

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

15/96

وزارة التربية الوطنية
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE ELECTRIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE DE L'INFLUENCE DE
L'EPaisseur DE LA COUCHE
POLLUANTE SUR LE
CONTOURNEMENT DES ISOLATEURS
POLLUES

Proposé par ;
M^M: A.MEKHALDI
M.TEGUAR

Etudé par :
M^M: M.T.FELLAH
M.DRIBINE

Dirigé par :
M^M: A.MEKHALDI
M.TEGUAR

PROMOTION
JUN 1996

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE ELECTRIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE DE L'INFLUENCE DE
L'EPaisseur DE LA COUCHE
POLLUANTE SUR LE
CONTOURNEMENT DES ISOLATEURS
POLLUES

Proposé par ;
M^M: A.MEKHALDI
M.TEGUAR

Etudié par :
M^M: M.T. FELLAH
M. DRIBINE

Dirigé par :
M^M: A.MEKHALDI
M.TEGUAR

PROMOTION
JUN 1996

DEDICACE

A ma mère, l'être qui m'est le plus chère qu'elle trouve ici l'expression de mon affection, mon respect, ma profonde gratitude et reconnaissance pour tout son sacrifice.

A mon père, en signe de reconnaissance, du soutien moral et matériel et son encouragement tout le long de formation.

A mon très chère ami MOHAMED pour son aide et conseils utiles.

A ma soeur SOUAD et son époux RACHID.

A mes soeurs et mon frère.

A mes nièces AMIRA et HOUDA.

A tous ceux qui luttent pour une cause juste et noble.

Je dédie ce modeste travail.

MOURAD

Je dédie ce travail :

A ceux qui se sont privés même du plus nécessaire pour qu'ils m'assurent le bonheur et m'ont offert un soutien moral et matériel, au détriment de leurs nécessités pour me voir aujourd'hui à leurs cotés comme étant un cadre... ma mère, mon père, mes frères et soeurs.

A ma grand-mère;

A mon neveu OUSSAMA;

A tous mes amis d'Alger, et particulièrement MENAOUAR, MOUSSA, A/RAHMEN, MUSTAPHA, MOUHAMED, KRIMOU,...

A la 'clique' de AHMED, HAMZA, KARIM, TOUFIK, NABIL et MOUSSA; sans oublier tous ceux et celles qui m'ont aidé de près ou de loin.

TOUFIK

REMERCIEMENT

Nous tenons à exprimer ici, notre profonde reconnaissance à Mr. A. MEKHALDI pour tous les conseils utiles qu'il n'a cessé de nous prodiguer et tout le temps qu'il nous a consacré pour l'élaboration de ce projet.

nos remerciements vont aussi à Mr. M. TEGUAR pour sa disponibilité et son aide désintéressée, ainsi qu'à Mr. S. BOUAZABIA pour ces conseils.

Nous tenons également à remercier Messieurs les membres du jury pour avoir bien voulu examiner notre modeste travail.

Que tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à notre formation veuillent bien accepter ici l'expression de notre profonde gratitude.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	01
-----------------------------------	-----------

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Pollution des isolateurs à haute tension.....	03
I.2 Contournement des isolateurs pollués.....	06
I.3 Mesure de la sévérité de pollution des sites.....	10
I.4 Méthodes d'essais.....	12
I.5 Principaux modèles de contournement	
I.5.1 Modèle sous tension continue.....	12
I.5.2 Modèle sous tension alternative.....	15
I.6 Influence de divers paramètres sur le contournement	
I.6.1 L'approche expérimentale.....	20
I.6.2 L'approche théorique.....	21

CHAPITRE II : ETUDE EXPERIMENTALE

II.1 Circuit d'essai	24
II.2 Circuit de mesure.....	26
II.3 Mode opératoire.....	26
II.4 Essais.....	29

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

III.1 Observation des phénomènes.....	30
III.2 Résultats et discussion.....	33
III.3 Approche par un modèle théorique et comparaison.....	46

CONCLUSION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La plupart des incidents d'exploitation affectant les ouvrages de transport d'énergie électrique sont consécutifs à des amorçages sous pollution produisant le contournement des isolateurs par un arc électrique.

Les phénomènes d'arc qui se produisent sur des surfaces contaminées peuvent provoquer le contournement total de l'isolateur et la mise hors service de l'ensemble de l'installation.

Pour éviter ces incidents et leurs conséquences, plusieurs études ont été effectuées par plusieurs chercheurs. En général les recherches sont orientées vers deux méthodes, l'une au laboratoire simulant les conditions atmosphériques même les plus sévères et l'autre directement sur site.

D'autre part, plusieurs auteurs ont imaginé de reproduire le phénomène de contournement sur des modèles théoriques. Cependant, il est difficile de prendre en considération tous les paramètres qui influent sur ce phénomène. En plus, la modélisation théorique fait appel à des hypothèses simplificatrice qui font que l'étude expérimentale constitue en définitive le meilleur garant d'un jugement objectif.

Notre travail consiste à étudier, à partir des essais au laboratoire sous tension alternative 50Hz, l'influence de l'épaisseur de la couche polluante sur le contournement des isolateurs pollués.

Trois chapitres font des principaux objets de ce travail :

Introduction générale

Le premier chapitre consiste en à une synthèse bibliographique des principaux travaux antérieurs effectués par des chercheurs dans ce domaine.

Le deuxième chapitre concerne les essais effectués au laboratoire sur un modèle plan dans le but de mesurer le courant de fuite et la longueur de l'arc électrique correspondante, pour des niveaux de tension donnés.

Dans le dernier chapitre nous traitons les résultats obtenus lors des essais et les comparer avec ceux calculés théoriquement.

Enfin, nous terminons par une conclusion générale sur notre travail.

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans la gamme des très hautes tensions, le dimensionnement de l'isolation externe est déterminé principalement par les surtensions de manoeuvre. Dans ces conditions, la tenue à la tension nominale à 50Hz des isolateurs propres et secs est excellente. Généralement, elle est également suffisante pour supporter les surtensions temporaires.

Cependant, en l'absence de surtensions de foudre ou de manoeuvre, de nombreux défauts sont enregistrés sur les lignes aériennes, particulièrement par temps humide (rosée, brouillard et pluie fine). Ces défauts sont dus à la pollution des isolateurs.

1.1 POLLUTION DES ISOLATEURS A HAUTE TENSION :

1.1.1 Introduction :

La pollution est un phénomène qui constitue un sérieux problème, dont il faut tenir compte dans le dimensionnement de l'isolement des lignes de haute tension.

En effet, les dépôts polluants qui recouvrent les surfaces isolantes peuvent engendrer une diminution considérable de la tension de tenue des isolateurs. Cette diminution dépend de plusieurs paramètres, dont le profil de l'isolateur est la nature de l'agent polluant.

De nombreux travaux ont été effectués, dans le but de définir une méthode valable et convenable, pour sélectionner les isolateurs à utiliser en zone polluée.

I.1.2 Formation des couches polluantes :

Suite à l'écoulement, en présence d'humidité, d'un air transportant des poussières diverses et à l'obstacle formé par les isolateurs, une couche polluante se développe à la surface de ceux-ci.

La répartition de cette couche polluante non homogène et non uniforme, dépend du profil des isolateurs utilisés, de la hauteur des isolateurs par rapport au sol, de la disposition (verticale, horizontale ou inclinée) des chaînes et du niveau de tension qui leur est appliqué.

En général, la couche polluante se concentre dans les parties les mieux protégées contre les facteurs d'autonettoyage (vents violents, forte pluie, etc.) [1].

I.1.3 Sources de pollution :

Les principales sources de pollution atmosphériques qui peuvent être rencontrées, séparément ou simultanément, sont naturelles, industrielles ou mixtes.

I.1.3.1 Pollution Naturelle :

Nous pouvons citer notamment :

- La pollution naturelle d'origine marine [2].
- Les pollutions naturelles proviennent des dépôts de poussières ou de sable véhiculé par les vents en régions désertiques.
- Autres types de pollution naturelle :

La pluie est un phénomène naturel propice à l'humidification des isolateurs par excellence. Lorsqu'elle est intense, elle est susceptible de provoquer la désagrégation des dépôts solides. Cependant, cet auto-lavage favorable à l'amélioration des qualités diélectriques des isolateurs est caractérisé par le phénomène de ruissellement [3].

Dans certaines conditions de pluie violente, un film continu d'eau peut s'établir d'une extrémité à l'autre de la chaîne ou de la colonne isolante. Comme l'eau n'est jamais parfaitement isolante, ce phénomène peut entraîner le contournement de l'isolateur; c'est le contournement sous pluie.

I.1.3.2 Pollution Industrielle :

Au voisinage de certaines zones industrielles, les isolateurs se couvrent de poussières. Dans des conditions de forte humidité, la dissolution des sels contenus dans ces poussières entraîne la formation d'un électrolyte.

Les gaz présents dans les fumées des usines, absorbés par la couche de poussières humides augmentent encore la conductivité de l'électrolyte.

Les industries ne sont d'ailleurs pas les seules responsables des pollutions observées : les automobiles et les engrais utilisés en agriculture contribuent aux dépôts observés à la surface des isolateurs [4], [2].

I.1.3.3 Pollution Mixtes :

Quelle que soit leur nature, les polluants, lorsqu'ils sont secs, ne posent généralement pas de problèmes. Le phénomène de pollution résulte la concomitance d'un dépôt polluant et d'une humidification de ce dernier.

Très souvent, un site ne présente pas qu'un seul type de pollution mais plusieurs qui se contribuent, comme par exemple : les pollutions marine et industrielle lorsque des complexes industriels sont installés en bord de mer [4].

I.2 CONTOURNEMENT DES ISOLATEURS POLLUES :

I.2.1 Mécanisme de contournement :

Dans la plupart des cas, les poussières déposées sur les isolateurs sont entraînées par la pluie, et le lavage naturel suffit généralement à redonner à l'isolateur ses qualités primitives.

Mais dans une atmosphère très polluée, l'agglomération de ces poussières sur les isolateurs peut atteindre une épaisseur importante, sous forme d'une couche noirâtre, adhérente après notamment une certaine période de sécheresse. Lorsque cette couche de poussière est humidifiée (par exemple à la première apparition de brouillard ou de pluie fine) elle se comporte en quelque sorte comme un buvard et absorbe l'eau, rendant la surface de l'isolateur plus ou moins conductrice.

L'échauffement ainsi créé peut entraîner l'évaporation de l'eau contenue dans le dépôt de pollution [5].

La répartition du potentiel se trouve donc fortement modifiée, et un amorçage peut se produire par le développement d'un arc électrique.

I.2.2 Définitions :

a) Tension de contournement :

La tension de contournement est le niveau de tension le plus bas à partir duquel les arcs électriques joignent les deux électrodes.

b) Courant de fuite :

Le courant de fuite est un courant de faible amplitude, circulant à travers la couche polluante le long de la surface de l'isolateur.

Son intensité devient considérable, lorsque cette couche est humidifiée. En effet, dans les conditions de forte humidité, la dissolution des sels contenus dans la couche polluante provoque la formation d'une couche électrolytique.

c) Courant de fuite critique :

Le Courant de fuite critique est le courant minimal nécessaire pour provoquer un contournement. Sa valeur est obtenue dans la dernière demi-période, avant le contournement [6].

d) Longueur critique de l'arc électrique :

En atmosphère polluée, l'apparition d'un courant de fuite est accompagnée par la formation d'arcs partiels sur des surfaces isolantes. Selon les conditions électriques, ces arcs peuvent se développer en engendrant le contournement total ou s'éteindre après un certain temps.

La longueur critique d'un arc représente la longueur limite de l'arc partiel qui peut s'éteindre. Dès que l'arc dépasse cette longueur critique, il se propagera et conduira inévitablement au contournement total. La longueur de cet arc est égal à environ 57% de la longueur de l'isolateur [7], [2].

e) Conductance superficielle :

La conductance superficielle est le rapport du courant de fuite traversant l'isolateur à la tension appliquée. Elle caractérise l'état global de la surface isolante (niveau de pollution et degré de l'humidification de la couche polluante), lequel détermine la performance de l'isolateur [1].

f) Ligne de fuite :

La ligne de fuite est la distance la plus courte le long de la surface de l'isolateur entre deux parties conductrices.

g) Densité du dépôt de sel équivalent :

La densité de sel équivalent est le dépôt équivalent exprimé en mg de NaCl par cm² de la surface d'un isolateur, ayant une conductivité équivalente égale à un dépôt polluant réel dissout dans la même quantité de solution.

1.2.3 Description du phénomène de contournement [4] :

Le contournement d'une surface isolante polluée est le résultat d'une évolution que l'on peut schématiser de la manière suivante : [fig.I.1].

- Dans une première phase, le courant de fuite s'écoule à travers l'électrolyte qui recouvre l'isolant. Il provoque un échauffement qui a pour effet d'accroître la conductivité du milieu et par suite le courant (phase 1).

- L'échauffement croissant provoque un assèchement local de la couche polluante. La zone sèche formée a tendance à s'étendre latéralement jusqu'à l'interruption complète du courant (phase 2).

- La tension se trouve reportée aux bornes de la zone sèche, et les arcs locaux sont susceptibles de s'amorcer. Au voisinage des pieds d'un

arc local la constitution des lignes de courant conduit à un élargissement de la zone sèche (phase 3).

- A partir de ce stade, l'évolution de la décharge peut se faire de différentes façons : l'arc local peut s'éteindre (phase 4); ou bien il peut se déplacer latéralement pour retrouver une position plus stable correspondant à une plus faible longueur d'arc (phase 5); ou encore il peut s'allonger jusqu'à atteindre les électrodes et provoquer ainsi le contournement. Dans ce cas l'allongement de l'arc se fait à la surface de l'électrolyte sans formation de zone sèche (phase 6).

Les différents stades de ce phénomène ont été observés et analysés sur des modèles simplifiés d'isolateurs [8].

I.3 MESURE DE LA SEVERITE DE POLLUTION DES SITES:

Le choix des isolateurs à installer sur le réseau ne peut se faire que si la sévérité de la pollution du site est connue. En effet, la mesure de cette sévérité est indispensable afin de dimensionner convenablement les isolateurs susceptibles d'assurer un service sans défaillance dans un site pollué.

La mesure de la sévérité est généralement basée sur la détermination expérimentale de la conductance superficielle de la couche polluante ou la détermination en laboratoire du courant de fuite d'un isolateur pollué artificiellement [4]. Cette dernière méthode peut être réalisée directement sur site (sous pollution naturelle) [9].

1.3.1 Méthode de mesure de la sévérité d'un site :

Les principales méthodes qui ont été proposées pour caractériser la sévérité d'un site [10], [11] sont :

1.3.1.1 Densité du dépôt de sel équivalent :

Cette méthode consiste à nettoyer la surface d'un isolateur pollué à l'aide d'un matériau absorbant (coton) et de l'eau distillée. La conductivité de la solution contaminée par le coton permet par des mesures d'obtenir la quantité équivalente de sel et par suite de déterminer la salinité équivalente.

Pour obtenir les niveaux maximaux entre les périodes de lavage naturel il faut répéter les mesures avec une fréquence suffisante.

1.3.1.2 Conductance superficielle :

A l'aide de la mesure du courant de fuite d'un isolateur pollué installé dans un site donné, nous mesurons le rapport $G = I/V$.

La conductivité superficielle est obtenue en multipliant la conductance G par un facteur de forme de l'isolateur. Généralement la tension est appliquée aux électrodes terminales, ce qui fournit la conductivité superficielle de l'isolateur.

1.3.1.3 Courant de fuite :

Si deux isolateurs identiques, l'un exposé à la pollution naturelle dans un site donné et l'autre pollué artificiellement en laboratoire, présentent les mêmes valeurs maximales du courant de fuite, sous une même tension, on peut dire que la pollution artificielle est alors équivalente à la pollution réelle du site.

1.4 METHODES D'ESSAIS :

Dans la pratique, le phénomène de développement de l'arc électrique évolue en fonction de la forme de l'isolateur, de l'hétérogénéité de la couche polluante et du mode d'humidification. Il importe donc d'appréhender le comportement sous pollution des isolateurs réels, Pour cela, des méthodes de simulation de la pollution naturelle ont été mises au point.

Deux méthodes d'essais de pollution sont aujourd'hui normalisées. La méthode de couche solide consiste à recouvrir l'isolateur en essai d'une couche de pollution solide (simulant le dépôt polluant), que l'on humidifie par un brouillard de vapeur. Cette méthode simule la pollution de type industriel.

La méthode du brouillard salin consiste à pulvériser sur l'isolateur un brouillard salin. Cette méthode simule entre autres la pollution marine [12].

1.5 PRINCIPAUX MODELES DE CONTOURNEMENT :

1.5.1 Modèle sous tension continue :

De nombreux auteurs ont imaginé de reproduire le phénomène de contournement sur des modèles simplifiés afin de pouvoir le décrire par des équations simples. Le premier modèle électrique a été proposé par «OBENAU» [13].

Ce modèle décrit un fonctionnement statique de l'arc électrique. Il est constitué d'une décharge de longueur x en série avec une résistance $R(x)$ représentant la couche de pollution humide.

La loi d'OHM s'écrit :

$$U = U_e + U_{\text{arc}} + R(x).I \quad (\text{I.1})$$

U_e : chute de tension aux bords des électrodes.

La décharge est caractérisée par le champ électrique tangentiel E_a qui peut être mis sous la forme :

$$E_a = U_{\text{arc}}/x = A.I^{-n} \quad (\text{I.2})$$

A, n : constantes statiques de l'arc :

$$\text{d'où} \quad U = U_e + x.A.I^{-n} + R(x).I \quad (\text{I.3})$$

A partir du modèle d'Obenaus, Newmaker[10] a fait une hypothèse supplémentaire, celle que la résistance de la couche polluante est uniforme.

$$R(x) = r(L-x) \quad (\text{I.4})$$

L : longueur de fuite totale.

r : résistance moyenne par unité de longueur.

A partir de ces équations de base, plusieurs chercheurs ont tenté d'améliorer le modèle [14], [15], [16].

En tenant compte de l'équation (I.3), le phénomène de décharge peut être illustré par un graphe, pour une longueur d'arc donnée. Il existe une tension limite U_m au-dessous de laquelle le courant ne peut plus circuler.

Si $U > U_m$, deux points A, B sont théoriquement possibles [fig.I.2].

