
  - [11] **GUIA Talal** " COMPORTEMENT D'UN MODELE D'ISOLATEUR SOUS TENSION IMPULSIONNELLE". Mémoires de magister, ENP ALG.
  - [12] **J. DUNLAP**, «Performances des isolateurs pollués pour les lignes de haut tension,» chez CIGRE, Rapport 33-05, France, 1996.
-

- [13] **S. GENBERG**, «Isolateur en céramique et en synthétique,» EDF-EPURE, avril 1998
- [14] **HAMZA Slamet Amina** contribution à l'étude du modele développée d un isolateur pollué) MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER U S T D'ORAN 2013
- [15] **Belhouchet Khaled**,« Estimation des paramètres de l'arc de contournement des isolateurs pollués en utilisant l'approche génétique », Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas Setif.
- [16] **C. LEROY**, Les propriétés diélectriques de l'air et les très hautes tensions, paris: collection de la direction des études et recherches d'électricité de France, 1984.
- [17] **AOUABED Fatiha** « Contribution à l'étude d'un circuit équivalent des isolateurs synthétiques sous pollution en utilisant l'EMTP» MAGISTER EN ELECTROTECHNIQUE.
- [18] **GUIA Talal**.(COMPORTEMENT D'UN MODELE D'ISOLATEUR SOUS TENSION IMPULSIONNELLE ) Mémoire de Magister ENP.
- [19] **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.
- [20] **BOUCHOUKH Souleiman SAYEH LAMBARK Badraeddine**, "Influence de la Pollution Artificielle sur la Tension de Contournement d une Chaîne d Isolateurs MT"Le : 08 /06/2014.
- [21] **L.BEGTACHE**,« Étude du comportement d'un isolateur silicone dans un environnement désertique »,Mémoire d'Ingénieur d'état de l'UMMTO, 2012.
- [22] **D.ZIANI**, «Influence de la forme des électrodes sur le contournement des isolateurs propres »,Mémoire de Magister de l'USTO.
- [23] **S.MOATEZ BELLAH**,« Prédiction du contournement d'une chaîne d'isolateur MT175 CTV Sonalgaz pollué artificiellement par la logique floue», Mémoire de Master de l'université Mohamed Khider de Biskra, 2014
- [24] **A.YACOUBI, S.CHAKHMAM, M.BAGHDADI**, «Détermination du degré depollution d'un site »,Mémoire d'Ingénieur d'état de l'UMMTO, 2001.
- [25] **A. M e khaldi**, "Etude des phénomènes de conduction et de décharge électrique sur des surfaces isolantes polluées sous tension alternative 50 Hz " , Thèse de Doctorat d'Etat, Laboratoire de Haute Tension, Ecole Nationale Polytechnique, Alger,1999.
- [26] **M. Teguvar**,«Etude Mathématique des Mécanismes de Développement des Décharges Électriques surdes Isolateurs Installés en Régions Polluées», Thèse de Magister ENP, Juillet 1993

- [27] **W. Heise, G.F, luxa, G.Revrery, M. P. Verma**, «Estimation de la méthode d'essais sous pollution artificielle par couche solide», CIGRE, rapport 33-09, Paris. France, 1982
- [28] **Hani BENGUESMIA** Etude du Comportement d'un Isolateur de Haute Tension Soumis à Diverses Conditions de Pollution Magister en Electrotechnique Université Mohamed Khider - Biskra 2012
- [29] **SATTA Samia** Contribution A L'étude De L'influence De La Pollution Discontinue Sur Le Comportement Des Isolateurs : Experimentation Et Simulation Magister En Electrotechnique Université Ferhat Abbas — Setif Ufas (Algerie)
- [30] **P.CLAVERIE, Y.PORCHERON**, « Les phénomènes de pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en région polluées », RGE N 3 mars 1973.
- [31] **Documentations Internet**, [«http://www.hydroquebec.com/fr/index.html](http://www.hydroquebec.com/fr/index.html)
- [32] **Publication IEC 71-2**, "Insulation coordination, application guide", Seconde édition, 1976
- [33] **SAHLI Zahir** Etude de la non-uniformité de la pollution sur les caractéristiques de contournement des isolateurs réels pollués sous tension continue UNIVERSITE A. MIRA BEJAIA
- [34] **NdoumbeJean**, «Étude comportementale des gouttelettes d'eau déposées sur la surface d'un isolateur composite haute tension en présence du champ électrique», l'école doctorale Électronique, électrotechnique, Automatique De Lyon, L'école Centrale De Lyon, 2014
- [35] **X.DUCOURET**, « Ligne aériennes : Matériels », Technique de l'ingénieur, D4423, 2008.
- [36] **P. J. LAMBETH, H. AUXEL et M. P. VERMA**, "Méthode de mesure de la sévérité de la pollution compte tenu de son influence sur le comportement des isolateurs à haute tension", Electra N°. 20, pp 95-100, Janvier 1972
- [37] **M.Teguar, A.Boubakeur**, "Pollution des Isolateurs de Haute Tension", Cours 4ème Année, Département de Génie Electrique, ENP, Alger
- [38] **A.K.Mujundar, N.Vasudev, K.N.RaviChannakeshava**, "Pollution Test Method of Insulators Under DC Voltage Using Dust Chamber", Ninth international symposium on high voltage engineering, 28 Aout –1 September 1995
- [39] **NdoumbeJean**, «Étude comportementale des gouttelettes d'eau déposées sur la surface d'un isolateur composite haute tension en présence du champ électrique», l'école doctorale Électronique, électrotechnique, Automatique De Lyon, L'école Centrale De Lyon, 2014
- [40] **Mebaoudj.S, Mezaour.H**, «prédiction de la tension de contournement d'un isolateur de haute tension en utilisant la logique floue», Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des Sciences Appliquées, Département de Génie Electrique, 2015

