

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A.MIRA Bejaïa
Faculté de technologie
Département de Génie Electrique



Mémoire De Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme Master en

Électrotechnique

Option : Electrotechnique Industrielle

Thème

*Caractérisation de la décharge couronne en
géométrie Fil-Cylindre-Grille*

Présenté par :

M^r: *HAMMICHE Koceila*

M^r: *CHOULAK Mohamed*

Encadré par :

M^r: *KASDI Ahmed*

Année Universitaire

2021/2022

Remerciements

Ce mémoire vient de clôturer cinq années d'étude. Il constitue le résultat d'un travail que nous avons élaboré avec efforts mais aussi ...avec un grand plaisir.

- Nous remercions vont particulièrement :

- Monsieur KASDI Ahmed, notre encadrant, pour son accompagnement, sa disponibilité et ses conseils qui nous ont aidés à bien gérer notre travail.*
- Nous tenons également à remercier l'ensemble des membres du jury qui ont fait l'honneur de juger notre travail.*
- Nos chaleureux remerciements vont également à tous ceux qui par leur fonction, ont contribué de près ou de loin à notre formation.*
- Enfin, nous rendons hommage à notre université Abderrahmane mira de Bejaia, qui nous a offert l'opportunité de suivre notre parcours universitaire.*

Merci !

Dédicace

Je dédie ce modeste travail.

À ma mère

À mon père

Qui m'ont toujours soutenu pour que je puisse atteindre mes objectifs

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

À mes grands-parents à qui je souhaite une longue vie,

à mon frère, mes sœurs et à toute ma grande famille, en particulier mes oncles

et mes tantes pour leur soutien et leur l'encouragement durant toutes ces

années

À tous mes amis à qui je souhaite beaucoup succès

À toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail de près ou de loin.

À tous ceux que j'aime

Merci !

HAMMICHE Koceila

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes parents.

A mes sœurs et mes frères.

A mes amis et mes proches.

Mes très chers proches qui m'ont beaucoup soutenu pendant toute ma formation, ils trouveront ici ma profonde gratitude.

A toute la famille CHOULAK en général.

Mes dédicaces sont également adressées à tous mes amis, KOCEILA, YOUNES, CHERIF, et tous ceux qui me connaissent.

A tous les étudiants de la promo sans exception.

CHOULAK MOHAMED SALAH

Sommaire

<i>Remerciements</i>	ii
<i>Dedicace</i>	iii
<i>Dedicace</i>	iv
I.1. INTRODUCTION	2
I.2. Généralités sur la décharge couronne.....	2
I.2.1. Définition de la décharge couronne :	2
I.3. Domaine d'existence de la décharge couronne :	2
I.3.1. Condition d'apparition de la décharge couronne :	3
I.3.2. Processus de formation de la décharge couronne :	3
I.3.2.1. Amorçage de la décharge	3
I.3.2.2. Multiplication et avalanche	4
I.3.2.3. Phase de la recombinaison et maintien de la décharge :	5
I.3.3. Seuil d'apparition d'une couronne de décharge	5
I.3.4. Différents régimes de la décharge couronne (caractéristique : courant-tension) :	6
I.4. Mécanisme de développement de la décharge couronne.....	7
I.4.1. Mécanismes de la décharge de Townsend.....	7
I.4.2. Critère de Townsend	8
I.4.3. La décharge par streamers :	9
I.5. Loi de PASCHEN :	9
I.6. Types de décharges couronnes	10
I.6.1. Décharge couronne positive.....	10
I.6.2. Décharge couronne négative :	11
I.6.3. Décharge couronne en régime alternatif :	12
I.7. Paramètres influençant la décharge couronne :	13
I.7.1. Facteurs géométriques.....	13
I.7.1.1. Rayon de la courbure :	13
I.7.1.2. Distance inter-électrodes :	13
I.7.1.3. La nature des électrodes	14
I.7.1.4. La forme d'électrodes.....	14
I.7.1.5. État de surface.....	15
I.7.2. Les facteurs physico-chimiques.....	15
I.7.2.1. La densité de l'air :	15
I.7.2.2. L'humidité.....	15

Sommaire

I.7.2.3. La température	16
I.7.2.4. La pression.....	16
I.7.3. Facteurs électriques	16
I.8. Applications de la décharge couronne.....	17
I.9. Problèmes liés aux décharges couronnes	17
I.10. Conclusion	18
II.1. Introduction.....	20
II.2. Description des installations expérimentales	20
II.2.1. Les alimentations électriques :.....	20
II.2.2. Les systèmes d'électrodes de décharge couronne utilisée.	23
II.2.2.1. Système de la décharge couronne Fil-Cylindre	23
II.2.2.2. Constitution de la configuration fil-cylindre.....	25
II.2.2.3. Système de la décharge couronne en configuration triode	27
II.2.3. Systèmes de mesure.....	28
II.2.3.1. Mesure des tensions :.....	28
II.2.3.2. Mesure du courant :	29
II.2.3.3. Mesure des paramètres de l'air :.....	29
II.2.3.4. Mesure la densité de courant J	29
II.3. CONCLUSION	30
III.1. Introduction.....	32
III.2. Décharge couronne en configuration duale (fil-cylindre)	32
III.2.1. Caractéristique courant-tension :	33
III.2.2. Détermination de la densité de courant J au plan :	34
III.2.3. L'influence de la tension appliquée sur la densité de courant :.....	36
III.3. Effet de présence de la grille métallique :	37
III.3.1. Étude des évolutions des tensions de seuil en présence et en l'absence de la grille métallique.....	37
III.3.2. Effet de la hauteur grille plan sur le seuil de la décharge couronne :.....	38
III.3.3. Effet de la résistance R_g sur la tension seuil	39
III.3.4. Caractéristique courant tension :.....	40
III.3.5. L'influence de la hauteur fil-grille sur la caractéristique IV.....	40
III.3.6. Influence de la résistance de la grille sur la caractéristique I(V).....	42
III.4. Effet de variation de la tension de la grille.....	43
III.4.1. Effet de variation de la tension de la grille sur le courant du plan	43

Sommaire

III.4.2. Effet de variation de la résistance de la grille sur les courants	44
III.4.3. Effet de la hauteur de la grille sur la tension de la grille	46
III.4.4. Effet de la présence de la grille sur la distribution de la densité de courant	47
III.4.5. Effet de la résistance R_g et la hauteur de grille sur la densité de courant $J_p(x)$	48
III.4.6. 111 Effet de la hauteur de la grille sur la densité de courant	49
III.4.7. Effet de variation de la tension de la grille sur la densité de courant $J_p(x)$	51
III.5. Conclusion	52

Liste des figures

Figure I. 1 : <i>Amorce de la décharge</i>	4
Figure I. 2 : <i>Avalanche électronique</i>	4
Figure I. 3 : <i>Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne dans l'air à la pression atmosphérique (configuration pointe-plan) [7]</i>	6
Figure I. 4 : <i>Avalanche électronique</i>	8
Figure I. 5 : <i>tension de claquage pour différents gaz en fonction du produit pd. [12]</i>	10
Figure I. 6 : <i>Schématisation d'une décharge couronne continue positive. [13]</i>	11
Figure I. 7 : <i>Schématisation d'une décharge couronne continue négative. [13]</i>	12
Figure I. 8 : <i>Influence de la distance inter-électrodes sur le courant de la décharge couronne en polarité négative.[18]</i>	14
Figure I. 9 : <i>Caractéristique courant-tension selon la nature des électrodes en polarité positive. [18]</i>	14
Figure I. 10 : <i>Schéma d'évolution de la décharge observé en fonction de la pression [4].</i>	16
Figure II. 1 : <i>Schéma en bloc de la source de haute tension utilisée [26].</i>	21
Figure II. 2 : <i>Schéma électrique de la source de haute tension utilisée (uniquement pour la Tension positive).</i>	21
Figure II. 3 : <i>Equipements de l'installation haute tension utilisée.</i>	22
Figure II. 4 : <i>Installation haute tension utilisée du laboratoire de Bejaia.</i>	22
Figure II. 5 : <i>Constitution du dispositif expérimental</i>	24
Figure II. 6 : <i>Dispositif expérimental configuration Duale (fil-cylindre) geometrie1</i>	25
Figure II. 7 : <i>Dispositif expérimental configuration Duale (fil-cylindre) geometrie2</i>	25
Figure II. 8 : <i>Schéma explicatif d'un système de décharge en configuration Duale-Plan</i>	26
Figure II. 9 : <i>Vue longitudinale du dispositif d'électrodes de la configuration Duale-Plan</i>	26
Figure II. 10 : <i>Schéma explicatif d'un système de décharge en configuration triode.</i>	27
Figure II. 11 : <i>Décharge couronne dans le système triode</i>	27
Figure II. 12 : <i>Vue de côté de la configuration triode</i>	28
Figure II. 13 : <i>Grille métallique</i>	28
Figure II. 14 : <i>Vue de dessus de la sonde circulaire</i>	30
Figure III. 1 : <i>Schéma principal de mesure pour la configuration duale</i>	32
Figure III. 2 : <i>Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ (Geom1, H=50mm)</i>	33
Figure III. 3 : <i>Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ (Geom2, H=60mm)</i>	34
Figure III. 4 : <i>Distribution de la densité de courant $J_p=f(x)$ pour une tension appliquées 25kV (Geom1, H= 50m)</i>	35
Figure III. 5 : <i>Distribution de la densité de courant $J_p=f(x)$ pour une tension appliquée 25kV (Geom2, H= 60mm)</i>	35
Figure III. 6 : <i>Caractéristique $J_p=f(x)$ pour deux tensions appliquées</i>	36
Figure III. 7 : <i>Caractéristique $J_p=f(x)$ pour deux tensions appliquées</i>	36
Figure III. 8 : <i>Schéma principal de mesure pour la configuration triode</i>	37
Figure III. 9 : <i>Effet de la présence de la grille sur la tension Seuil</i>	38
Figure III. 10 : <i>Effet de la distance H_{gp} sur la tension Seuil en présence de la grille</i>	39

Liste des figures

Figure III. 11 : Effet de la résistance R_g sur la tension d'apparition de la décharge couronne (Géom1, $H=60\text{mm}$, $H_{gp}=25\text{mm}$)	39
Figure III. 12 : Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ sans et avec grille	40
Figure III. 13 : Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ pour différentes hauteurs H_{gp}	41
Figure III. 14 : Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ pour différentes hauteurs H_{gp}	41
Figure III. 15 : Caractéristique courant-tension en fonction de R_g (Géom1, $H=60\text{mm}$).....	42
Figure III. 16 : Caractéristique courant-tension en fonction de R_g	42
Figure III. 17 : Caractéristique courant-tension $I_p=f(V_g)$ (Géom1, $H_{gp}=25\text{mm}$, $R_g=72\text{ M}\Omega$)	43
Figure III. 18 : Caractéristique courant-tension $I_p=f(V_g)$ (Géom2, $H_{gp}=35\text{mm}$, $R_g=72\text{ M}\Omega$)	44
Figure III. 19 : Effet de variation de la résistance de la grille sur le courant de la grille (Géom 1, $H=60\text{mm}$, $H_{gp}=25\text{mm}$, $V_{app}=25\text{kV}$)	45
Figure III. 20 : Effet de variation de R_g sur le courant du plan.....	45
Figure III. 21 : Effet de la hauteur de la grille sur la tension de la grille	46
Figure III. 22 : Effet de la hauteur de la grille sur la tension de la grille	47
Figure III. 23 : Distribution de la densité de courant en présence et en l'absence de la grille (Géom1, $V_{app}=25\text{kV}$, $H=50\text{mm}$, $H_{gp}=25\text{mm}$)	47
Figure III. 24 : Distribution de la densité de courant en présence et en l'absence de la grille (Géom2, $V_{app}=25\text{kV}$, $H=60\text{mm}$, $H_{gp}=25\text{mm}$)	48
Figure III. 25 : Effet de R_g sur la distribution de la densité de courant	49
Figure III. 26 : Effet de H_{gp} sur la distribution de la densité de courant.....	49
Figure III. 27 : Effet de la hauteur de la grille sur la densité de courant $J_p(x=0)$ (Géom1, $H=70\text{mm}$, $R_g=82\text{M}\Omega$).....	50
Figure III. 28 : Effet de la hauteur de la grille sur la densité de courant $J_p(x=0)$ (Géom2, $H=70\text{mm}$, $R_g=82\text{M}\Omega$).....	50
Figure III. 29 : Effet de la tension de la grille sur $J_p(x=0)$	51
Figure III. 30 : Effet de la tension de la grille sur $J_p(x=0)$	52