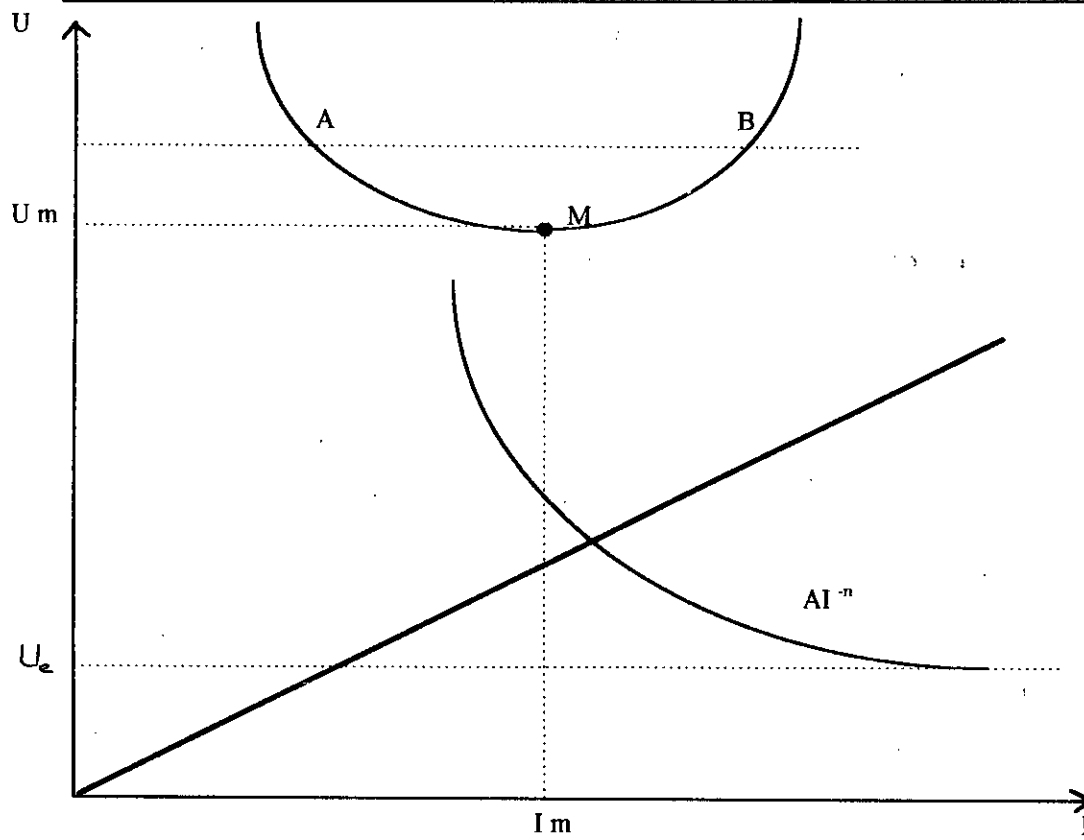


Fig . I.2 Caractéristique courant tension du modèle sous tensions continue

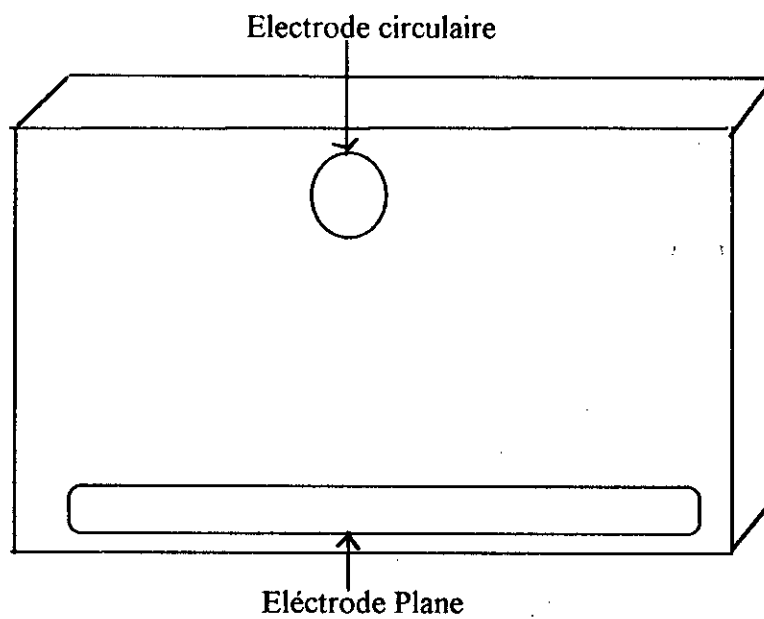


Fig.I.3 : Modele de CLAVERIE & PORCHERON

Il a été vérifié expérimentalement qu'une décharge stable ne pouvait être observée à gauche du point M.

D'après Hesketh [17], la décharge est stable lorsque $di/dx < 0$.

La tension critique est :

$$U_c = U_e + r.L(A/r)^{1/n+1} \quad (1.5)$$

A laquelle correspond un courant de fuite critique

$$I_c = (A/r)^{1/n+1} \quad (1.6)$$

1.5.2 Modèle sous tension alternative :

Sous tension alternative, un modèle expérimental a été étudié par Claverie et Porcheron [18]. Ce modèle est constitué d'une plaque de porcelaine vernie munie de deux électrodes disposés comme indiqué par la [fig.1.3].

Le modèle est pollué par pulvérisation contenue d'une solution saline.

a) Description des phénomènes observés :

L'application d'une tension de quelques kilovolts engendre :

- L'accroissement du courant sinusoïdal causé par l'échauffement de l'électrolyte.
- L'évaporation du liquide dans les régions à forte densité du courant, l'arc s'établit et le courant sera constitué d'impulsions de niveaux variables.
- L'arc se réamorçait à chaque alternance et deux cas sont à considérer :

- . si la pulvérisation est interrompue, le phénomène s'arrête.
- . si la couche de pollution est constamment régénérée, des arcs radiaux s'établissent autour de l'électrode.

L'augmentation progressive de la tension engendre un état critique au delà duquel toute augmentation provoque le contournement. La tension de contournement est fonction de la conductivité.

b) condition de réamorçage :

Edels et Crawford [19], [20] ont supposé que l'arc ne peut s'amorcer que si :

$$U > = K.X / I^n \quad (I.7)$$

Claverie a trouvé expérimentalement [18] : $n = 0,5$ et $K = 800$.

Donc l'équation (I.7) devient :

$$U > = 800.X / I^{0.5} \quad (I.8)$$

Cimador [21] a traduit la condition de réamorçage graphiquement en traçant :

$$a) U = 100.x / I^n + R(x).I \quad \text{où } A = 100, n = 0,5 \text{ et } U_c = 0.$$

$$b) U > = 800.x / I^n$$

Trois cas sont possibles suivant la valeur de U :

1^{er} cas [fig.I.4] :

$U = 20000V$, la condition de réamorçage n'est pas vérifiée pour $x = 15cm$.

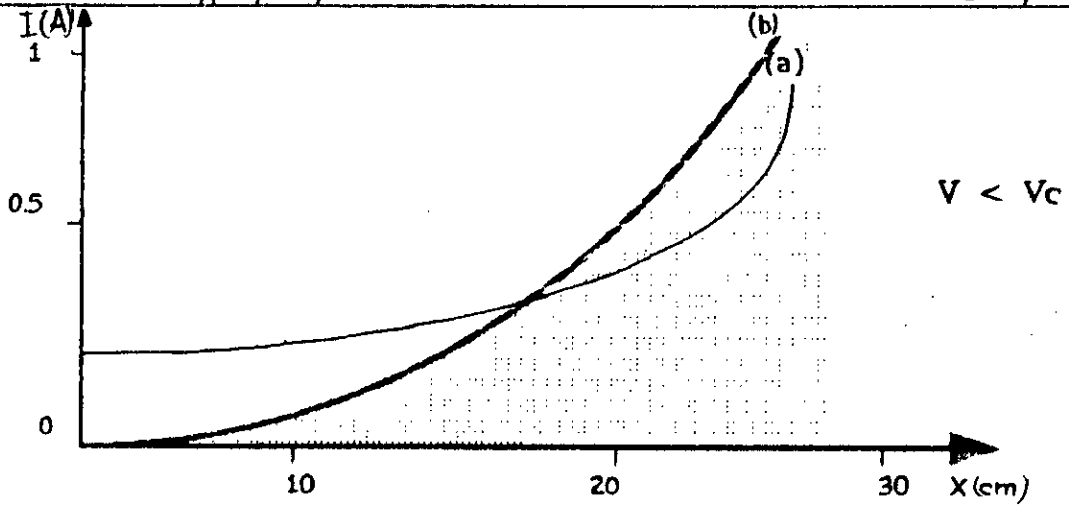


Figure 1.4

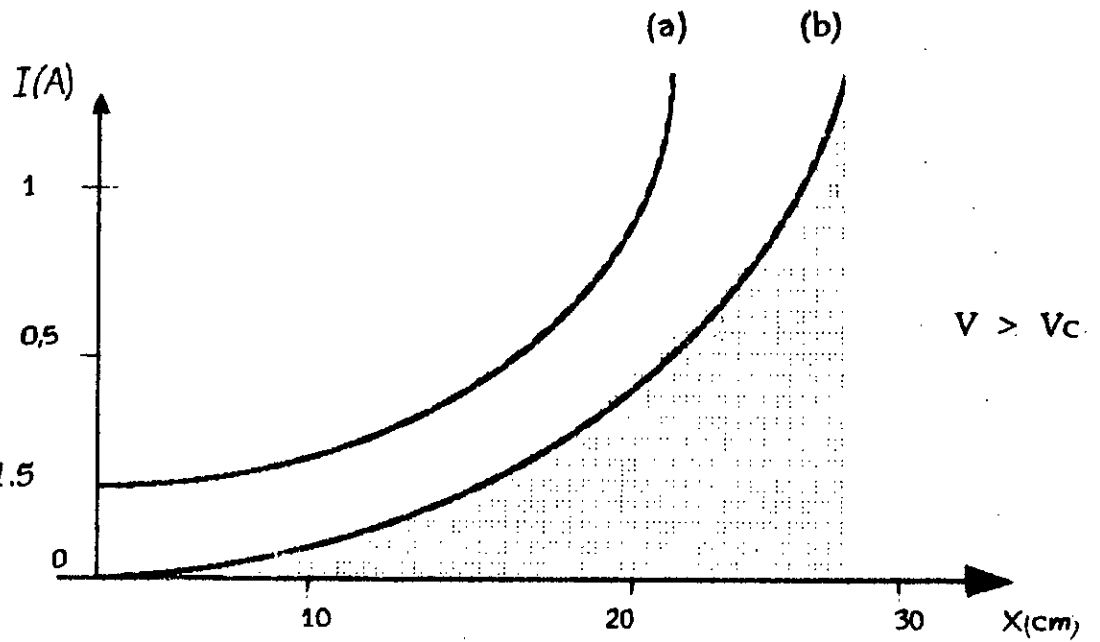
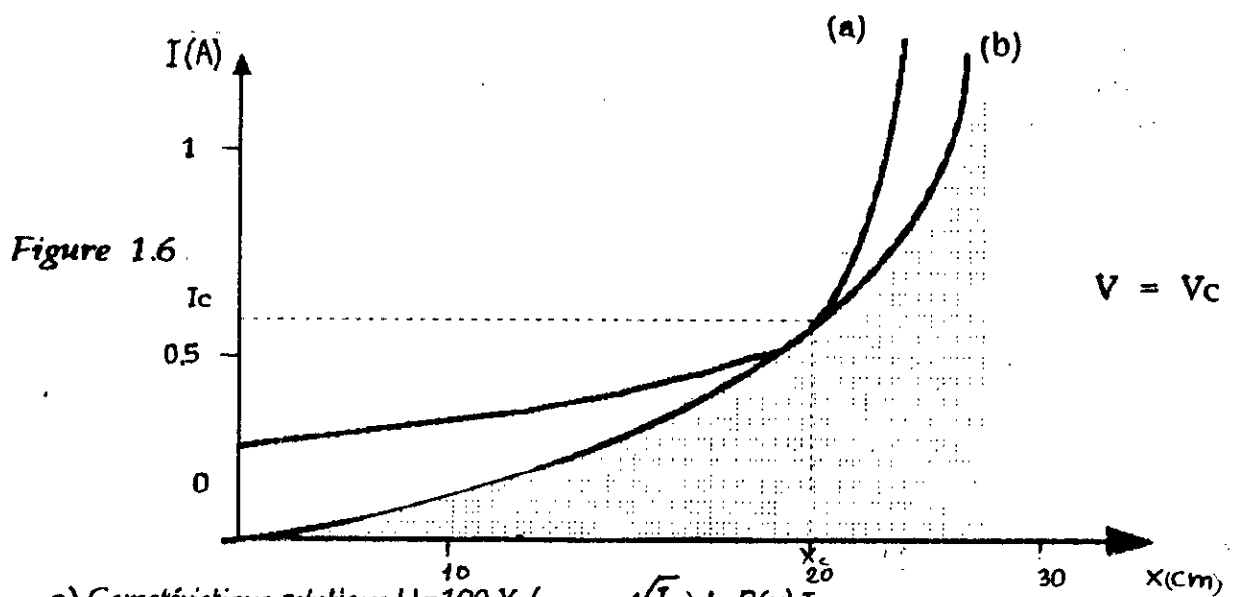


Figure 1.5



- a) Caractéristique satanique $U = 100 X / (\sqrt{I} + R(x) \cdot I)$.
- b) Condition de réamorçage $U \geq 800 X / \sqrt{I}$.

2^{ème} cas [fig.I.5] :

$U = 25000V$, la condition de réamorçage est remplie quelque soit x .

La longueur maximale et la tension de contournement dépendent essentiellement de la condition de réamorçage.

3^{ème} cas [fig.I.6] :

La longueur d'arc satisfaisant cette condition est la longueur d'arc critique, c'est la plus grande longueur d'arc qu'il est possible d'observer. La condition de contournement s'obtient en écrivant que (a) et (b) sont tangentes donc :

$$d^2x^2R(x) / dx = 0. \quad (I.9)$$

La longueur d'arc qui satisfait cette condition est la longueur critique.

Le courant et la tension de contournement s'écrivent :

$$I_c = [700.X_c / R(X_c)]^{2/3} \quad (I.10)$$

$$U_c = 90[X_c^2.R(X_c)]^{1/3} \quad (I.11)$$

Donc le contournement est décrit par les équations (I.9), (I.10) et (I.11).

L'étude de contournement se ramène à l'étude des fonctions $R(x)$.

Si celle-ci est linéaire : $R(x) = r(L - x)$.

Il a été vérifié que généralement, $X_c = 2/3.L$. (I.12)

Remarques :

A partir d'une étude expérimentale [21], pour déterminer les caractéristiques de propagation de l'arc, il a été vérifié que l'équation de l'arc statique pouvait décrire la propagation de l'arc en alternatif aux instants à maximums de courant.

Il a été trouvé également que :

- Les maximums des chutes de tension de l'arc, et du courant; ainsi que les maximums du champ électrique le long de l'arc ne peuvent se produire simultanément.
- Le maximum du courant diminue aux dernières périodes avant l'extinction de l'arc, alors que la tension de réamorçage, la tension de l'arc et le temps de réamorçage augmentent.

I.6 INFLUENCE DE DIVERS PARAMETRES SUR LE CONTOURNEMENT

Les différentes études dans le domaine des isolateurs pollués de haute tension, ont montré les difficultés de prendre en considération tous les paramètres qui interviennent dans le phénomène de propagation de l'arc électrique.

D'autre part, il est vérifié que le courant de fuite est un facteur très significatif pour le comportement de l'isolation sous pollution. L'apparition de ce courant et l'allongement de l'arc électrique nous informent sur l'état de dégradation du système d'isolation.

Donc le phénomène de contournement des isolateurs est influencé par plusieurs paramètres, dont l'influence pourrait être déterminée par deux approches :

1.6.1 L'approche expérimentale :

a) L'influence de la distance inter-électrodes [22] :

A partir des essais effectués sur un modèle plan, les résultats obtenus montrent que le courant de fuite diminue avec l'augmentation de la distance inter-électrodes.

b) L'influence du diamètre de l'électrode circulaire [22] :

Sur le même modèle, en utilisant une distance inter-électrode et une tension constantes, et d'après les résultats obtenus, il a été remarqué que le courant de fuite augmente avec l'augmentation du diamètre de l'électrode circulaire.

c) L'influence du degré de pollution :

L'étude expérimentale d'un grand nombre d'isolateurs au moyen de la méthode du brouillard salin [23], a permis d'établir une courbe moyenne. Cette courbe donne la tension de contournement par unité de longueur de la ligne de fuite en fonction de la salinité du brouillard.

Nous observons une diminution de la tension de contournement avec l'augmentation de la salinité.

d) L'influence du niveau de tension sur la longueur d'arc :

D'après les résultats [22], qui nous donnent la longueur d'arc en fonction des niveaux de tension, en fixant la conductivité et le diamètre de l'électrode circulaire, nous pouvons dire que l'augmentation de la tension d'essai engendre l'allongement de l'arc électrique.

e) L'influence des facteurs climatiques :

Des études climatiques présentent des statistiques concernant les

facteurs climatiques qui ont une influence directe sur le comportement des isolateurs dans les régions polluées. Parmi les facteurs les plus importants, nous citons : l'humidité relative de l'air, le brouillard, la pluie et le vent.

Remarque :

Dans les régions désertiques, les facteurs qui pourrait influer le plus sont : l'écart de température entre le jour et la nuit, les fines pluies et les tempêtes de sable.

1.6.2 L'approche théorique :

De nombreux auteurs ont imaginé de reproduire le phénomène de contournement sur des modèles simplifiés afin de pouvoir le décrire par des équations simples [15], [16].

Le modèle théorique qui a été proposé [22] est constitué de deux électrodes cylindriques concentriques de rayon R et $R+D$.

