

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Republique Algérienne Démocratique et Populaire

9/87

Es

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERHCE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE
PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Etude Du Developpement D'un Arc Electrique
Sur Une Surface Isolante Contaminée
Par La Pollution Desertique

Proposé par
A. BOUBAKEUR
Dr Es Sciences
Techniques

Etudié par
M. MEKHANET
A. NOUAR

Dirigé par
A. BOUBAKEUR
A. MEKHALDI

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Republique Algerienne Democratique et Populaire

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE
PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Etude Du Developpement D'un Arc Electrique
Sur Une Surface Isolante Contaminée
Par La Pollution Desertique

Proposé par
A. BOUBAKEUR
Dr Es Sciences
Techniques

Etudié par
M. MEKHANET
A. NOUAR

Dirigé par
A. BOUBAKEUR
A. MEKHALDI

REMERCIEMENT

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Nous tenons à exprimer ici, notre sincère reconnaissance et notre profonde gratitude à Monsieur Ahmed BOUBAKEUR, pour tous les Conseils utiles qu'il n'a cessé de nous prodiguer et le temps précieux qu'il nous a consacré pour l'élaboration de ce travail.

Nos remerciements vont aussi à Monsieur A. MEKHALDI pour ses Conseils et l'aide précieuse apportée à l'élaboration de ce travail.

Nous remercions également, Madame FERRAS pour ses Conseils utiles.

Nous tenons également à remercier, Messieurs Les Membres du Jury pour avoir bien voulu examiner notre modeste travail.

Nos remerciements vont également à Monsieur DADA Md.Nourre-Eddine pour sa collaboration à l'élaboration de ce document.

Que tous ceux, qui, de près ou de loin ont Contribué à notre Formation, Veuillez bien accepter ici, l'expression de notre profonde gratitude et nos sincères remerciements.

DEDICACES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL
A MES CHERS PARENTS

EN SIGNE DE RECONNAISSANCE, DE SOUTIEN
MORAL ET MATERIEL ET LEURS ENCOURAGEMENTS
DURANT MES ETUDES,

- A MES GRAND-MERES
- A MES FRERES ET SOEURS
- A TOUTE LA FAMILLE

N O U A R A L L E L

- A LA MEMOIRE DE MA MERE
- A MON CHER PERE ALLAL
- A MON CHER DADA Mohamed Nourre-Eddine
- A MA CHERE SOEUR BENT-AMAR
- A MES CHERS FRERES ET SOEURS
- A TOUTE MA FAMILLE
- A TOUS MES AMIS

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL

MEKHANET Mohamed

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....

CHAPITRE -I- Synthèse bibliographique des modèles utilisés pour l'étude des décharges électriques sur une Surface polluée.

1-1- Courant de Fuite.....

1-2- Principaux modèles utilisés pour l'étude du développement de l'arc électrique....

1-2-1- Modèles en courant continue.....

1-2-2- Modèles en courant alternatif.....

CHAPITRE -II- Identification de la région étudiée et de l'agent polluant.

2-1- Précipitation et humidité.....

2-2- Influences des conditions météorologiques désertiques.....

2-3- Caractéristiques de l'agent polluant....

2-3-1- Caractéristiques physiques.....

2-3-2- Caractéristique électrique.....

2-3-3- Caractéristiques chimiques.....

CHAPITRE -III- Etude expérimentale.

3-1- Circuit de mesure.....

3-2- Essais préliminaires.....

3-3- Mode opératoire.....

3-4- Essai.....

3-4-1- Observation du phénomène.....

3-4-2- Résultats.....

3-4-3- Interprétations des résultats.....

CONCLUSION.....

ANNEXE.....

BIBLIOGRAPHIE.....

INTRODUCTION

La plupart des incidents d'exploitation affectant les ouvrages de transport d'énergie électrique en haute tension sont consécutifs à des décharges se produisant sur les surfaces isolantes polluées et se propagent jusqu'au contournement de celle-ci.

En effet, on s'est rendu compte que dans les Zônes à fortes pollution, notamment en Zônes désertiques qui présentent un environnement de pollution particulier, le phénomène de contournement pouvait constituer le facteur essentiel pour l'étude de l'isolement des lignes à haute tension.

Mais cela demandait l'étude du phénomène du point de vue physique, ce qui avait fait l'objet de plusieurs recherches en vue d'en formuler un modèle de décharge.

Dans la présente étude, nous nous intéressons au phénomène de développement des décharges à travers les dépôts de contamination désertique sur une surface isolante.

Dans un premier chapitre, nous exposons les principaux modèles déjà utilisés par certains chercheurs pour l'étude du phénomène de contournement.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons les conditions climatiques au Sahara Algérien et leur influence sur la contamination des isolateurs.

Le Troisième chapitre, concerne les essais réalisés et les résultats obtenus.

L'objet de notre travail était essentiellement la réalisation du montage d'essai et de mesure concernant le courant de fuite et le développement de l'arc électrique.

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE DES MODELES UTILISES POUR L'ETUDE DES DECHARGES ELECTRIQUES SUR UNE SURFACE ISOLANTE POLLUEE

GENERALITES :

=====

En fonction du type de tension appliquée (Continue ou Alternative), et tenant compte du courant de fuite, plusieurs Auteurs ont proposé différents modèles pour l'étude concernant le développement des décharges électriques sur une surface isolante polluée.

1-1 COURANT DE FUITE :

Le courant de fuite est un courant de faible amplitude circulant à travers les dépôts polluants et humectés, qui se fixent à la surface de l'isolant. Ces dépôts constituent des couches électrolytiques composées de sels solubles et de matériaux inertes ; La dissolution de ces sels donne des ions, lesquels seront les porteurs de charges.

Le courant sinusoïdal croît à mesure que l'électrolyte s'échauffe par le passage de ce même courant. Au bout de quelques périodes, l'échauffement est tel que dans les régions à plus forte densité de courant, le liquide est vaporisé et une étroite zone sèche apparaît; dès lors la tension entre l'électrode et le bord de la zone sèche étant à peu près égale à la tension totale appliquée entre les électrodes, un arc électrique s'établi // le long de la zone sèche. Le courant dans le circuit cesse dès cet instant d'être sinusoïdal pour n'être plus constitué que d'impulsions de niveau variable, l'arc se réamorce à chaque alternance en empruntant tout ou partie du trajet précédemment ionisé. Dans certains cas la conductivité de la couche est telle que ces arcs se développent jusqu'à provoquer le contournement total de l'isolant //.

Sous tension alternative, la forme d'onde du courant dans l'arc à l'allure représentée sur la figure .1.

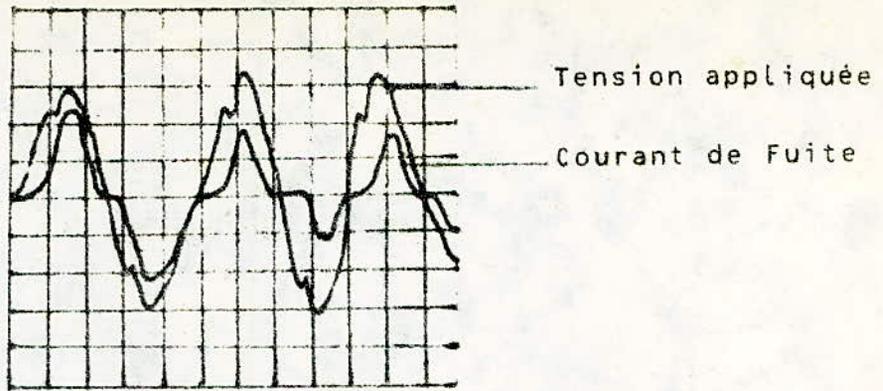


FIGURE -1- VARIATION DU COURANT DE FUITE,
ET DE LA TENSION APPLIQUEE.

Le courant de fuite (d'arc) d'un isolateur pollué est constitué d'impulsions de niveau variable qui sont répartis aléatoirement dans le temps /2/.

Dans la couche polluante, les sels sont les principaux constituants actifs jouant le rôle essentiel dans le passage du courant de fuite. D'après les études faites par A.EL-SOULAYMANE et M.I KOURICHI /3/ sur l'effet des sels sur ce courant ; et les résultats obtenus par M.P VERMA /4/, nous donnons les observations suivantes :

-L'onde du courant de fuite apparait généralement sur les alternances négatives et positives avec deux pointes, et elle change d'amplitude et de forme avec la variation de la conductivité de la couche polluante et le type de sels (Figure .2.) contenus dans cette couche.

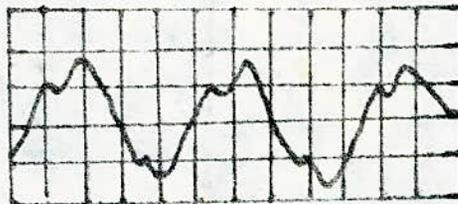


FIGURE -2- LA FORME D'ONDE DU COURANT DE FUITE.

-Les gouttes d'eau qui vont pénétrer dans la couche de contamination dissolvent les sels jusqu'à la saturation limite.

-Le courant de fuite dépend largement de la solubilité de chaque sel contenu dans la couche polluante.

-L'augmentation du volume de la solution augmente la conductivité de la couche superficielle, et par conséquent le courant augmente.

-Le courant croît très vite pour atteindre son maximum après quelques minutes, après lesquelles il demeure stable, puis il commence à diminuer lentement et ce à cause des constituants actifs et matériaux inertes contenus dans la couche polluante.

-Il existe une valeur caractéristique dite courant de fuite maximale, définie comme étant la valeur maximale dans la dernière demi-période précédent le contournement.

-La valeur maximale du courant de fuite correspond à la longueur critique de l'arc électrique.

-Le courant de fuite demeure constant aussi longtemps que la solution électrolytique maintient sa conductivité.

-La résistance superficielle commence à augmenter quand l'électrolyte commence à ruisseler de la surface de l'isolateur.

1-2 PRINCIPAUX MODELES UTILISES POUR L'ETUDE DU DEVELOPPEMENT DE L'ARC ELECTRIQUE.

Il existe deux aspects fondamentaux, pour la représentation du phénomène de l'arc électrique sur des surfaces contaminées:

-Formulation de la tension minimale nécessaire au maintien d'un arc partiel en série avec une couche de pollution.

-Formulation d'un critère de propagation de l'arc sur la surface de l'isolant, contaminée et mouillée /5/.

Plusieurs modèles ont été développés en vue de formuler un critère d'existence d'un arc sous tension continue, et furent très souvent employés pour tenir compte des résultats obtenus dans le cas des tensions alternatives.

-1-2-1 MODELES EN COURANT CONTINU :

Les premières analyses qualitatives des phénomènes d'arc se produisant sur des surfaces contaminées ont été faites par "OBENAU" en 1958 / 5 ; 6/. Selon cet Auteur, la tension d'entretien de l'arc est donnée par la formule suivante :

$$V_{\text{arc}} = \frac{N \cdot X}{i^n} \dots \dots \dots (1)$$

où X : Longueur d'arc

i : Courant de fuite (d'arc)

N et n: Constantes déterminées pour des arcs dans l'air, par différents Chercheurs, $0,45 \leq n \leq 1,30$ $N \leq 200$

Lorsque l'arc électrique se développe sur une surface polluée, l'isolateur peut être représenté par un circuit équivalent comprenant l'arc partiel de longueur X en série avec une résistance résiduelle R_p (Figure -3-)

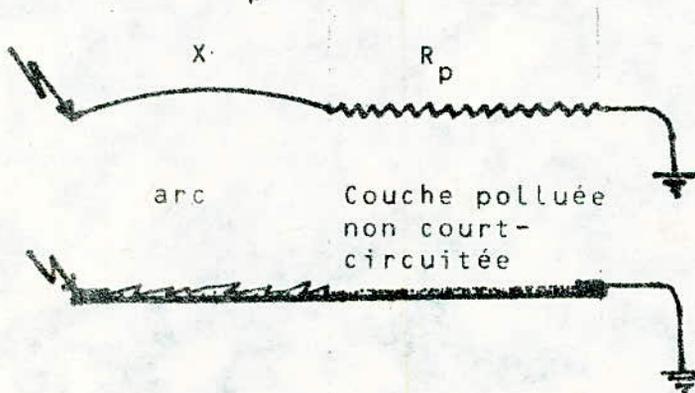


FIGURE -3- CIRCUIT ELECTRIQUE UTILISE POUR L'ETUDE DU DEVELOPPEMENT D'ARC D'APRES "OBENAU".

L'équation du circuit est donnée par la relation suivante :

$$V \text{ (Tension appliquée)} = V_{\text{arc}} + R_p \cdot i = \frac{N X}{i^n} + R_p i \dots \dots \dots (2)$$

avec R_p : La résistance de la couche polluante non court-circuitée.

-1-2-1-1 MODELE A RESISTANCE DE POLLUTION UNIFORME :

En 1959 NEUMÄRKER /5 ; 7/ a fait une hypothèse supplémentaire d'une résistance de pollution uniforme par unité de longueur de fuite \bar{r}_p .

$$R_p = \bar{r}_p \cdot (L - X) \dots \dots \dots (3)$$

avec \bar{r}_p : résistance de pollution moyenne par unité de longueur de fuite.

L : Longueur de la ligne de fuite.

En se basant sur les équations qu'il a déjà établies, et tenant compte de la relation (3), les expressions suivantes ont été tirées :

-Longueur d'arc critique $X_c = \frac{L}{n+1} \dots \dots \dots (4)$

-Tension critique $V_c = N^{(1/n+1)} \bar{r}_p^{(n/n+1)} \cdot L \dots \dots \dots (5)$

-Le Courant critique $i_c = \frac{V_c}{L \cdot \bar{r}_p} = (N/\bar{r}_p)^{(1/n+1)} \dots \dots \dots (6)$

En 1963 les deux chercheurs "ALSTON et ZOELEDZIOWSKI" /8/ ont proposé un modèle simplifié (Figure -4-) en utilisant un isolateur cylindrique de longueur "L".

.../...

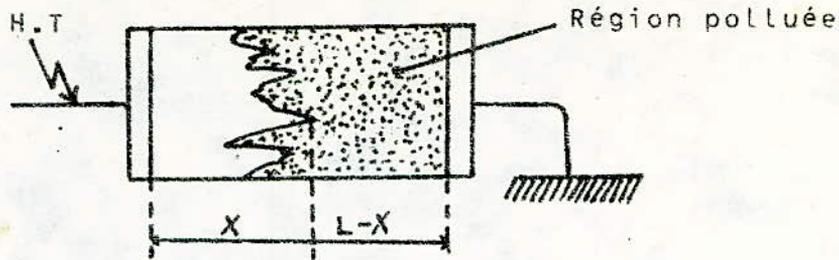


FIGURE -4- MODELE EXPERIMENTAL UTILISE PAR ALSTON ET ZOELEDZIOWSKI.

A partir des mesures expérimentales ils ont donné l'expression suivante de la tension d'arc :

$$V_{arc} = X \cdot A \cdot i^{-n} + B \dots\dots\dots(7)$$

A, B et n : Constantes déterminées à partir des résultats expérimentaux (A = 63 VA/cm , B = 370 V , n = 0,76)

Lorsque la tension appliquée dépasse quelques kV la constante B peut être négligée, et la tension d'arc devient :

$$V_{arc} = 63 \cdot X / i^{0,76} \dots\dots\dots(8)$$

Puisque la résistance R_p de la couche en série avec l'arc dépend de la résistivité de la couche de pollution, ils ont utilisé l'hypothèse de "NEUMÄRKER" (relation .3.), pour déterminer l'expression de la tension totale appliquée au circuit équivalent de l'isolateur pollué :

$$V = 63 \cdot X / i^{0,76} + \bar{r}_p (L - X) i \dots\dots\dots(9)$$

La condition de maintien d'un arc électrique ayant n'importe quelle longueur X est donnée par l'expression de la tension de maintien de cet arc :

$$V_m = (n + 1) (A \cdot X)^{(1/n+1)} (\bar{r}_p (L - X) / n)^{n/n+1} \dots\dots\dots(10)$$

A : Constante de la caractéristique de réalumage d'arc. La caractéristique $V_m(X)$ est représentée par la figure -5-

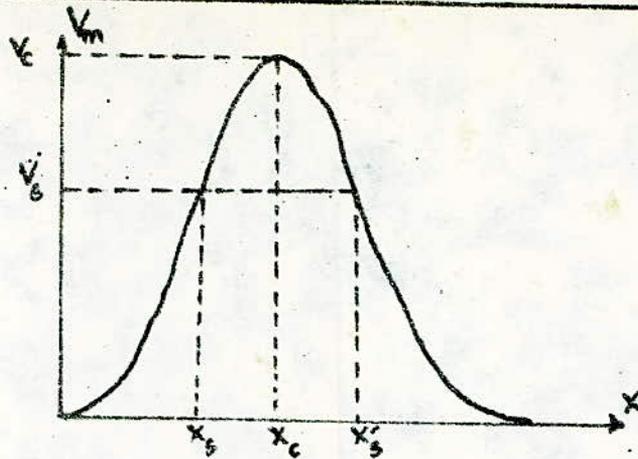


FIGURE -5- REPRESENTATION DE LA CARACTERISTIQUE.

$$V_m(X) = f(X)$$

Si V_s est la tension appliquée à l'isolateur, la décharge étant très brève, l'arc pourrait se développer jusqu'à ce que X soit égale à X_s mais pas d'avantage, car la tension devrait dépasser V_s .

Si la longueur d'arc initiale dépassait X'_s tout accroissement de cette longueur réduirait la tension de maintien. Le contournement est donc impossible pour une tension appliquée et une longueur d'arc initiale inférieure aux valeurs critiques données par les relations suivantes :

-Tension critique $V_c = A^{1/n+1} \cdot L \cdot \frac{-n/n+1}{r_p}$ (11)

-Longueur critique $X_c = L / (n+1)$ (12)

La tension critique est obtenue en remplaçant dans l'expression 10, X par X_c donnée par la formule 4.