Nomenclature

Symbole	Définition
E_c	Champ critique
K	Constant
P	Pression atmosphérique
T	Température atmosphérique
H_u	Humidité relative
A	Premier coefficient de Townsend
HT	<i>Haute tension</i>
J	Densité de courant
V_b	Tension de polarisation
E_s	Champ de Peek
S_m	Surface moyenne de la sonde
V_g	Tension de la grille
R_e	Résistance d'entrée
R_u	Résistance basse tension
R_f	Rayon de fil
D_c	Diamètre de cylindre
D	Distance entre fil-cylindre
H	Hauteur fil-plan
H_{gp}	Hauteur grille-plan
V_a	Tension appliquée
I_p	Courant du plan
I_s	Courant collecté par la sonde
V_s	Tension de seuil
R_g	Résistance de la grille
I_g	Courant de la grille
Σ	Densité relative de l'aire
γ	Second coefficient de Townsend
η	<i>Coefficient d'attachement</i>
Π	3.14
Δ_v	Différence de potentielle

Introduction Générale

Introduction Générale

La décharge couronne a été particulièrement étudiée d'un point de vue fondamental comme procédé de charge des matériaux. Ce type de décharge survient à chaque fois que nous avons des champs électriques non homogènes dont l'intensité dépasse le seuil d'ionisation du milieu considéré, cela en appliquant une tension assez élevée à une électrode de faible rayon de courbure située à une certaine distance par rapport à un plan de masse. L'électrode active dans notre cas d'étude est un fil très fin. Le champ électrique dans l'espace inter électrodes est non uniforme, son intensité au voisinage de l'électrode active est assez élevée pour que l'air soit ionisé.

Le but de ce projet est d'effectuer une étude théorique et expérimentale sur la décharge couronne en différentes configurations dans l'air à la pression et température atmosphériques pour déterminer les paramètres qui caractérisent la décharge couronne.

Afin de bien mener cette étude, nous avons subdivisé notre travail en trois chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à l'étude théorique de la décharge couronne, tel que le processus de la décharge couronne, le seuil d'apparition et les différents types de la décharge couronne ainsi que les facteurs influençant la décharge couronne.

Le deuxième chapitre est dédié à la présentation de l'installation haute tension localisée au laboratoire de haute tension de l'université A. Mira de Bejaia. Ensuite, nous allons exposer les deux configurations géométriques d'électrodes de notre étude duale (fil-cylindre) et triode (fil-cylindre +grille) ainsi que les méthodes de mesures des paramètres de la décharge couronne. La tension, le courant de la décharge et la densité de courant sont mesurés avec une bonne précision à l'aide de la sonde circulaire de Tassicker.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation et la discussion des résultats des essais effectués sur les deux configurations d'électrodes étudiées.

A la fin, nous clôturons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

I.1. INTRODUCTION

De nos jours, les décharges couronnes sont de plus en plus utilisées dans plusieurs secteurs industriels. Ces décharges pré-disruptives apparaissant sous la forme de lueurs diverses qui prennent naissance au voisinage d'une électrode à faible rayon de courbure ou dans un champ non uniforme se qualifient de décharge couronne.

Dans ce chapitre, nous citerons les notions générales de la décharge couronne, la définition de la décharge couronne, les différents régimes, et les mécanismes d'initiation de cette décharge.

I.2. Généralités sur la décharge couronne

I.2.1. Définition de la décharge couronne :

Les décharges couronnes sont des décharges électriques pré-disruptives qui se développent dans l'intervalle gazeux entre deux électrodes asymétriques. Cette décharge se produit sous forme d'une lueur lorsque la valeur maximale du champ électrique atteint celle du champ d'ionisation de l'air et se manifeste sur toute la gamme de fréquences de la tension [1].

Les décharges couronnes ont pour avantage d'être faciles à produire dans de bonnes conditions de stabilité et de reproductibilité et de pouvoir fonctionner avec tout type d'alimentation. Par contre, les difficultés principales les plus rencontrées c'est la transition de l'arc.

Il existe plusieurs géométries pour obtenir une décharge couronne et les plus courantes sont : fil-cylindre, fil-plan et point-plan [2].

I.3. Domaine d'existence de la décharge couronne :

Les décharges de couronnes se produisent donc dans un milieu gazeux en général entre une électrode de rayon de courbure faible (un défaut du conducteur formant une pointe par exemple) tel que le champ électrique à ses environs soit suffisamment important pour permettre la formation d'un plasma, et une autre de rayon de courbure importante (une plaque métallique ou la terre).

Si la géométrie du conducteur et la valeur du champ sont telles que la région ionisée s'étend au lieu de se stabiliser, le courant peut finir par trouver un chemin jusqu'à l'électrode inverse, il se forme alors des étincelles ou un arc électrique.

I.3.1. Condition d'apparition de la décharge couronne :

A l'état naturel, les gaz peuvent présenter une certaine conductivité électrique, cela est dû à la présence de rayons cosmiques ou d'électrons libres générés par ionisation matières radioactives ou de surchauffe. Lorsque ces électrons sont soumis à un champ électrique non uniforme élevé, ces électrons libres sont accélérés par les champs électriques suffisamment intenses.

L'énergie qu'ils acquièrent devient suffisante pour provoquer l'ionisation des molécules neutres qu'ils heurtent.

Il se crée alors de nouveaux électrons libres, lesquels soumis au même champ électrique vont également ioniser des molécules et ainsi de suite. Le processus prend une allure d'avalanche dite de Townsend les ions et les électrons créés se déplacent selon leur polarité et influencent sur le champ électrique. On appelle ces groupes de charges en mouvement "charges d'espace" [2].

Comme l'effet de couronne dépend du champ électrique, son apparition est étroitement liée à la tension appliquée aux électrodes du système et à la géométrie de ces mêmes électrodes. Les caractéristiques diélectriques du milieu séparant les électrodes sont aussi à considérer.

Il existe un champ électrique critique d'apparition de l'effet de couronne selon le milieu [3].

I.3.2. Processus de formation de la décharge couronne :

Au niveau microscopique, le processus de ce phénomène ne diffère pas suivant le type de décharge (Positive ou négative). On peut énumérer trois étapes pour le décrire. [4].

I.3.2.1. Amorçage de la décharge

Un photon ou un autre évènement extérieur s'impose pour ioniser une molécule donnée du gaz environnant l'électrode active. De par-là, un ion positif avec un électron seront libérés, Figure (I.1).

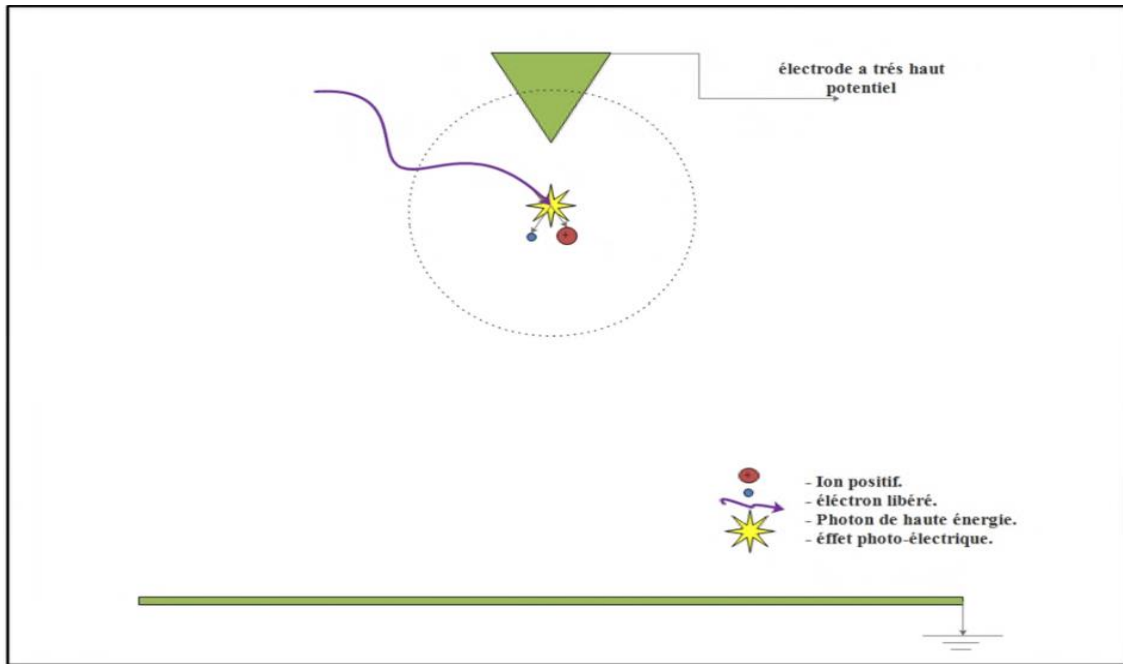


Figure I. 1: Amorce de la décharge.

I.3.2.2. Multiplication et avalanche

Au voisinage de l'électrode active réside un champ électrique très intense qui crée sur les particules libérées dont les charges ne comportant pas une même polarité, une force électrique qui va leur engendrer un mouvement cinétique de sens opposé.

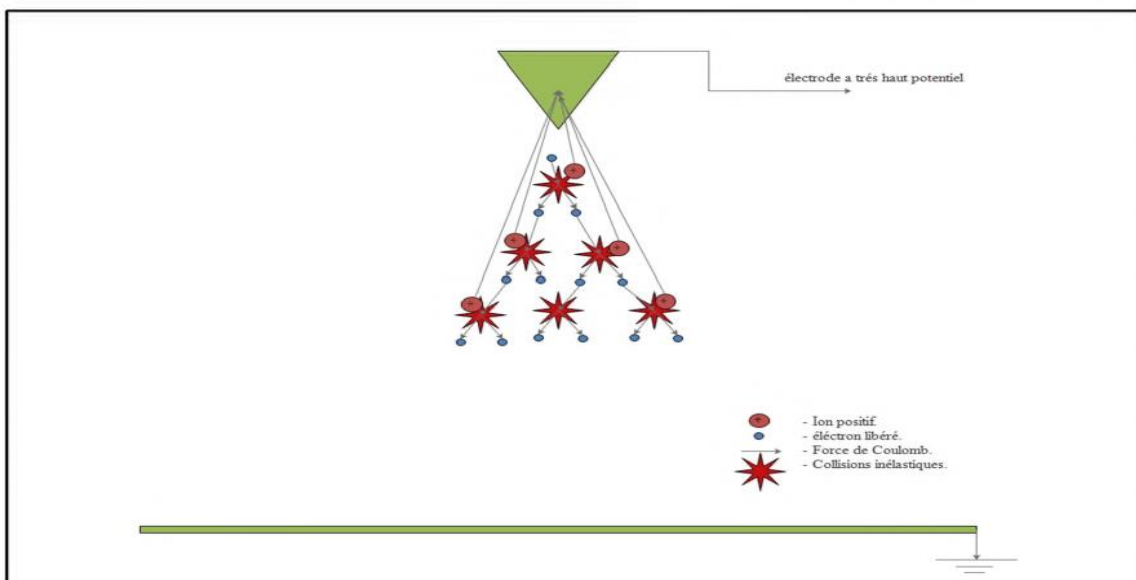


Figure I. 2 : Avalanche électronique

Ceci empêche la recombinaison de ces particules et initie le phénomène de claquage. Le mouvement de l'électron libéré étant plus important en vitesse (par conséquence du poids léger de cet électron en comparaison avec le poids ionique) impose une entrée en collision inélastique entre celui-ci et un certain atome neutre et provoque par la suite la création d'une multitude de paires ion/électron qui seront libérés et qui suivront le même processus. Ce dernier va provoquer le phénomène d'avalanche électronique.