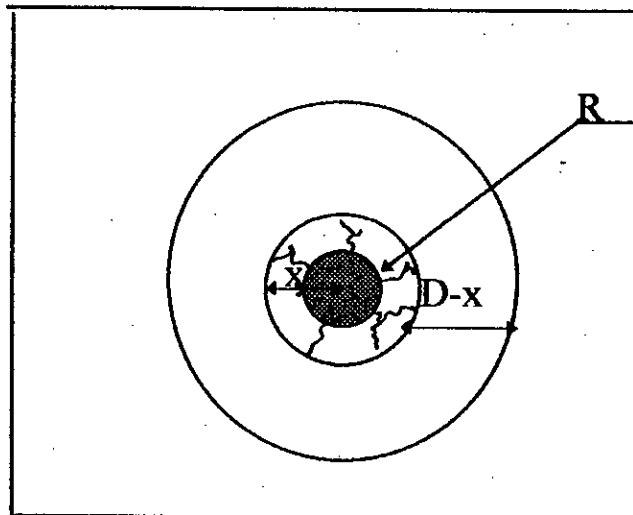


Fig I.7 : Modèle théorique.

Avec les conditions aux limites du système :

$$V(R + X) = U$$

$$V(R + D) = 0.$$

En se basant sur la résolution de l'équation de Laplace : $\nabla^2 V = 0$, nous obtenons :

$$V(r) = \frac{U \cdot \ln(R+D)/r}{\ln(R+D)/(R+x)}$$

Pour montrer les différents paramètres qui influent sur le courant de fuite, il est nécessaire de calculer le courant, où :

$$I = \gamma \frac{U}{\ln(R+D)/(R+x)} e \cdot \text{tg}^1(a/2(R+D))$$

avec :

a : longueur de l'électrode rectangulaire.

R : le rayon de l'électrode circulaire.

D : distance inter-électrodes.

x : longueur de l'arc.

U : niveau de tension.

e : l'épaisseur de la couche polluante.

γ : la conductivité de la couche polluante.

La formule du courant de fuite obtenue par ce modèle théorique met en évidence les différents paramètres qui influent sur le comportement des isolateurs.

En effet, le courant augmente avec l'augmentation de la tension, de la conductivité de pollution et de l'épaisseur de la couche polluante.

Cependant, les facteurs géométriques (distance inter-électrodes, les dimensions des électrodes) influent également sur les isolateurs pollués, mais avec moins d'importance que les paramètres précédents.

CHAPITRE II

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE II

ETUDE EXPERIMENTALE

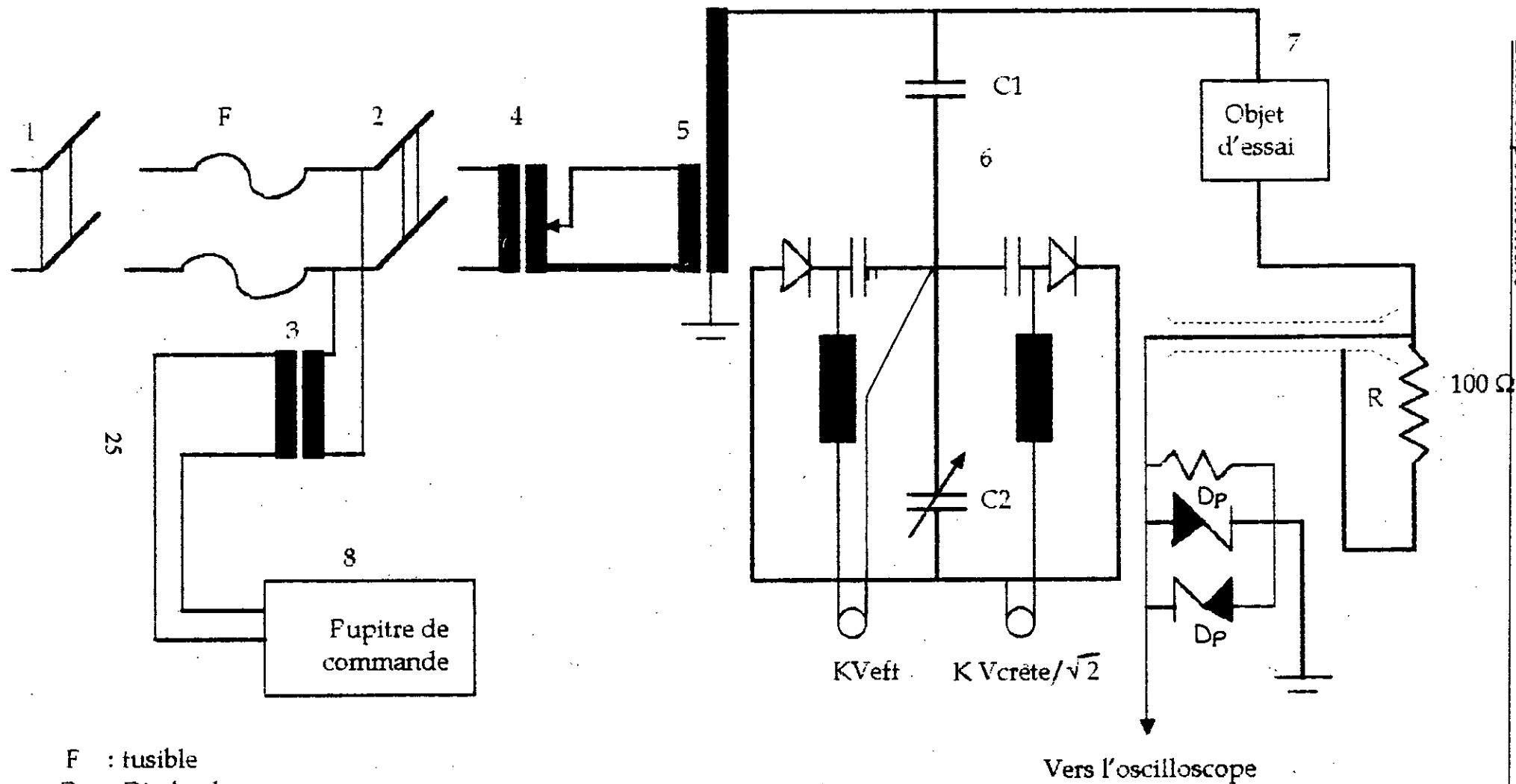
Dans ce chapitre, nous présentons les différentes étapes de l'étude expérimentale effectuée au laboratoire de haute tension de l'ENP. Dès le début, notre but était de voir l'influence de l'épaisseur de la couche polluante sur le contournement des isolateurs pollués.

Les essais effectués consistent à mesurer le courant de fuite et la longueur de l'arc électrique correspondante, de chaque épaisseur de la couche polluante, ceci pour plusieurs niveaux de tension.

II.1 CIRCUIT D'ESSAI :

L'équipement actuel de la station d'essai à fréquence industrielle de l'ENEP de marque HEAFLY comprend : [fig.II.1].

- 1- Interrupteur d'alimentation générale.
- 2- Contacteur de commande.
- 3- Transformateur d'isolement.
- 4- Transformateur de réglage 220/500V (50kVA).
- 5- Transformateur d'essai 0,5/300kV (50kVA).
- 6- Diviseur de tension capacitif 400pF.
- 7- Objet d'essai.
- 8- Pupitre de commande.



F : fusible
 Dp : Diode de protection

Figure 11.1 SCHEMA DU CIRCUIT D'ESSAIS

II.2 CIRCUIT DE MESURE :

Pour la mesure du courant de fuite, nous avons inséré dans le retour de terre de l'isolateur, une résistance de 100Ω . Nous avons relevé la tension aux bornes de la résistance sur un oxilloscope à mémoire à l'aide d'un câble coaxial.

Pour assurer la protection de l'oxilloscope et de la résistance, deux diodes rapides étaient montées parallèlement en tête bêche.

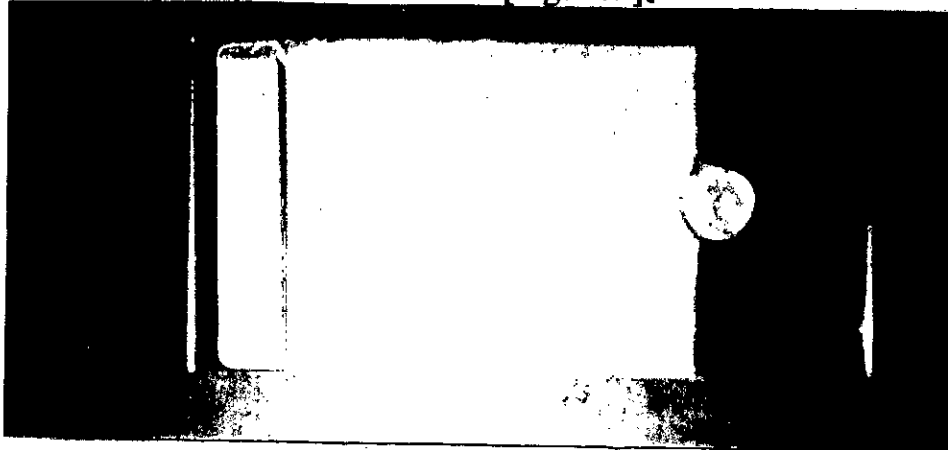
La mesure de la longueur de l'arc électrique se développant sur la surface isolante polluée, est effectuée à l'aide de photographies statiques (position B), le tout se trouvant dans une chambre noire [fig.II.2]

II.3 MODE OPERATOIRE :

II.3.1 Dispositif expérimental :

Le dispositif que nous avons considéré est semblable à celui utilisé par plusieurs auteurs [16].[20].[21]. Il est constitué d'une plaque en verre [500 x 250 x 6] mm.

Cette dernière était munie de deux électrodes, l'une est circulaire de diamètre 52 mm, mise sous tension et l'autre rectangulaire [240 x 50 x 30] mm, mise à la terre [fig.II.3]:



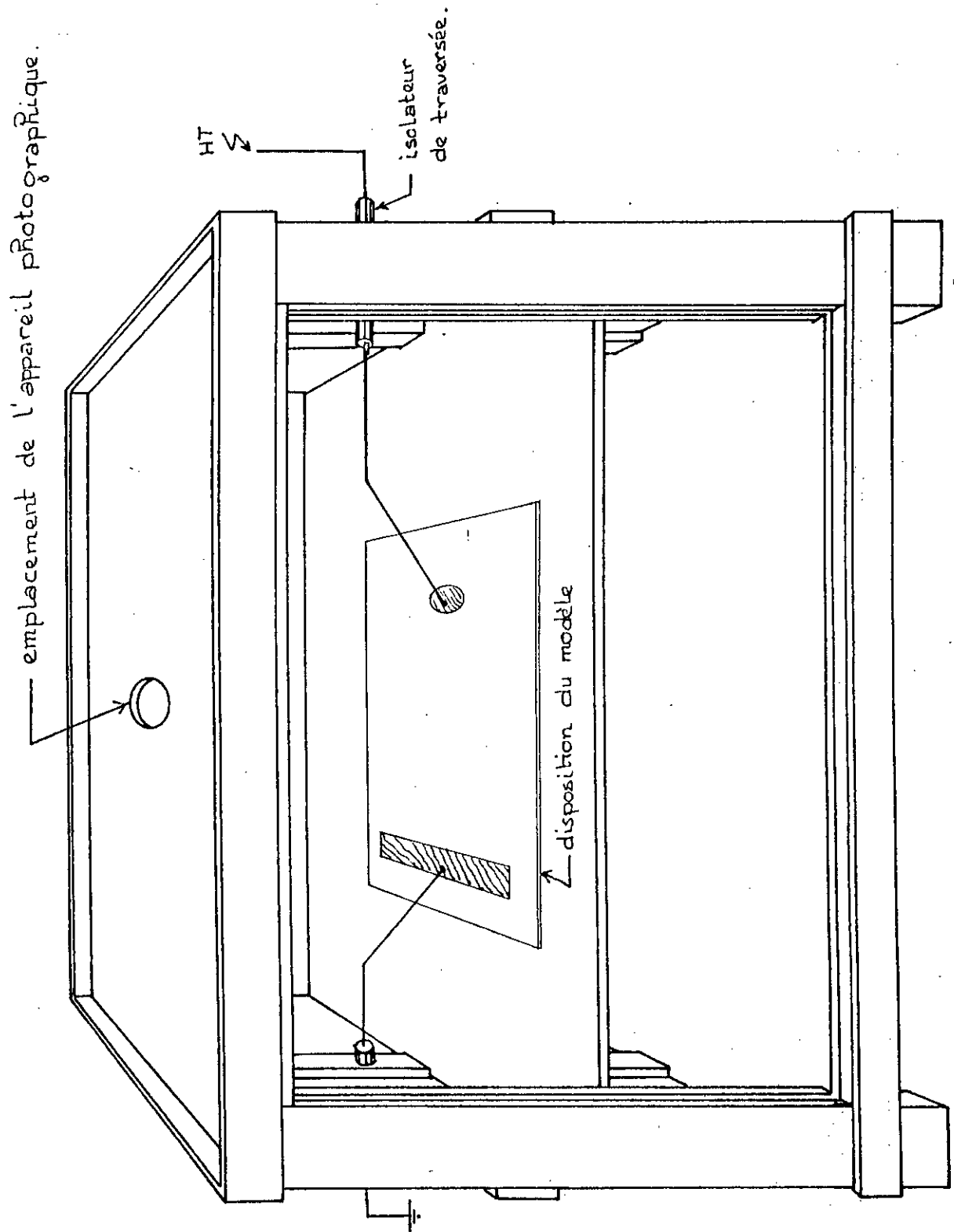


Fig. II.2.- Chambre noire.

II.3.2 Réalisation du modèle :

La plaque isolante doit être initialement bien lavée, puis imbibée d'une façon uniforme en gas-oil dans les endroits d'emplacement des électrodes en papier aluminium. Cette opération doit être faite de manière à ce qu'aucun espace d'air ne reste entre la plaque et les électrodes. Par la suite nous essuyons avec du coton imbibé d'alcool isopropylique pour éliminer toute trace de gas-oil sur la surface isolante.

La couche polluante est réalisée en appliquant du sable sur la surface de la plaque (entre les deux électrodes) d'une façon uniforme et suivant l'épaisseur désirée. Par la suite, nous procédons à l'humidification de cette couche par pulvérisation d'eau distillée jusqu'à sa saturation.

Le modèle est disposé horizontalement sur un support en bois, placé à une hauteur d'un mètre environ au dessus du sol.

II.3.3 Application de la tension d'essai :

Nous avons appliqué des niveaux de tension par paliers constants pendant une durée suffisante pour la maintien d'une longueur d'arc permanente. Cinq niveaux de tension ont été considérés : 2, 3, 4, 5 et 6kV. Ceux-ci ont été choisis de telle façon à éviter tout contournement éventuel.

Pour chaque pallier de tension nous relevons la valeur du courant de fuite et la longueur d'arc correspondante, ceci pour différentes épaisseurs de la couche polluante.

lors des essais, la conductivité de l'agent polluant prise est de 12 $\mu\text{s/cm}$.

II.4 ESSAIS :

L'oscilloscope étant hors circuit, nous commençons d'abord par déterminer la tension de contournement V_c du modèle expérimental. Nous avons effectué dix essais pour chaque épaisseur de la couche polluante afin d'obtenir la valeur moyenne de la tension de contournement.

Ceci nous permettra, entre autres, de considérer lors de nos essais des niveaux de tension inférieurs à la valeur critique.

Ensuite, les essais sont effectués en augmentant la tension par échelon. Pour chaque niveau de tension, nous enregistrons la longueur de l'arc électrique et la valeur maximale du courant de fuite correspondante. Ceci en considérant deux distances inter-electrodes : 29,2cm et 36cm.

CHAPITRE III

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

CHAPITRE III

RESULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Lors de nos essais, deux distances inter-électrodes ont été considérées $L_f = 29,2\text{cm}$ et $L_f = 36\text{cm}$. La conductivité de l'agent polluant étant $12\mu\text{s/cm}$, seule l'épaisseur de la couche polluante change.

III.1. OBSERVATION DES PHENOMENES

La forme d'onde du courant de fuite apparaît avec une double crêtes, elles apparaissent à la fois dans les alternances positives et négatives, et changent d'amplitudes et de formes avec la variation de l'épaisseur de la couche polluante (photos 1 et 2).

Le courant de fuite reste constant aussi longtemps que la couche polluante conserve sa conductivité. Cette dernière commence à diminuer lorsque l'humidification commence à s'évaporer.

Autour de l'électrode circulaire où règne une densité de courant plus forte, et pour chaque épaisseur s'établissent des arcs radiaux de différentes longueurs, engendrant par la suite l'assèchement de la couche polluante causant ainsi l'extinction de ces arcs.

L'arc électrique se réamorçe à chaque alternance et s'allonge en balayant une zone à peu près circulaire qu'il assèche progressivement (photo 3).