-1-2-1-2 MODELE DE LA COUCHE MIXTE :

En 1966 OBENAU et BOEHME /9/ ont proposé un modèle représentant la résistance superficielle d'un isolateur pollué à long fût en considérant que la couche se divise en deux parties (Figure -6-).

.../...

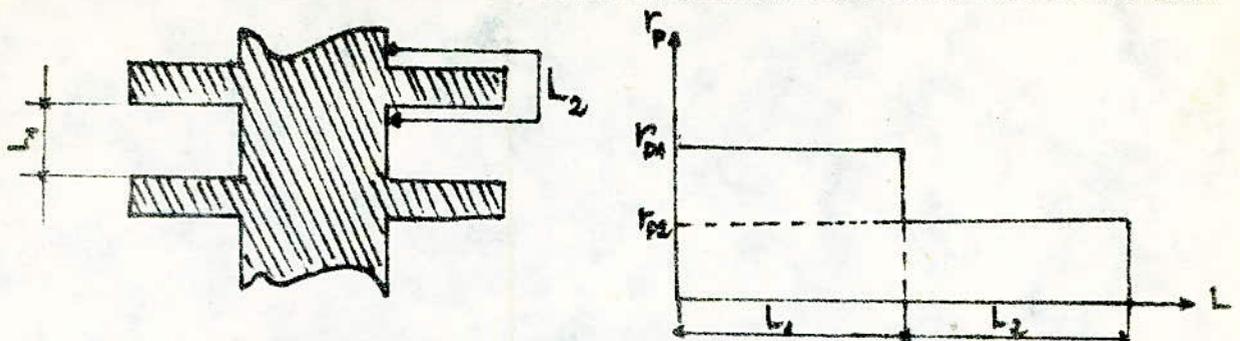


FIGURE -6- MODELE D'UN ISOLATEUR A LONG FUT ET LA DISTRIBUTION DE r_p SELON BOEHME-OBENAU.

- La première partie de longueur L_1 , ayant une résistance lineique r_{p1} , correspond à la tige.
- La deuxième partie de longueur L_2 , ayant une résistance lineique r_{p2} , correspond aux ailettes.

En utilisant l'hypothèse faite par HAMPTON /5/ un critère fût élaboré par HESKETH /5/ donnant la relation du gradient de contournement critique en fonction des deux paramètres N et r_{p1} :

$$E_c = V_c / L = 0,8 (N \cdot r_{p1})^{0,5} \dots\dots\dots (13)$$

Pour $N = 80$ V.A/cm Les deux Auteurs ont constaté que pour les faibles niveaux de pollution, le modèle concordait avec les résultats expérimentaux obtenus en courant alternatif, (Figure -7-).

.../...

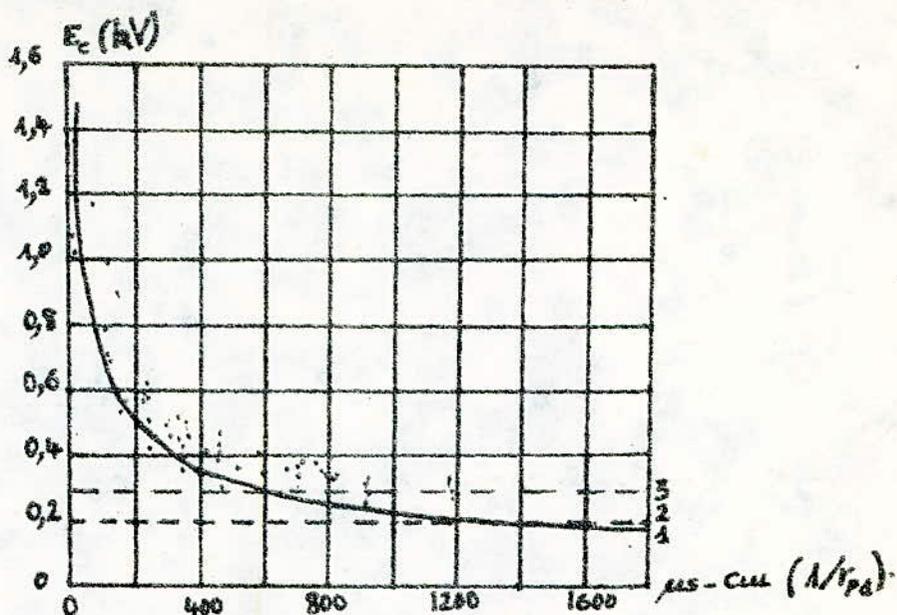


FIGURE -7- GRADIENT DE CONTOURNEMENT EN FONCTION DE LA CONDUCTANCE SPECIFIQUE $1/r_{p1}$

- COURBE (1) CALCULEE $V_c/L=0,8 (r_{p1} \cdot 80 VA/cm)^{0,5}$
- COURBE (2) SOLLICITATION DANS LES REGIONS A FORTE POLLUTION.
- COURBE (3) SOLLICITATION DANS LES REGIONS A FAIBLE POLLUTION.

-1-2-1-3- MODELE DU DISQUE CIRCULAIRE :

Ce modèle a été proposé par WOODSON et MC ELROY en 1970 /5 ; 10/. La configuration géométrique de l'isolateur considéré est représentée à la figure -8-.

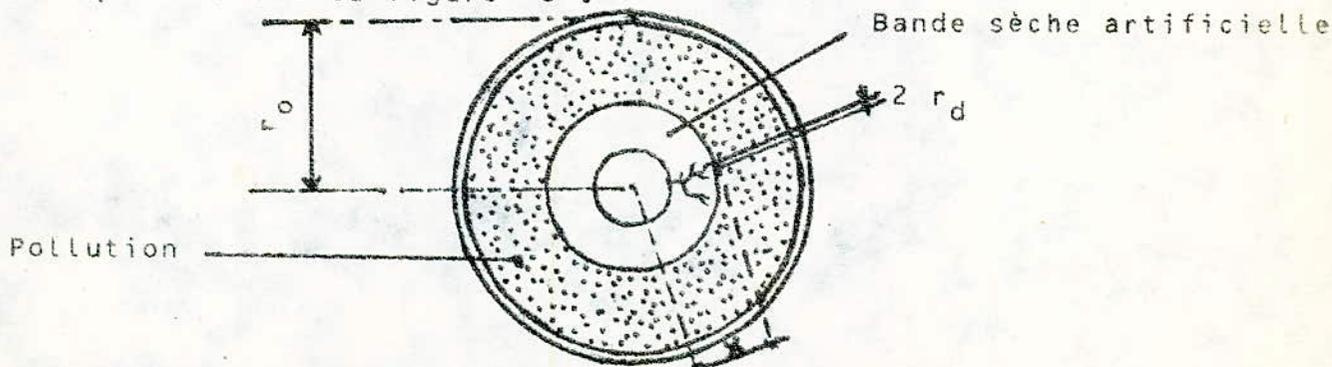


FIGURE -8- MODELE DU DISQUE CIRCULAIRE D'APRES WOODSON et MC ELROY.

Les deux Auteurs ont élaboré une relation qui donne la résistance superficielle de la couche de pollution humide R_p en fonction de la position radiale "X" de la base de l'arc, du rayon d'arc " r_d ", du rayon de l'électrode externe " r_o " et la conductivité superficielle γ de la couche polluante.

$$R_p = \text{Constante} \cdot f(r_d, X, r_o) / \gamma \quad \dots\dots\dots(15)$$

En négligent l'effet du rayon r_d sur la fonction "f", les deux Auteurs obtiennent la relation suivante :

$$R_p = \text{Constante} \cdot (r_o - X)^m / \gamma \quad \dots\dots\dots(16)$$

Avec m : une constante.

Ce modèle n'a pas pu donner des interprétations à des résultats d'essais de contournement en régime alternatif, ceci est dû au fait que les deux Auteurs n'avaient pas considéré dans leur modèle le cas où la couche est non uniforme.

-1-2-2- MODELES EN COURANT ALTERNATIF :

-1-2-2-1- MODELES THEORIQUES :

En courant alternatif l'arc électrique s'éteint chaque fois que le courant s'annule (2 fois par période) d'après RIZK /5/ son réallumage se fait par rupture de l'équilibre énergétique et rupture diélectrique.

La rupture énergétique se fait lorsque l'espace où se maintient l'arc résiduel ne parvient plus à dissiper l'énergie injectée dans le plasma. Elle provoque une croissance très rapide de la tension de rétablissement.

La rupture diélectrique vient après la rupture énergétique, lorsque l'espace résiduel aura perdu sa résistivité électrique ; autrement dit lorsque la valeur instantanée de la tension de rétablissement aura dépassé la tension de contournement de l'espace /5/.

Deux modèles concernant, respectivement, le réallumage par rupture énergétique, et le réallumage par rupture

diélectrique, ont été proposé par MAIKOPAR et RIZK. Ils n'ont pas pas été pris en considération vu leur aspect purement théorique

-1-2-2-2- MODELES EXPERIMENTAUX :

Ces modèles sont établis exclusivement à partir de résultats expérimentaux.

En 1969 "HERLEY et LIMBOURN" /5 ; 11/ ont pu proposé un modèle basé sur une relation empirique donnant la tension minimale nécessaire pour l'entretien d'un arc alternatif dans un espace entre deux tiges de distance X , en série avec une résistance R_p :

$$V_{cx} = \text{constante} \cdot (X^2 \cdot R_p)^{1/3} \dots\dots\dots (17)$$

En 1973 "CLAVERIE ET PORCHERON" /1/ ont proposé leur modèle expérimental basé sur une relation empirique, donnant la tension de réallumage minimale en fonction du courant de fuite et de la longueur de l'arc "X" :

$$V_{\min} = 800 \cdot X / i^{0,5} \dots\dots\dots (18)$$

Ces deux Auteurs considèrent la résistance de la couche polluante parcourue par le courant de fuite, comme étant le produit de deux termes, ρ et F(X) :

$$R_p(X) = \rho \cdot F(X) \dots\dots\dots (19)$$

Avec X : La Longueur maximale d'arc

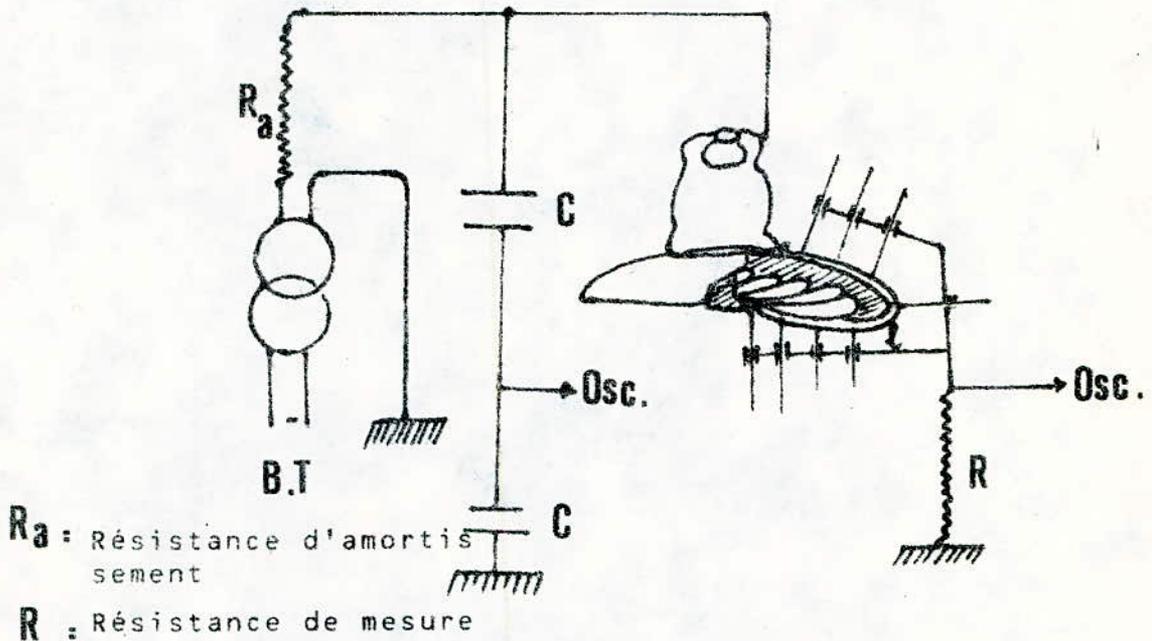
F(X) : Fonction de répartition de la couche polluante sur la surface de l'isolant. Elle est indépendante du site (Type de pollution) et ne dépend que de la forme géométrique de l'isolateur.

ρ : Résistivité de la couche polluante. Ce paramètre dépend uniquement du type de pollution.

La fonction R_p(X) à été déterminée expérimentalement à partir de deux méthodes, l'une directe et l'autre indirecte.

-METHODE DIRECTE :

Le principe de cette méthode est basé sur la mesure du courant de fuite en différents points de la surface polluée et ce en empruntant le chemin "l" (figure -9-) de cela on tire la fonction $R_p(l)$ ou R_p est la résistance mesurée dans chaque point du chemin (l).



-FIGURE -9- SCHEMA DU CIRCUIT DE MESURE DE $R_p(l)$
PAR LA METHODE DIRECTE D'APRES...
(CLAVERIE ET PORCHERON).

-METHODE INDIRECTE :

Cette méthode consiste à calculer X et $R_p(X)$ à partir des deux relations suivantes :

$$X = V \cdot \sqrt{I} / 800 \dots\dots\dots(20)$$

$$R_p(X) = 0,88 \cdot \frac{V}{I} \dots\dots\dots(21)$$

Où I : est le courant maximal correspond à la longueur X de l'arc électrique.

Ainsi pour déterminer la fonction $R_p(\infty)$, il suffit de mesurer le courant de fuite maximale sous différentes tensions V .

-----000-----

CHAPITRE II

IDENTIFICATION DE LA REGION ETUDIEE ET DE L'AGENT POLLUANT

GENERALITES

=====

Dans les premières années de l'installation du réseau Electrique dans certaines régions désertiques du Monde, on pensait que ce milieu aride serait plus favorable au transport d'énergie électrique et la probabilité d'incidents y serait très faible. Après quelques années de mise en service de ces réseaux, il est apparu que les résultats des prévisions faites au paravant étaient plutôt décevants.

En effet, il s'est avéré que ce milieu était d'une sévérité plus dangereuse. Le Sahara, le plus vaste désert du Monde, dont l'Algérie possède une grande partie, est situé de part et d'autre du tropique du Cancer et correspond à la plus vaste région continentale qui soit soumise à l'influence des hautes pressions tropicales /12/.

Le Sahara est d'autre part soumis à un ensemble de climats différents caractérisés par des manifestations irrégulières telles que pluie, humidité...etc

En général, de jour le temps est sec, l'évaporation est accentuée et les vents soufflent de façon continue et parfois même très violents /12/.

Dans ce Chapitre, on donne quelques informations concernant le Climat du Sahara-Algérien. Nous nous intéressons plus particulièrement aux facteurs qui ont un rôle prépondérant dans la formation des Couches polluantes.

2-1- PRECIPITATIONS ET HUMIDITE :

2-1-1- PRECIPITATIONS :

Au Sahara-Algérien, les précipitations qui apparaissent, d'ailleurs rarement, sont les suivantes : Pluie, brouillard, rosée, gelée blanche et dans certaines régions neige /13/.

.../...

Les plus importantes précipitations ont lieu généralement entre Novembre et Février, et ceci suivant la situation géographique des régions. En Juillet par contre, on note les plus faibles précipitations. /13/.

2-1-2 CARACTERISTIQUES DES PLUIES SAHARIENNES :

Les pluies sahariennes sont caractérisées par leur courte durée (quelques minutes ou heures) Exceptionnellement en hiver, elles peuvent persister plusieurs heures et quelques fois plusieurs jours /13/.

La fréquence des pluies non mesurables ($< 0,1$ mm) est élevée par rapport à la fréquence des pluies mesurables ($> 0,1$ mm). Elle est de 1,5 à 3,4 fois plus importantes que celle-ci. Quelques fois il peut se produire de fortes chutes de pluie, dont la hauteur dépasse 30 mm en 24 Heures. Ces pluies ont en général lieu en Septembre et Octobre /14/.

2-1-3 PRECIPITATIONS OCCULTES :

Il existe peu de renseignements sur les phénomènes de rosée, de gelée blanche, de givre ou de verglas qui peuvent éventuellement avoir lieu au Sahara /15/.

La gelée blanche et le givre sont rares même à haute altitude, quant au verglas, il est encore plus exceptionnel /15/. Le brouillard à une fréquence moyenne d'apparition de l'ordre d'une fois par an /15/.

Pour Hassi-Messaoud par exemple au cours de l'année 1975 le brouillard est apparu six fois d'après les statistiques faites par l'Office National de la Météorologie O.N.M (ORAN-SEDDIKIA). Alors qu'en moyenne on compte dans cette région 21 jours de rosée, 4 jours de gelée blanche et 1 jour de brouillard et ce entre 1960, et 1969 /15/.

A Hassi-R'Mel, d'après les données de l'O.N.M, la gelée sous abris est apparue 10 fois au cours de l'année 1973.

2-1-4 H U M I D I T E :

Dans les régions qui nous intéressent le plus (Hassi-Messaoud, Hassi R'Mel, et Touggourt). L'Humidité est accentuée surtout en hiver (de Novembre à Janvier) (Figure 10).

Le degré hygrométrique peut atteindre durant ces Mois, une valeur de 100 %, ceci plus couramment entre 03H00 heures et 06H00 heures du matin et baisser de 40 % vers 09H00 heures du matin /16/.