I.3.2.3. Phase de la recombinaison et maintien de la décharge :

Dans cette phase, un courant électrique s'établit dans la géométrie inter-électrode suite au mouvement d'attraction des ions créés vers la seconde électrode non active.

I.3.3. Seuil d'apparition d'une couronne de décharge

L'étude du seuil d'apparition de la décharge couronne a fait l'objet de nombreuses études. Les travaux expérimentaux sur l'évaluation du seuil consistent généralement à mesurer la tension seuil à laquelle correspond un champ seuil à la surface de l'électrode active [3].

Lorsqu'un conducteur est soumis à une tension croissante, le champ critique de l'effet de couronne est défini par l'apparition brusque d'une importante conductivité de l'air dans son voisinage immédiat.

Selon F.W. Peek [4], pour une configuration cylindrique, l'apparition de l'effet de couronne est en fonction du champ superficiel, du rayon du conducteur, et de la densité de l'air expliquée par l'équation suivante :

$$E_C = E_S \times \delta \times \left(1 + \frac{K}{\sqrt{\delta \times r}} \right) \quad (I.1)$$

Avec :

- E_C : Le Champ critique, en kV/cm,
- E_S : Le Champ superficiel, $E_S = 31$ kV/cm
- K : Le Coefficient, $K = 0.308$
- r : Le Rayon du conducteur, en cm.
- δ : La Densité relative de l'air = $3.92P / (273 + T)$, ($\delta = 1$ pour $P=76$ cm Hg et $T = 25^\circ$), T est la température, en $^\circ\text{C}$.
- P : est la pression de l'air, en cm Hg
- Le terme $(\sqrt{\delta r})$: est appelé correction de Peek, il tient compte du fait que plus le rayon du conducteur est petit plus il est difficile d'ioniser loin de ce conducteur.
- L'équation précédente ne se vérifie que pour des surfaces parfaitement polies

I.3.4. Différents régimes de la décharge couronne (caractéristique : courant-tension) :

La Figure (I.3) décrit le comportement du courant en fonction de la valeur de la tension application. [5] Cette courbe permet de distinguer les quatre régimes qui contrôlent la décharge couronne.

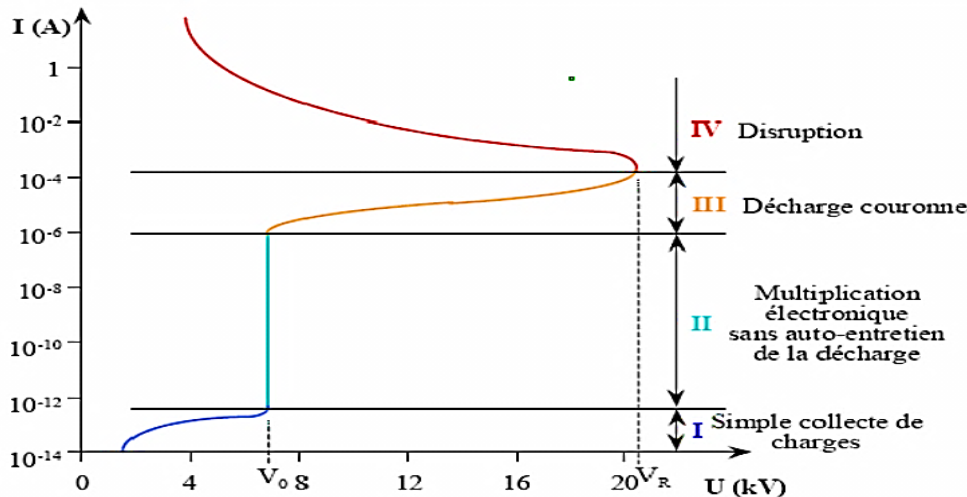


Figure I. 3 : *Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne dans l'air à la pression atmosphérique (configuration pointe-plan) [7]*

- **Régime I :** Collecte de charge.

Elle consiste à la collecte des espèces chargées présentes naturellement dans le milieu, ces espèces sont produites par l'impact des rayons cosmiques ou de particules issues de la désintégration spontanée de certains atomes (radioactivité naturelle) sur le gaz présent dans l'espace inter-électrode [6]

Le courant est très faible ($\approx 10^{-12} \text{ A/cm}^2$), dû à la présence d'ions issus de la radioactivité naturelle ou rayonnement cosmique. Dans ce cas, le champ électrique est trop faible pour assurer l'avalanche électronique.

- **Régime II :** Régime impulsif ou de décharge de Trichel non auto-entretenue.

Lorsque la tension atteint une valeur seuil V_s , le champ est assez intense pour qu'un électron puisse ioniser une particule environnante. Le processus d'avalanche se déclenche alors sans que le critère d'auto-entretien soit pour autant satisfait. La décharge a besoin d'une source externe complémentaire : on parle de régime de Townsend non entretenu. Le courant reste faible ($\approx 10^{-9} \text{ A/cm}^2$) [6].

- **Régime III :** Régime de décharge couronne.

Au-dessus de la tension seuil d'auto-entretien, des impulsions de Trichel deviennent

régulières, la création d'électrons germes par une source extérieure n'est plus nécessaire.

La décharge ne s'éteint plus car la condition d'auto entretien est atteinte. La composante continue (représentative de la charge d'espace) augmente avec la tension.

Si la tension est plus élevée, la fréquence des impulsions devient de plus en plus élevée, le temps entre deux impulsions successives devient plus petit que la durée d'une impulsion : ce régime est donc caractérisé par l'absence d'impulsions. Cependant, physiquement, il n'est que la continuité du régime de Trichel [6].

- **Régime IV** : Régime disruptif ou Régime d'arc.

Au-delà d'une tension appliquée V_R , la température du canal augmente fortement, ce qui provoque la dilatation brutale du gaz. Le champ réduit $\frac{E}{N}$ est alors suffisamment important pour que les phénomènes d'ionisations deviennent majoritaires par rapport à l'attachement électrique. Le régime d'arc est atteint, le milieu passe de l'état de plasma hors équilibre à l'état de plasma thermique [6].

I.4. Mécanisme de développement de la décharge couronne

Les décharges sont interprétées sur la base de deux modèles [7] :

- Le premier concerne les décharges à long rayon d'action faisant intervenir l'intervalle de décharge tout entier et notamment les effets secondaires à la cathode : c'est la décharge de Townsend.
- Le deuxième modèle mis au point pour expliquer la rapidité des phénomènes concernant les décharges à court rayon d'action, faisant intervenir la situation locale : c'est la décharge par streamers.

I.4.1. Mécanismes de la décharge de Townsend

Les ions positifs produits dans l'espace inter-électrodes lors de l'avalanche électronique dérivent vers la cathode. Si ces ions ont une énergie suffisante, ils peuvent arracher des électrons par bombardement de la cathode lesquels viendront renforcer l'avalanche. On définit le coefficient γ appelé coefficient d'émission secondaire ou second coefficient de Townsend qui représente le rapport entre le nombre d'électrons libérés à partir de la cathode et le nombre d'ions positifs qui tombent sur la cathode. Ce coefficient dépend de la nature du matériau constituant la cathode et du gaz employé. Lorsque l'intensité du champ électrique est suffisante,

ce phénomène devient important.

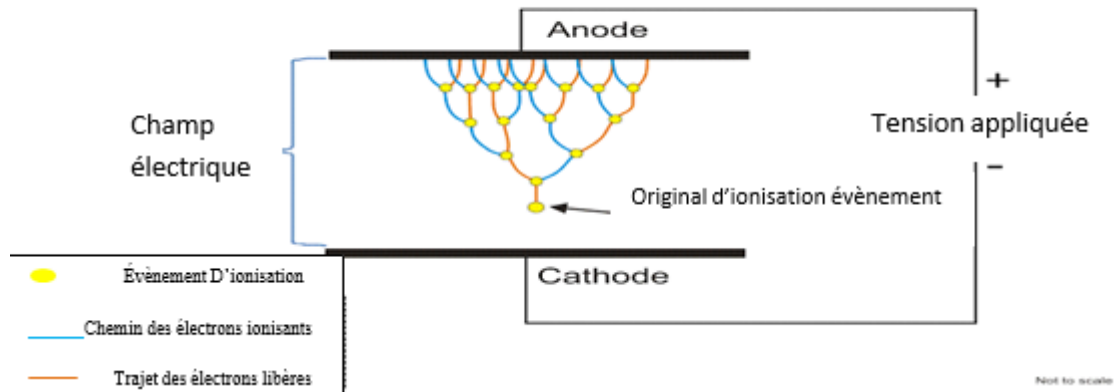


Figure I. 4 : Avalanche électronique.

I.4.2. Critère de Townsend

Le critère de TOWNSEND s’interprète en considérant qu’un électron produit dans l’avalanche $e^{\alpha x}$ ions. Ces derniers en bombardant la cathode, vont produire $\gamma e^{\alpha x}$ électron [2].

Le deuxième coefficient noté γ , représente le nombre moyen d’électrons produits à la cathode par un ion positif incident. Ainsi la décharge autonome apparait d’après TOWNSEND quand le critère suivant est rempli [8] :

$$\gamma(e^{\alpha x} - 1) = 1 \tag{I.2}$$

X : est la distance inter électrode

- Si α est très grand, on aura $e^{\alpha x} \gg 1$; alors on néglige 1 devant $e^{\alpha x}$, le critère de Townsend devient alors :

$$\gamma e^{\alpha x} = 1 \tag{I.3}$$

En introduisant dans la relation la relation de Townsend une probabilité d’attachement électronique η , l’équation de courant devient :

$$I(x) = I_0 e^{(\alpha-\eta)x} \tag{I.4}$$

Le critère de Townsend devient alors :

$$\gamma(e^{(\alpha-\eta)x} - 1) = 1 \tag{I.5}$$

Le courant prend la forme suivante :

$$I = I_0 \frac{e^{\alpha x}}{\gamma(e^{(\alpha-\eta)x} - 1)} \tag{I.6}$$

La théorie de TOWNSEND ne peut expliquer complètement la décharge par étincelle ou arc. Pour combler cette anomalie Meek, Reuther et Loeb ont proposé la théorie du streamer.

I.4.3. La décharge par streamers :

Pour qu'un ion se déplace jusqu'à la cathode il lui faut 10^{-5} à 10^{-4} s. L'expérience réalisée par Meek, Raether et Loeb a montré que le temps de la formation d'étincelle est de 10^{-7} s et moins, donc l'émission secondaire ne peut expliquer la décharge par étincelle [9].

La théorie des streamers justifie par des données expérimentales la grande vitesse avec laquelle se développe l'étincelle :

Une première avalanche de TOWNSEND faiblement luminescente prend naissance. Sous l'effet de la photo ionisation due aux rayonnements émis par cette avalanche, de nouvelles avalanches prennent naissance et donnent naissance à leur tour à d'autres avalanches dans le volume du gaz.

Au cours de leur développement, les diverses avalanches se rattrapent les unes, les autres et se confondent en donnant un canal bon conducteur du streamer.