Au début de la propagation, les arcs radiaux sont approximativement de même rayon, mais si la tension est suffisante pour provoquer le contournement, un leader prend naissance à partir d'une certaine distance en suivant le chemin le moins résistant

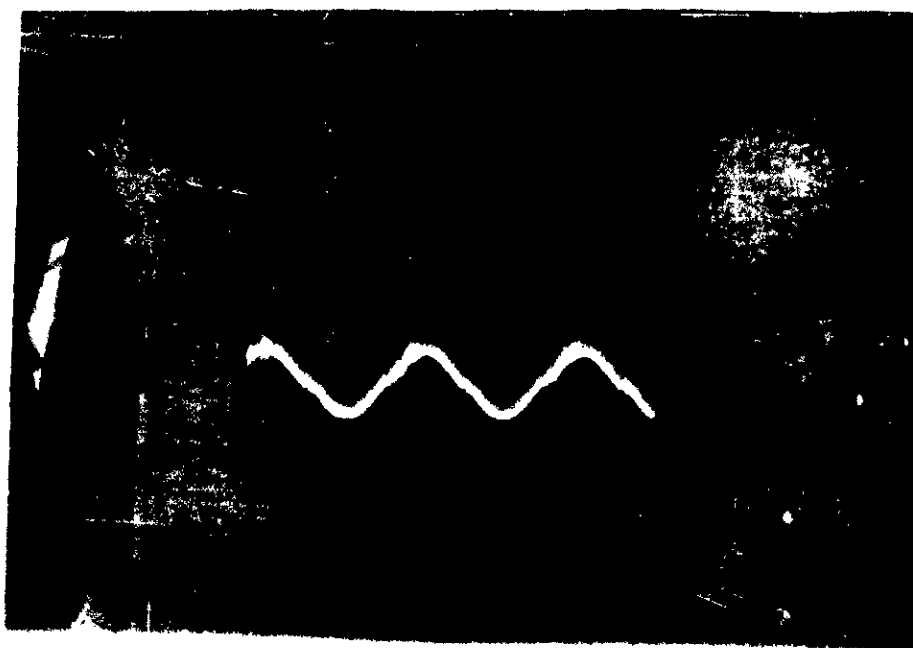


PHOTO 1 : Forme d'onde du courant ($e = 1 \text{ mm}$)

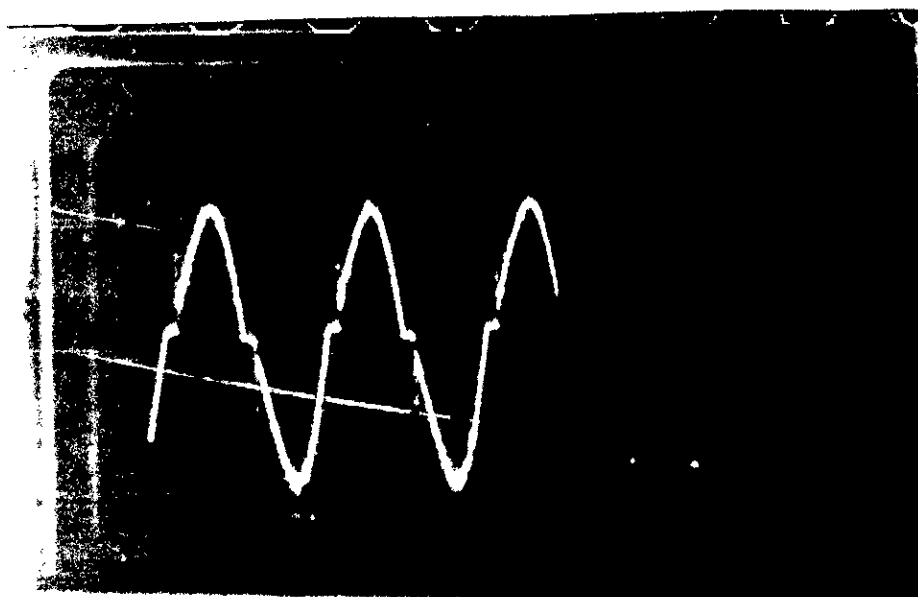


PHOTO 2 : Forme d'onde du courant ($e = 3 \text{ mm}$)



PHOTO 3 : Développement des arcs



PHOTO 4 : Le contournement .

pour atteindre l'électrode rectangulaire et provoque ainsi le contournement (photo 4).

Pour des niveaux de tension assez grands (4, 5 et 6 kV), nous avons constaté des arcs de faibles longueurs apparaissent le long de l'électrode rectangulaire. Ceci pour les épaisseurs de 3 et 4 mm.

II.2 RESULTATS :

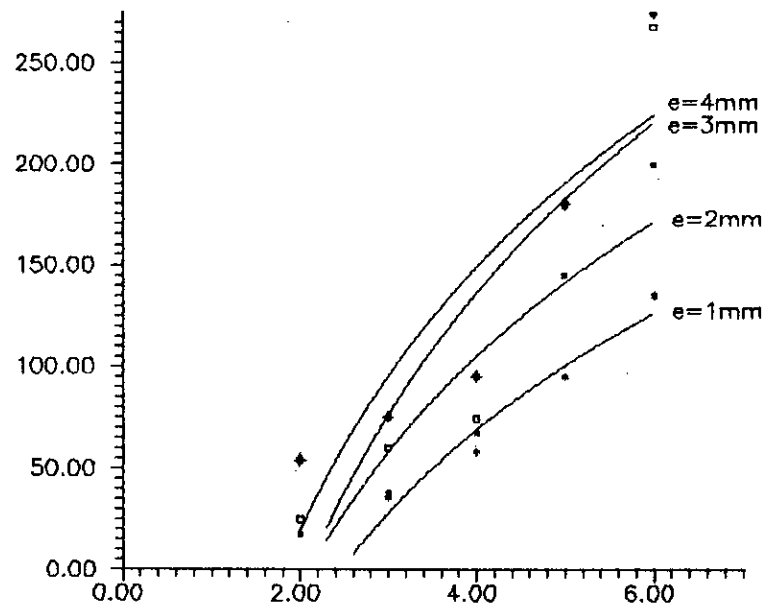
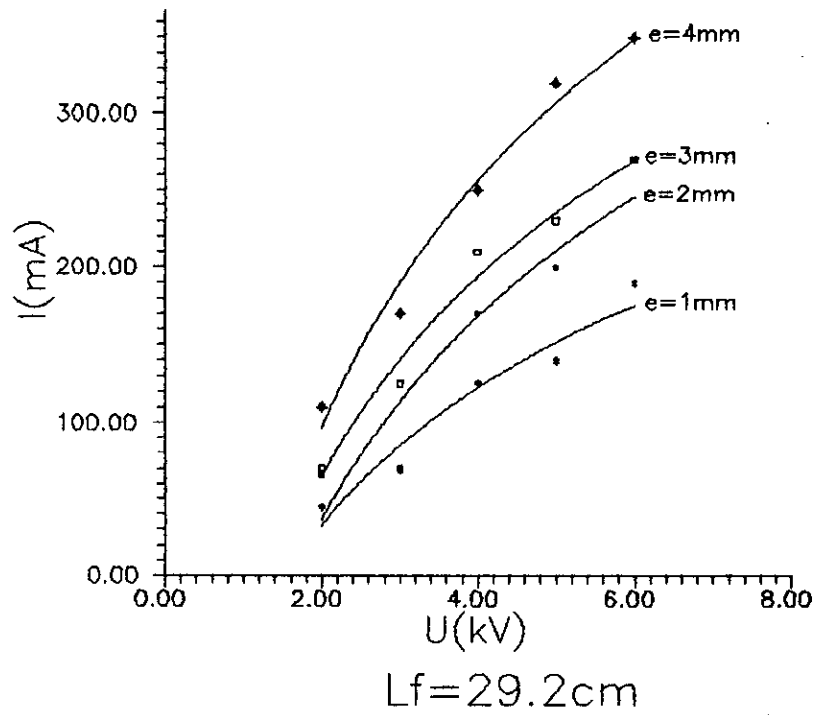
II.2.1 Caractéristiques :

a) Courant de fuite en fonction de la tension appliquée I (U) :

Pour des distances inter-électrodes constantes, le courant de fuite augmente avec la tension d'essai, pour toutes les épaisseurs considérées. Pour une même tension appliquée, le courant augmente avec l'augmentation de l'épaisseur de la couche polluante quelque soit la distance inter-électrodes [fig.III.1]. Ceci peut s'expliquer par le fait que le nombre de porteurs de charges augmente avec l'augmentation de l'épaisseur.

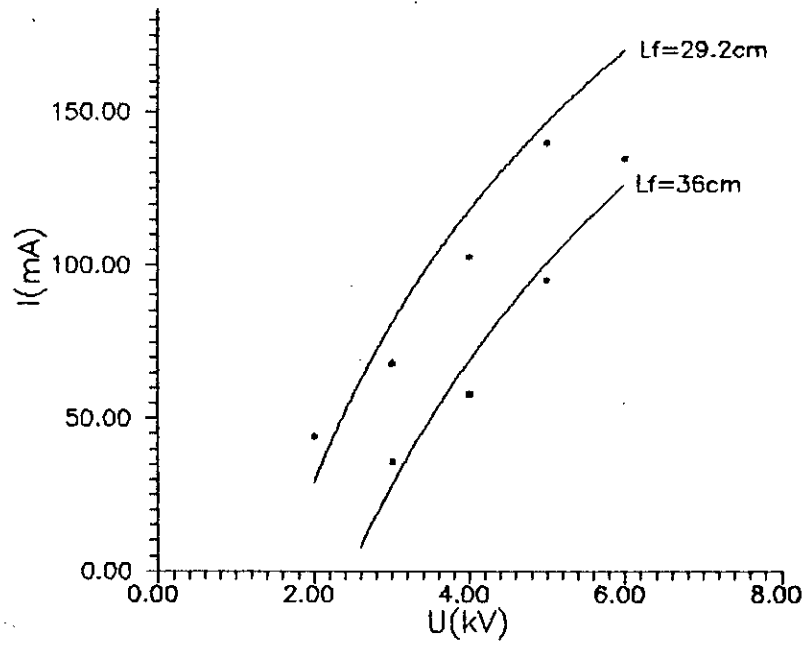
De même, pour une épaisseur constante, l'augmentation de la tension engendre celle du courant de fuite pour les deux distances inter-électrodes [fig.III.2].

Cependant, pour une même tension, le courant de fuite augmente avec la diminution de la distance inter-électrodes [fig.III.1], pour limiter celui-ci, les isolateurs doivent avoir une ligne de fuite suffisamment grande.

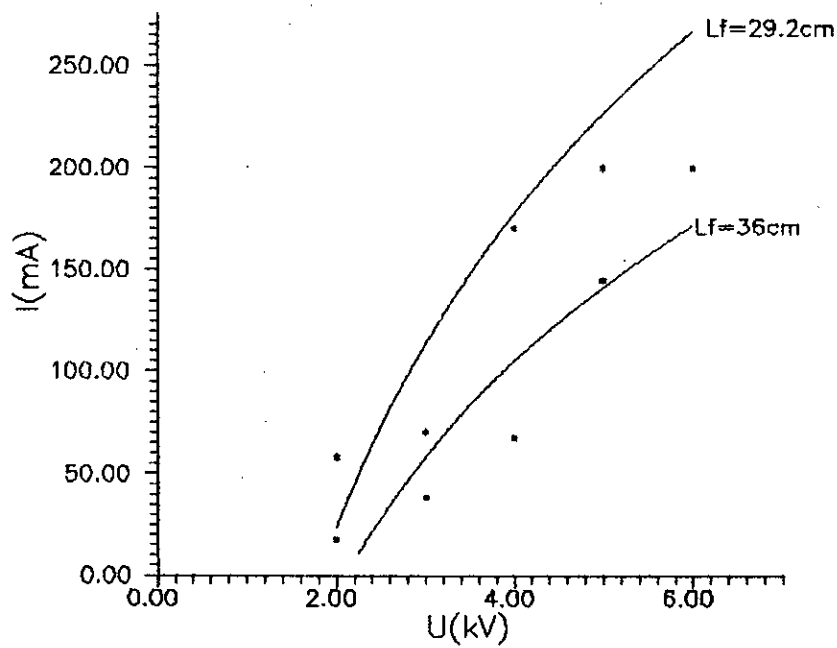


$L_f = 36$ cm

Fig.III.1: Variation du courant de fuite en fonction de la tension appliquée.



$e=1\text{mm}$



$e=2\text{mm}$

Fig.III.2: Variation du courant de fuite en fonction de la tension pour deux distances inter-électrodes.

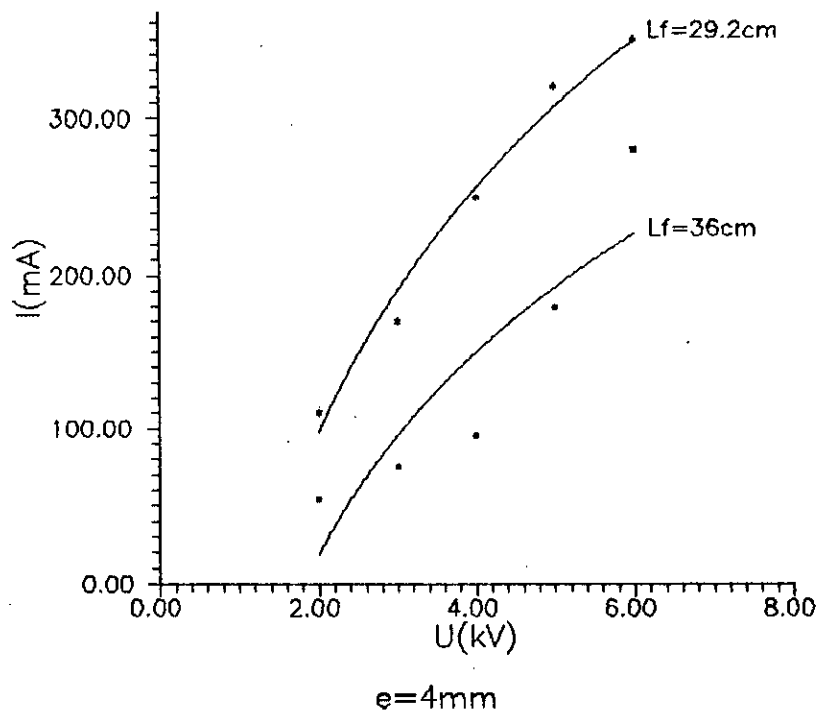
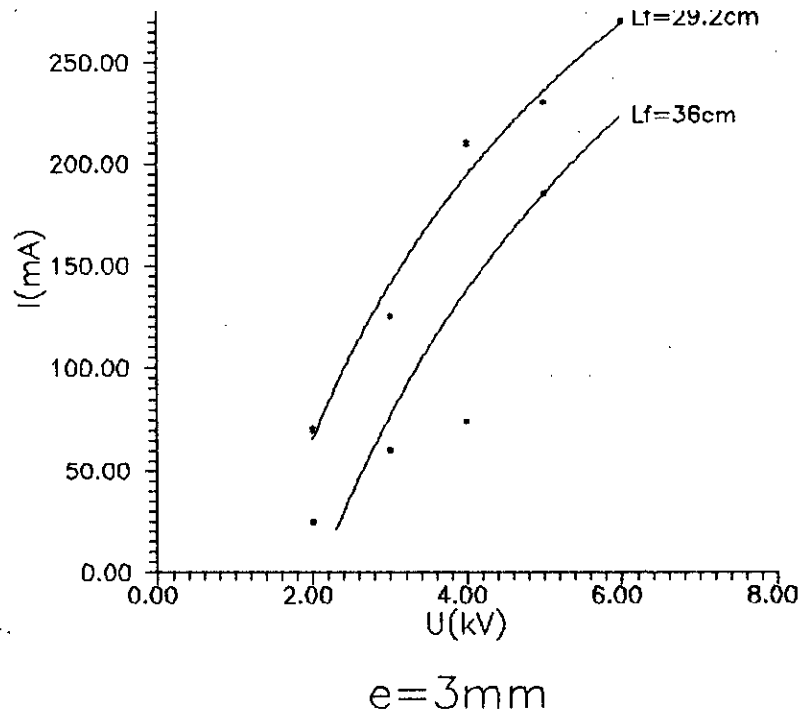


Fig.III.2: Suite.

b) Longueur d'arc en fonction de la tension appliquée X (U) :

L'augmentation de la tension d'essai engendre pour les différentes épaisseurs l'allongement de l'arc électrique [fig.III.3]. Cette même caractéristique montre que pour un même niveau de tension, la longueur d'arc augmente avec l'augmentation de l'épaisseur de la couche polluante.

Pour une même épaisseur de la couche polluante, la longueur d'arc diminue avec l'augmentation de la distance inter-électrodes [fig.III.4].

b) Longueur d'arc en fonction du courant de fuite X (I) :

De la même façon que précédemment, pour les deux distances inter-électrodes, toute augmentation du courant de fuite provoque l'allongement de l'arc électrique quelque soit l'épaisseur de la couche polluante [fig.III.5].

Nous constatons aussi que l'augmentation de l'épaisseur de la couche polluante entraîne, pour un même courant de fuite, l'augmentation de l'arc électrique.

Nous constatons ainsi que pour chaque épaisseur de la couche polluante, l'augmentation du courant de fuite entraîne l'allongement de l'arc électrique [fig.III.6]. La propagation de l'arc électrique se fait en trois phases :

En première phase, la propagation de l'arc est plus rapide dans le système d'isolation possédant la plus grande distance inter-électrodes ($L_f = 36\text{cm}$). Ceci peut être expliqué, au fait que plus la distance inter-électrodes augmente plus l'électrode circulaire se comporte comme une pointe.

La deuxième phase est donnée par le point d'intersection, en ce point le comportement des deux systèmes d'isolation est le même.

Finallement, la propagation de l'arc est plus rapide, cette fois-ci, dans le système d'isolation ayant la plus petite distance inter-électrodes ($L_f = 29,2\text{cm}$). Cette phase nous montre que le système le plus rigide est celui qui possède la plus grande distance inter-électrodes.

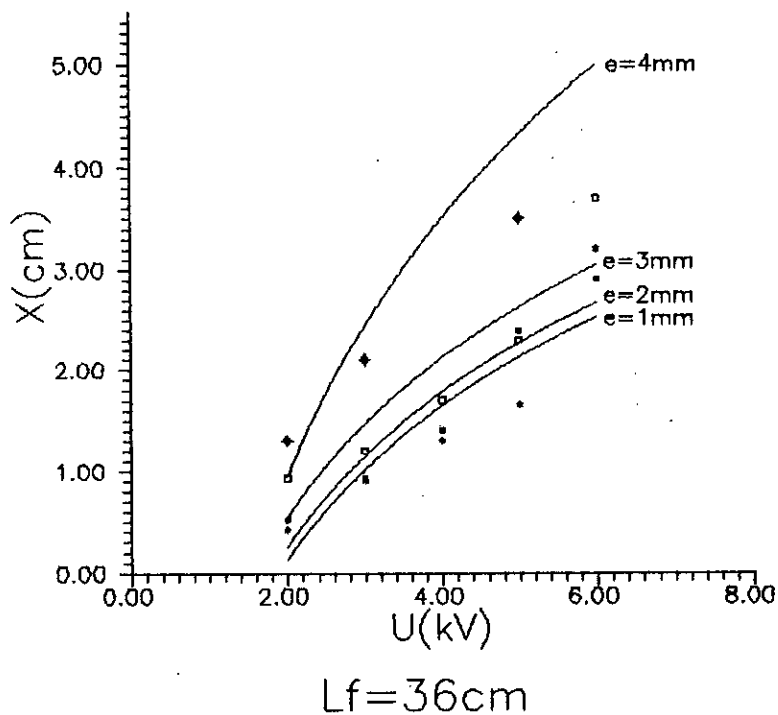
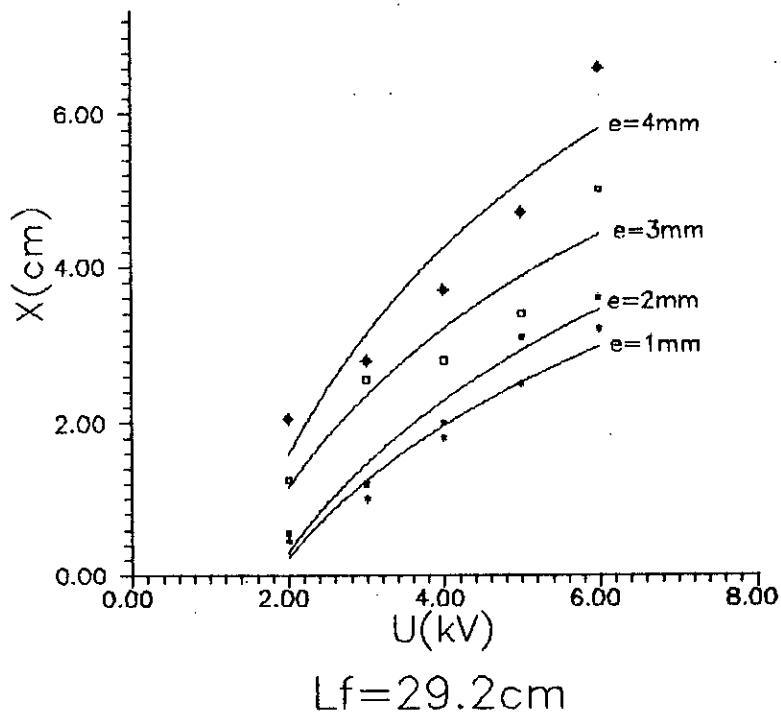


Fig.III.3: Variaton de la longueur d'arc en fonction de la tension appliquée.