2-1-5 LES ORAGES :

Le nombre de jours d'orage par an est restreint. Ceux-ci surviennent surtout pendant le Mois d'Octobre et parfois au Mois de Juin. La proportion du nombre de jours d'orage par rapport à celui des pluies mesurables croit de l'hiver à l'été et cela en toute saison /12/.

2-1-6 LES V E N T S :

Au Sahara, les vents varient en force et en direction en fonction de la région. Souvent, ces vents entraînent des grains de sable. Les grains les plus fins peuvent monter à des hauteurs très grandes (plusieurs kilomètres), alors que les éléments les plus gros ne s'élèvent qu'à 1,5 mètres ou 2 mètres au dessus du sol. Par vent très violent, la concentration de sable à 1m du Sol peut dépasser 50 g/m^3 , et aller jusqu'à la saturation de l'air par le sable /12/.

A Hassi-Messaoud en 1974, la vitesse maximale du vent atteinte est de 46 m/s en Juin /16/, les mêmes données statistiques notent la présence de 48 vents de vitesse supérieure à 16 m/s, 48 brumes de sable et 55 chasse-sable /16/.

2-1-7 T E M P E R A T U R E :

Elles subissent de très fortes variations. L'écart de température entre le jour et la nuit peut atteindre 20°C en toute saison /12/.

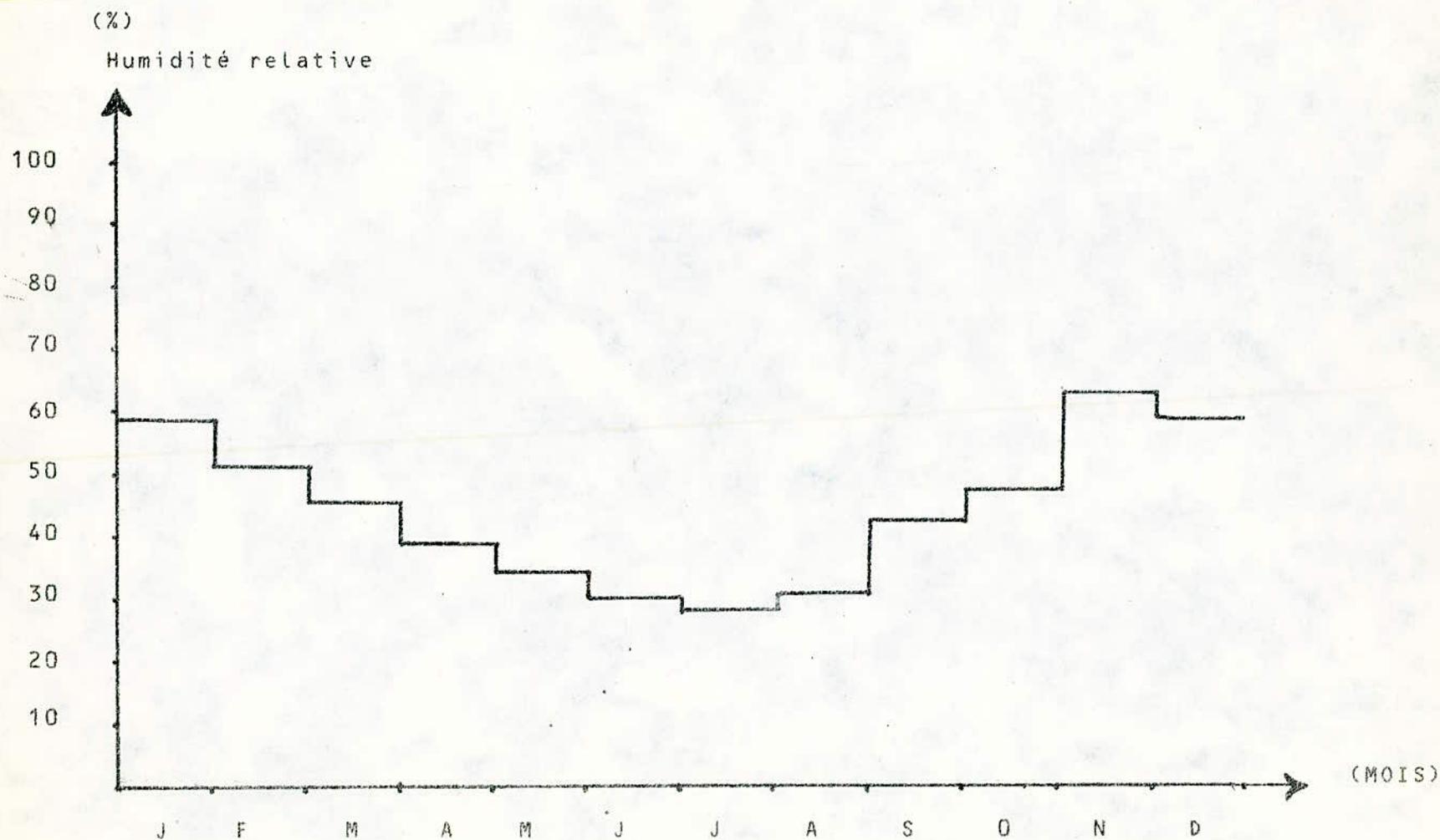


FIGURE -10- HUMIDITE RELATIVE MOYENNE DE 1972 - 1981 -
HASSI-MESSAoud

D'après les données de l'O.N.M, on obtient à Hassi-Messaoud un minimum de 0°C et un maximum de $48,7^{\circ}\text{C}$ (Figure 11) entre 1972 et 1981. A Hassi-R'Mel, un minimum de $-0,2^{\circ}\text{C}$ et un maximum de 40°C entre 1973 et 1974.

Pour les températures à l'air libre, les gradients les plus élevés se rencontrent dans la première couche de 50 cm située immédiatement au niveau du sol /14/. A Hassi-Messaoud, l'abaissement moyen de la température au dessus du sol est approximativement de $3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ entre le sol et 1,5 m ; de $0,5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ entre 1,5 et 4 m et de $0,2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ entre 4 m et 9 m /12/.

2-1-8 E V A P O R A T I O N :

Vu que les valeurs de températures sont élevées, l'évaporation est intense, a enregistré à Hassi-Messaoud entre 1974 et 1982 l'O.N.M, une moyenne annuelle de 351,2 mm, avec un maximum de 514 mm au mois de Juillet et un minimum de 276,4 mm au mois de Décembre. Cela revient à dire que l'atmosphère du désert peut évaporer une tranche d'eau de 100 à 200 fois plus grande que celle qui a été enregistrée au pluviomètre /18/.

2-1-9 I N S O L A T I O N :

Au Sahara-Algérien la nébulosité étant faible, les durées d'insolation y sont très importantes. Celles-ci sont beaucoup plus accentuées en été (de Juin à Août). Elles sont maximales dans les régions centrales et sont généralement plus élevées au Sahara Oriental qu'au Sahara Occidental (a altitude égale) /12/.

A Hassi-Messaoud, la moyenne annuelle des durées journalières d'insolation est d'environ 10 heures. Cette moyenne est de 08H00 Heures en Janvier et 13H00 heures en Juillet /15/.

.../...

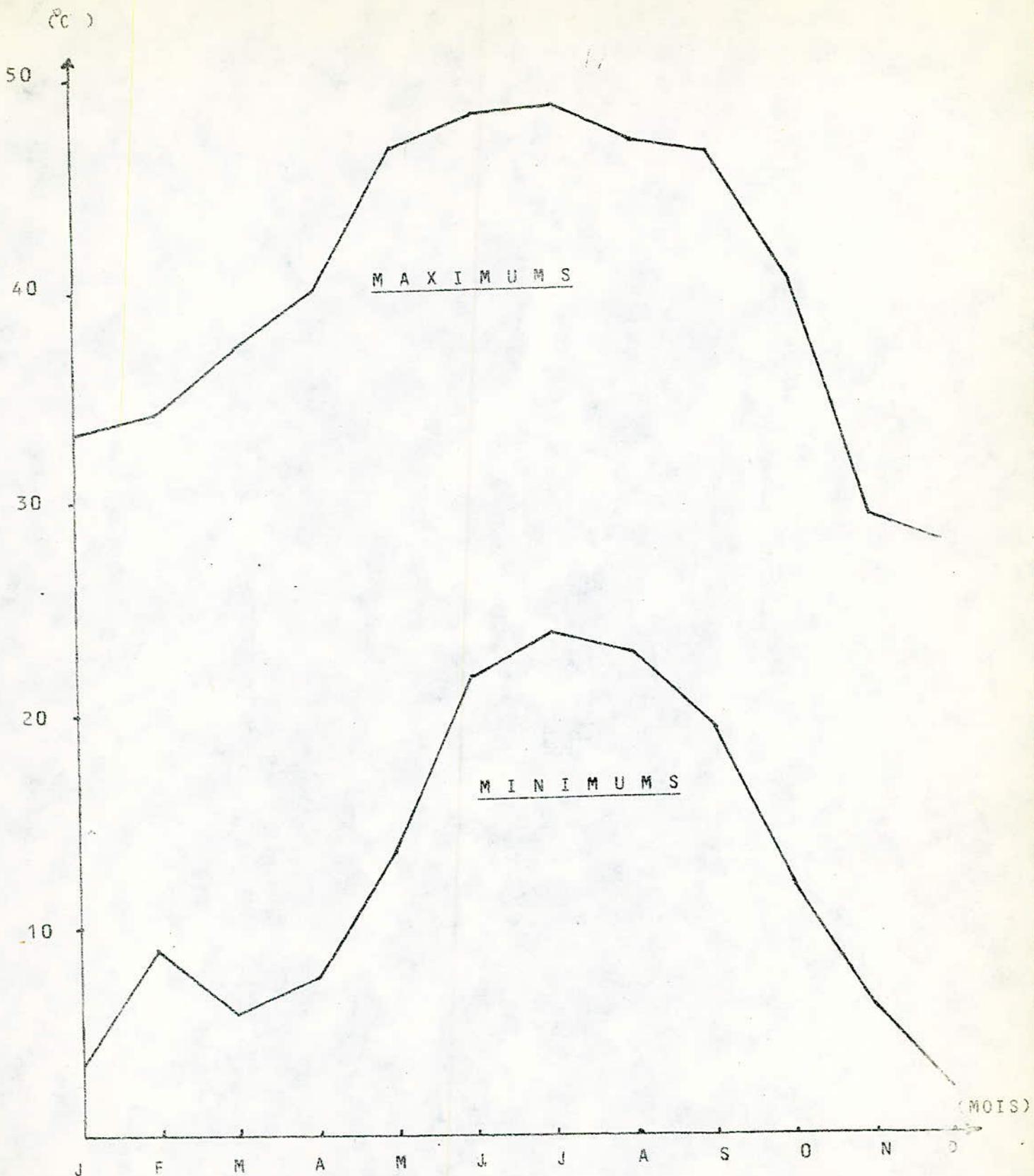


FIGURE -11- TEMPERATURES EXTREMES ENREGISTREES DANS LA REGION DE HASSI-MESSAOUD (ALTITUDE 142 Mètres) (1972-1981).-

-2-2-

INFLUENCE DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES DESERTIQUES :

2-2-1- FORMATION DES COUCHES POLLUANTES :

A la suite d'une interaction entre l'écoulement d'un air transportant de la poussière et l'obstacle formé par les isolateurs, une couche de poussière se développe sur la surface de ce dernier. Un Mouillage fréquent à la surface de l'isolateur favorise l'adhérence de la couche de pollution, et la rareté des précipitations rend l'auto-nettoyage pratiquement inefficace /17/.

La pollution peut s'accumuler soit très lentement sur plusieurs mois soit très rapidement en quelques heures lors des tempêtes de sable /18/.

La quantité de pollution déposée sur un isolateur augmente avec l'augmentation de la tension qui lui est appliquée /18/.

Les sources principales de la pollution de l'atmosphère au Sahara peuvent être de trois natures :

- a)- Sable saharien porté par les vents de sable.
- b)- Eau atmosphérique sous forme de précipitations.
- c)- Fumée de gaz industriel brûlé sortant des torchières pétrolières ou qui se produisent au cours des incendies accidentels /13/.

La pollution des isolateurs par le sable fin est un processus permanent quelque soit le type de montage aussi-bien extérieur qu'intérieur, dans les deux cas, une couche de sable se dépose sur les surfaces des isolateurs, la forme et les dimensions de cette couche dépendent du type de montage des isolateurs, de leur forme géométrique, de leur disposition par rapport à la terre et surtout de l'état de leur surface /13/.

Il existe, en général, une très grande différence entre les types de couches de sable formées sur les isolateurs extérieurs et celles formées sur les isolateurs intérieurs /13/.

.../...

Du fait du seul agent d'auto-nettoyage qu'est le vent, la couche polluante est toujours plus épaisse à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments. Et on remarque d'autre part, sur les isolateurs extérieurs que la couche tend à être plus continue dans les dispositions horizontales et inclinées et sa répartition sur la surface de l'isolateur est irrégulière /12/.

2-2-2 INFLUENCE DES PRECIPITATIONS ET DE L'HUMIDITE :

Les précipitations et l'humidité au Sahara malgré leur faible fréquence d'apparition, créant beaucoup de difficultés pour l'exploitation du réseau haute tension, surtout au cours des Orages qui provoquent des surtensions dans ces réseaux /13/.

2-2-3 INFLUENCE DU VENT :

Dans le Sahara, l'influence du vent sur l'amorçage des isolateurs pollués apparait très complexe, il est évident que le vent constitue l'agent qui assure le transport de poussière qui vient se déposer à la surface des isolateurs. D'autre part, en l'absence de pluie, le vent peut se comporter comme l'unique agent d'auto-nettoyage. En plus on sait qu'un vent de faible vitesse est favorable à la formation de rosée /17/.

2-2-4 INFLUENCE DE LA TEMPERATURE :

Pour les surfaces polluées, les hautes températures ont certainement une influence positive, car elles séchent le dépôt et augmente sa résistivité superficielle /9/. Alors que la différence de température entre la surface de l'isolateur et l'air ambiant peut provoquer le phénomène de condensation qui à un effet néfaste.

.../...

-2-3- CARACTERISTIQUES DE L'AGENT POLLUANT :

2-3-1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES :

2-3-1-1- GRANULOMETRIE :

L'analyse granulométrique, effectuée au laboratoire de chimie du sol de l'I.N.R.H (Institut National des Ressources Hydrauliques), a été réalisé au moyen d'une série de tamis de différents calibres, allant de 2 mm à 0,002 mm.

Le classement des éléments donné par l'A.I.S.S (Association Internationale de la science du sol) est la suivante :

- ARGILE : Pour les éléments inférieurs à 0,002 mm
- LIMON FIN : entre 0,002 mm et 0,02 mm
- LIMON GROSSIER:entre 0, 02 mm et 0,05 mm
- SABLE FIN : entre 0, 05 mm et 0,02 mm
- SABLE GROSSIER:entre 0,2 mm et 2 mm

Les résultats de cette analyse sont exprimés sous forme d'un rapport, déterminé en %, entre le poids de l'élément considéré et le poids total de l'échantillon sec ; la prise est de 20 grammes, les résultats d'analyse concernant les échantillons prélevés à différents lieux des régions étudiées sont données dans le tableau suivant :

	E C H A N T I L L O N S					
	1	2	3	4	5	6
ARGILE (%)	0	2	3	2	1	3
LIMON FIN (%)	2	8	6	0	2	25
LIMON GROS (%)	3	7	7	2	3	15
SABLE FIN (%)	61	55	77	70	60	53
SABLE GROS (%)	34	29	8	26	33	2

ENUMERATION DES ECHANTILLONS

=====

- ECHANTILLON N.1 - Recueilli à proximité d'un pylône 30 kV.
Hassi-R'Mel - S.P4 (SONATRACH).
- ECHANTILLON N.2 - Recueilli au niveau du sol (XPTG/HR) dans la
Centrale de Hassi-R'Mel.
- ECHANTILLON N.3 - Recueilli sur des chaînes d'isolateurs exposés
à une hauteur d'environ 2 mètres dans le poste
de Hassi-R'Mel.
- ECHANTILLON N.4 - Relevé sur le sol près de la Centrale de Hassi-
Messaoud.
- ECHANTILLON N.5 - Prélevé à un niveau d'environ 2 mètres du sol
(sur une dune à proximité de la chaîne élevée
près de la torche) Hassi-Messaoud.
- ECHANTILLON N.6 - Recueilli sur le transformateur Haute tension
de la Centrale de Touggourt, (niveau 4 mètres
environ).

La distribution granulométrique des six échantillons est représentée en échelle semi-logarithmique est donné en annexe.

On constate d'après l'analyse des échantillons prélevés de la régions de Hassi-R'Mel que les grains de sables formant la couche du sol (niveau 0 mètres) sont en majorité constitués de sable fin et de sable grossier. Pour la même région et sur des chaînes d'isolateurs exposés à une hauteur de 2 mètres, les grains sont en majorité fins (77 %). A une hauteur encore plus élevée à 4 mètres par exemple pour le cas de l'échantillon recueilli sur un transformateur de la Centrale de Touggourt, on remarque que la diminution à 2 % du sable grossier, alors que le taux de Limon fin augmente jusqu'à 25 %.

On peut ainsi dire que les grains composants la couche polluante sur la surface des isolateurs sont d'autant plus fins que la hauteur des isolateurs est plus élevée.

2-3-1-2 EAU ABSORBÉE PAR LE SABLE :

La méthode utilisée au laboratoire de l'I.N.R.H pour déterminer la saturation du sable en eau est la suivante :

- On humecte sans malaxer 100 grammes de sable passant au tamis de 2 mm, jusqu'à ce que l'eau ne s'infilte plus, puis on rajoute de l'eau en malaxant le mélange jusqu'à avoir une pâte satisfaisant aux conditions suivantes :
- Elle doit couler lentement quand on incline la capsule d'essai ; sa surface doit être brillante et quand on fait un trou dans cette pâte, l'eau ne doit pas se rassembler au fond.