La grande vitesse à laquelle se produit la décharge est due au fait que le streamer est conduit par plusieurs avalanches qui se développent simultanément entre les deux électrodes.

I.5. Loi de PASCHEN :

La loi de PASCHEN traduit la relation qui existe entre la tension de claquage (tension minimale pour déclencher une décharge), et le produit pression du gaz-distance inter-électrode [10].

$$U_c = f(Pd) \tag{I.7}$$

- U_c : tension de claquage.
- P : pression du gaz
- D : distance inter-electrode

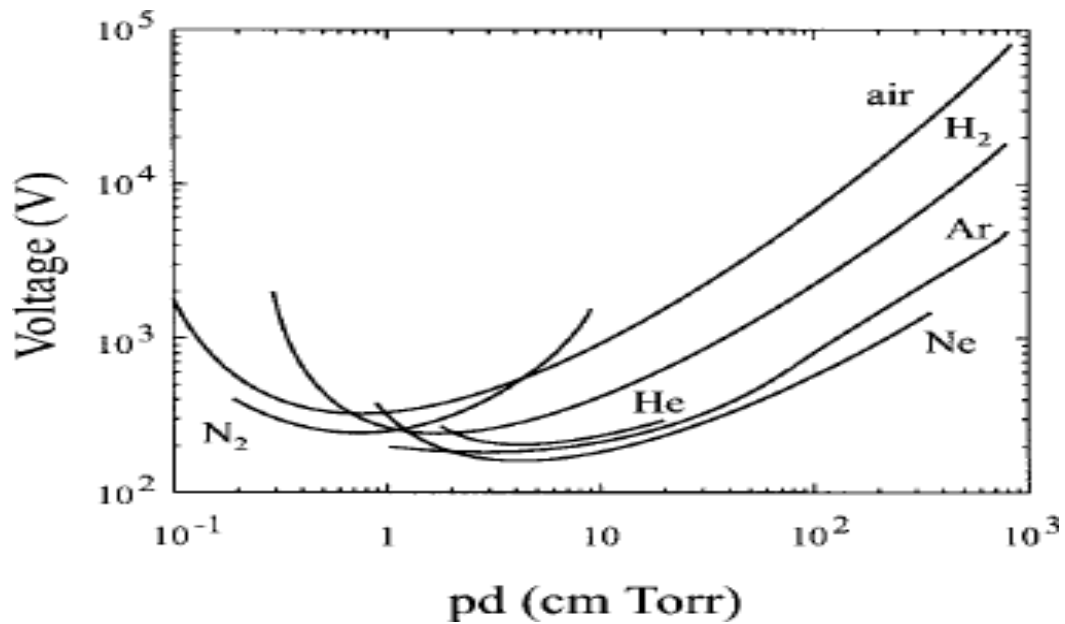


Figure I. 5 : tension de claquage pour différents gaz en fonction du produit pd . [10]

D'après la figure, on constate que pour un gaz à pression atmosphérique ($p=1,013 \cdot 10^5$ Pa), les courbes passent par un minimum pour une distance inter-électrode d'environ $1 \mu\text{m}$ ($pd=0,5$ à 5 environ). Cela signifie que, pour la production de décharge à pression atmosphérique, dans des conditions d'utilisation usuelles ($d \geq 1 \text{mm}$) la tension de claquage est une fonction croissante de la distance inter-électrode. Elle est utilisée dans l'industrie pour la fabrication des tubes de néon, la lumière de ces néons est due à la peinture qui se trouve à la paroi du néon.

I.6. Types de décharges couronnes

La décharge couronne peut être positive ou négative selon la polarité de l'électrode de faible rayon de courbure. Si elle est positive, on parle d'une décharge couronne positive, sinon d'une décharge couronne négative, comme on peut aussi ajouter la décharge couronne en régime alternatif.

I.6.1. Décharge couronne positive

La décharge couronne positive est celle qui se produit quand l'électrode active est portée à un potentiel positif et l'électrode passive (une plaque) à la terre. Dans ce cas, une zone à champ intense et de forte ionisation est créée autour de la pointe, des électrodes sont produits par photo-ionisation et sont accélérées vers celle-ci (zone en pointillé sur Figure (I.6) [11].

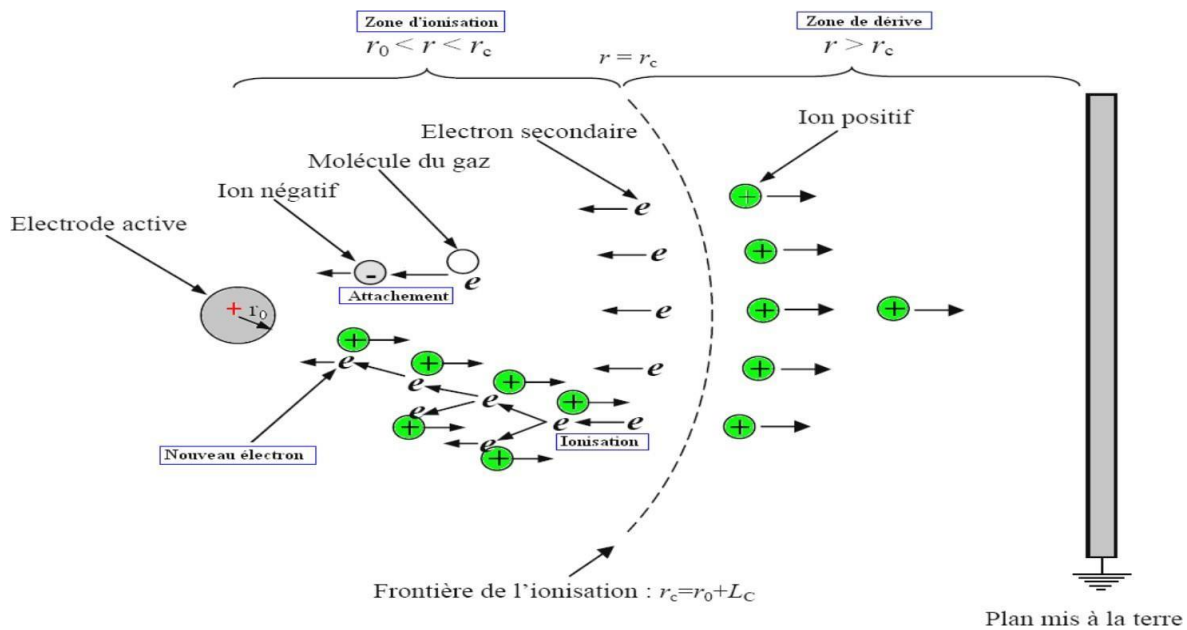


Figure I. 6 : Schématisation d'une décharge couronne continue positive. [11]

Le phénomène est plus complexe dans ce cas parce que la zone à champ électrique intense n'est pas juxtaposée à la source des électrons. Les électrons qui sont au voisinage de la pointe produisent des avalanches mais quand les électrons arrivent sur la pointe, ils ne produisent rien qui puisse entretenir le phénomène. La cathode ne joue pas le rôle de pourvoyeuse des électrons car cette cathode est située loin de la zone où le champ électrique est intense. Si le champ est assez fort, les électrons germes produits sous l'action du rayonnement ultraviolet émis par une avalanche créent de nouvelles avalanches. Le champ est renforcé par l'avalanche, mais la formation d'une chaîne entre électrodes est peu probable, le champ devenant trop faible au voisinage de la cathode [11].

I.6.2. Décharge couronne négative :

Dans le cas où la pointe est portée à un potentiel négatif, il y a toujours création d'électrons par photo-ionisation et apparition de la zone d'ionisation autour de la pointe. Goldman et Sigmund (1982) expliquent que les ions positifs alors créés reviennent rapidement à la cathode Figure (I.7) [11].

Des électrons sont extraits de cathode par choc, chaque électron ainsi libéré produit une nouvelle avalanche qui s'en dégage. Ces avalanches ont une extension limitée, d'une part, le champ décroît rapidement dès qu'on s'éloigne de la pointe vers le plan collecteur. D'autre part, les avalanches qui se développent laissent derrière elles les ions positifs moins mobiles qui font

écran entre les électrons et la pointe. Cette deuxième cause d'affaiblissement du champ vient renforcer la première [12].

Un usage d'ions positifs est formé par les avalanches d'électrons. Quand le nuage positif est développé de manière suffisante, les avalanches arrêtent de se produire parce que le champ est très affaibli au-delà. Les ions positifs sont attirés par la pointe, donc ils sont neutralisés par la pointe si bien que la zone positive dont nous avons vu la formation disparaît [11].

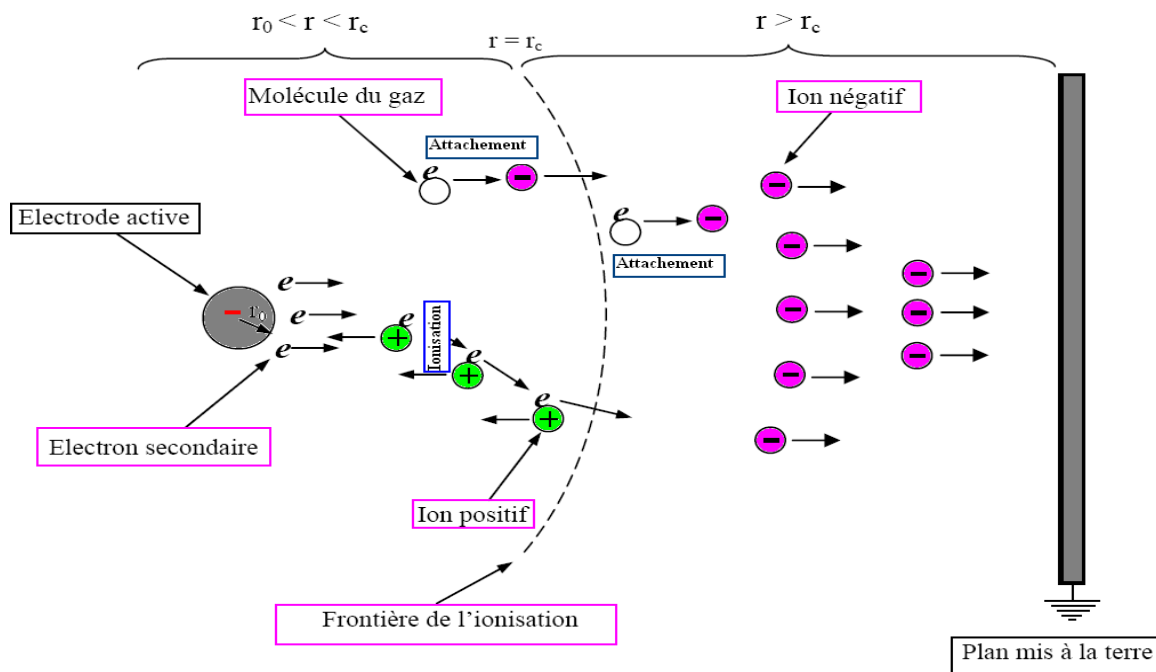


Figure I. 7 : Schématisation d'une décharge couronne continue négative. [11]

L'effet d'écran disparaît quand tous les ions positifs ont été captés par la pointe ; on a, à nouveau, le champ initial et le phénomène recommence. Il a donc une allure cyclique, la durée du cycle étant égale au temps mis par la couche positive pour être balayée par la pointe [12,13].

I.6.3. Décharge couronne en régime alternatif :

A la place d'un potentiel continu appliqué à la pointe, on peut également y appliquer un signal sinusoïdal à valeur moyenne nulle. Les alternances positives et négatives peuvent donner lieu à leurs modes de décharge respectifs. Dans ce cas, les processus de la décharge soumise à une excitation alternative sont identiques à ceux décrits pour une excitation continue, dans la mesure où l'intervalle de temps entre les inversions de polarité est suffisamment long pour que toutes les charges résiduelles de l'alternance précédente soient écoulées [14].