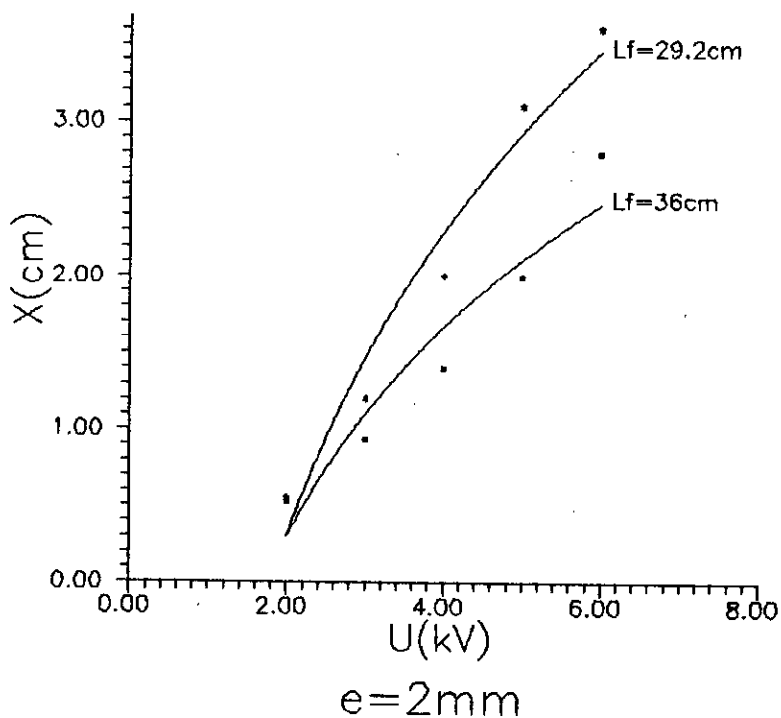
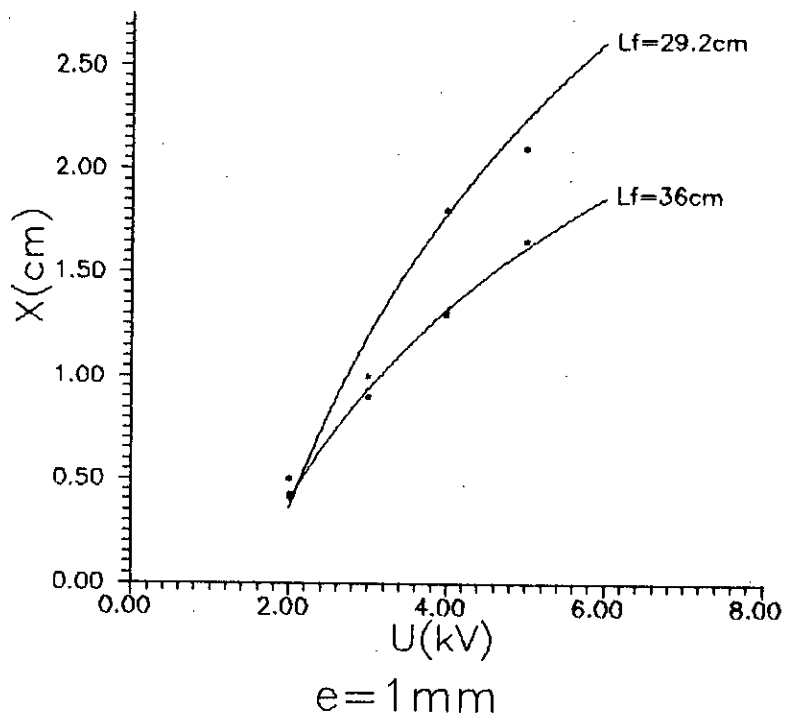


Fig.III.4: Variation de la longueur d'arc en fonction de la tension appliquée pour deux distances inter-électrodes.

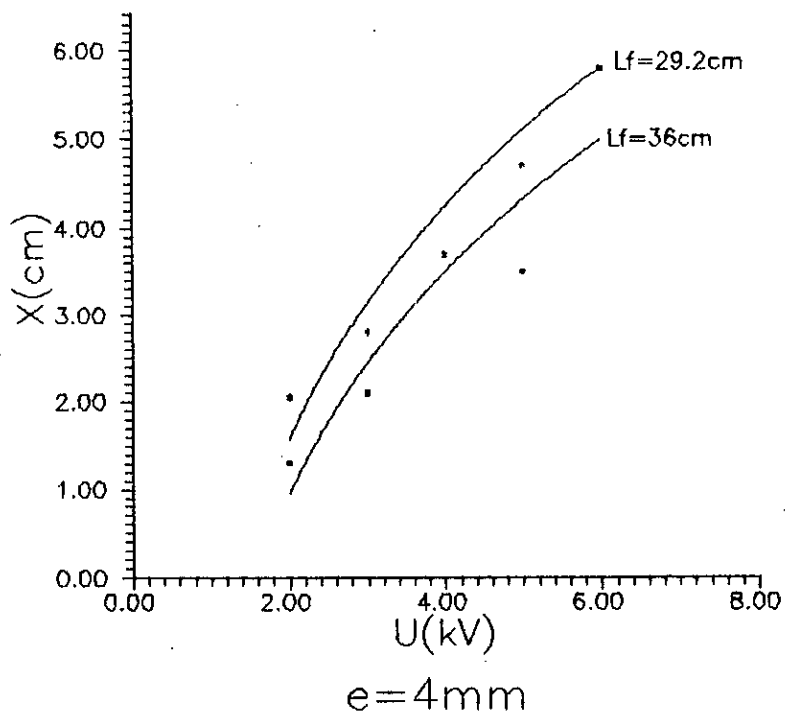
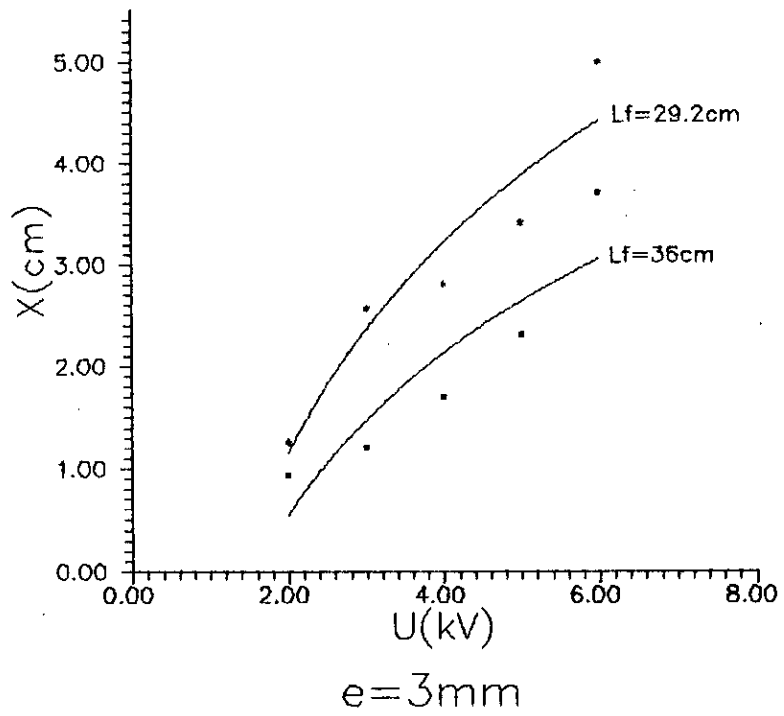
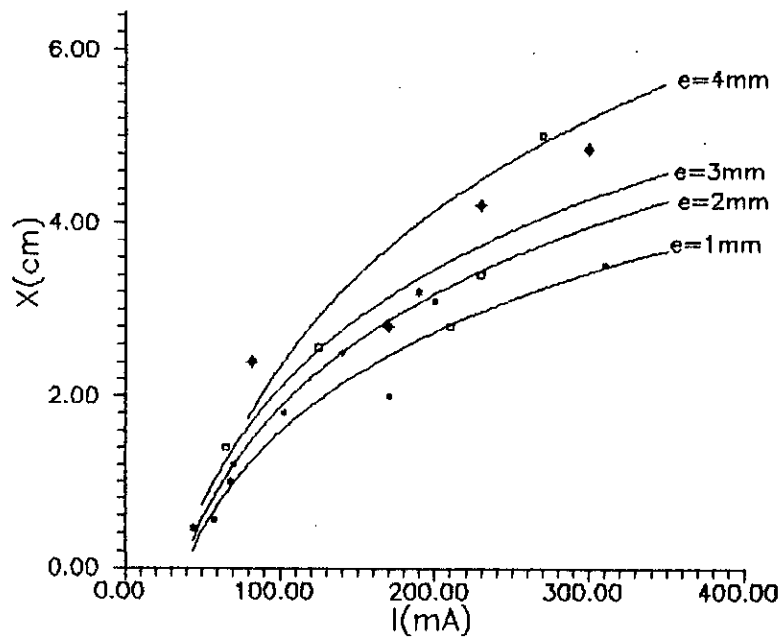
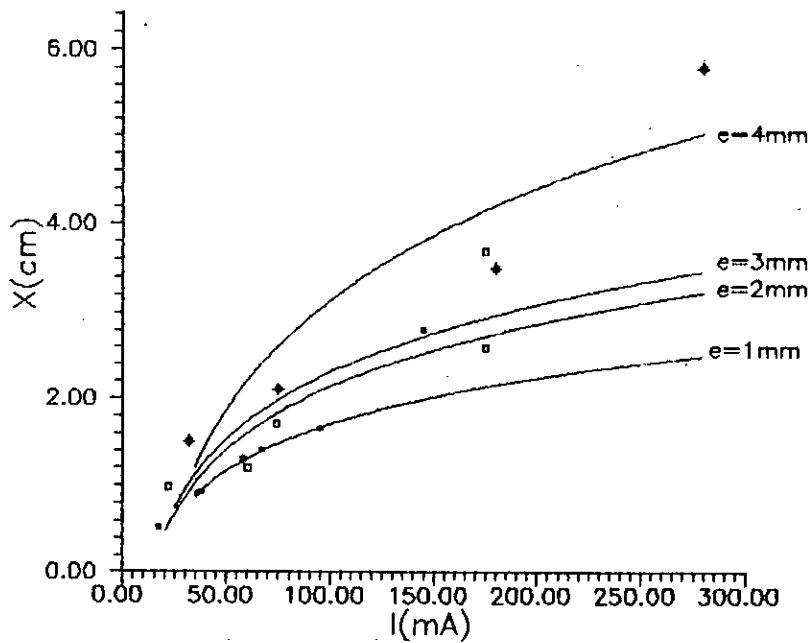


Fig.III.4: Suite.



$L_f = 29.2$ cm



$L_f = 36$ cm

Fig.III.5: Variation de la longueur d'arc en fonction du courant de fuite.

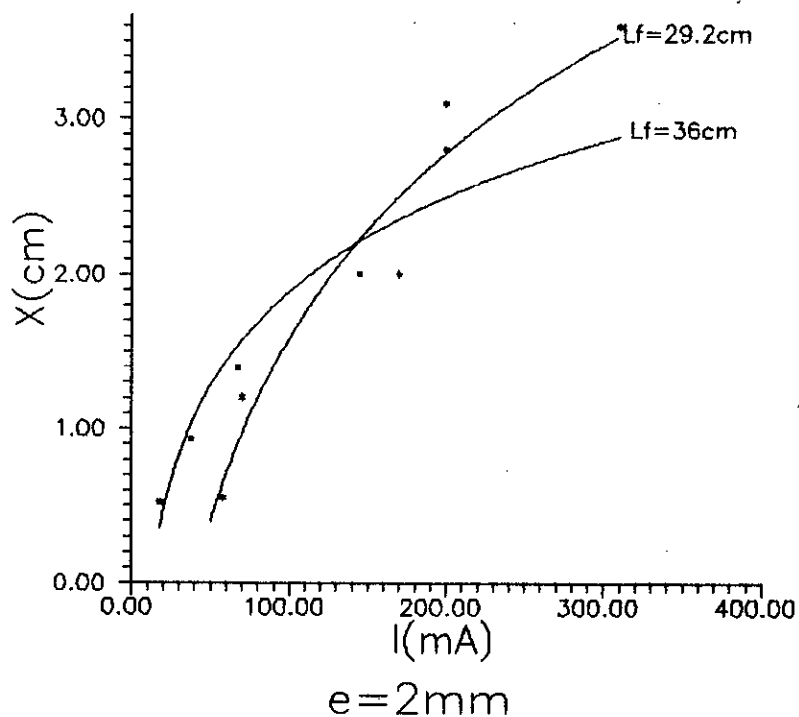
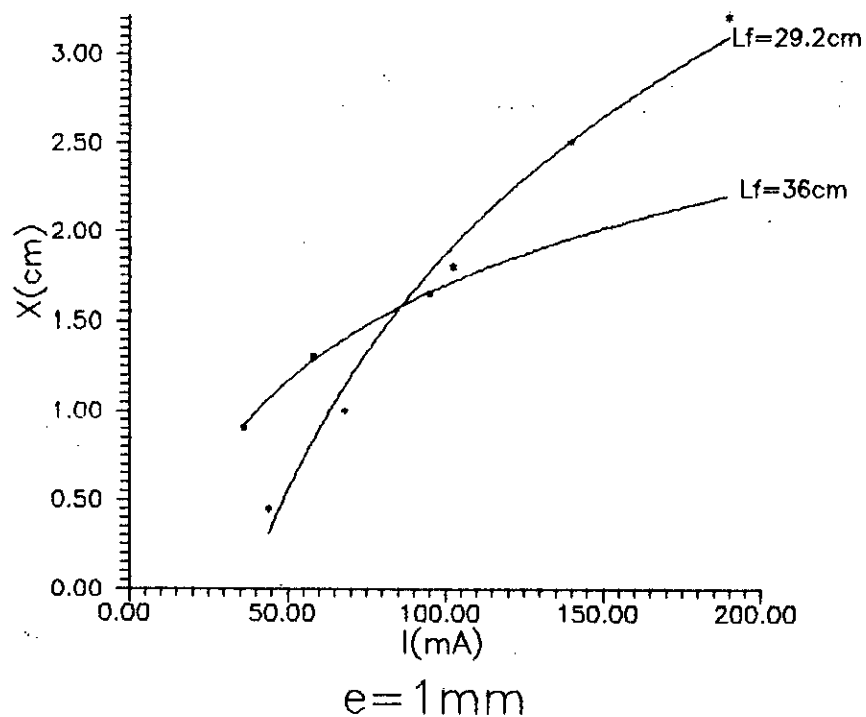


Fig.III.6: Variation de longueur d'arc en fonction du courant de fuite pour deux distances inter-électrodes.

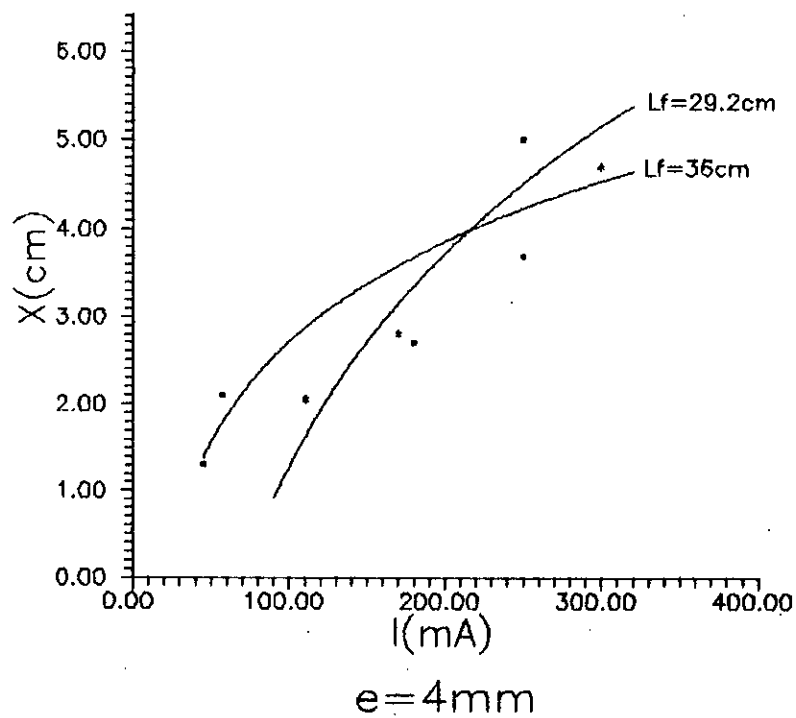
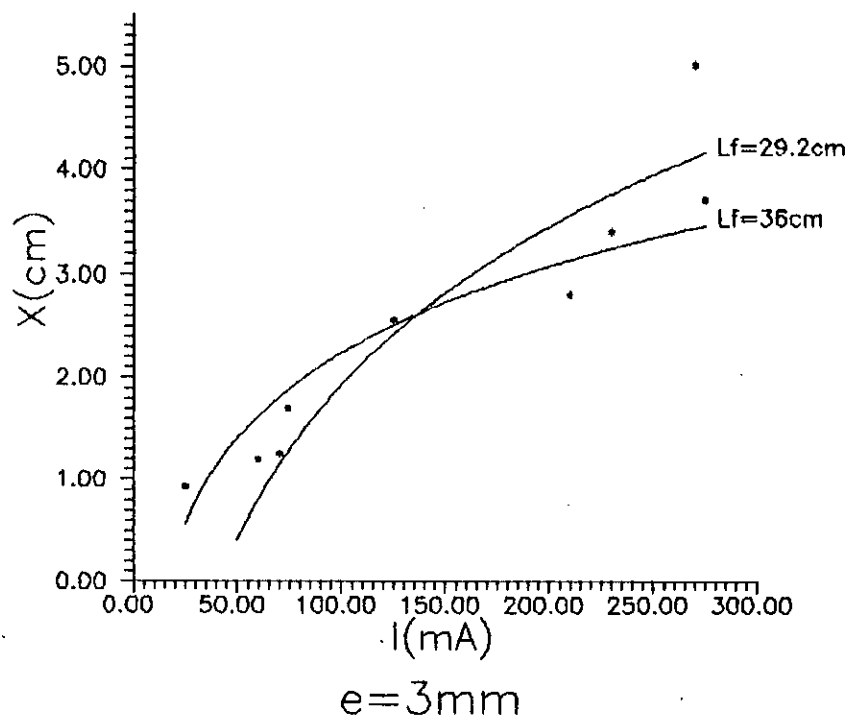


Fig.III.6: Suite.