- [41] **N.AIT ALIOUA, M.DJABER, D.CHIKHI**,« Comportement électrique de deux isolateurs parallèles contaminés et soumis à une tension alternative 50 Hz», Mémoire d'Ingénieur d'état de l'UMMTO, 2009
- [42] **T.KACEL, M.AMRANI**,« Étude de l'évolution temporelle de la sévérité de pollution d'un site »,Mémoire de DEUA de l'UMMTO, 2005
- [43] **X.DUCOURET**,« Ligne aériennes : Matériels »,Technique de l'ingénieur, D4423, 2008.
- [44] **A. MEKHALDI**, «Etude du développement d'un arc électrique sur des surfaces isolantes contaminées par la pollution désertique», Thèse de magister, ENP, Juin 1990
- [45] **J. KELLER-JACOBSEN, AA. PEDERSEN, JK. RASMUSSEN, A. HENRIKSEN C. LINDQVIST, S. SMEDSFELT**, «Essais au laboratoire et en plein air pour dimensionner correctement les isolateurs exposés à la pollution saline », CIGRE, Rapport 33-11, 1978
- [46] **A. EL-ARABATY, A. NOSSEIR, S. EL-DEBEIKY, E. NASSER, A. EL-SARKY**, «Choix d'isolateurs utilisables dans des ambiances polluées et notamment dans les régions désertiques», CIGRE, Rapport 33-11, 1980
- [47] **D.NAMANE**, «Effet de la Discontinuité de la Couche de Pollution sur le Comportement d'Isolateur Haute Tension, sous la Fréquence 50Hz», Thèse de Magister ENP, février 1998.
- [48] **A.MEKHALDI, D.NAMANE, S.BOUAZABIA, A.BEROUAL**, <<Flashover of Discontinuous pollution Layer on HV Insulators>>, IEEE Transaction on Dielectrics and ElectricalInsulation Vol.6, No.6, 1999
- [49] **CEI 60060-1**, <<Technique des essais à haute tension : définition et prescription générales relatives aux essais >>, Deuxièmeédition ,1989
- [50] **S. GUERFI**, <<Influence de la non uniformité de la pollution sur la tension de contournement des surfaces isolantes contamineés sous tension continue>>, these de magister , Université A. Mira de Béjaia .

**Résumé :** Dans ce travail, nous étudions l'effet de la pollution sur un modèle plan d'isolateur 1512 L de haute tension soumis à divers paramètres électrogéométriques. Pour cela, plusieurs essais en largeur de couche pollué et position de la couche polluée sont accomplis. En premier lieu, nous nous intéressons à la tension de contournement, à l'amplitude du courant de fuite et à l'évolution du nombre et de la longueur des décharges parallèles. En deuxième nous observons une augmentation de la longueur d'arc, cette augmentation est due à la diminution du nombre d'arcs qui alimentent l'arc principale, pour faciliter l'étude du phénomène de pollution des isolateurs.

**Mots clés :** modèle plan d'isolateur, tension de contournement, courant de fuite , décharges parallèles, nombre d'arc

**ملخص:** في هذا العمل قمنا بمعالجة تأثير عامل التلوث على نموذج مخبري سطحي يمثل العازل 1512 ل على التوتر العالي يخضع إلى عدة عوامل كهرب و هندسية. ولهذا الغرض أجريت عدة تجارب, نهتم من خلالها بكل من توتر الإحاطة, شدة تيار التسرب, فرق الصفحة بين التوتر و تيار التسرب وتطور عدد و طول التفريغات المتوازية. وأخيرا انهينا هذا العمل بنمذجة تجريبية لسلوك العازل المستوى لتسهيل دراسة ظاهرة تلوث العوازل.

**كلمات مفتاحية:** نموذج سطحي عازل, توتر الإحاطة, شدة تيار التسرب, فرق الصفحة, التفريغات المتوازية, نمذجة تجريبية .