Si l'excitation est supérieure à la fréquence f_{max} , la charge d'espace va osciller et

augmenter à chaque période entre les électrodes. Cet effet cumulatif aura pour conséquence des passages à l'arc pour des potentiels plus faible qu'en continu.

Goldman et al [15] ont identifié trois composantes de courant dans le cas d'une tension alternative :

- Le courant capacitif dû à l'intervalle gazeux entre les électrodes qui jouent rôle d'un condensateur.
- Le courant impulsionnel, somme des impulsions « streamers » pour les alternances positives et des impulsions de « Trichel » lors des alternances négatives.

On peut aussi utiliser des décharges couronnes pulsées. Elles consistent à appliquer des pics de forte tension mais pendant un très court instant ($t < 1\text{ms}$) pour limiter le passage à l'arc. Dans ce cas, la valeur moyenne de la tension n'est pas nulle.

I.7. Paramètres influençant la décharge couronne :

Plusieurs facteurs peuvent influencer le seuil et les caractéristiques de la décharge couronne [16].

On distingue trois facteurs essentiels :

- Facteurs géométriques.
- Facteurs physico-chimiques.
- Facteurs électriques.

I.7.1. Facteurs géométriques

I.7.1.1. Rayon de la courbure :

L'augmentation du rayon de courbure augmente la tension seuil d'apparition de l'effet couronne.

I.7.1.2. Distance inter-électrodes :

L'influence de la distance inter-électrodes sur les paramètres de la décharge est montrée sur la figure (I.8). Il apparaît clairement que le courant est plus important et croît plus rapidement avec la tension appliquée pour de faibles distances inter-électrodes. De plus, les seuils de décharge couronne apparaissent pour des valeurs de tension inférieures dans le cas de faibles distances inter-électrodes [16].

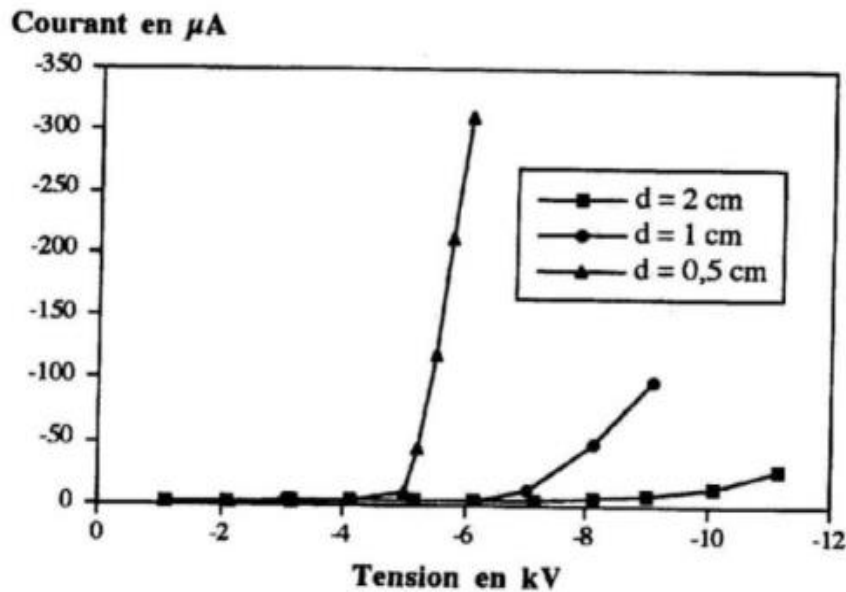


Figure I. 8 : Influence de la distance inter-électrodes sur le courant de la décharge couronne en polarité négative.[16]

I.7.1.3. La nature des électrodes

La caractéristique courant-tension est représentée selon la nature des électrodes (cuivre, aluminium, et acier) sur la figure (I.9).

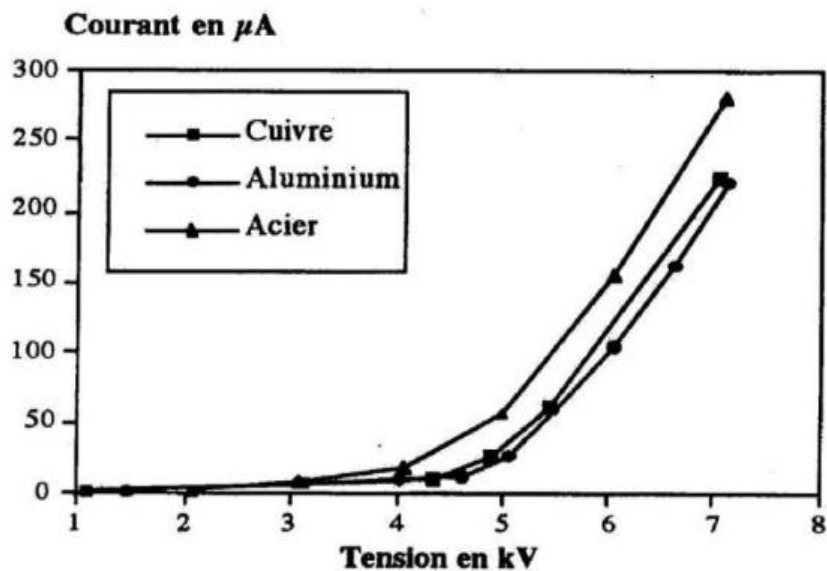


Figure I. 9 : Caractéristique courant-tension selon la nature des électrodes en polarité positive. [16]

I.7.1.4. La forme d'électrodes

Dans les systèmes d'électrodes utilisées, la distribution du champ électrique dans l'espace

inter électrodes, avant amorçage de la décharge, dépend de la configuration géométrique des électrodes. En champ homogène dès son apparition, la décharge transite rapidement vers l'arc électrique, autrement dit, la décharge couronne est inexistante et les tensions U et U_d sont confondues [17].

I.7.1.5. État de surface

L'état de surface des conducteurs est un paramètre important par le fait que, plus il se dégrade plus les pertes augmentent et plus le champ perturbateur est élevé [2]. Parmi les facteurs de dégradation, la pollution végétale ou industrielle, voir suintement en surface de graisse de tournage, jouent un rôle important, mais malheureusement difficilement maîtrisable. Plus encore, la pluie, en raison des aspérités que constituent les gouttes d'eau suspendues aux conducteurs, multiplie le nombre d'aigrettes génératrices de l'effet couronne.

I.7.2. Les facteurs physico-chimiques

I.7.2.1. La densité de l'air :

Les paramètres climatiques et particulièrement la densité de l'air influencent la tension d'amorçage des intervalles d'air.

La tension est proportionnelle à la densité de l'air :

$$U_{dn} = \frac{U_d K_h}{\delta} \quad (I.9)$$

Avec :

U_d : Tension de claquage dans les conditions normales.

K_h : Correction à apporter pour avoir les conditions normales.

Avec l'augmentation de la température, à la pression normale, la rigidité diélectrique de l'air diminue, ce qui favorise la décharge couronne. Cela est dû au fait que dans ce cas le libre parcours moyen augmente.

I.7.2.2. L'humidité

L'influence de l'humidité sur la rigidité diélectrique de l'air est très importante surtout dans le cas où le champ électrique est non uniforme. Ce phénomène serait lié d'une part à l'accroissement de l'attachement des électrons libres, du fait de la présence de vapeur d'eau dans l'air (grande électronégativité) et d'autre part à la plus grande absorption des photons en tête des streamers, dans la région où se produisent les avalanches secondaires par photo ionisation [18].

Le seuil d'apparition de la décharge couronne survient à des tensions toujours plus basses pour 90% que pour 5% d'humidité relative [19].

Cette différence pourrait s'expliquer par l'augmentation de la conductivité de l'air lorsque l'humidité relative de la cellule de décharge augmente.

I.7.2.3. La température

Avec l'augmentation de la température, à la pression normale, la rigidité diélectrique de l'air diminue, ce qui favorise la décharge couronne. Cela est dû au fait que dans ce cas le libre parcours moyen augmente [2].

I.7.2.4. La pression

L'effet de la pression est proportionnel à la tension d'amorçage et inversement proportionnel au courant. La figure (I.10) montre l'effet de la pression sur la décharge [20].

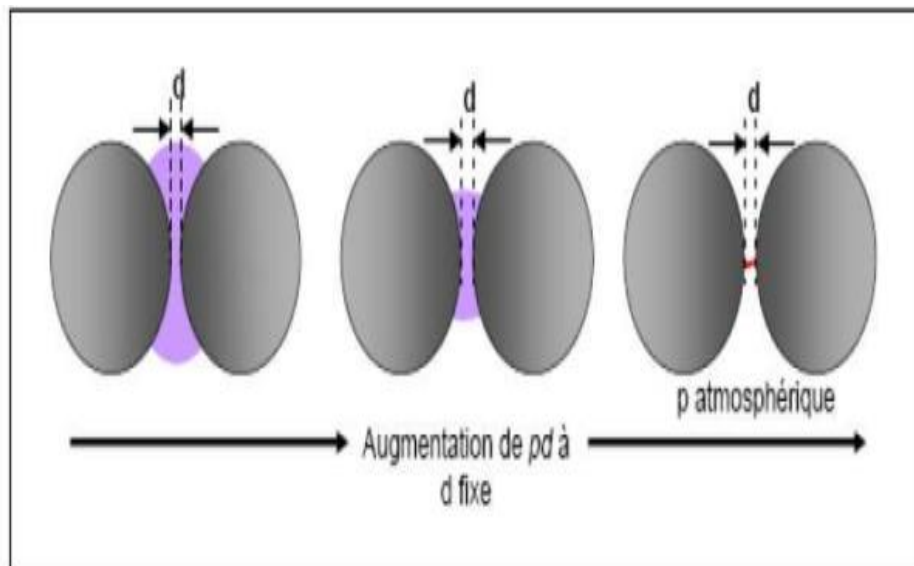


Figure I. 10 : Schéma d'évolution de la décharge observée en fonction de la pression [2].

I.7.3. Facteurs électriques

La décharge couronne est influencée par les paramètres électriques de la tension appliquée au système d'électrodes à savoir [21] :

- La forme d'onde (continue/ sinusoïdale / triangulaire / rectangulaire)
- L'amplitude
- La fréquence
- La largeur d'impulsion

I.8. Applications de la décharge couronne

La décharge couronne présente des aspects utiles recherchés pour ses nombreuses applications commercial et industrielle [22] :

- Production d’ozone.
- Traitement de surface de certains polymères.
- Photocopieur.
- Laser à azote.
- Refroidissement de composants électroniques.
- Coloration des véhicules

I.9. Problèmes liés aux décharges couronnes

Au niveau du transport de l’énergie électrique, l’effet de couronne est la source de pertes électriques, d’interférences radiophoniques et télévisuelles, de bruits audibles, de la détérioration de l’état de surface des composantes et de vibrations mécaniques. De plus, les sous-produits de l’effet de couronne dans les milieux isolants de certains disjoncteurs (SF6) et transformateurs (huile), diminuent leur pureté et leurs propriétés isolantes. Minimiser l’effet de couronne demeure un défi de taille dans la conception des composantes hautes tensions. Les décharges électriques dans l’air génèrent aussi de l’ozone, qui est un gaz irritant. Les décharges de couronnes sont particulièrement [23] :

- Les installations de transmissions électriques où elles provoquent une perte d’énergie et de bruit ;
- La plupart des équipements électriques : transformateurs, machines électriques (aussi bien générateurs que moteurs...etc.). Où elles endommagent progressivement les isolants et amènent à une détérioration prématurée des équipements ;
- Toutes les situations nécessitent une tension importante mais où la production d’ozone doit être minimale.