III.2.2 Conclusion :

Les considérations expérimentales qui viennent d'être présentées sont d'une grande utilité, pour le dimensionnement des isolateurs. Elles ont pour objectif d'observer l'impact de l'épaisseur de la couche polluante sur le comportement des isolateurs pollués.

Il est évident que les couches polluantes (se déposant sur les isolateurs) provoquent une dégradation de la résistivité superficielle de ceux-ci. Par ailleurs, plus les couches sont épaisses plus la propagation des arcs est rapide.

En effet, l'épaisseur de la couche polluante est un facteur favorisant le contournement des isolateurs.

III.3 APPROCHE PAR UN MODELE THEORIQUE :

Différentes études sur le comportement d'isolateur pollué ont montré la difficulté à cerner tous les facteurs qui interviennent dans la génération et la propagation de l'arc électrique [1], [2].

Dans cette partie nous présenterons les résultats concernant les variations du courant de fuite et celle du champ électrique en fonction des paramètres électrogéométrique de notre modèle expérimental, en le simulant à un modèle théorique [22].

III.3.1 Modèle théorique :

Dans le cas d'un modèle plan comme celui que nous avons utilisé au laboratoire la connaissance de la valeur du potentiel sur les deux électrodes nous impose la résolution de l'équation de Poisson :

$$\nabla^2 V + \rho/\epsilon = 0 \quad (\text{III.1})$$

Avec V potentiel électrique.

ρ répartition de charges d'espace.

ϵ permittivité du milieu.

En négligeant les charges d'espace et assimilant notre modèle plan à un système cylindrique concentrique de rayon R et R+D respectivement [fig III.a].

Nous obtenons l'équation de Laplace $\Delta^2 V = 0$ qui nous donne :

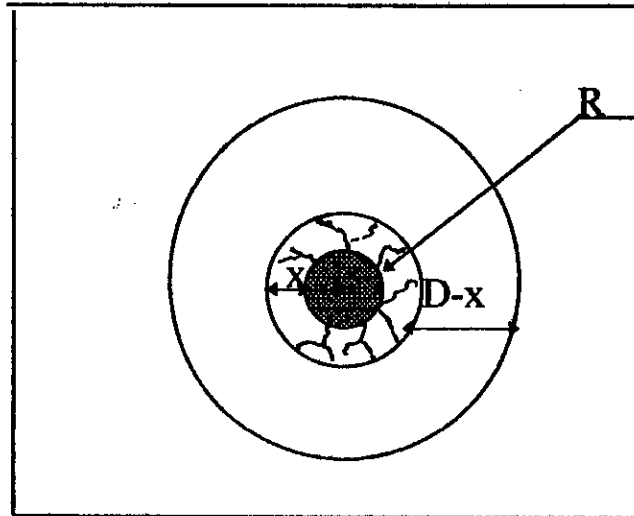
$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dV(r)}{dr} \right) = 0 \quad (\text{III.2})$$

De plus on admet que l'arc électrique apparaît au niveau de

l'électrode de rayon R qui se propage vers l'électrode de rayon $R+D$; d'où les conditions aux limites du potentiel électrique suivantes :

$$V(R+X) = U$$

$$V(R+D) = 0$$



FigIII.a : Modèle théorique.

La résolution de l'équation (III.2) nous donne une répartition du potentiel $V(r)$.

$$V(r) = \frac{U}{\ln[(R+X)/(R+D)]} \ln(r/R+D) \quad (III.3)$$

A partir de cette équation nous pouvons exprimer la répartition du champ électrique $E(r)$:

$$E(r) = -\nabla V = -dV(r)/dr \quad (III.4)$$

d'où

$$E(r) = -\frac{U}{\ln[(R+X)/(R+D)]} \cdot 1/r \quad (\text{III.5})$$

Connaissant la conductivité du milieu, la densité du courant J s'écrit :

$$J = \gamma \cdot E \quad (\text{III.6})$$

d'où

$$J = -\gamma \frac{U}{\ln[(R+X)/(R+D)]} \cdot 1/r \quad (\text{III.7})$$

Pour calculer le courant I , nous supposons qu'il apparaît seulement dans la zone inter-électrodes définie par l'angle θ . cette considération nous permet d'écrire :

$$I = \iint_s J \cdot ds \quad (\text{III.8})$$

et

$$I = \gamma \frac{U}{\ln[(R+D)/(R+X)]} \cdot e \cdot \text{tg}^{-1}[a/2(R+D)] \quad (\text{III.9})$$

Cette équation est très importante car elle met en évidence les différents paramètres influant sur le courant de fuite ($\gamma \cdot U \cdot e \dots$).

avec :

U : la tension appliquée au système.

R : Le rayon de l'électrode circulaire.

E : L'épaisseur de la couche polluante.

γ : La conductivité de la couche polluante.

X : La longueur de l'arc électrique .

D : La distance inter-électrodes.

A : La longueur de l'électrode rectangulaire.

En se basant sur les équations (III.5) et (III.9), nous calculons le champ électrique à la racine de l'arc ($r = X+R$) et le courant de fuite.

Les résultats sont présentés dans les tableaux (III.1), (III.2) et (III.3).

e (mm)	1		2		3		4	
U (kV)	X (cm)	E(kV/cm)	X (cm)	E(kV/cm)	X (cm)	E(kV/cm)	X (cm)	E(kV/cm)
2	0,45	0,20	0,55	0,19	1,25	0,18	2,05	0,18
3	1,00	0,28	1,20	0,28	2,56	0,26	2,80	0,26
4	1,80	0,36	2,00	0,35	2,60	0,34	3,70	0,33
5	2,50	0,43	3,10	0,42	3,40	0,42	4,70	0,40
6	3,20	0,51	3,60	0,50	5,00	0,48	6,60	0,47

Tableau III.1: l'intensité du champ électrique en fonction de la longueur d'arc pour $L_f = 29,2\text{cm}$.

e (mm)	1		2		3		4	
U (kV)	X (cm)	E(kV/cm)	X (cm)	E(kV/cm)	X (cm)	E(kV/cm)	X (cm)	E(kV/cm)
2	0,42	0,18	0,52	0,18	0,93	0,17	1,30	0,16
3	0,90	0,26	1,00	0,25	1,20	0,24	2,10	0,24
4	1,30	0,33	1,40	0,33	1,70	0,32	—	—
5	1,65	0,41	2,00	0,40	2,30	0,39	3,60	0,37
6	—	—	2,80	0,46	3,70	0,44	5,80	0,41

Tableau III.2: l'intensité du champ électrique en fonction de la longueur d'arc pour $L_f = 36\text{cm}$.

e (mm)	1			2			3			4		
U kV	X (cm)	I _{calculé} (mA)	I _{mesuré} (mA)	X (cm)	I _{calculé} (mA)	I _{mesuré} (mA)	X (cm)	I _{calculé} (mA)	I _{mesuré} (mA)	X (cm)	I _{calculé} (mA)	I _{mesuré} (mA)
2	0,45	24	44	0,55	50	58	1,25	76	70	2,05	109	110
3	1,00	38	68	1,20	78	70	2,56	126	125	2,80	175	170
4	1,80	54	102	2,00	115	170	2,80	167	210	3,70	243	250
5	2,50	72	140	3,10	156	200	3,40	232	230	4,70	345	320
6	3,20	92	190	3,60	185	270	5,00	310	270	6,60	460	350

Tableau III.3: le courant de fuite (mesuré et calculé) en fonction des paramètres électrogéométriques pour $L_f = 29,2\text{cm}$.

III.3.2 Interprétation des résultats :**a) Champ électrique en fonction de la tension $E(U)$:**

En général, le champ électrique est proportionnel à la tension appliquée, toute augmentation de celle-ci engendre l'augmentation de l'intensité du champ électrique. Ceci est valable quelque soit la distance inter-électrodes.

Pour un niveau de tension donné, l'augmentation de l'épaisseur de la couche polluante engendre une faible diminution du champ électrique au pied d'arc [fig.III.7].

Pour une épaisseur de la couche polluante constante, le système d'isolation devient plus rigide lorsque la tension inter-électrodes augmente [fig.III.8].

b) Champ électrique en fonction de la longueur d'arc $E(X)$:

Pour une distance inter-électrodes donnée, l'allongement de l'arc électrique provoque l'augmentation de l'intensité du champ électrique au pied d'arc et ce pour toutes les épaisseurs considérées [fig.III.9].

D'autre part, pour une longueur d'arc constante, le champ électrique est plus intense lorsque l'épaisseur de la couche polluante est faible.

Nous constatons, d'après la figure [III.10], que pour les faibles longueurs d'arc, le champ électrique au pied d'arc est pratiquement le même pour les deux distances considérées. Cependant, plus les longueurs d'arc seront importantes, plus l'écart entre les deux champs électriques deviendra considérable.

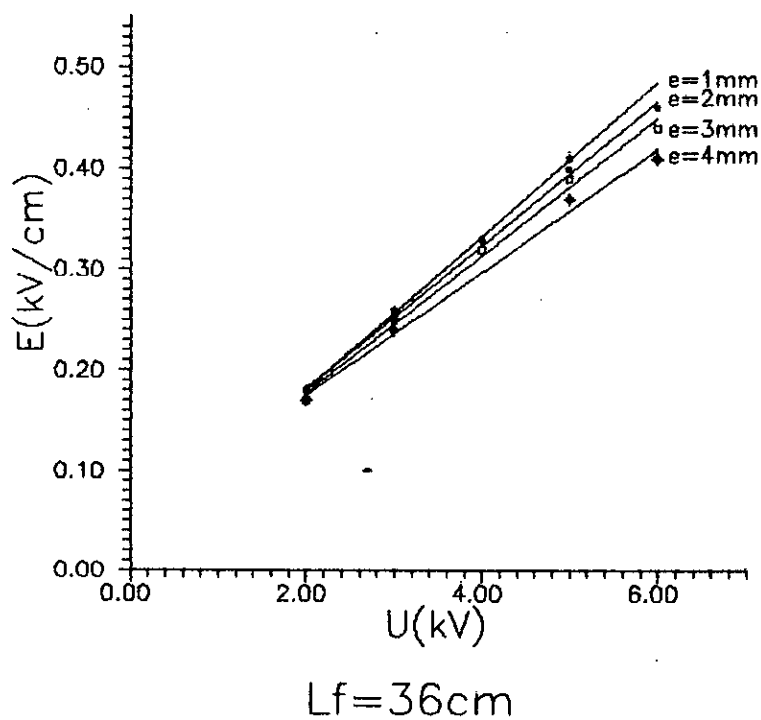
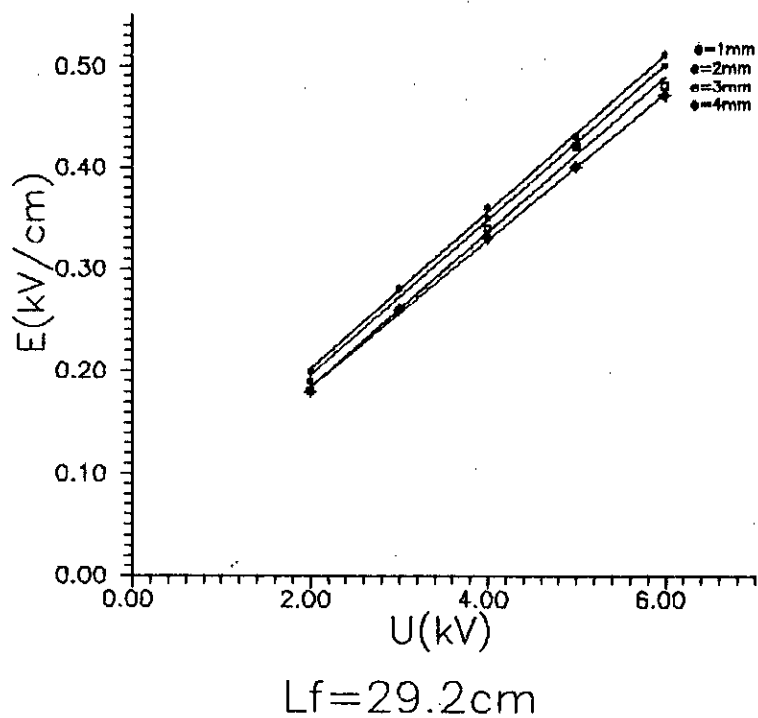


Fig.III.7: Variation du champ électrique en fonction de la tension appliquée.

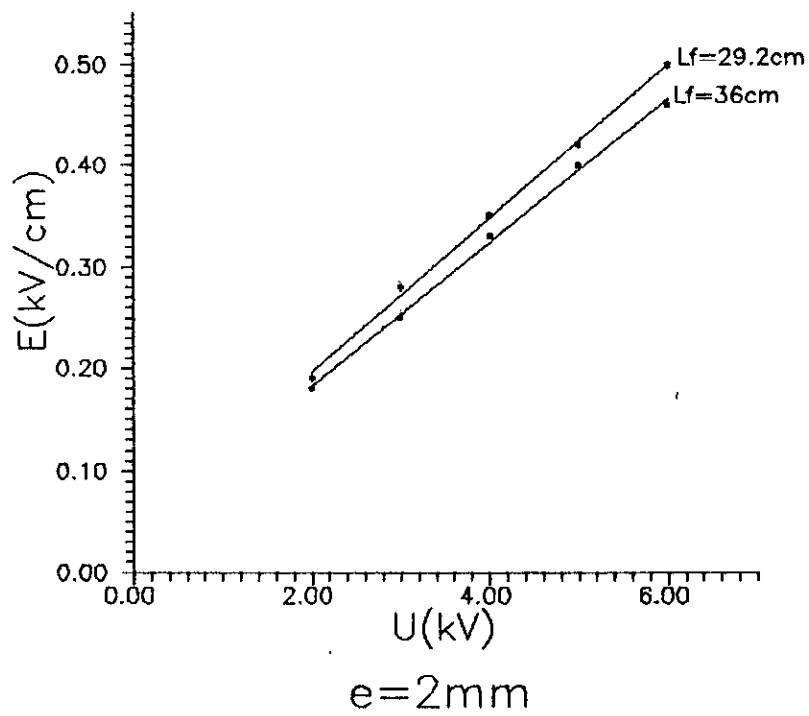
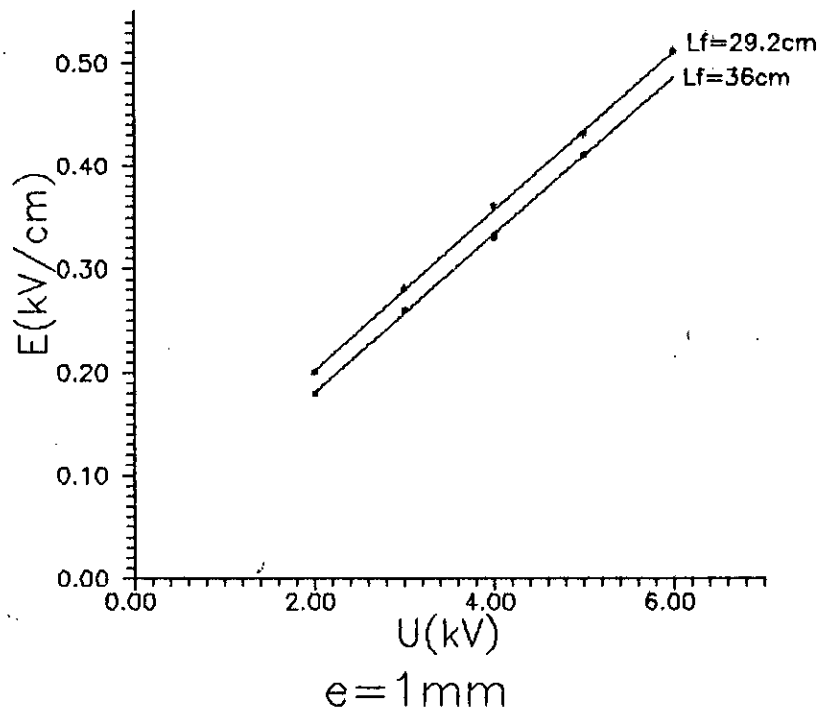


Fig.III.8: Variation du champ électrique en fonction de la tension pour deux distances inter-électrodes.