Connaissant la quantité d'eau employée on peut déterminer le pourcentage de saturation en eau de l'échantillon. Les résultats sont représentés dans le tableau n. 1 -

2-3-2 CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES :

2-3-2-1 CONDUCTIVITE :

Pour mesurer cette conductivité, on prépare une pâte comme il est indiqué dans le paragraphe (2-3-1-2-), Cette pâte est laissée au repos durant 24 heures ; ensuite après centrifugation pendant 30 minutes à 3.000 tours/Minutes, on recueille l'extrait surnageant dont on mesure la conductivité. Les résultats sont donnés par le tableau n. 1 -

2-3-3 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES :

L'analyse chimique nous permet de déterminer les éléments ou ions pouvant exister dans les échantillons de sable prélevés. Malgré qu'elle n'est pas assez rigoureuse, elle nous a permis de connaître les éléments essentiels ayant le rôle décisif dans le passage du courant de fuite, tel que K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Na^+ , Cl^- , So_4^{--} , CoH_3^- .

RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES ET DE LA CONDUCTIVITE

=====	E C H A N T I L L O N S					
	1	2	3	4	5	6
SATURATIONS EN (%)		33		31	31	39
CONDUCTIVITE (mmho/cm)	0,71	21,92	1,98	5,27	2,93	44,59
CO ₃ H ⁻ (még/L)		0,0		0,0	2,2	12,3
SO ₄ ⁼ (még/L)		20,9		24,8	36,1	57,4
CL ⁻ (még/L)		219,7		28,4	13,2	486,9
Ca ⁺⁺ (még/L)		128,5		40,3	33,9	127,7
Mg ⁺⁺ (még/L)		23,9		5,9	8,4	79,5
Na ⁺ (még/L)		80,3		9,7	4,5	415,4
K ⁺ (még/L)		7,0		1,3	0,3	13,0

TABLEAU -1-

On note aussi que d'autres éléments tels que Fe, Si, Al peuvent exister également /8 ; 9/.

Les résultats de cette analyse sont donnés dans le tableau n. 1-

D'après ces analyses on constate que les caractéristiques physico-chimiques des échantillons ne dépend pas uniquement de la hauteur du montage mais également du lieu où sont installés ces derniers.

-----000-----

CHAPITRE III

ETUDE EXPERIMENTALE

3-1 CIRCUIT DE MESURE :

Afin d'étudier en laboratoire le développement des arcs sur une surface isolante polluée, nous avons utilisé un dispositif expérimental de préférence à un isolateur, ceci à l'avantage de nous faciliter les observations et les mesures nécessaires à l'analyse de ce phénomène.

Ce dispositif expérimental est constitué d'une plaque d'essai de verre (570 X 430 X 5) mm, ayant la propriété de résister à la chaleur, évitant ainsi toute explosion, ou fissuration éventuelle. Cette plaque était munie de deux électrodes planes, l'une circulaire et l'autre rectangulaire (Figure 11).

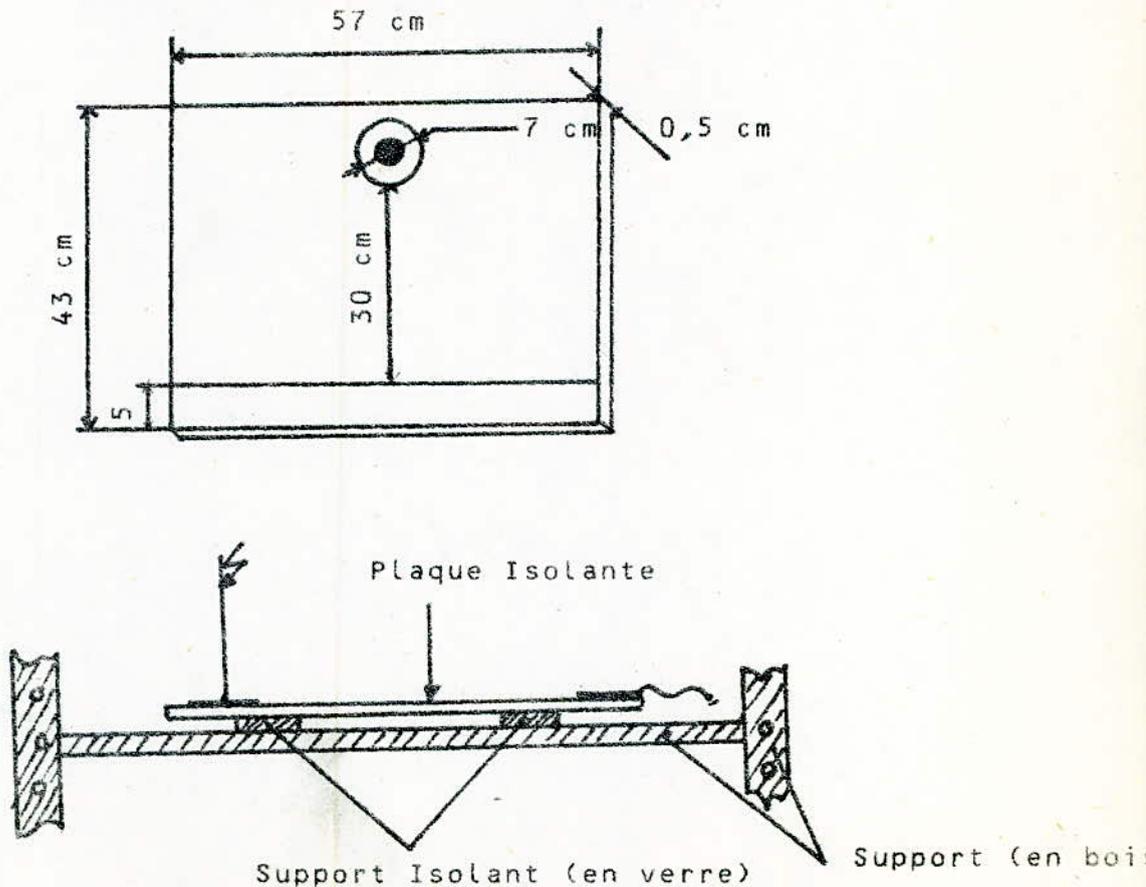


FIGURE -11- DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le signal du courant de fuite est relevé aux bornes d'une résistance de mesure de $20 \Omega / 720 \text{ W}$ en série avec la plaque d'essai, la visualisation et la mesure du courant de fuite se fait à l'aide d'un oscilloscope. Afin d'éviter l'influence du champ électrique, qui pourrait introduire des parasites dans le signal recueilli, la résistance a été introduite dans une boîte métallique mise à la terre, et le câble qui la relie à la plaque d'essai a une longueur la plus réduite possible.

Un éclateur a été également prévu pour protéger la résistance contre les surtensions lors du contournement. Pour la protection de l'oscilloscope, un éclateur de 230 V a été prévu contre les surtensions, (Figure -12-).

La mesure de la tension est faite à l'aide d'un diviseur de tension capacitif avec voltmètre de crête, (Figure 12).

Nous avons prévu deux caméras-vidéo pour enregistrer le courant de fuite et le développement des décharges. Et vu l'indisponibilité de ces appareils, nous avons utilisé deux appareils photographiques, (Photographie statique).

L'humidification de la couche polluante a été obtenue par pulvérisation continue d'eau distillée. Et vu le manque de dispositif de pulvérisation au laboratoire de haute tension, nous avons réalisé un pulvérisateur à l'aide d'un récipient en matière plastique d'une capacité de 5 litres, doté de un à quatre jicteurs dont le débit moyen est $Q = 0,6 \text{ ml/s}$. Son principe de fonctionnement est identique aux pulvérisateurs commerciaux ; la compression se fait à l'aide d'une pompe, et la pression qui doit être maintenue constante durant tout l'essai est contrôlée par un baromètre.

Nous avons réalisé une chambre noire afin d'enregistrer le développement de la décharge sur la surface isolante polluée, (Figure -13-).

.../...

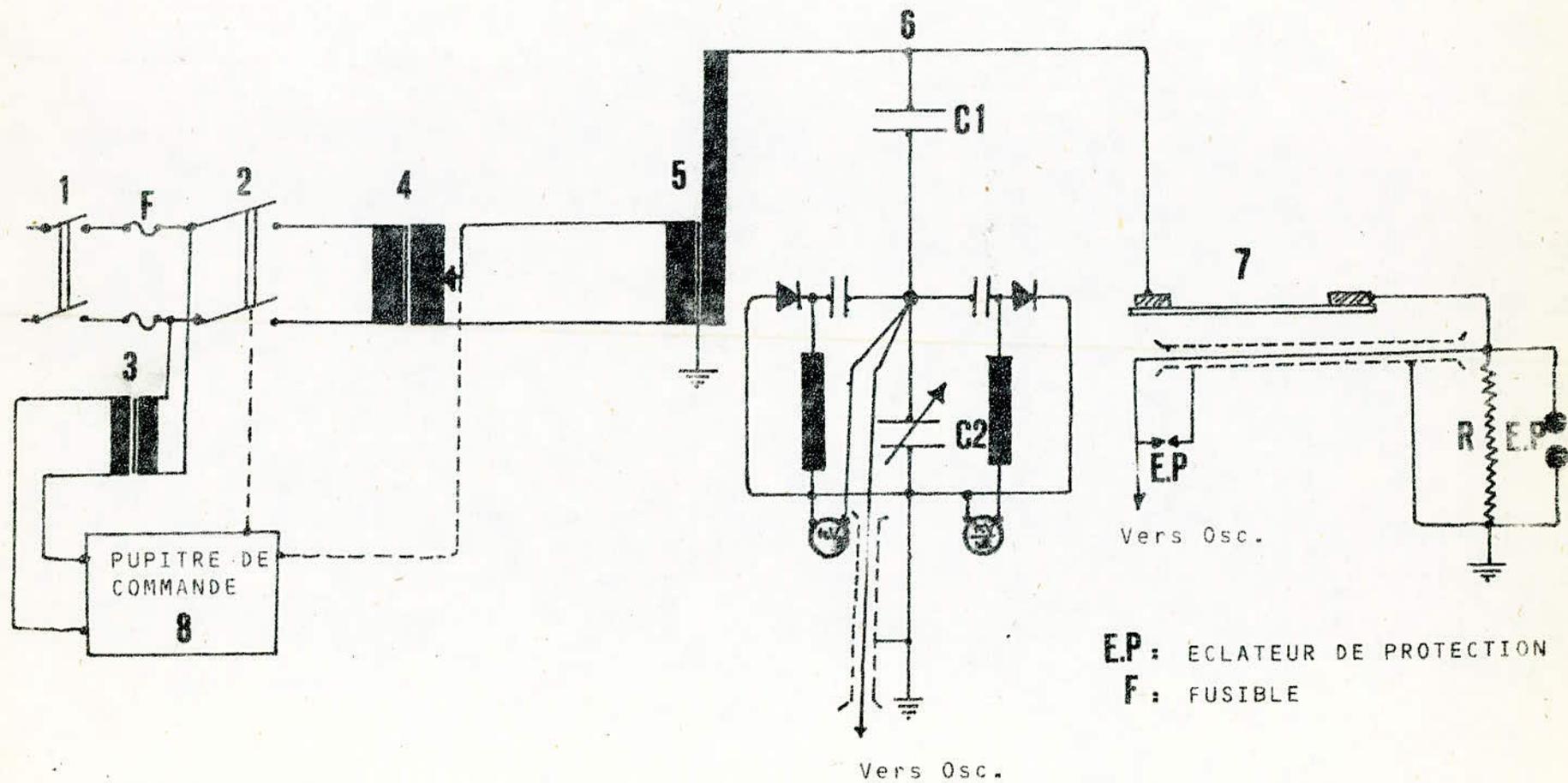


FIGURE -12- SCHEMA DU CIRCUIT D'ESSAI

- 1- INTERRUPTEURS D'ALIMENTATION GENERALE
- 2- CONTACTEUR DE COMMANDE
- 3- TRANSFORMATEUR D'ISOLEMENT
- 4- TRANSFORMATEUR DE REGLAGE 220/500 V , (50 kVA)

-5- TRANSFORMATEUR D'ESSAI 0,5/300 kV - 50 kVA

-6- DIVISEUR CAPACITIF

-7- MODELE D'ESSAI

-8- PUPITRE DE COMMANDE

-----0-----

.../...

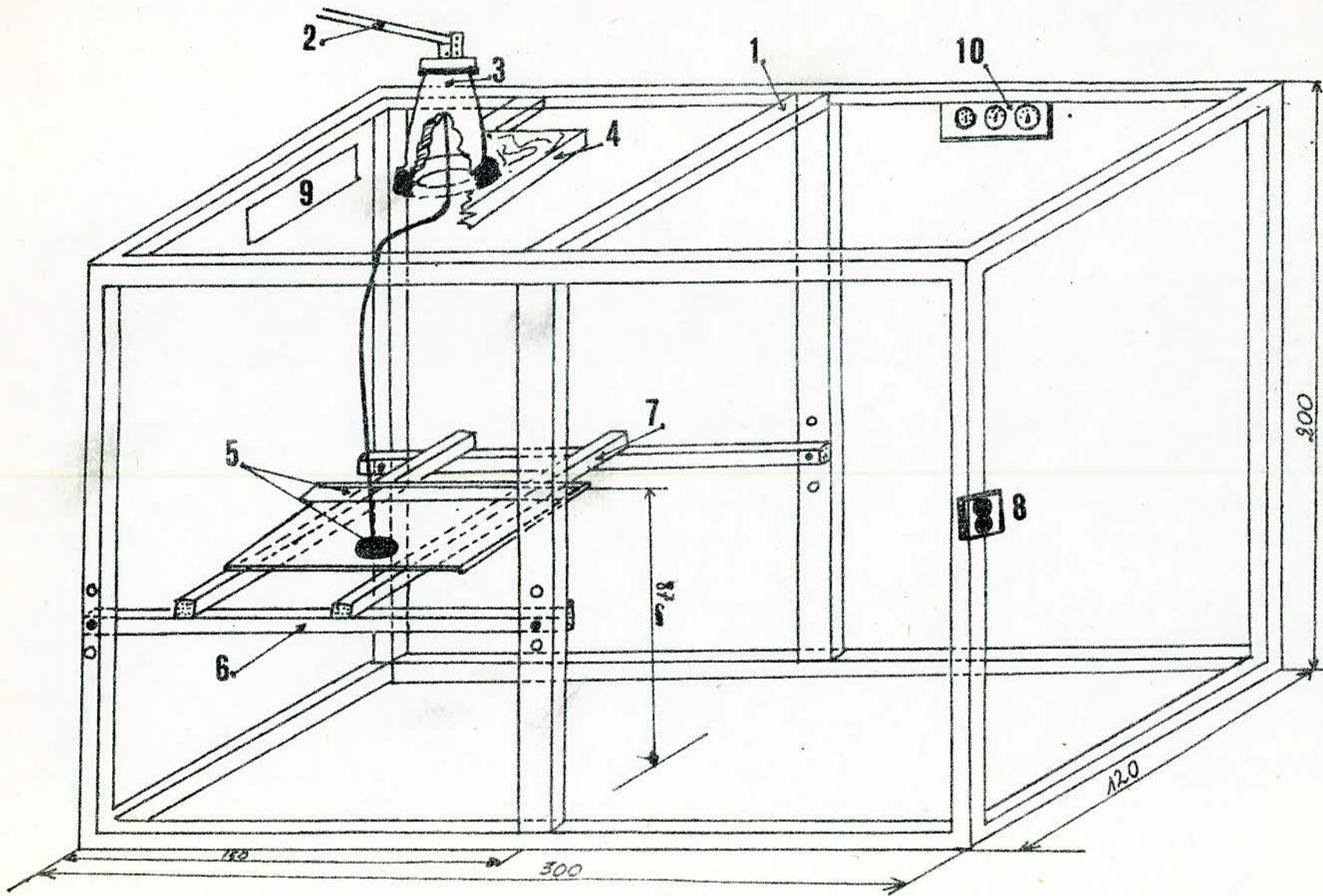


Figure 13: Plan De La Chambre Noire Et La Disposition Du Modèle

- 1- OSSATURE DE LA CHAMBRE NOIRE (EN BOIS)
 - 2- BARRE D'ALIMENTATION H.T (ALLIAGE DE CUIVRE-ALUMINIUM)
 - 3- ISOLATEUR DE TRAVERSEE (EN PORCELAINES)
 - 4- SUPPORT ISOLANT (EN BOIS)
 - 5- ELECTRODES (EN ALUMINIUM)
-

- 6- SUPPORT DU DISPOSITIF D'ESSAI (EN BOIS)
 - 7- SUPPORT TRANSVERSAL DE LA PLAQUE ISOLANTE (BOIS)
 - 8- INTERRUPTEURS DE COMMANDE DE LA COUPURE DE TENSION.
 - 9- PULVERISATEUR (EN MATIERE PLASTIQUE)
 - 10- APPAREIL DONNANT (TEMPERATURE, PRESSION ET HUMIDITE RELATIVE).
- 0-----

.../...

3-2 ESSAIS PRELIMINAIRES :

Avant d'entamer les essais, on doit s'assurer de l'efficacité des appareils de mesure et de protection. Pour cette raison une résistance de faible valeur et dissipant une grande puissance (20Ω / 720 W) s'est avérée convenable pour l'enregistrement du courant de fuite.

Parmi les éclateurs que nous avons essayer pour la protection de cette résistance contre les surtensions, nous trouvons les éclateurs suivants : tige-tige, pointe-pointe, et sphère-sphère (Ø = 2,5 cm). Seul ce dernier système d'électrodes a pu résister sans dommages, lors de l'ammorçage à 120 V.

La difficulté de son dimensionnement est dû principalement à la très faible distance entre les électrodes (Inférieur à 0,05 mm) sous la pression atmosphérique ambiante.