I.10. Conclusion

Ce chapitre est consacré à une étude théorique sur les décharges électriques, plus particulièrement la décharge couronne. Ensuite, nous avons décrit les différents mécanismes de la décharge et les différents modes de décharge. Ainsi que les paramètres influençant la décharge couronne. Enfin, nous avons donné quelques applications de la décharge couronne dans le domaine industriel.

Le chapitre qui suit fera objet d'une description du dispositif expérimental et des méthodes de mesure.

Chapitre II

II.1. Introduction

Les travaux présentés dans ce chapitre ont été réalisés au sein du laboratoire de haute tension de l'université A. Mira de Bejaia sous l'encadrement de Mr KASDI.

La première partie est consacrée à l'étude des paramètres qui caractérisent la décharge couronne (seuil d'apparition de la décharge, le courant de la décharge et la densité du courant) en configuration dual (fil-cylindre) pour deux géométries différentes.

La deuxième partie de notre travail aborde l'effet d'insertion d'une grille métallique entre l'électrode dual et le plan de masse sur le comportement de la décharge couronne.

II.2. Description des installations expérimentales

Les éléments installés dans cette expérience peuvent être classés en trois blocs :

- Les alimentations électriques
- Les systèmes d'électrodes de décharge couronne
- Les systèmes de mesures électriques

II.2.1. Les alimentations électriques :

Pour l'alimentation des électrodes actives de la décharge couronne on a utilisé une source de haute tension continu en polarité positive. L'équipement électrique est installé au laboratoire de haute tension à l'université de Bejaia qui délivre des tensions continues ou alternatives variant de 0 à 140 kV dans les deux polarités. Les figures (II.1) suivantes illustrent les éléments constitutifs de cette installation qui se compose :

- D'une source de basse tension SG1.
- D'un transformateur de haute tension alimenté par la source basse tension.
- Deux diodes hautes tensions C270.
- Deux condensateurs de lissage C10.

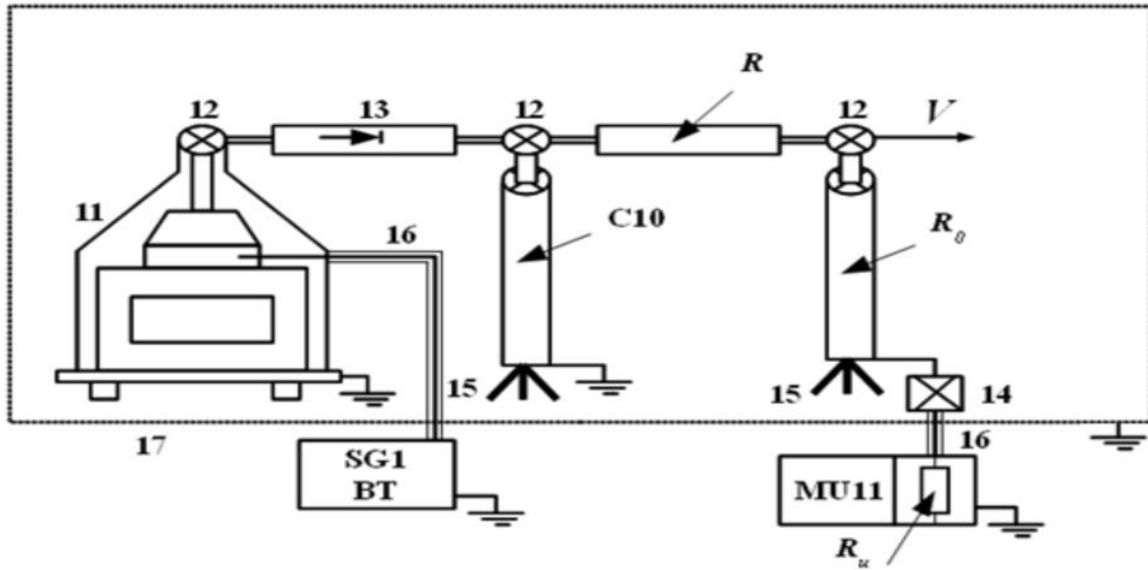


Figure II. 1 : Schéma en bloc de la source de haute tension utilisée [26].

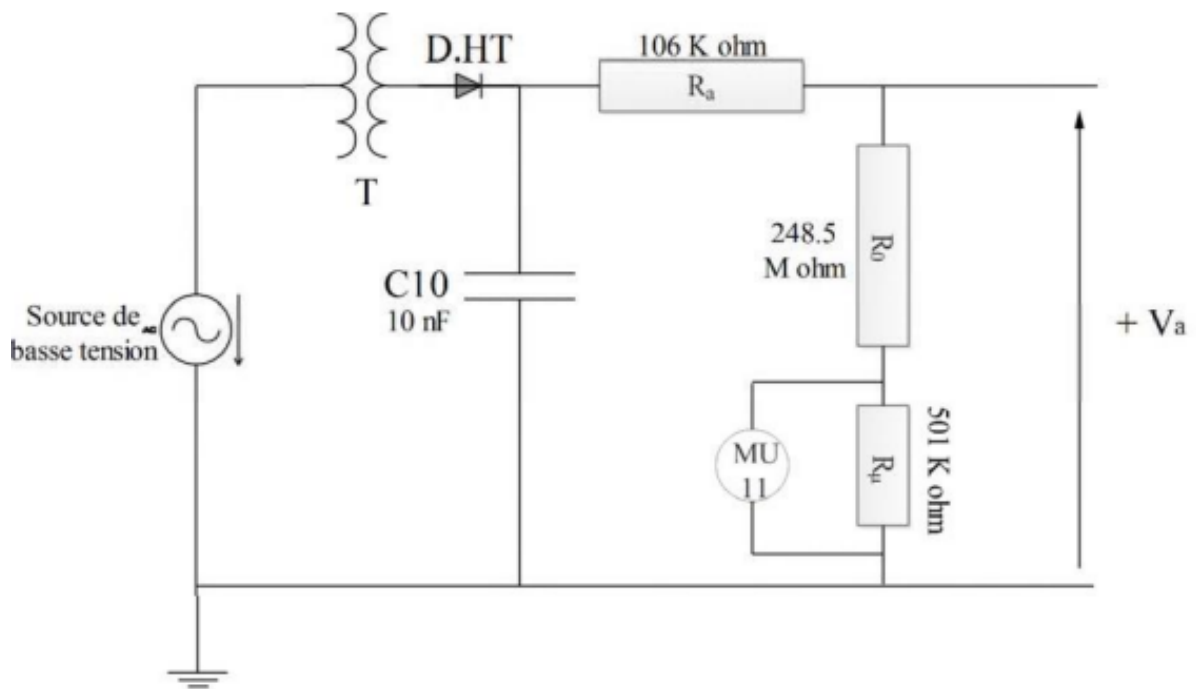


Figure II. 2 : Schéma électrique de la source de haute tension utilisée (uniquement pour la Tension positive).



Figure II. 3 : Equipements de l'installation haute tension utilisée.

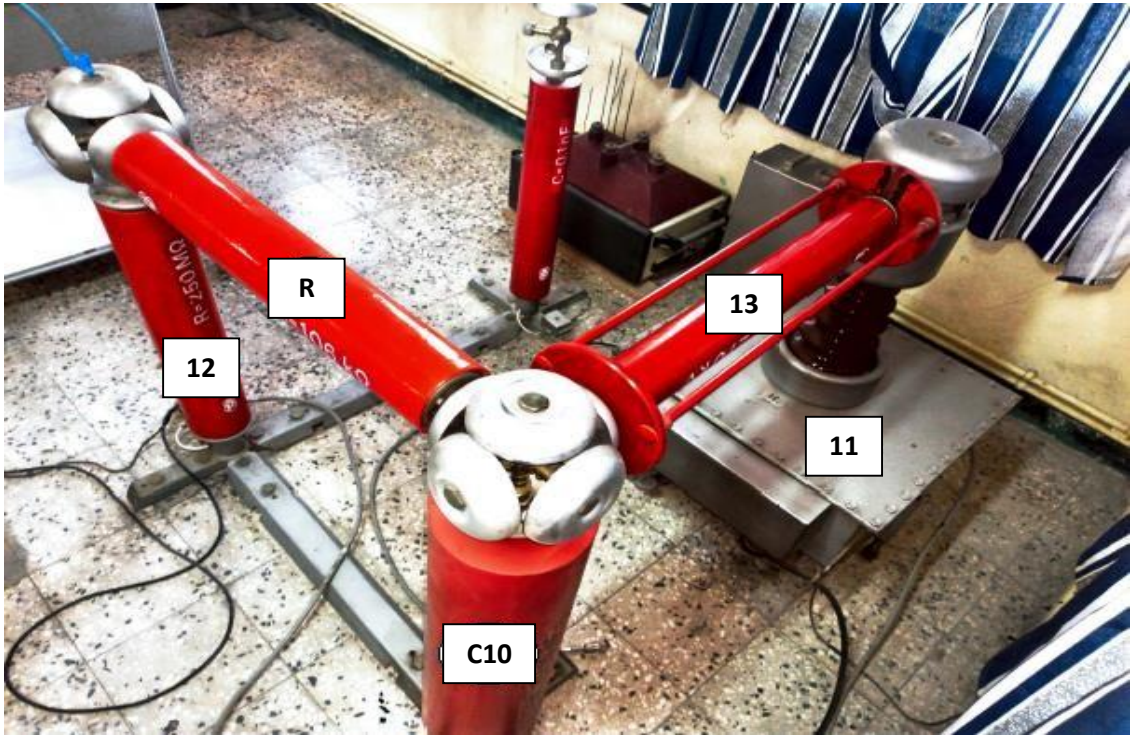


Figure II. 4 : Installation haute tension utilisée du laboratoire de Bejaia.

SG1 : Générateur de basse tension.	MU11 : Voltmètre de crête.
11: Transformateur haute tension (T100).	13: Diode haute tension (G270).
C10 : Condensateur de lissage (C10).	R : Résistance d'amortissement (R_a).
12: Résistance haute tension (R_0).	28 : Grille de protection (Cage de Faraday).

L'enroulement primaire du transformateur élévateur T100 (20) utilisé dans cette installation (ayant un faible pas de variation de 100 V environ et délivrant des hautes tensions) est alimenté par une source basse tension variable (SG1) via un câble. On a associé à ce transformateur deux redresseurs mono-alternance afin d'obtenir une haute tension continue. Chacun de ces deux redresseurs est constitué d'une diode haute tension (21) à base de silicium et d'un condensateur de lissage C_{10} (22) de capacité de 10nF. Une résistance R_a (23) de 106 k Ω relie le condensateur au système d'électrodes. Son rôle est d'amortir le courant, protégeant ainsi la diode des surintensités. Pour la mesure de la haute tension continue V_a , nous disposons d'un diviseur de tension résistif composé d'une résistance haute tension R_0 (24) de 248,5 M Ω et d'une résistance basse tension R_u (27) de 501 k Ω incorporée dans le voltmètre de crête MU11. Ces deux résistances sont reliées par un câble coaxial (26) blindé.

II.2.2. Les systèmes d'électrodes de décharge couronne utilisées.

II.2.2.1. Système de la décharge couronne Fil-Cylindre

Parmi les configurations existantes dans les laboratoires de recherche pour produire la décharge couronne on trouve la configuration duale "fil-cylindre".