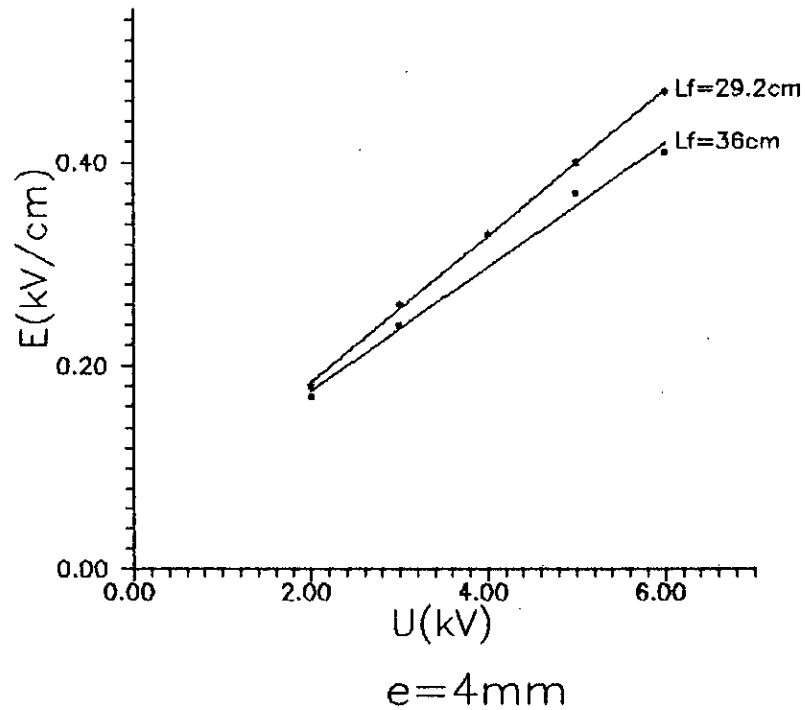
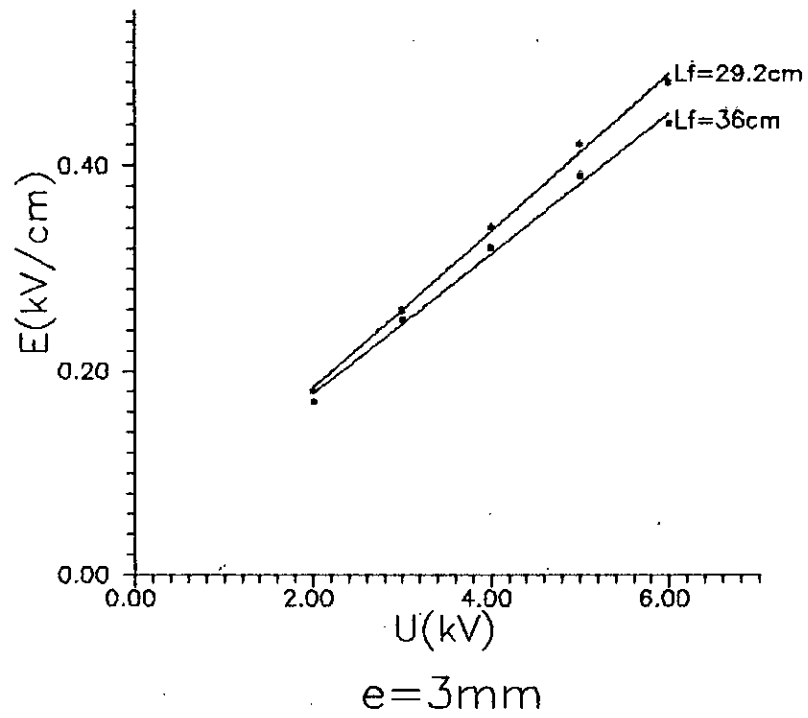


Fig.III.8: Suite.

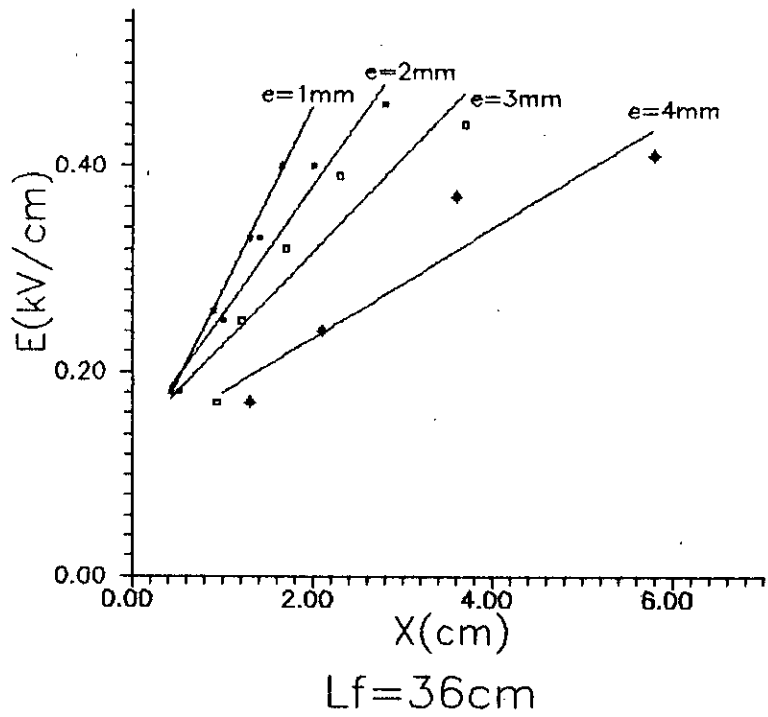
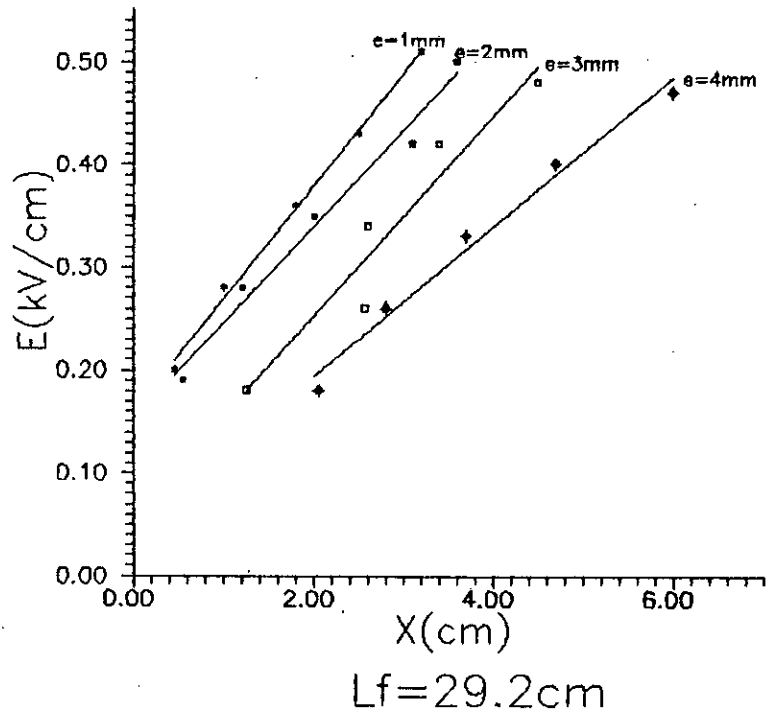


Fig.III.9: Variation du champ électrique en fonction de la longueur d'arc.

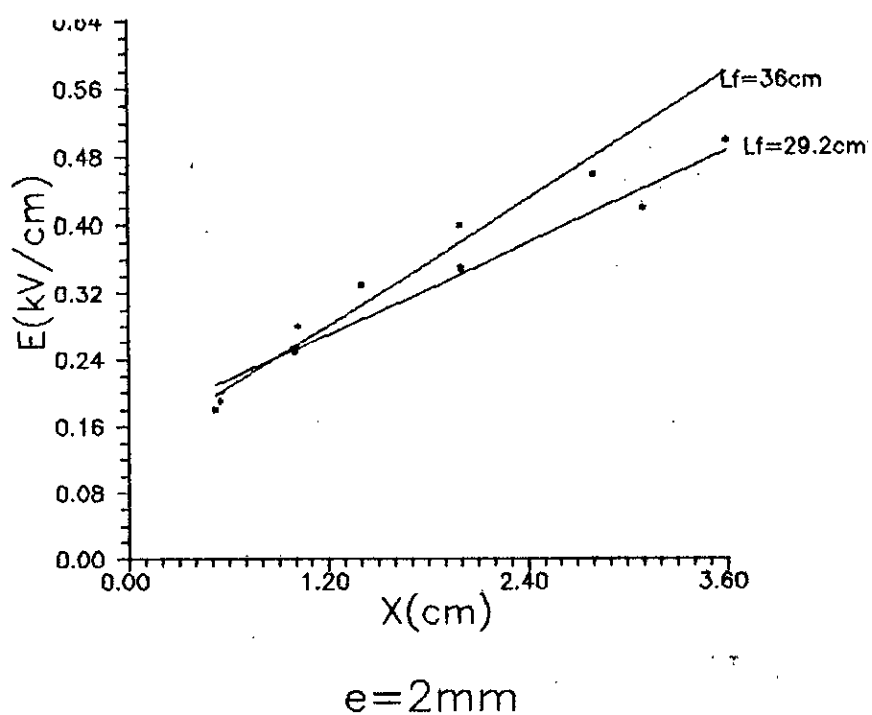
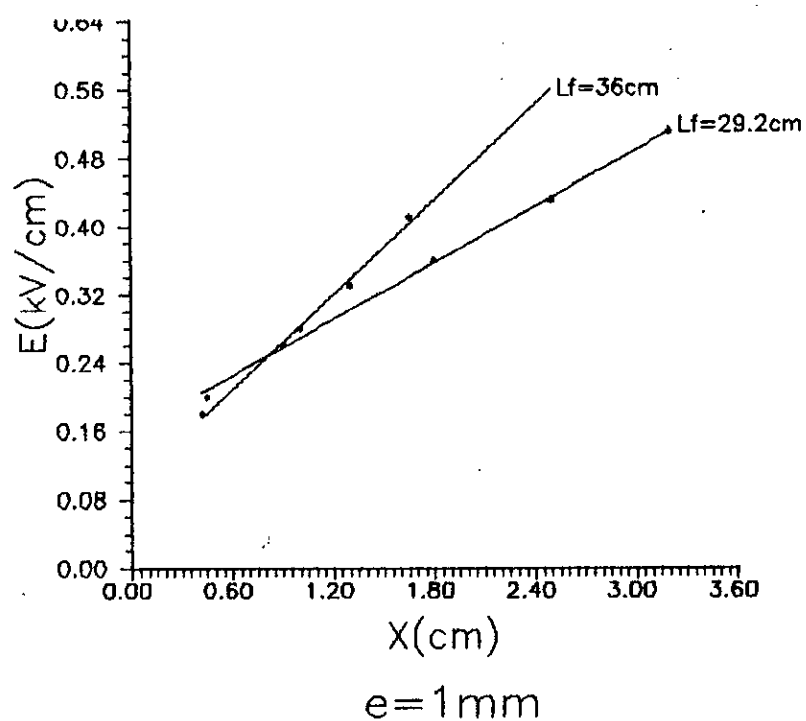


Fig.III.10: Variation de l'intensité du champ électrique en fonction de la longueur d'arc.

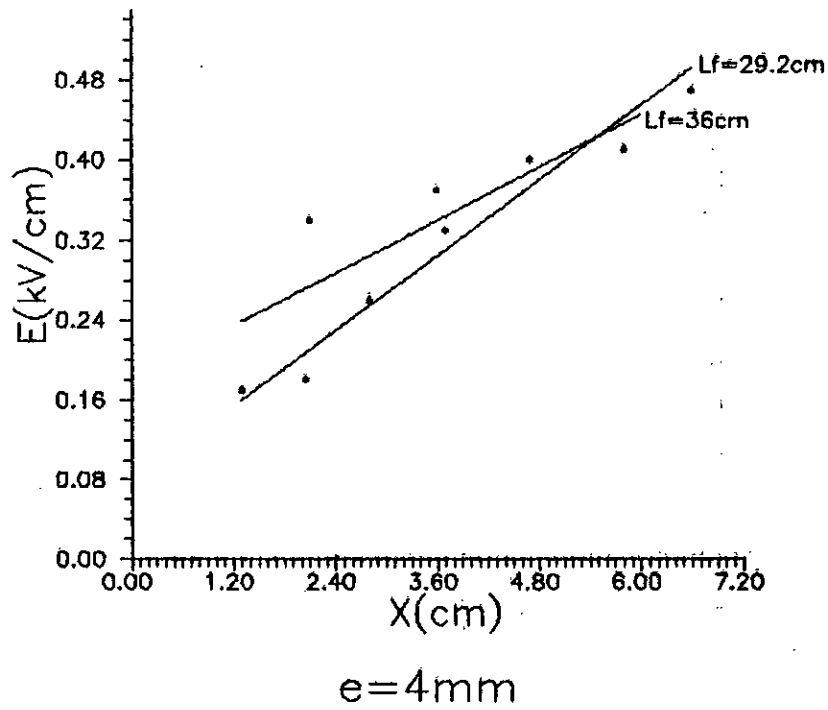
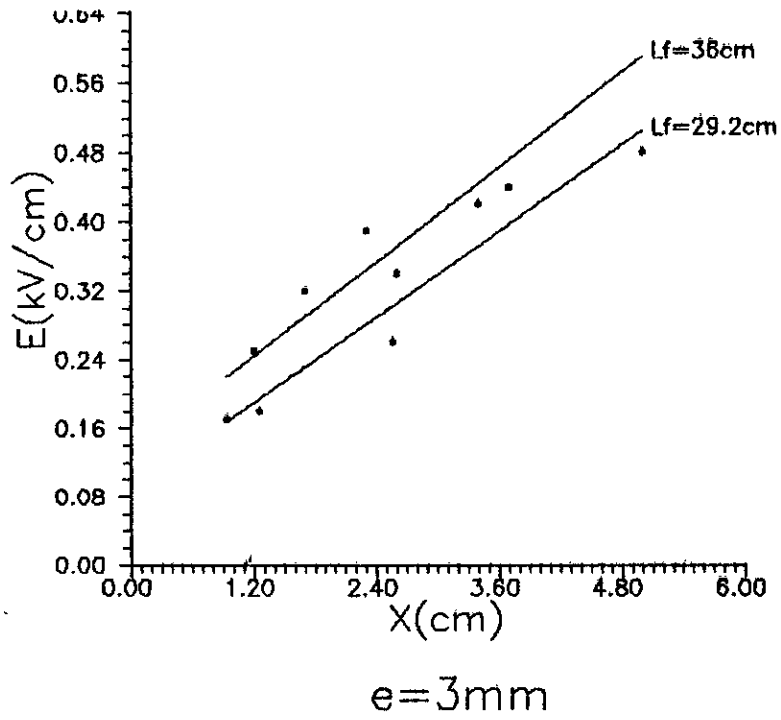


Fig.III.10: Suite.

c) Comparaison des deux résultants du courant de fuite :

D'après les résultats calculés nous pouvons tirer les remarques suivantes :

En général, les courants calculés est ceux trouvés expérimentalement sont dans le même ordre de grandeur.

Quelque soit la tension appliquée, pour les épaisseurs de 3 et 4mm le courant calculé et celui mesuré sont presque identiques; car l'erreur maximale ne dépasse plus 6%. Pour les épaisseurs de 1 et 2mm de la couche polluante et avec une tension appliquée de 2kV, l'écart entre les deux résultats est très faible. Cet écart évolue avec l'augmentation de la tension et devient considérable pour une tension de 6kV où l'erreur atteint 100% pour l'épaisseur de 1mm, et 28% pour l'épaisseur de 2mm [fig.III.11].

Pour la [fig.III.12], où la tension est faible (2 et 3kV), nous voyons clairement que l'erreur entre les courants mesuré et calculé diminue avec l'augmentation de l'épaisseur de la couche polluante. Cette erreur ne dépasse pas 20% pour les niveaux de tension assez grands (4 et 6kV) [fig.III.13].

D'après cette comparaison, nous pouvons conclure que le modèle théorique établi assimile bien notre modèle expérimental dans les deux cas suivants :

- grandes épaisseurs de la couche polluante.
- faibles niveaux de tension appliquée.

Pour les autres cas, la divergence entre les deux courants pourraient être éventuellement due au fait que l'humidification n'était pas faite d'une façon rigoureuse, et aussi la mesure de l'épaisseur de la couche polluante n'était pas bien précise.

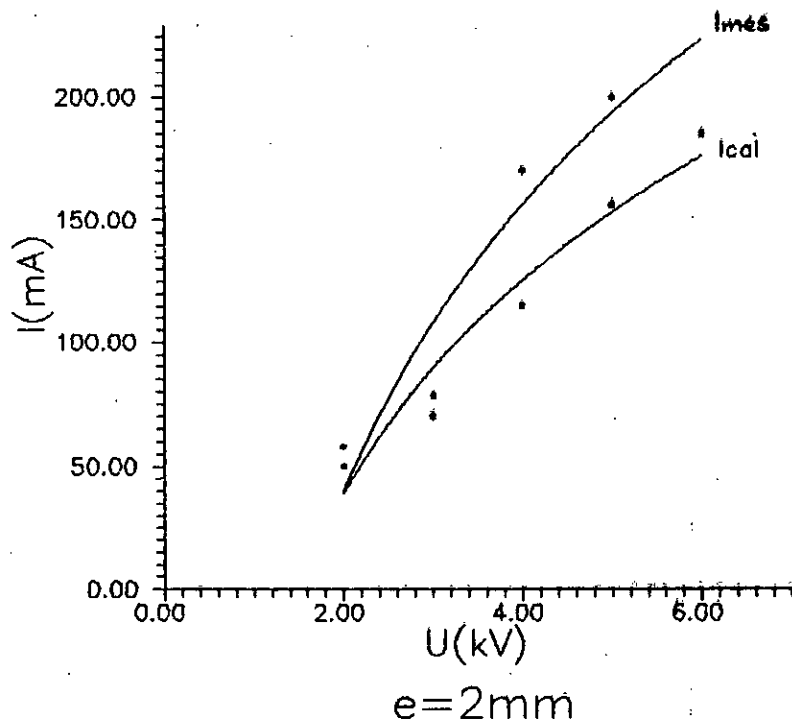
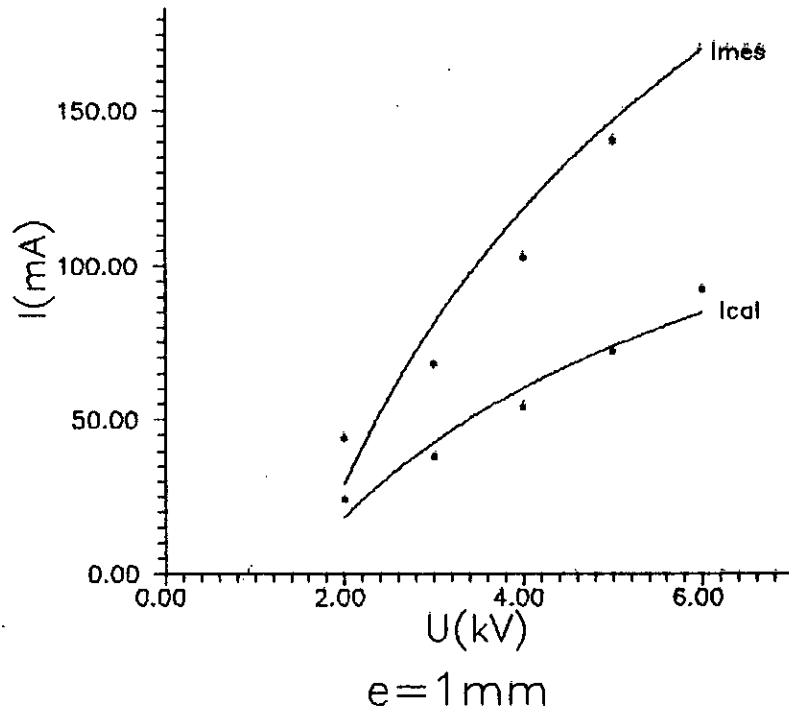


Fig.III.11: Variation du courant de fuite en fonction de la tension pour les deux modèles.