Le circuit de dimensionnement des éclateurs utilisés est le suivant :

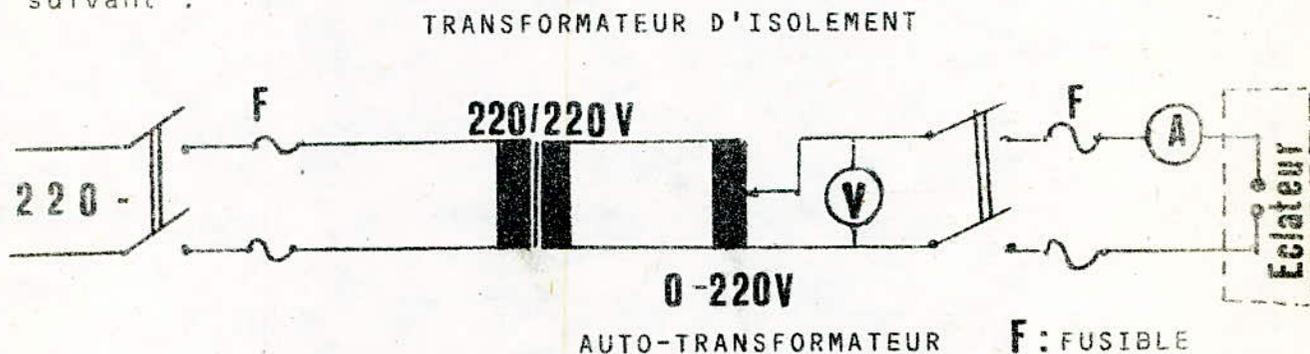


FIGURE -14- CIRCUIT DE DIMENSIONNEMENT

.../...

Pour s'assurer de la fiabilité de l'éclateur, nous avons fait 08 essais successifs :

NUMERO D'ESSAI	1	2	3	4	5	6	7	8
TENSION D'AMMOR- CAGE (VOLT)	135	80	120	98	135	81	113	105

Ce qui donne une tension moyenne d'ammorçage :

$$V \text{ moyenne} = (108 \pm 28) \text{ V}$$

Après chaque essais, nous étions obligé de nettoyer les surfaces des électrodes pour supprimer les impuretés qui apparaissent après chaque ammorçage, puis régler de nouveau la ^{distance} tension entre électrodes.

Pour l'introduction du conducteur haute tension dans la chambre-noire, nous avons utilisé un isolateur de traversée propre et sec en porcelaine dont la tension de contournement est de 63 kV eff.

-La tension de contournement du modèle d'essai sec et propre, est de 115 kV eff. Cet essai de contournement est effectué à l'extérieur de la chambre-noire.

3-3- MODE OPERATOIRE :

3-3-1 REALISATION DU MODELE :

Notre modèle est constitué d'une plaque de verre rectangulaire de 57 cm de longueur, 43 cm de largeur et de 5 mm d'épaisseur. La plaque isolante d'essai doit être initialement bien lavée, puis imbibée d'une façon uniforme en (Gaz-oil) dans les endroits d'emplacement des électrodes qui sont en papier d'alluminium. Cette opération se fait de manière à ce qu'aucun espace d'air ne reste entre la plaque et les électrodes. Par la suite on essuie la plaque avec du coton imbibé d'alcool iso-propylique pour éliminer toutes traces de (Gaz-oil) sur la surface isolante.

.../...

Le modèle est disposé horizontalement sur un support en bois (Figure -15-), placé à une hauteur de 87 cm au dessus du sol.

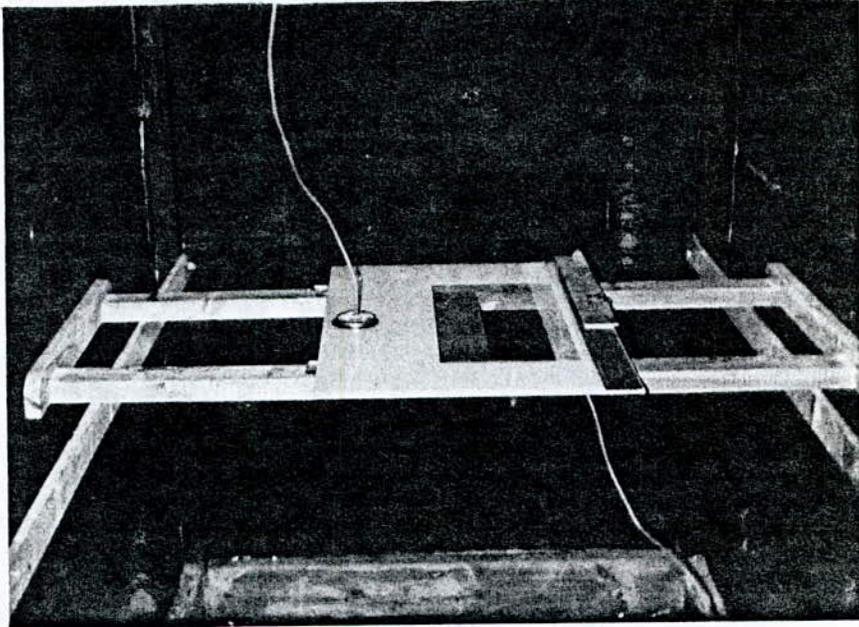


FIGURE -15- DISPOSITION DU MODELE SUR LE SUPPORT.

3-3-2 APPLICATION DE LA COUCHE POLLUANTE ET DE LA TENSION

Il y a pour l'application de la couche polluante et de la tension d'essai deux méthodes dont on expose brièvement leurs principes dans ce qui suit :

-a- APPLICATION DES COUCHES POLLUANTES :

Nous avons envisagé dans notre étude, deux façons d'appliquer la couche de sable sur la surface de la plaque isolante.

1- Couche de sable discontinue :

Seule, une partie de la surface de la plaque est contaminée d'une mince couche de sable.

2- Couche de sable continue :

Dans ce cas, toute la surface de la plaque est contaminée d'une mince couche uniforme de sable.

L'humidification de la couche de sable est faite de deux manières différentes ; soit continue durant tout l'essai, soit

.../...

que la couche est humectée une seule fois avant l'application de la tension.

b- APPLICATION DE LA TENSION D'ESSAI :

La tension d'essai peut être appliquée de deux manières. La première consiste à appliquer la tension d'une façon progressive jusqu'au contournement, et la deuxième à appliquer la tension par paliers de niveau de valeur maximale constante pendant une durée suffisante pour le maintien d'une longueur d'arc permanente (régime stable). La première méthode permet d'étudier l'évolution dans le temps du courant de fuite et de la longueur de l'arc en fonction de la variation de la tension. Elle nécessite deux caméras pour l'enregistrement de ces deux paramètres. La deuxième méthode permet de déterminer pour différents niveaux de tension la longueur de l'arc correspondant et ce jusqu'au contournement. Cette méthode nous donne ainsi les caractéristiques $V(X)$ et $V(I)$ les plus utilisés dans les modèles présentés au premier Chapitre /1 ; 4 ; 5/.

3-4 E S S A I S :

L'oscilloscope étant hors-circuit, nous déterminons, pour chaque couche de sable donnée, la longueur critique de l'arc et la tension de contournement du modèle, connaissant ainsi le niveau de tension de contournement. Ensuite nous reprenons l'essai en augmentant la tension par échelon jusqu'à une valeur inférieure à la valeur critique. Pour chaque niveau de tension nous prenons des photos de l'arc et du courant de fuite correspondant.

3-4-1 OBSERVATION DU PHENOMENE :

Nous avons effectué nos essais à l'aide de modèles plans sur lesquels nous déposons des couches fines de sables ayant différentes largeurs. Ces largeurs choisies étaient les suivantes : 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, et 30 cm.

Durant tous nos essais, les couches étaient continuellement humidifiées, (pulvérisation continue d'eau).

Quand la tension appliquée atteint la tension de l'effet couronne, les premières décharges apparaissent au niveau de la bordure de la couche pré-établie sous forme d'aigrettes lumineuses.

Nous pouvons expliquer cela par le fait que la couche, étant conductrice (par dissolution des sels), change la configuration du système d'électrodes, que nous pouvons représenter par le système pointes-plan, (Figure -16-).

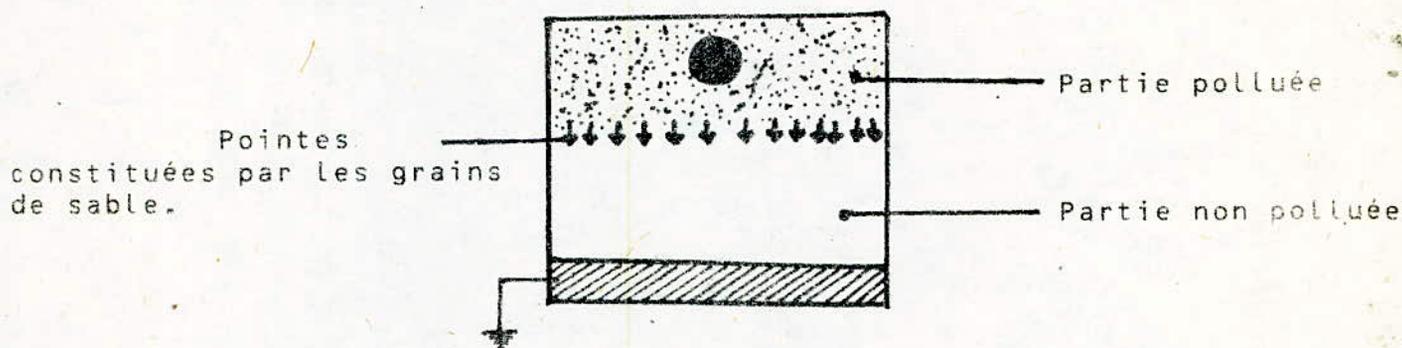


FIGURE -16- REPRESENTATION DE LA NOUVELLE CONFIGURATION DU SYSTEME.

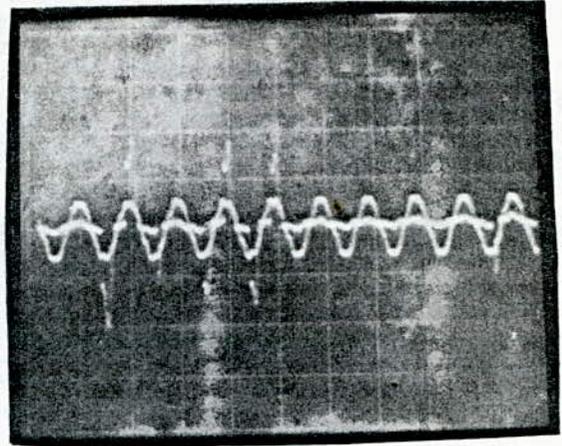
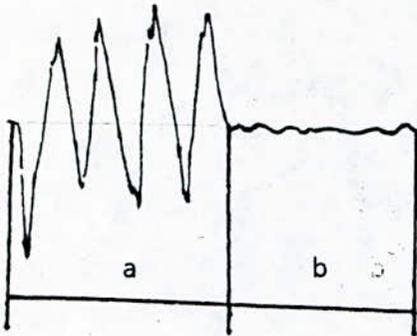
Le Champ est très intense autour des grains de sable qui forment les pointes, ce qui favorise l'apparition des décharges au bord de la couche.

Dès que l'assèchement de la couche commence, on constate l'extinction de ces aigrettes et leur réapparition autour de l'électrode active. A partir de ce stade on constate l'évolution d'un arc qui se développe en longueur en se déplaçant latéralement pour trouver une position plus stable.

Si, l'évaporation est très importante, l'apparition de ces arcs est fugitive et leur disparition a lieu quand la couche devient sèche.

La photo présentée à la figure -17- représente la variation du courant de fuite qui nous permet de connaître l'état d'humidification de la couche polluante.

.../...



-a- La Couche est encore humide

-b- La Couche est sèche (Courant de fuite nul).

(COUCHE DE SABLE DE 10 cm. de largeur)

FIGURE 17- : VARIATION DU COURANT DE FUITE EN FONCTION DE L'ETAT DE LA COUCHE POLLUANTE.-.

3-4-2- RESULTATS DES ESSAIS :

COUCHE DE SABLE DE 5 cm de LARGEUR

V (kVeff)	16	18	20
I (mA)	2,3	7,7	9,6
R_p (k Ω)/1,24	6956	2337	2083

$V_c = 24$ kV

COUCHE DE SABLE DE 10 cm de LARGEUR

V (kVeff)	18	20	22
I (mA)	0,7	3,8	8
R_p (k Ω)/1,24	25 714	5263	2750

$V_c = 23$ kV

COUCHE DE SABLE DE 15 cm de LARGEUR

V (kV eff)	15	20	23
I (mA)	1,6	4,4	16,4
X (cm)	6,5	9	28
R_p (k Ω)/1,24	8250	4000	1230

$V_c = 24$ kV

COUCHE DE SABLE DE 20 cm de LARGEUR

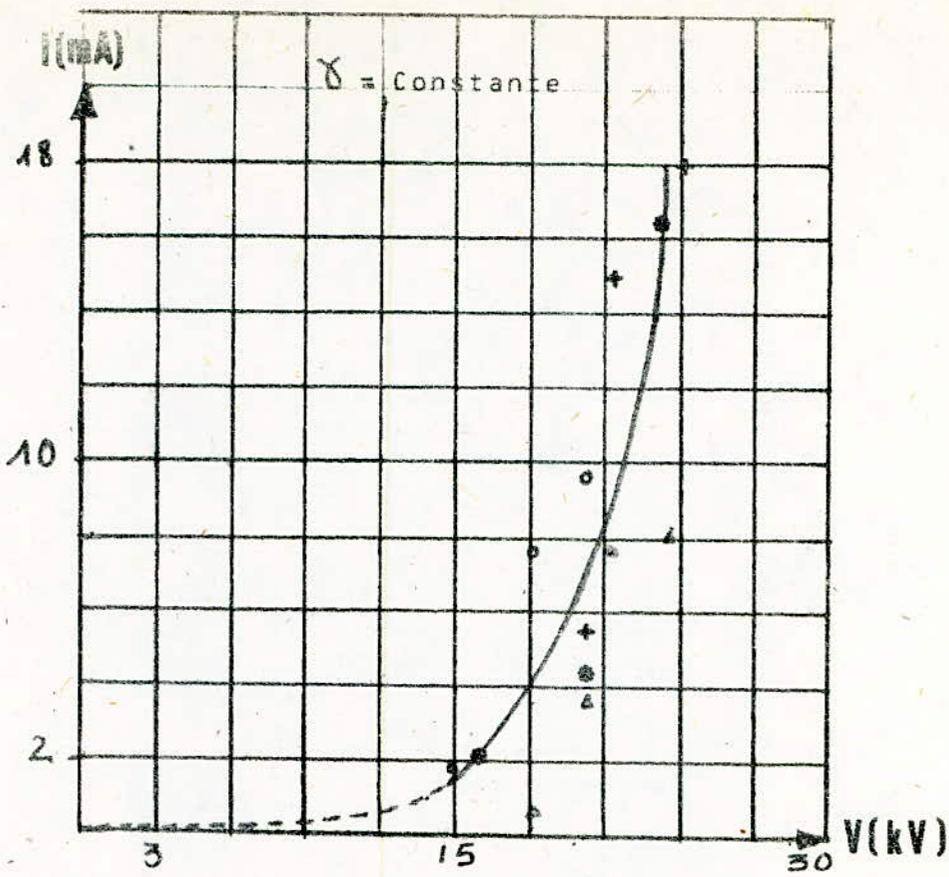
V (kVeff)	15	20	- -
I (mA)	2,5	15,3	- -
X (cm)	8	9	- -
R_p (k Ω)/1,24	5280	1150	- -