L'ensemble du dispositif expérimental pour la géométrie Fil-Cylindre est représenté sur la figure (II.5). Le système d'électrodes et les éléments mis sous haute tension sont isolés par une grille séparatrice (cage de Faraday (6)) du manipulateur et des autres appareils de mesure basse tension. L'électrode active (1) placée parallèlement à un cylindre (2), tendue à une hauteur H par des plaques isolantes (3) est reliée à l'installation haute tension continue V_a . Cette installation haute tension est composée principalement d'un générateur de basse tension (12), puis à l'aide d'un transformateur élévateur et d'un circuit redresseur, on génère une haute tension continue qui est de l'ordre de kilovolts (11). Pour mesurer le courant de la décharge, un pico ampèremètre (14) est connecté à la sonde circulaire de mesure (5). La sonde circulaire (5) est en aluminium massif, elle est incorporée dans un même niveau de surface dans un plan (E). Ce dernier est muni de deux plans de garde (4) de dimensions 150 x 800mm dont le rôle est d'éviter les effets de bords, et le tout repose sur un support isolant en bois.

La sonde circulaire (5) est fixée à l'ensemble par une plaque en plexiglas et un écran en aluminium qui permet l'évacuation à la terre des courants de fuite. Le plan de polarisation est relié à une alimentation continue basse tension (20) aux bornes desquelles est connecté un voltmètre numérique (15) pour mesurer la tension de polarisation V_b délivrée, et l'ensemble forme ainsi l'électrode collectrice.

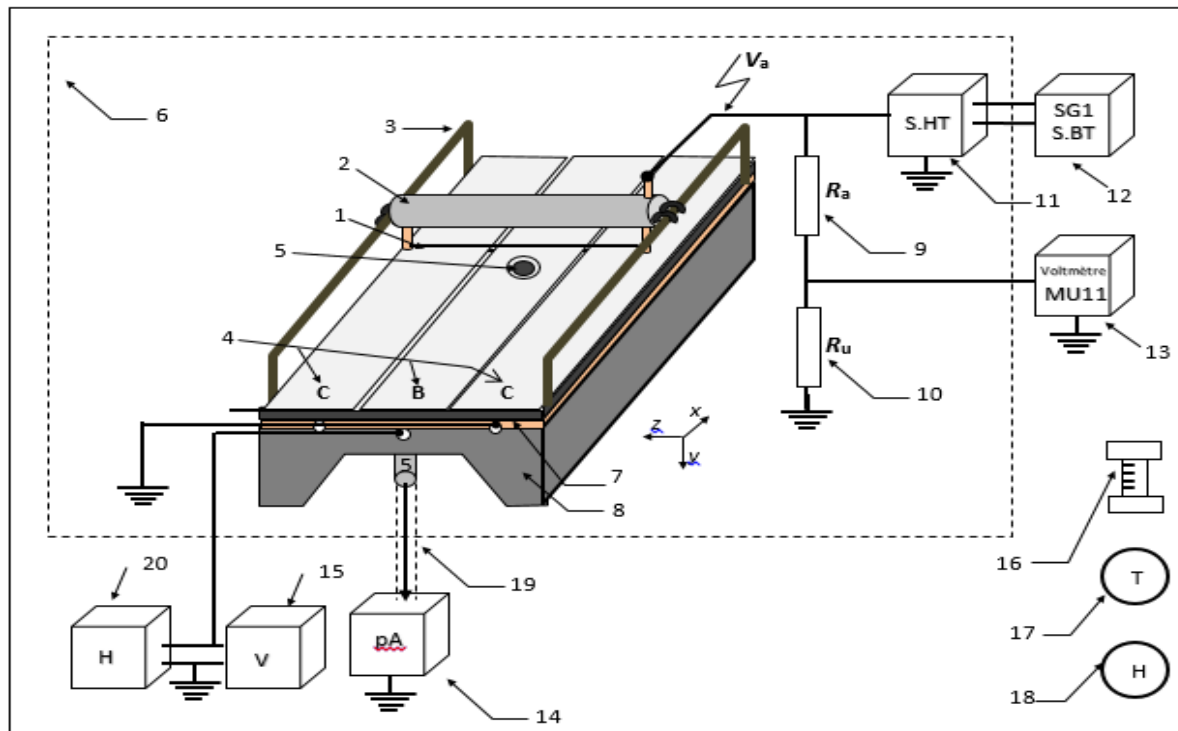


Figure II. 5 : Constitution du dispositif expérimental

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1 : fil très fin | 11 : source de haute tension |
| 2 : cylindre | 12 : source de basse tension |
| 3 : supports des électrodes actives | 13 : voltmètre de crête |
| 4 : les plans de gardes | 14 : Pico-ampèremètre |
| 5 : sonde circulaire | 15 : voltmètre |
| 6 : cage FARADAY | 16 : baromètre à mercure |
| 7 : plaque isolante en Bakélite | 17 : Thermomètre |
| 8 : support en bois | 18 : Hygromètre à cheveux |
| 9 : résistance d'amortissement | 19 : câble coaxiale |
| 10 : résistance de haute tension | 20 : source de polarisation basse tension |

II.2.2.2. Constitution de la configuration fil-cylindre

Ce système contenant l'électrode active se compose principalement d'un fil très fin de rayon 0.2mm et d'un cylindre de diamètre " D_c " et de longueur " L " **figure (II.7)**. Ce dernier a pour but d'orienter les lignes de champs vers le plan de masse. La mesure de la densité de courant en différents points de X s'effectue par le déplacement d'électrode active fixée sur un support glissant d'un pas de 0.5cm par apport à la sonde collectrice.

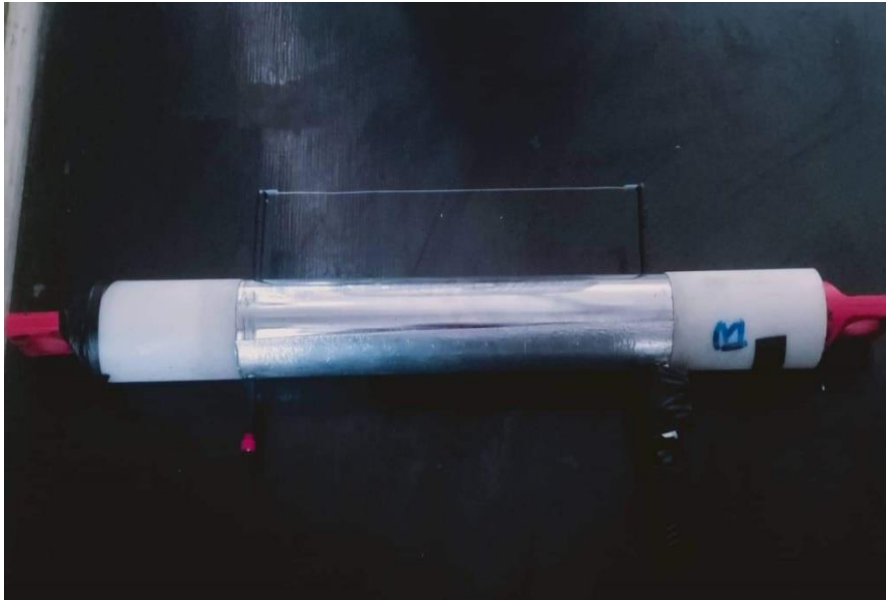


Figure II. 6 : *Dispositif expérimental configuration Duale (fil-cylindre) geometrie1*

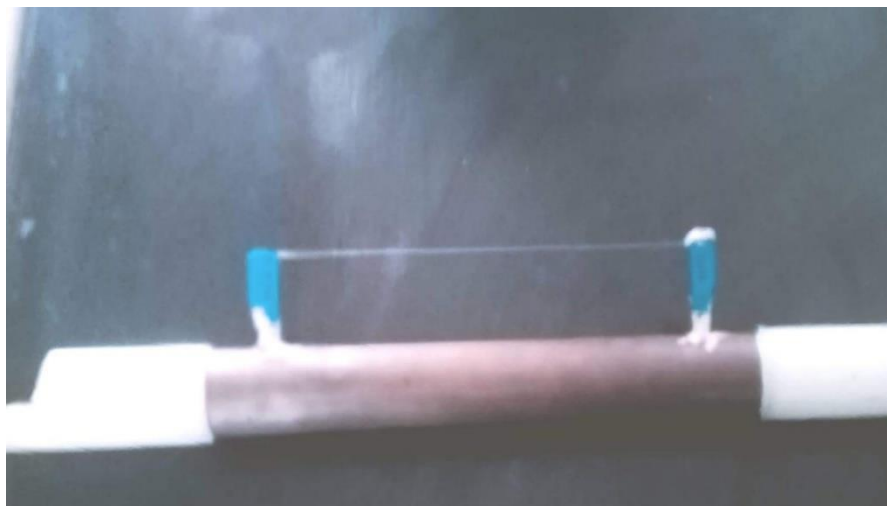


Figure II. 7 : *Dispositif expérimental configuration Duale (fil-cylindre) geometrie2*

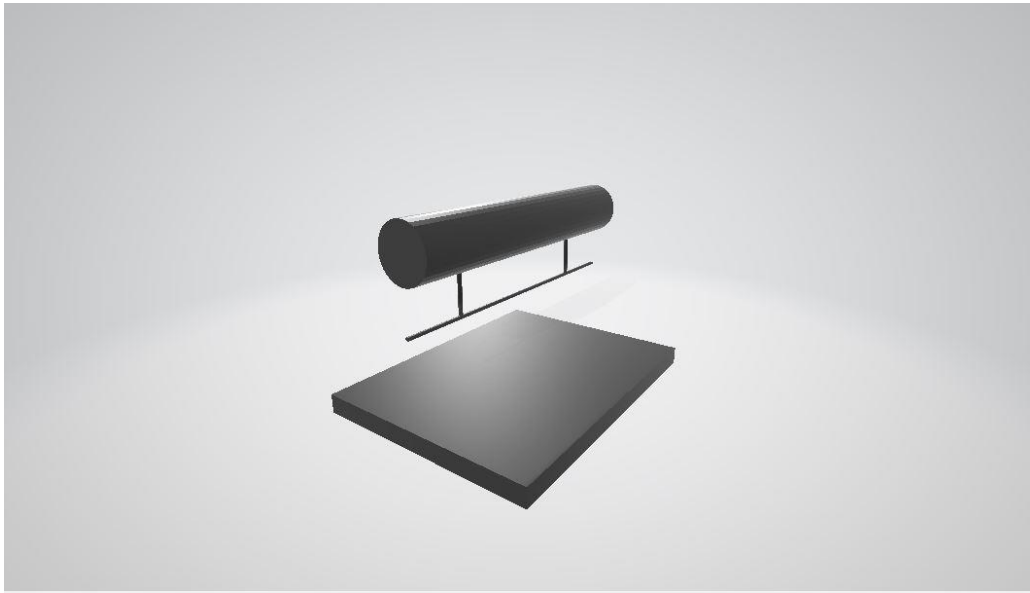


Figure II. 8 : Schéma du principe d'un système de décharge en configuration dual.