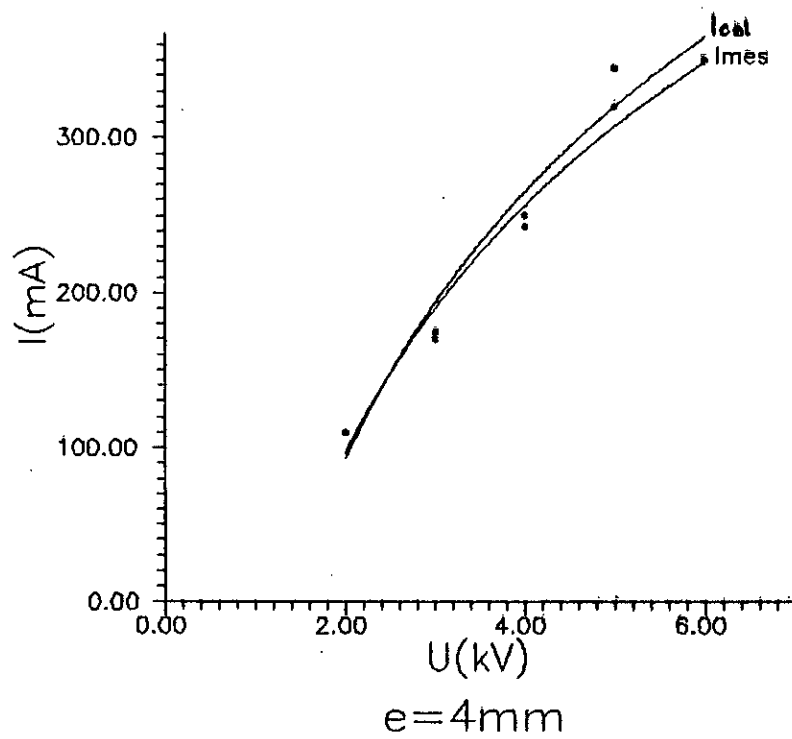
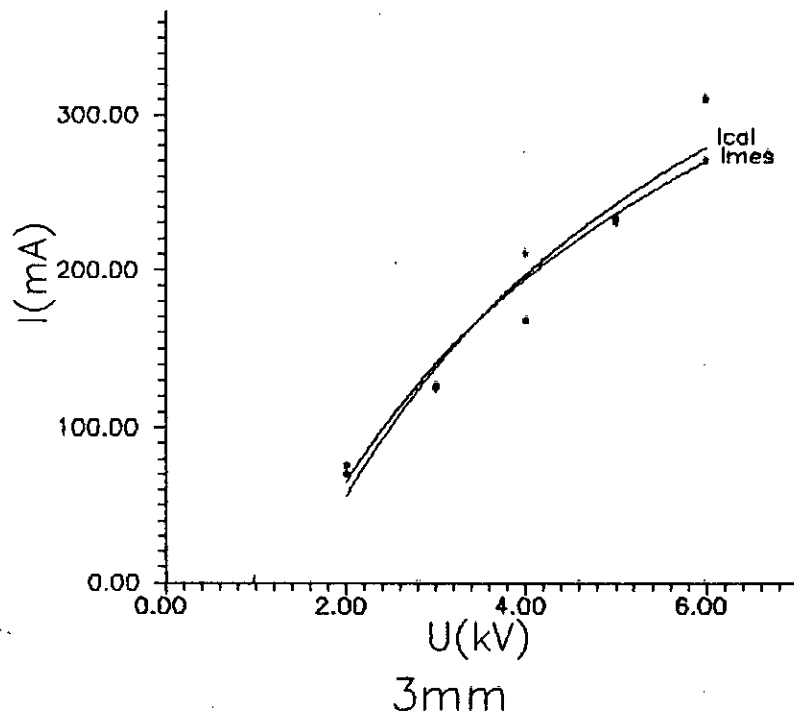


Fig.III.11: Suite.

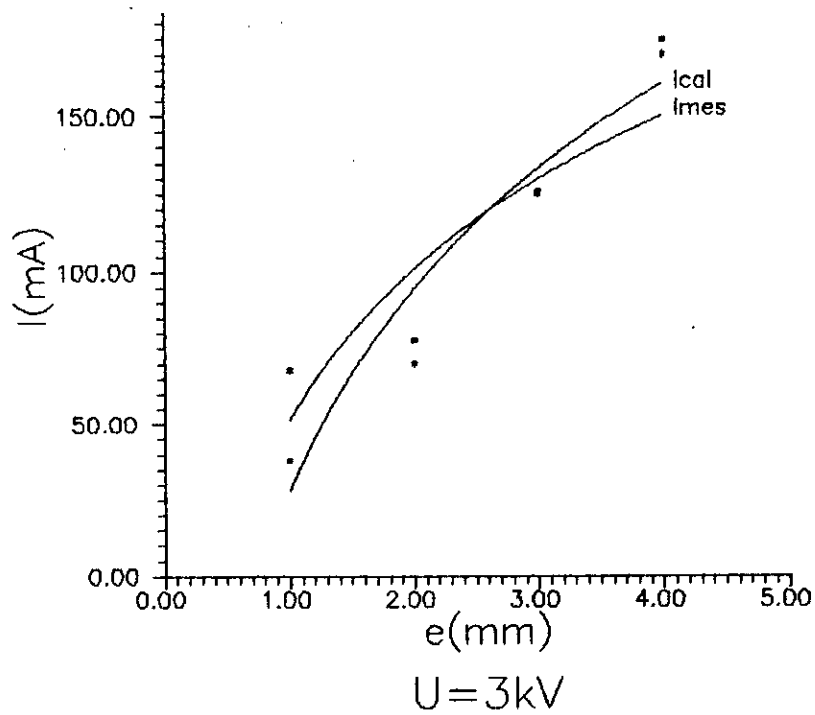
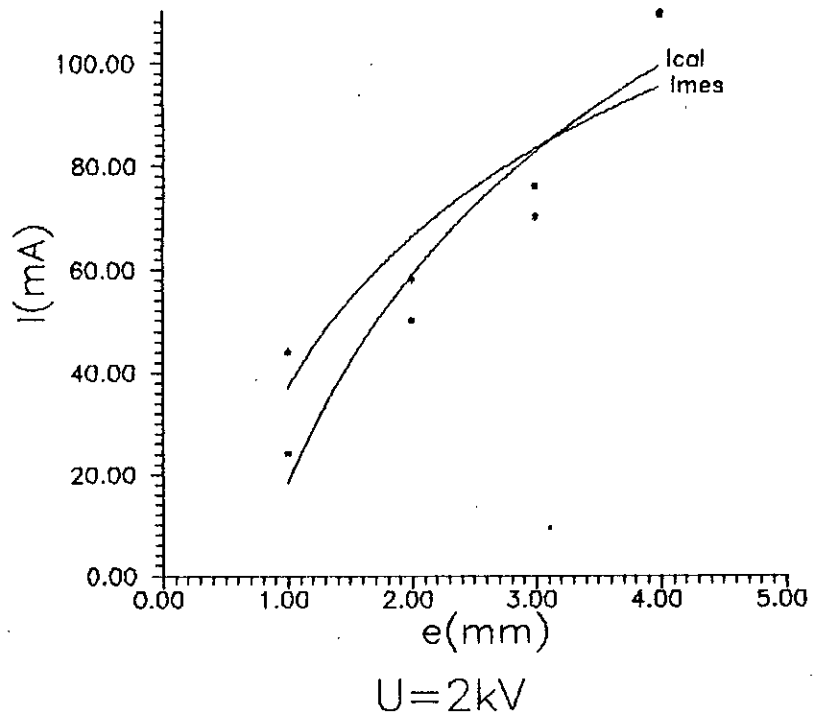


Fig.III.12: Variation du courant de fuite en fonction de l'épaisseur pour deux distances inter-électrodes.

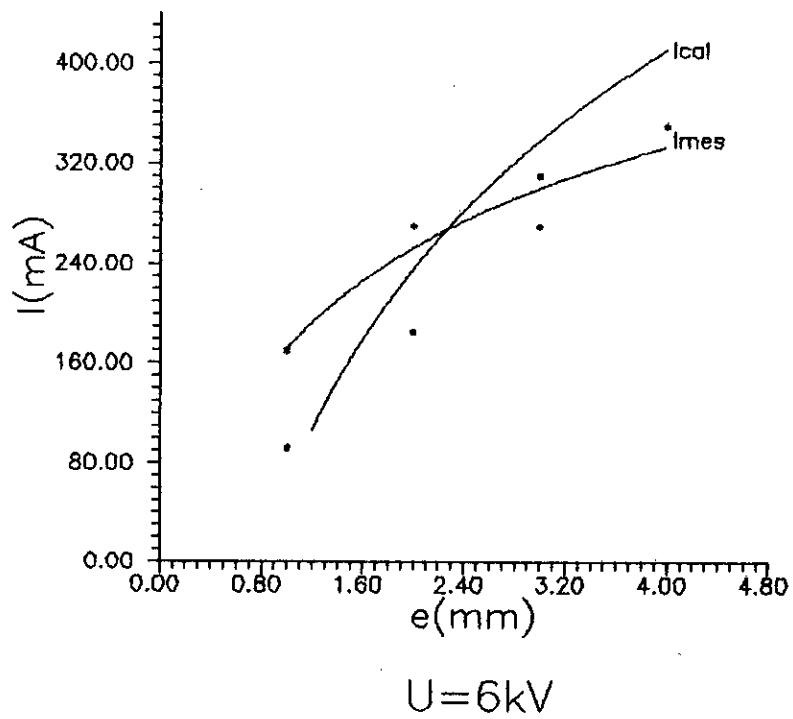
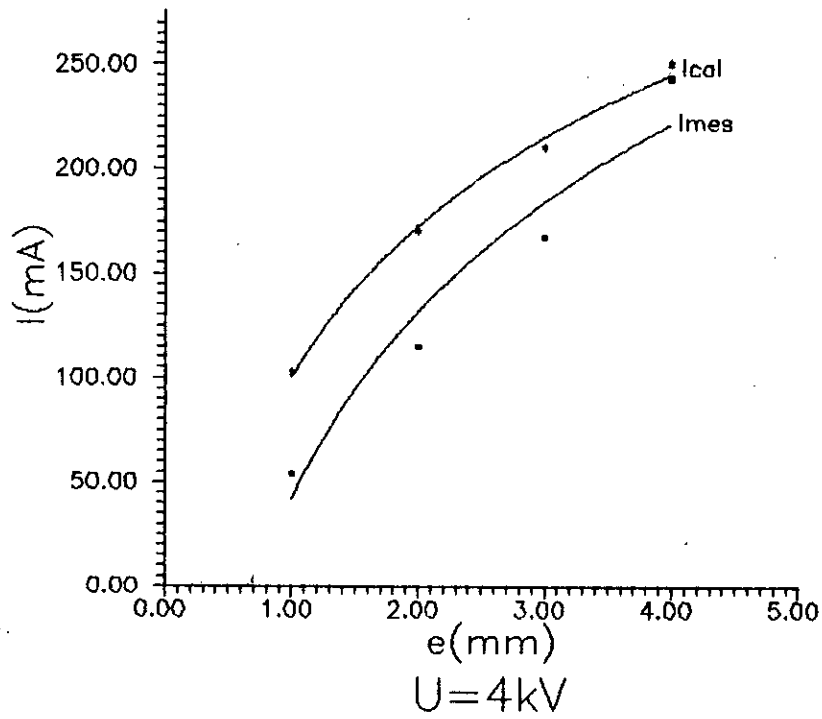


Fig.III.13: Variation du courant de fuite en fonction de l'épaisseur pour les deux modèles.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur le phénomène de contournement des isolateurs pollués en haute tension en général, et plus particulièrement celles concernant les paramètres influant sur l'allongement de l'arc électrique.

Nous nous sommes intéressés, malgré les difficultés rencontrées au laboratoire de haute tension, à l'étude de l'influence de l'épaisseur de la couche polluante sur le comportement des isolateurs pollués, car il s'avère très importante dans le sens où n'a jamais été étudiée profondément, auparavant.

Selon les résultats obtenus, nous pouvons dire qu'il y a une corrélation entre le courant de fuite et la tension appliquée. Cette corrélation est très affectée par la variation de l'épaisseur de la couche polluante. Cette dernière représente un paramètre important de la tenue des isolateurs sous pollution.

Nous constatons que les résultats simulés concordent plus ou moins avec ceux trouvés expérimentalement. Par ailleurs, vu que sa nature forcément idéalisée, le modèle théorique n'est en aucun cas destiné à se substituer aux essais, qui demeurent, à notre avis, indispensables pour l'obtention des données réelles.

Nous espérons que cette étude soit plus développée à l'avenir. Pour cela, nous suggérons d'abord, de reprendre le même travail en considérant des couches discontinues qui reflètent mieux la réalité, puis

Conclusion générale

du matériel pour le laboratoire de l'E.N.P qui répondrait aux mieux, aux besoins de l'élaboration de ces études et aux exigences des normes de la C.E.I.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] - M. TEGUAR- 'Etude mathématique des mécanismes de développement des décharges électriques sur des isolateurs installés en régions polluées', thèse de Magister, E.N.P, Alger 1993.
- [2] - A.MEKHALDI- 'Etude de développement d'arc électrique sur les surfaces contaminées par la surface désertique', thèse de Magister, E.N.P , Alger 1990.
- [3]- M.DOBARDZIC- 'Formes des décharges glissantes sous tension de choc 1,2/50 μ s sur les surfaces des diélectriques solides polluées par le sable de Sahara', thèse de Docteur-ingénieur, E.N.P Alger 1975.
- [4]- A. CIMADOR, S.VITET- 'La pollution des isolateurs externes', E.D.F- Epure N°27- juillet 1990.
- [5]- Sous groupe de VANDIN- 'La pollution des isolateurs', E.D.F- Vigilance N°42- 1er trimestre 1972.
- [6]- A. CMADOR, M.COJAN, P.HAUTEFEUILLE et M.MOREAU- 'Méthode de dimensionnement des lignes aériennes en régions polluées', CIGRE N°33.04. Paris 1978.
- [7]- M.P.VERMA, H.NNIKIASH, H.WEISE, H.LIPKEN, H.SHREIBER et C.F.LUXA- 'Critère de contournement par pollution et ses applications pour le dimensionnement et le contrôle de l'isolation', CIGRE N°33.09. Paris 1978.
- [8]- P. CLAVERIER ET Y.PORCHERON- 'Les phénomènes pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en région polluée', R.G.E, tome 82, N°3, mars 1973.
- [9]- Z. DJEMAI et F.BENAI- 'Essais sur site et au laboratoire d'isolateurs contaminés par la pollution industrielle au bord de la mer' projet de fin d'étude, E.N.P, Alger Juin 1986.
- [10]- P.G.LAMBETH, H.AUXEL et M.P.VERMA- 'Méthodes de mesure de la sévérité de la pollution compte tenu de son influence sur le comportement des isolateurs à haute tension', Electra N°20, janvier 1972.
- [11]- SIGRE groupe de travail du comité d'étude N°33- 'mesure de la sévérité de pollution des sites et application au dimensionnement des

- isolateurs pour les réseaux à courant alternatif isolateurs à haute', Electra N°64, mai 1979.
- [12]- C.E.I-60-1- 'Techniques des essais à haute tension 1ère partie, définitions et prescriptions générales relatives aux essais', 1ère édition, 1973.
- [13]- F.OBENAUS et FREMDSCHICHTUBER- 'Deutch elektrotechnik', vol. 4 1958.
- [14]- L.L.ASTRON et S.ZOLDZIOWSKI- 'Growth of discharges over polluted insulation', I.E.E TRANS. Vol.. N°7 juillet 1963.
- [15]- DANIS- 'Astochastic pollution flashover model', Fourth international symposium of high voltage engineering, ATHENS, GREECE, september 1983, rapport N°46-12.
- [16]- H. BOHME et F.OBENAUS- 'Essais de contournement sur des isolateurs pollués en laboratoire et en lien de service du point de vue de la conception d'un modèle d'amorçage pour courant rampant', CIGRE 1966 N°407.
- [17]- S.HESKETH- 'General criterion for the prediction of pollution of flashover. I.E.E.E. 114 N°4 1967.
- [18]- P. CLAVERIE- 'Predetermination of the behaviour of polluted insulators', E.D.F.
- [19]- EDELS et H. ETTINGER- 'Arc interruption and thermoreignition', I.E.E.E. 1962.
- [20]- CRAWFORD et EDELS- 'The reignition voltage characteristics of freely recovering arcs', I.E.E.E. 1960.
- [21]- A. NOSSEIR, H. ZARZOURA et E. EL-SHARKAWI- 'Dynamic characteristics of propagation arcs on polluted insulators', Fourth international symposium on high voltage engineering, ATHENS. GREECE 5-9 september 1983.
- [22]- A. MEKHALDI, S. BOUAZABIA- 'Conduction phenomena on polluted insulating surfaces under AC high voltages'- ninth international symposium on high voltage engineering, september 1995.
- [23]- LE ROY, GARY HULTZLER, LALOT et DUBANTON- 'Les propriétés diélectriques de l'air et les très haute tension', EYROLES Paris 1984.