$V_c = 23$ kV

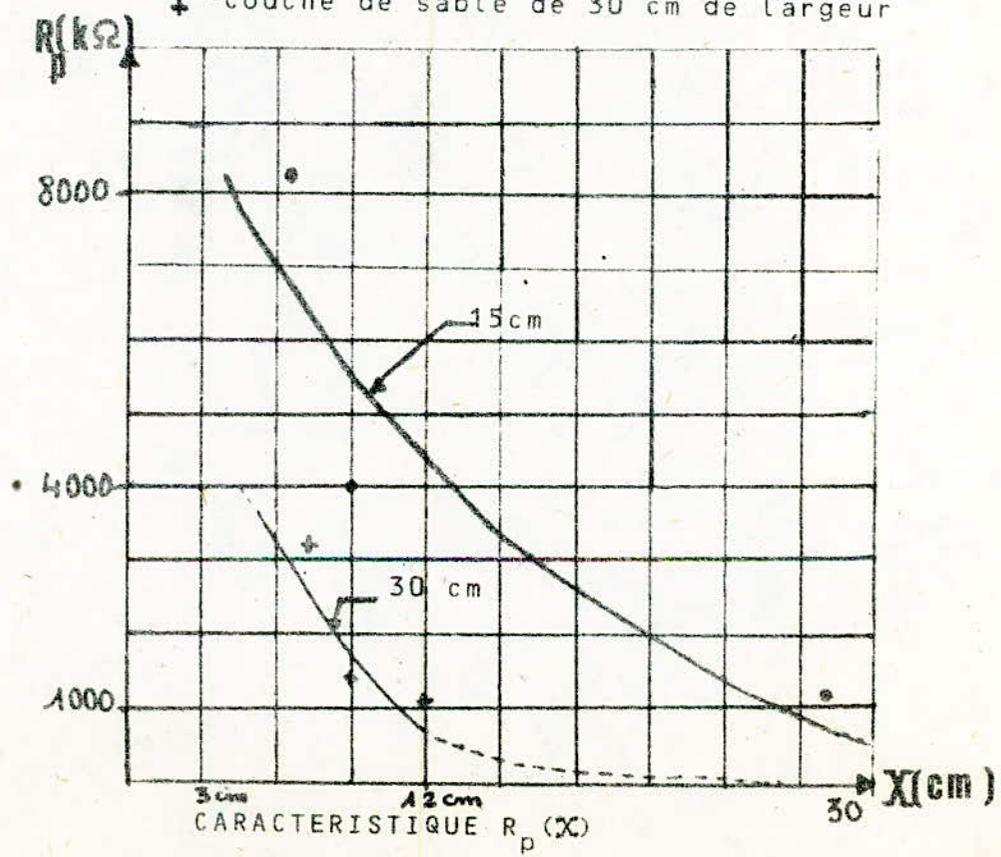
COUCHE DE SABLE DE 30 cm de LARGEUR

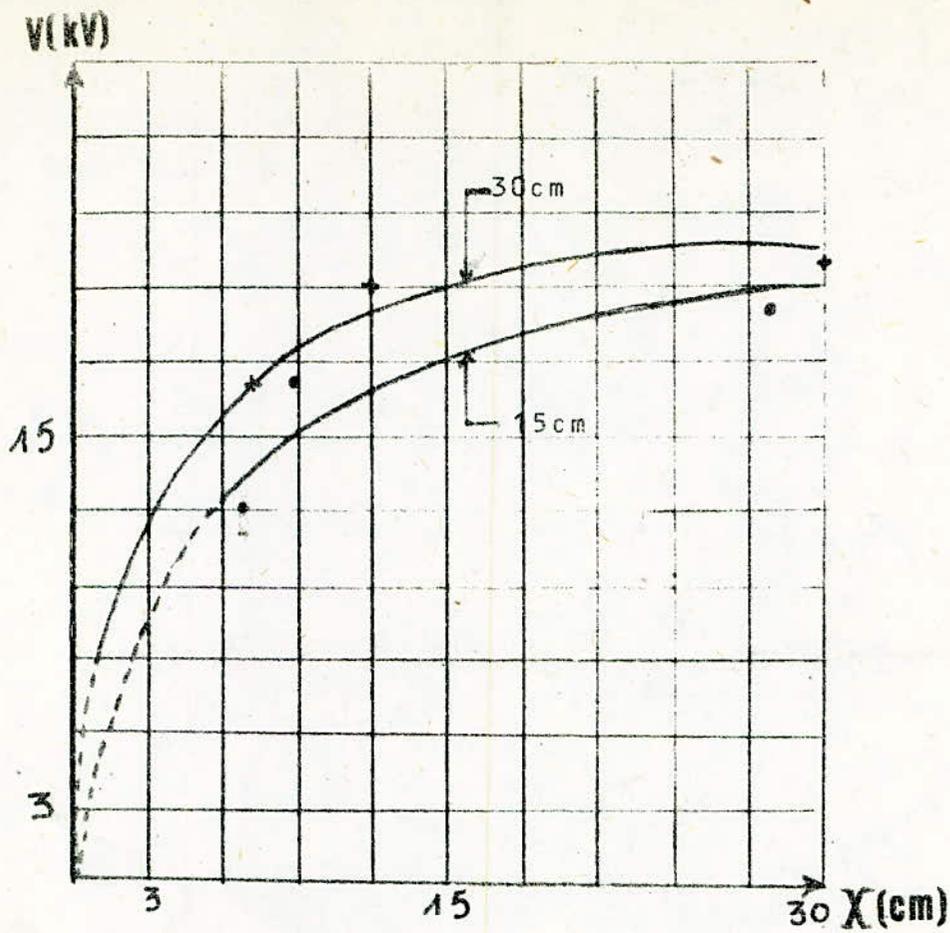
V (kVeff)	20	22	24
I (mA)	5,5	15	18
X (cm)	7	9	12
R_p (k Ω)/1,24	3200	1437	1173

$V_c = 25$ kV

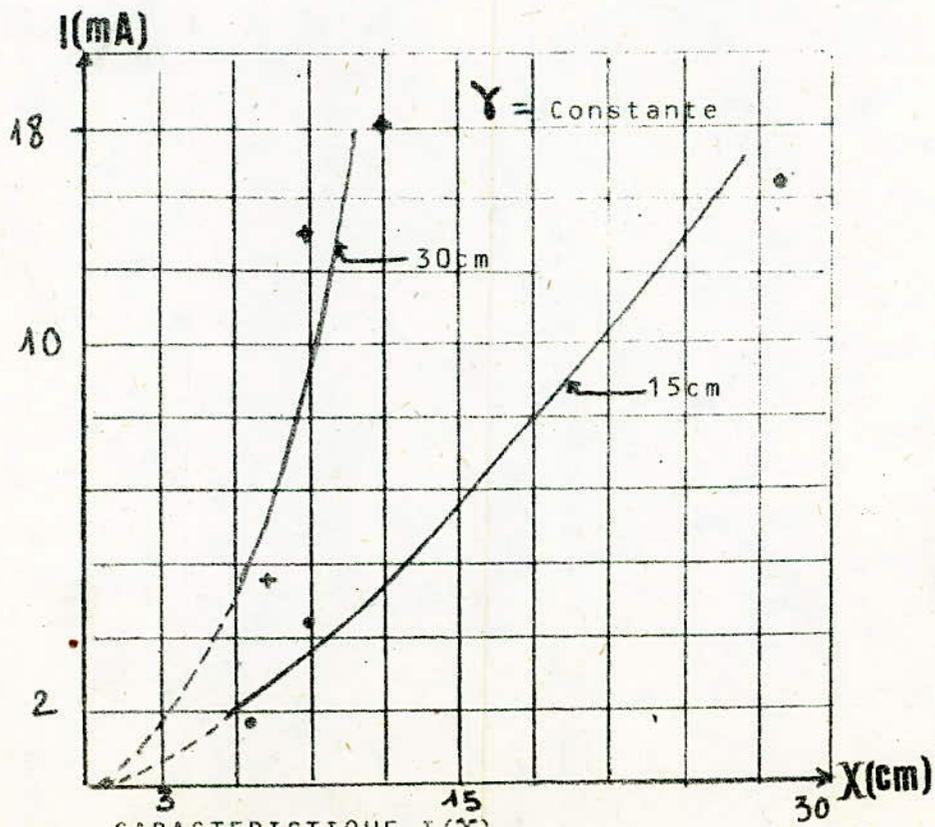


- - Couche de sable de 5 cm de largeur
- △ - Couche de sable de 10 cm de largeur
- - Couche de sable de 15 cm de largeur
- + - Couche de sable de 30 cm de largeur





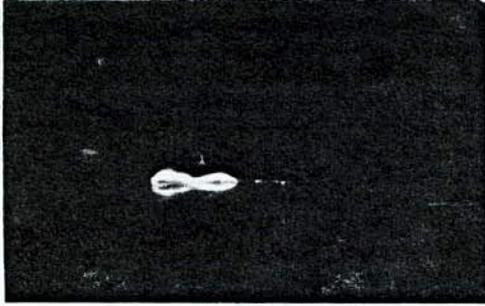
CARACTERISTIQUE $V(X)$



CARACTERISTIQUE $I(X)$



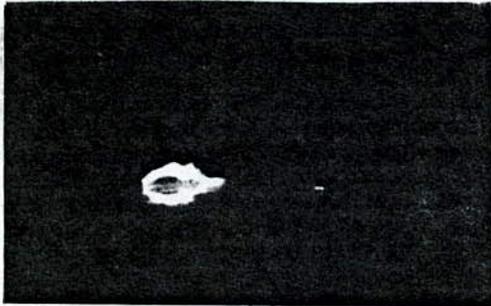
(1)



(2)



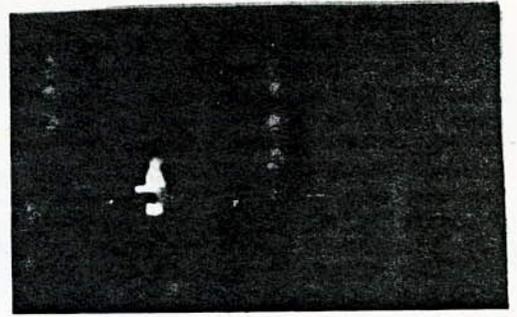
(3)



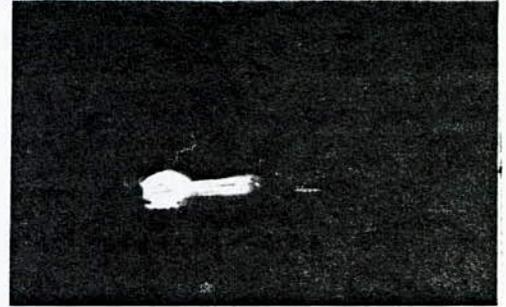
(4)



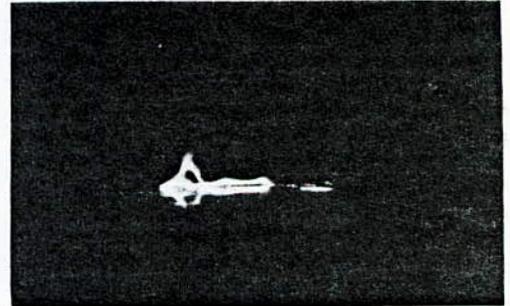
(5)



(6)



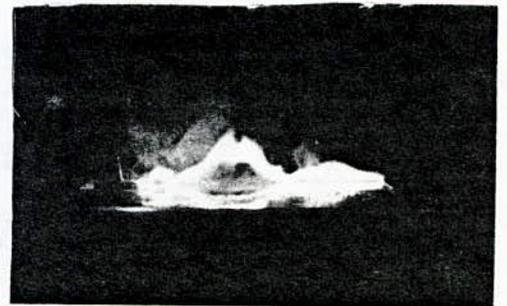
(7)



(8)



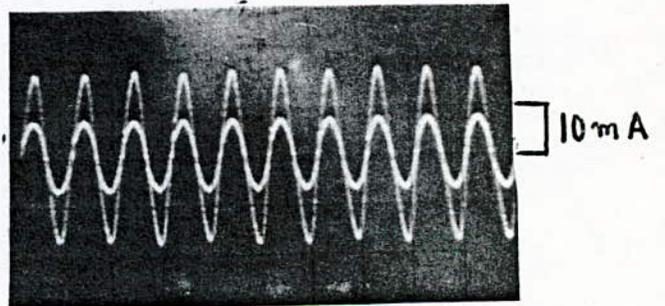
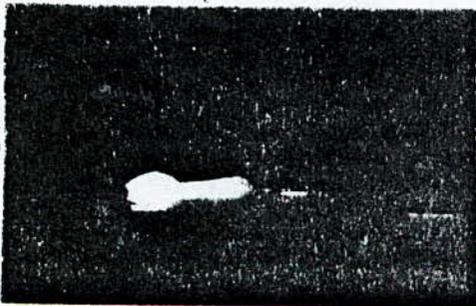
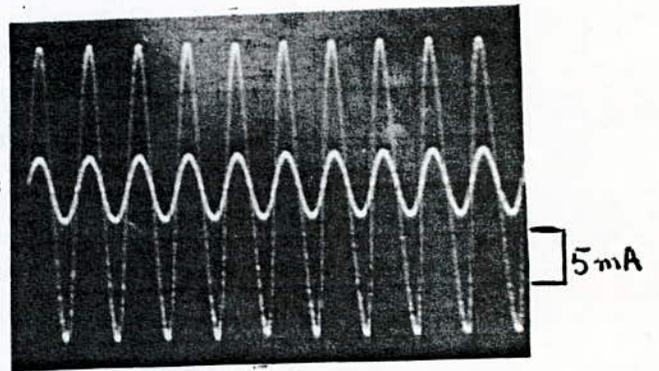
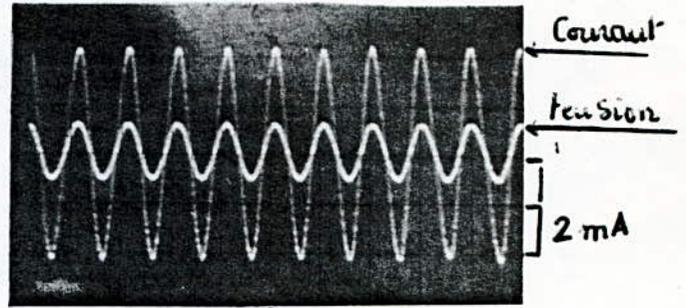
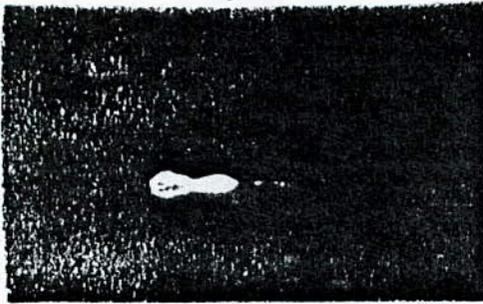
(9)



(10)

FIGURE -18-

DEVELOPPEMENT D'ARC DANS LE CAS D'UNE COUCHE DE 30 cm



30 cm

40 ms

figure 18.

Développement d'arc et la variation du courant de fuite (couche de 30cu).

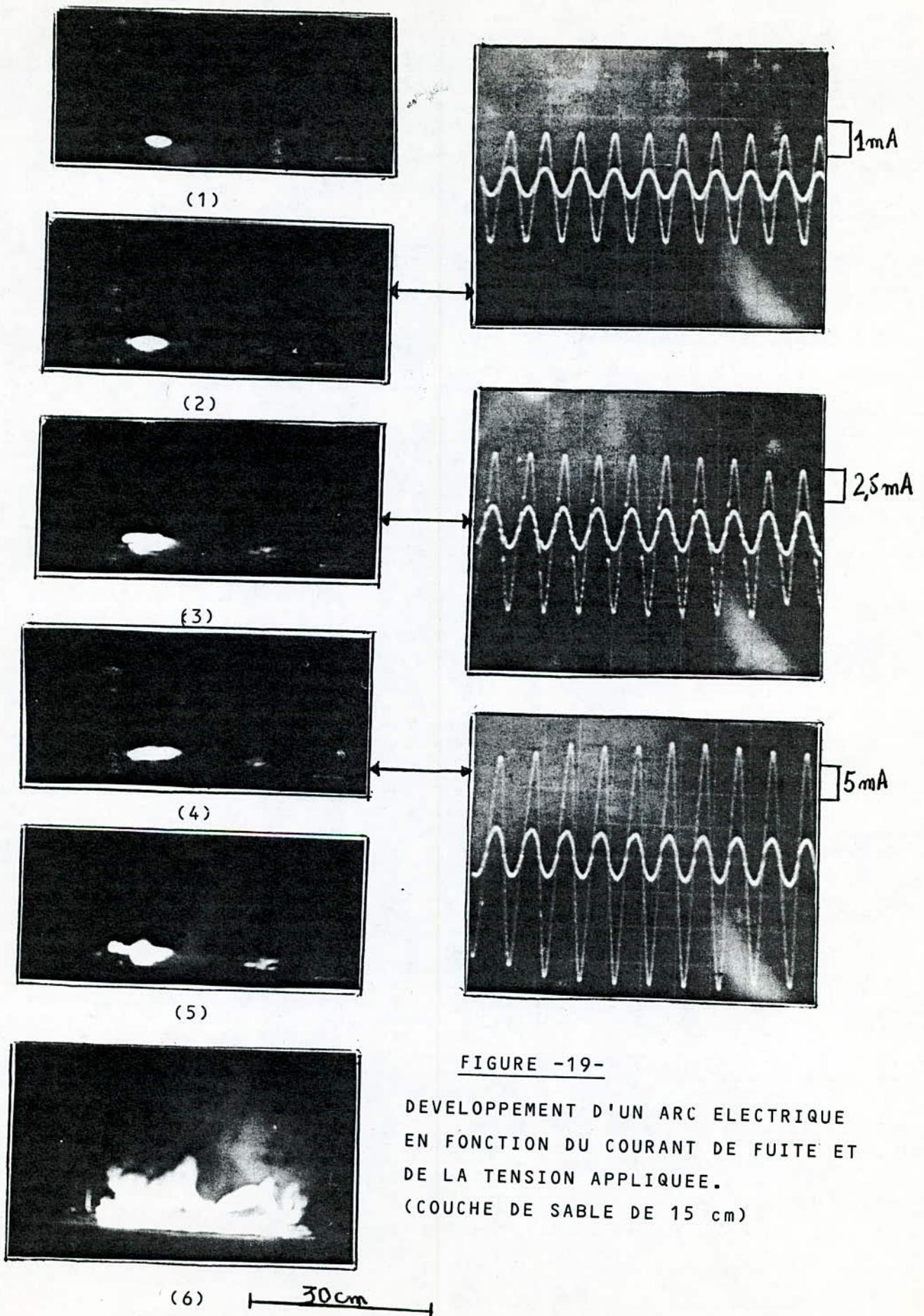


FIGURE -19-

DEVELOPPEMENT D'UN ARC ELECTRIQUE
 EN FONCTION DU COURANT DE FUITE ET
 DE LA TENSION APPLIQUEE.
 (COUCHE DE SABLE DE 15 cm)

3-4-3 INTERPRETATIONS :

Malgré que l'épaisseur et la répartition des couches polluantes n'étaient pas rigoureusement identiques dans tous les cas, nous pouvons dire que les quelques résultats que nous avons obtenus concordent plus ou moins avec ceux déjà trouvés auparavant par différents chercheurs.

3-4-3-1- CARACTERISTIQUES :

a- CARACTERISTIQUES COURANT-TENSION $I(V)$.

Cette caractéristique montre que l'augmentation de la tension entraîne l'augmentation du courant de fuite indépendamment de la conductivité.

Cette même caractéristique montre que pour une même valeur de tension appliquée, le courant de fuite augmente avec l'élargissement des couches polluantes.

b- CARACTERISTIQUES COURANT-LONGUEUR D'ARC $I(\infty)$.

Pour cette caractéristique nous remarquons que pour une même longueur d'arc, plus la couche de pollution est large, plus le courant de fuite est important. Nous remarquons en plus que toute augmentation du courant provoque l'allongement de l'arc.

c- CARACTERISTIQUES RESISTANCE DE LA COUCHE LONGUEUR D'ARC $R_p(\infty)$.

En comparant les deux courbes de cette caractéristique nous remarquons que la résistance de la couche de pollution R_p augmente lorsque la largeur de la couche diminue, ceci est dû au fait que la partie non polluée de résistance très grande provoque l'augmentation de la résistance équivalente du système.

Tout allongement d'arc diminue la valeur de la résistance, ceci paraît évident car l'allongement de cet arc court-circuite une partie de la couche.

d- CARACTERISTIQUES TENSION-LONGUEUR D'ARC $V(\infty)$.

Dans la détermination de cette caractéristique nous attendions à des résultats différents et ceux que nous avons obtenus durant nos essais, et cela en se basant sur le fait que

plus la largeur de la couche est faible, plus la tension demandée, pour maintenir un arc de longueur donnée est plus grande. Nous pouvons l'expliquer par le fait que dans notre cas particulier de configuration où toute la plaque est recouverte de sable, le taux d'éléments inertes est important et cela s'oppose au déplacement des ions. Les photos des figures -18- et -19- représentent le développement d'un arc électrique à travers des couches de largeurs de 30 cm, et 15 cm respectivement.

=-----0-----=

CONCLUSION

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les méthodes de mesure et de protection en haute tension en général et plus particulièrement celles concernant la mesure du courant de fuite sur une surface isolante polluée.

Pour des études ultérieures au laboratoire de haute tension de l'E.N.P, concernant les phénomènes de décharge sur une surface isolante polluée, nous suggérons d'utiliser des plaques isolantes en porcelaine ou en céramique de préférence aux plaques de verre ou de plexiglace.

Malgré les difficultés rencontrées, nous avons pu obtenir des résultats qui concordent plus ou moins avec ceux déjà trouvés par différents chercheurs et présentés au premier Chapitre.

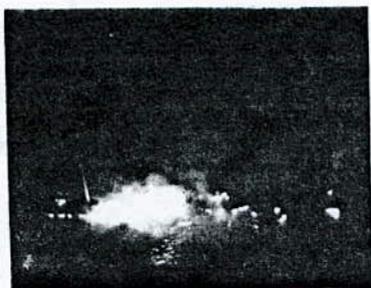
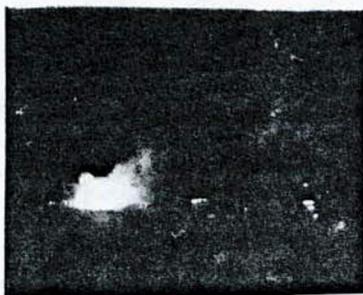
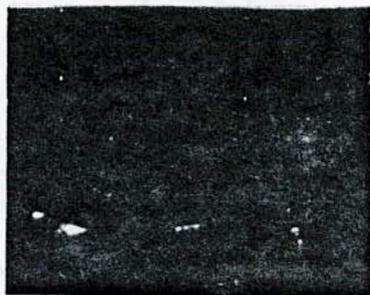
Les résultats obtenus nous ont prouvé la fiabilité du circuit de mesure réalisé, ce qui répond à l'objectif principal de notre travail.

Enfin, nous espérons que cette approche de l'étude du développement de l'arc sur une surface isolante polluée, soit plus développée à l'avenir.

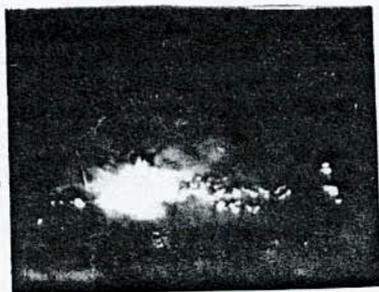
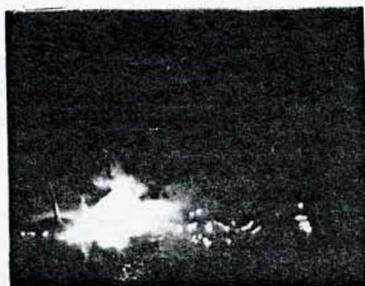
Pour ceci, nous suggérons un matériel supplémentaire au laboratoire de haute tension de l'E.N.P (cabine de pollution, caméra rapide, ...) qui correspondrait au mieux, aux besoins de l'élaboration de cette étude.

-----oooOooo-----

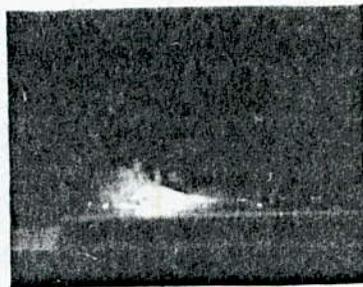
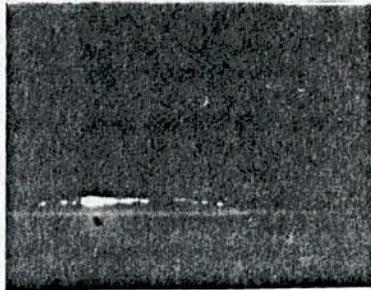
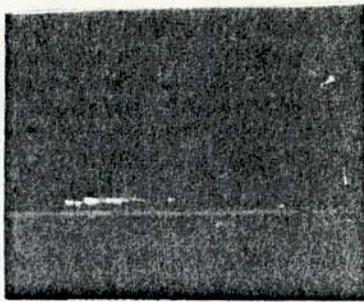
ANNEXE



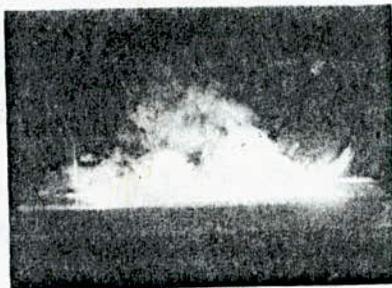
33 cm



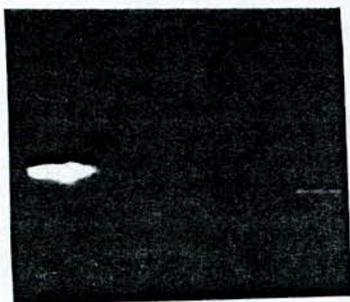
DEVELOPPEMENT D'ARC AVEC L'APPARITION DES AIGRETTES
SUR UNE SURFACE POLLUEE NON UNIFORME.



30 cm



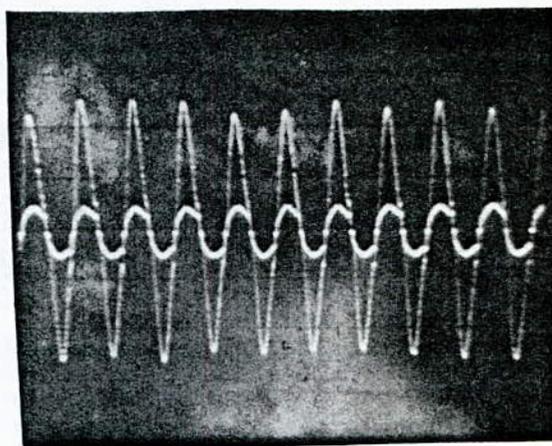
DEVELOPPEMENT D'ARC SUR UNE SURFACE COMPLETEMENT POLLUEE.



30 cm

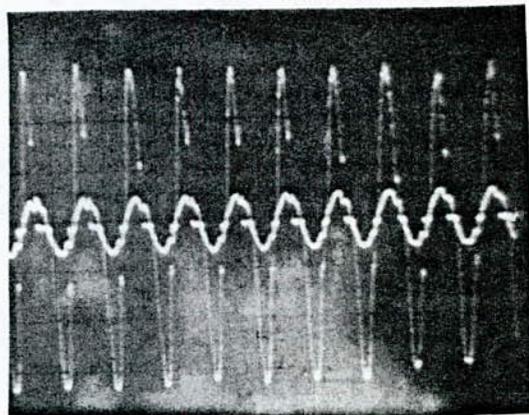


1mA

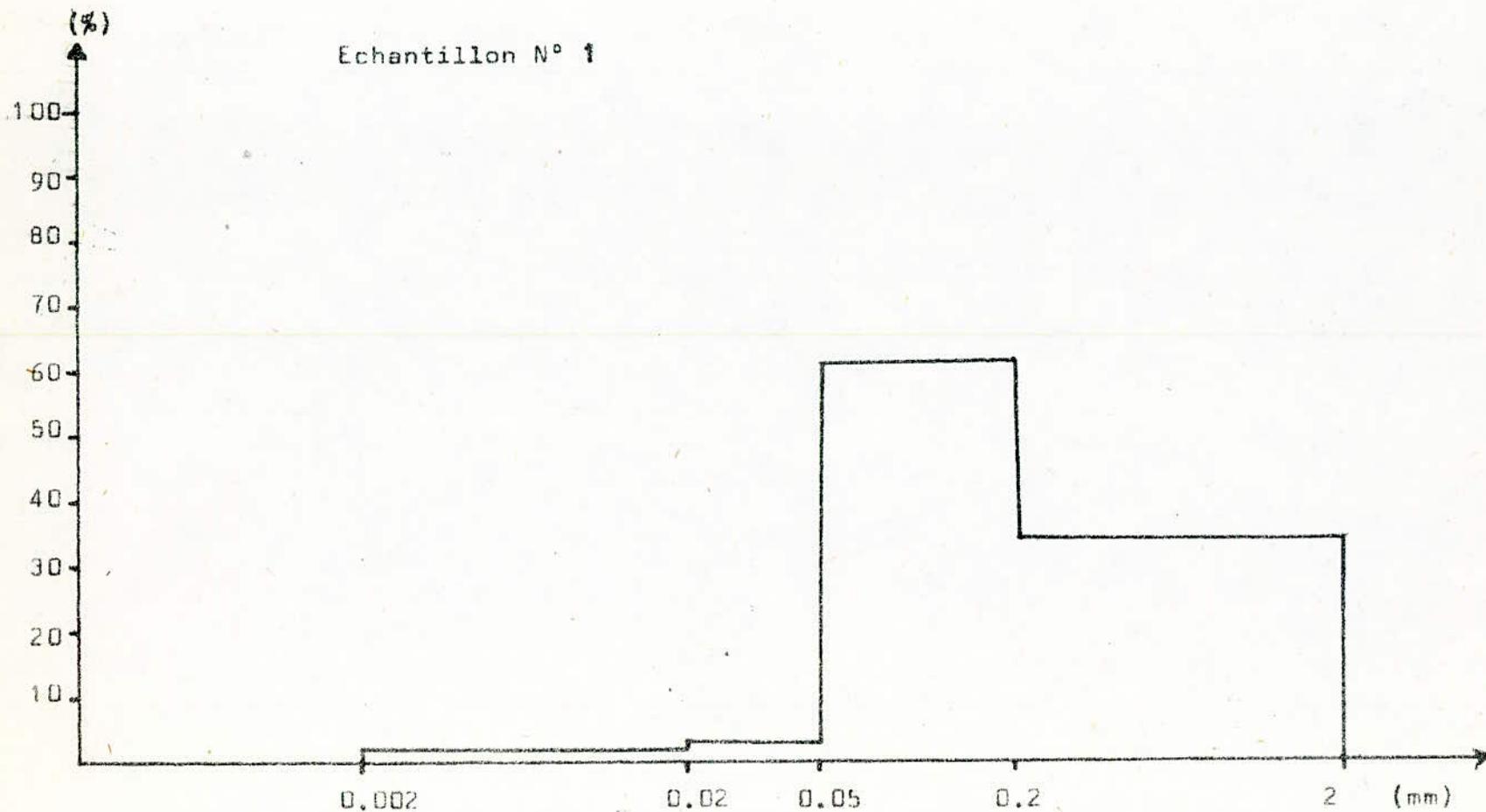


20
ms

5mA



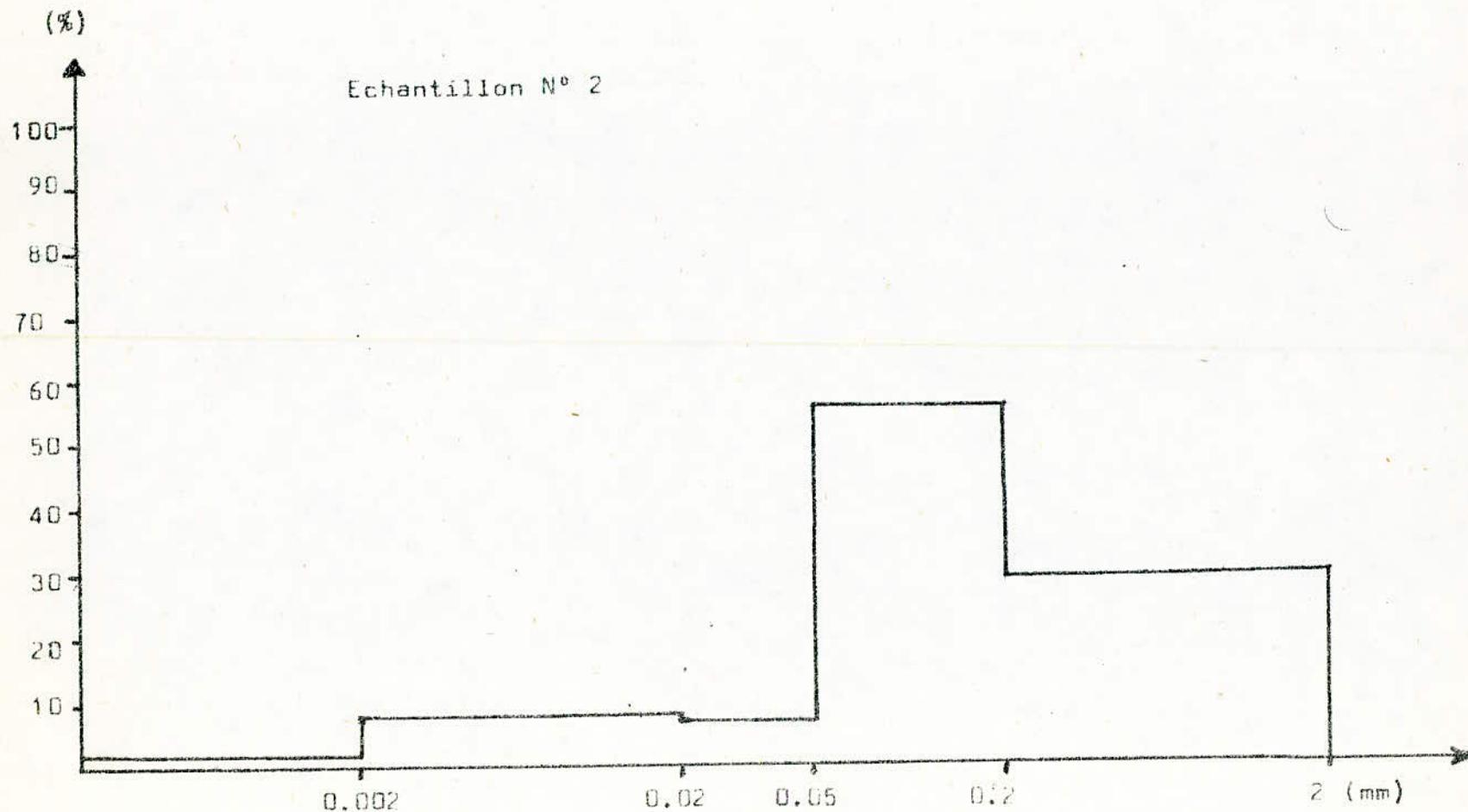
VARIATION DU COURANT DE FUITE EN FONCTION D'ALLONGEMENT
D'ARC SUR UNE SURFACE ISOLANTE CONTAMINEE D'UNE COUCHE
DE SABLE DE 20 cm DE LARGEUR.



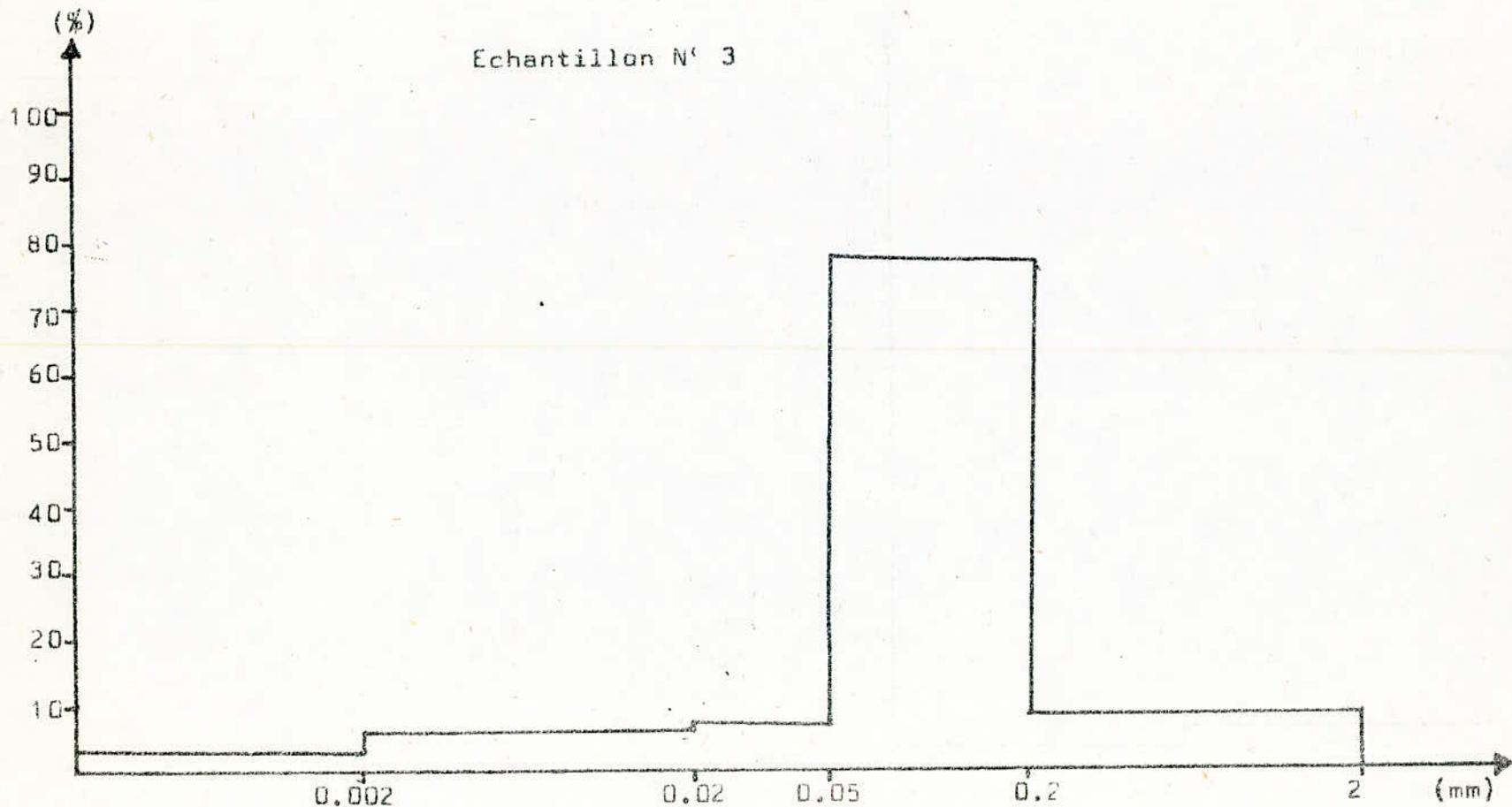
Distribution Granulométrique Du Sable

(HASSI R'MEL)

(niveau 0 m)



Distribution Granulométrique Du Sable
(HASSI R'MEL)
(niveau 0 m)

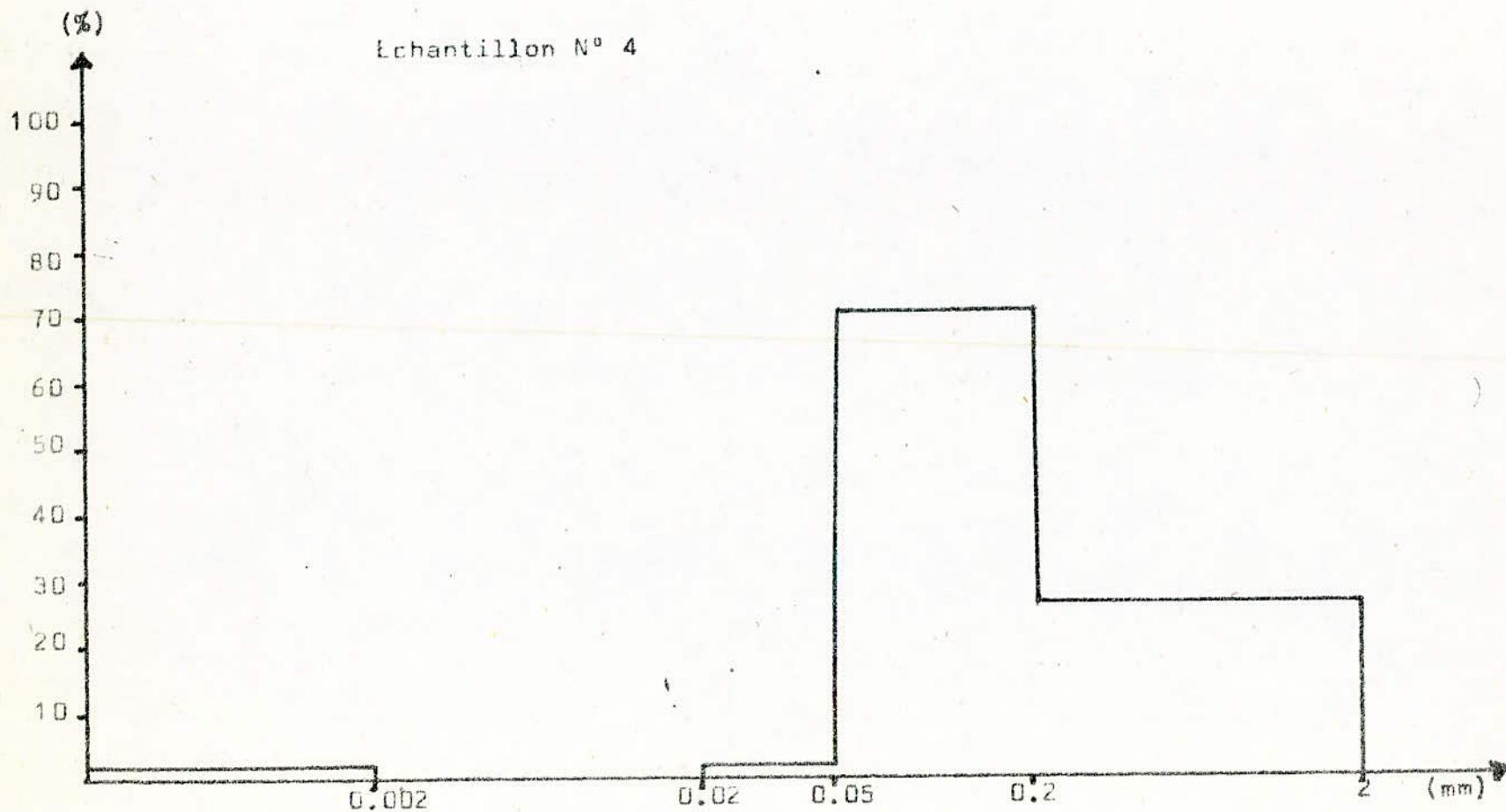


Distribution Granulométrique Du Sable

(HASSI R'MEL)

(niveau 2 m)

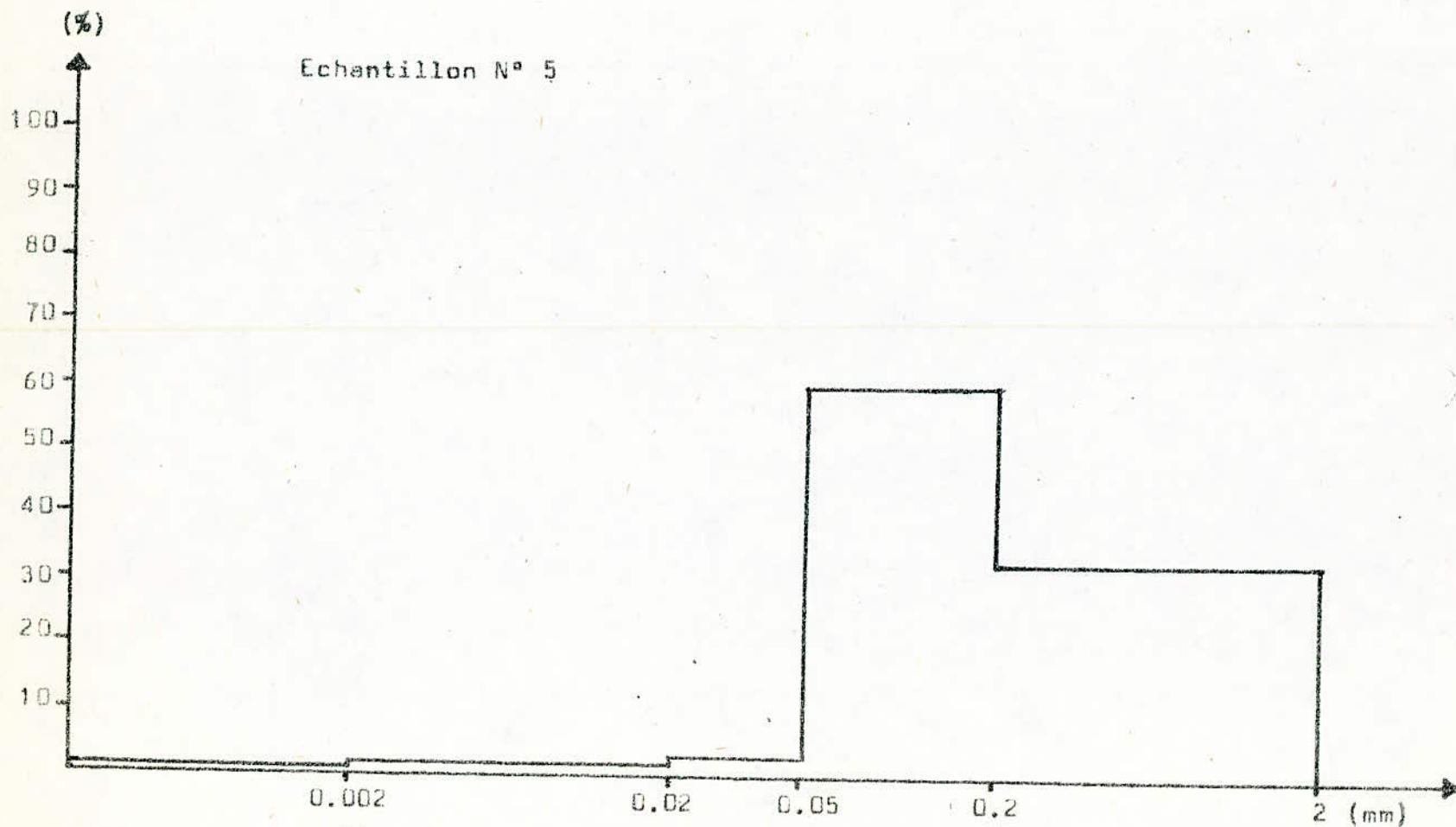
Echantillon N° 4



Distribution Granulométrique Du Sable

(HASSI MESSAOUD)

(niveau 0 m)

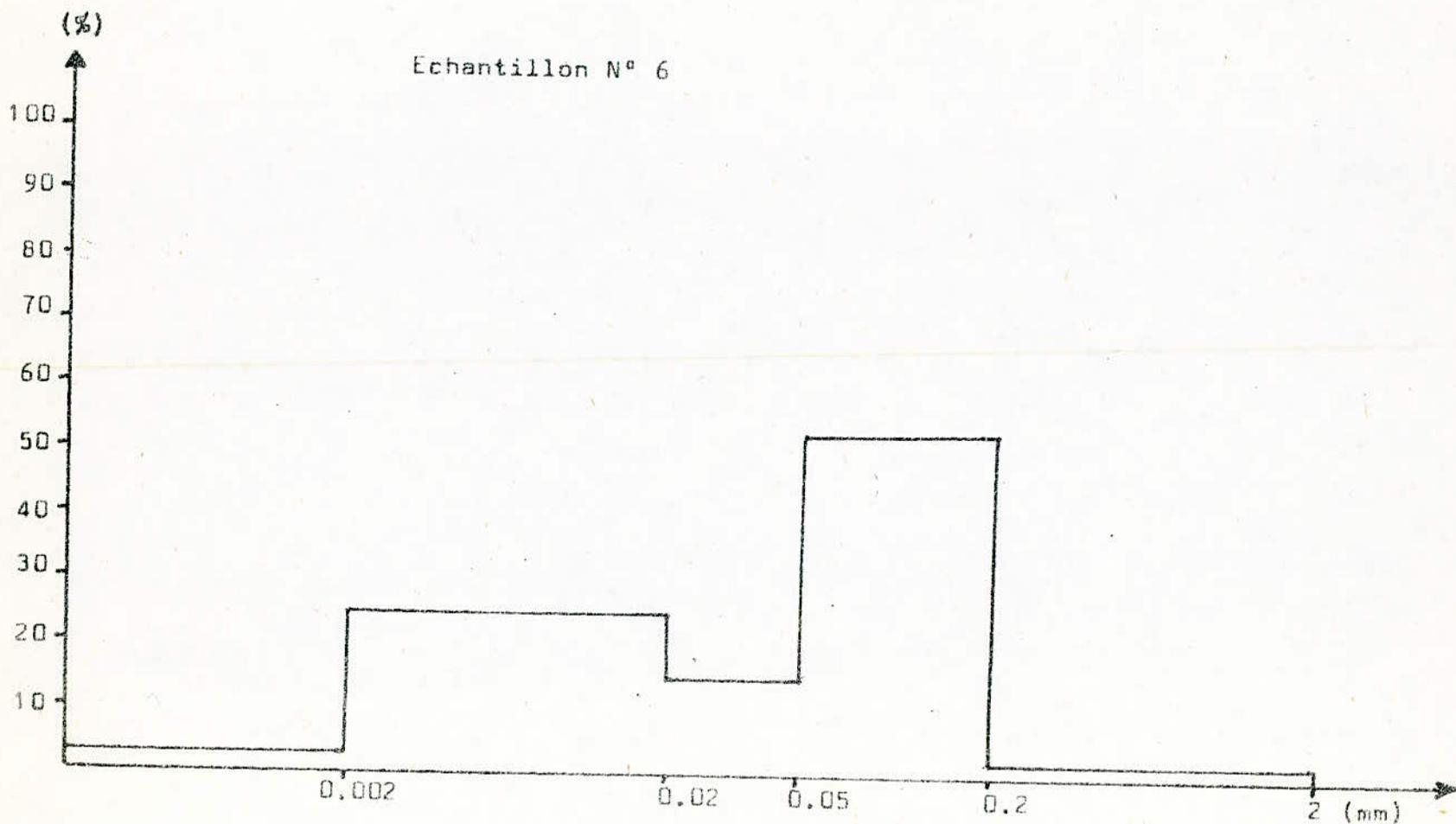


Distribution Granulométrique Du Sable

(HASSI MESSAOUD)

(niveau 2 m)

Echantillon N° 6



Distribution Granulometrique Du Sable
(TOUGGOURT)
(niveau 4 m)

BIBLIOGRAPHIE

- /11/- P. CLAVERIE et Y. PORCHERON (La pollution des isolateurs - Les phénomènes de pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en régions polluées) 166/R.G.E Tome 82 Nr 3 Mars 1973.
- /12/- A. CIMADOR et M. COJAN P. HAUTEFEUILLE, et M. MOREAU. (Méthode de dimensionnement des isolateurs de lignes aériennes en régions polluées) CIGRE Session de 1978. 30 Août-07 Septembre GROUPE de Travail 33-04.
- /13/- ABDELAZIZ EL SULEIMAN et M. IGBAL. QURESHI, (EFFECT OF CONTAMINATION ON THE LEAKAGE CURRENT OF INLAND DESERT INSULATOR) IEEE AUGUST 1984.
- /14/- M.P. VERMA, H. NIKLASCH W. HEISE, H. LIPKEN, H. SCHREIBER et G.F. LUXA, (Critère de contournement par pollution et ses applications pour le dimensionnement et le contrôle de l'isolation) CIGRE Session de 1978. 30 Août-Septembre- GROUPE de travail 33-09.
- /15/- FAROUK A.M. RIZK (Mathematical models for pollution flashover) ELECTRA n.78 pages 71-103.
- /16/- F. OBENAU (Fremdschichtüberschlag und kriechweglänge) Deutsche Elektrotechnik vol.4 1958 pages 135-136.
- /17/- G. NEUMÄRKER (Verschmutzungs Zustand und Kriechweg) Monatsber. d. Deut. Akad. Wiss. Berlin, vol 1-1959, pages 352-359.
- /18/- L.L. ALSTON, S. ZOELEDZIOWSKI (Growth of discharges on polluted insulator) I.E.E.E., vol 110 Nr 7, Juillet 1963.
- /19/- F. OBENAU et H. BOEHME (Essais de laboratoire et sur réseau avec des isolateurs à jupes pollués et la conception modèle de contournement le long de la ligne de fuite) CIGRE 1966, Nr 407.
- /110/- H.H. WOODSON, A.J. Mc ELROY (Insulator With contaminated surface Part II Modeling of discharge mechanisms) IEEE Trans. Vol Pas-89 Nr 8 Novembre/Décembre 1970. P.-.1858-1867.
- /111/- J.J. HURLEY, G.J. LIMBOURN (Correlation of service performance of insulators and lightning arresters under polluted conditions With test results with a view to examining the validity of criteria for insulator selection and testing) CIGRE sc 33 Septembre 1969.
- /112/- A. BOUBAKEUR et M.E. ZAIM (Pollution des isolateurs de haute tension dans les conditions sahariennes) thèse de fin d'études, Ecole Nationale polytechnique d'Alger, 1975.

- /13/- M.DOBARZIC (Formes des décharges glissantes sous tension de choc $1,2/50 \mu s$ sur les surfaces de diélectriques solides pollués par le sable du sahara).
Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger
Juin 1975.
- /14/- J.DUBIEF (Le climat du sahara) tome 2, Alger 1963.
- /15/- E.N.E.M.A (Recueil de données climatologiques), 1930-38
1945-59 ; 1960-69.
- /16/- E.N.E.M.A (Statistiques climatologiques de Hassi-Messaoud)
1971-74.
- /17/- MAHMOUD A.B EL KOSHAIRY et FAROUK A.M. RIZK (Comportement des isolateurs des lignes de transport à très haute tension dans des conditions de pollution désertique) CIGRE 33-05
session 1970.
- /18/- M.A.B EL KOSHAIRY, E. EL SHARKAOUI, M.M AWAD, H.E.M ZARZOURA
MM. KHALIFA, A. NOSSEIR (Performance de chaines d'isolateurs haute tension soumises à la pollution du desert) CIGRE 33-09
session 1982.

=-----o0o-----=