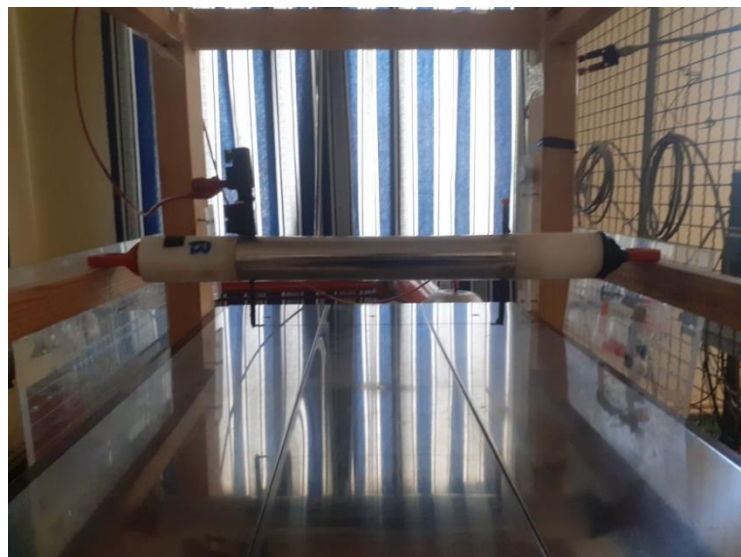


Figure II. 9 : Vue en perspective du dispositif d'électrodes de la configuration Duale-Plan

II.2.2.3. Système de la décharge couronne en configuration triode

Cette configuration représentée dans la figure (II.10), appelée triode, est composée de l'électrode duale et d'une grille métallique placée entre le fil de l'électrode duale et l'électrode plane reliée à la terre. La grille étant reliée à la terre via une résistance électrique, son potentiel dépend de cette résistance et de la tension appliquée à la source. Cette configuration est utilisée pour contrôler la valeur de potentiel et aussi pour la charge des films ou des médias non-tissés isolants. C'est pour cela que plusieurs recherches ont visé plus particulièrement cette configuration d'électrode.

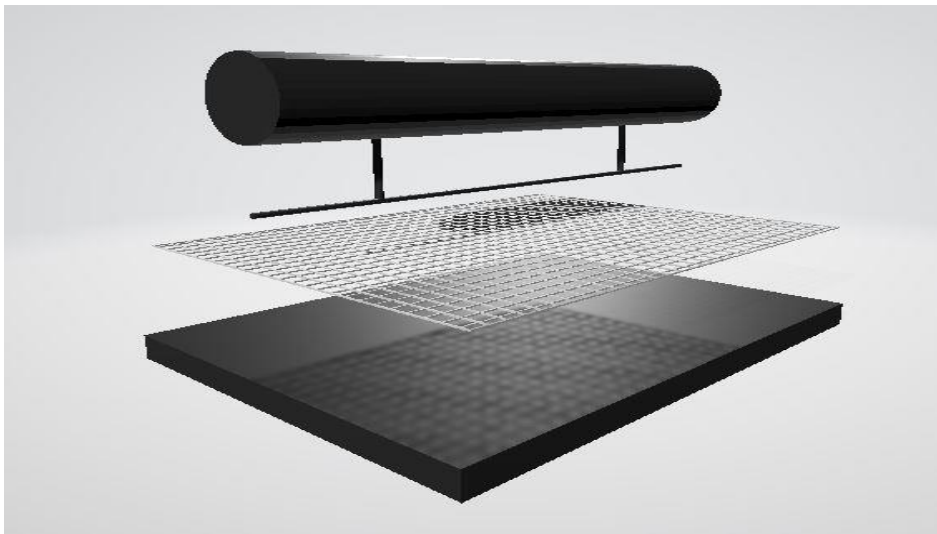


Figure II. 10 : Schéma du principe d'un système de décharge en configuration triode.



Figure II. 11 : Décharge couronne dans le système triode



Figure II. 12 : Vue de côté de la configuration triode

II.2.2.3.1. Grille métallique

La grille métallique utilisée dans notre système expérimental est de forme carrée (23cm^2) d'une épaisseur de 0.8mm les intersections sont des losanges dont la surface est de $\frac{9 \times 5}{2}\text{mm}^2$ figure (II.13).

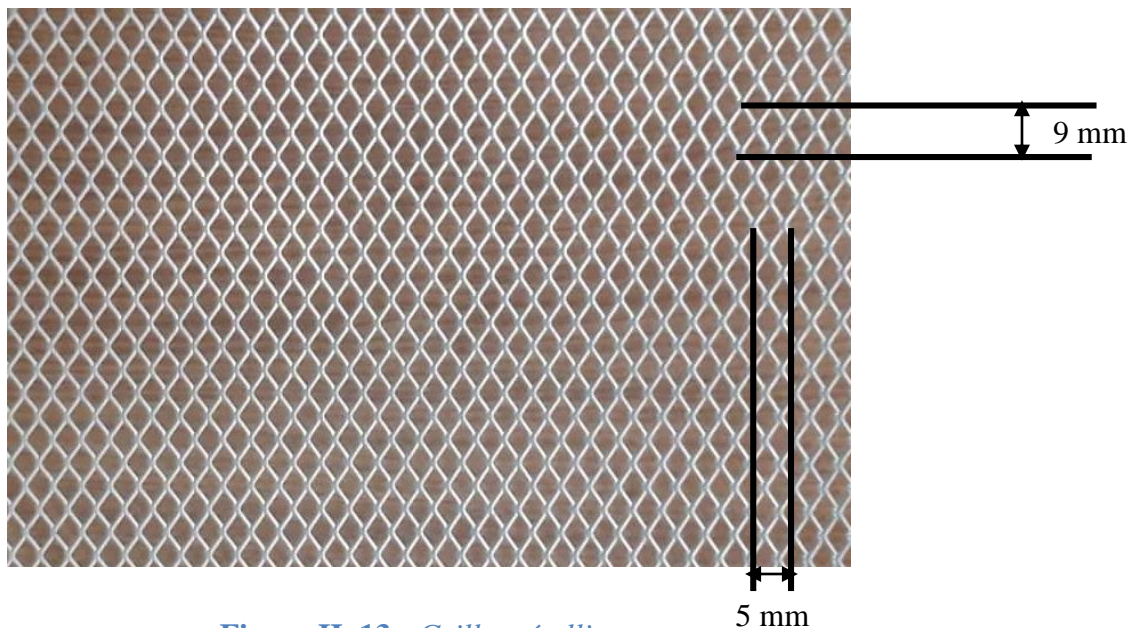


Figure II. 13 : Grille métallique

II.2.3. Systèmes de mesure

II.2.3.1. Mesure des tensions :

II.2.3.1.1. Tension appliquée aux électrodes actives :

La tension continue U est mesurée au moyen d'un voltmètre de crête (MU11) via un

diviseur résistif composé d'une résistance haute tension R_0 et d'une résistance basse tension R_u , de plus le (MU11) présente une résistance d'entrée R_e de $4.24M\Omega$. Le voltmètre de crête mesure la tension u aux bornes de la résistance basse tension et affiche numériquement la valeur de la tension appliquée $U = K \cdot u$ (figure II.3), avec ;

$$K = \frac{R_0 + (R_e // R_u)}{(R_e // R_e)} = \frac{R_e R_0 + R_u R_0 + R_e R_u}{R_e R_u} = 687 \quad (\text{II.1})$$

II.2.3.2. Mesure du courant :

Le courant I_S traversant la sonde est mesuré à l'aide d'un pico ampèremètre (fig. II.5) relié par l'intermédiaire d'un câble coaxial blindé au collecteur (5). La précision des mesures dépend, d'une part, de la position du collecteur (5) par rapport à la plaque de polarisation (B) de la sonde, et d'autre part, du courant de fuite causé par l'accumulation de poussière environnante entre les deux parties (5) et (B).

Il est recommandé de nettoyer régulièrement la sonde et les plans de garde avant chaque essai et de vérifier que le collecteur est au même niveau de surface que la plaque de polarisation (B). Avant chaque essai, on a été obligé de contrôler les continuités entre toutes les plaques ainsi qu'avec la sonde de mesure.

II.2.3.2.1. Tension de polarisation V_b :

La plaque de polarisation (B) de la sonde est reliée à l'alimentation continue basse tension stabilisée (fig. II.5), délivrant une tension V_b négative ou positive et pouvant varier de 0 à 250 V. Cette tension est mesurée à l'aide d'un voltmètre numérique ayant une grande impédance d'entrée.

II.2.3.3. Mesure des paramètres de l'air :

Etant donné que la décharge couronne est très influencée par les paramètres physiques de l'air [25, 26], il est alors nécessaire de connaître les conditions dans lesquelles cette décharge a lieu. Durant l'étude expérimentale, nous avons effectué les mesures de la pression, à l'aide d'un baromètre à mercure (16) (fig. II.5), de la température, à l'aide d'un thermomètre à mercure (17), et de l'humidité, à l'aide d'un hygromètre à cheveux (18) figure (II.5).

II.2.3.4. Mesure la densité de courant J

Afin de déterminer la distribution de la densité de courant sur le plan, l'électrode dual porte à la haute tension suspendue sur un support en plexiglass se trouve en parallèle avec la sonde circulaire séparée d'une hauteur inter-électrode « H ».

La valeur de la densité de courant J est définie comme étant le courant mesuré sur le plan

de masse sur l'unité de surface de la sonde.

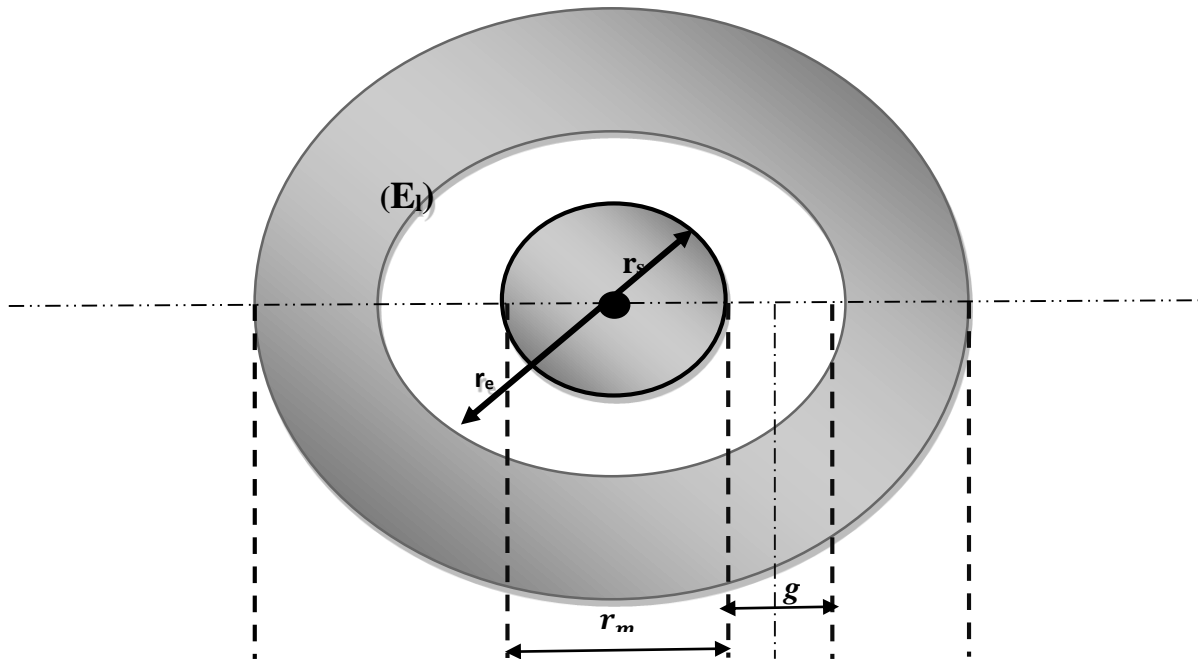


Figure II. 14 : Vue de dessus de la sonde circulaire

II.2.3.4.1. Dimension de la sonde circulaire

- Diamètre de la sonde : $D_s=4.7\text{mm}$
- Rayon de la sonde collectrice : $r_s = \frac{4.7\text{mm}}{2} = 2.35\text{mm}$ (II.2)
- La surface total de la sonde : $S_m = \pi \times r_s^2 = 17.35 \text{ mm}^2$ (II.3)

II.3. CONCLUSION

Ce chapitre a été consacré à la description du dispositif expérimental que nous avons utilisé pour obtenir les résultats. L'objectif de cette étude est d'analyser l'influence de de quelques paramètres sur la décharge couronne (les caractéristiques courant-tension, les densités de courants) pour les deux configurations de la décharge couronne dual et triode. Dans le chapitre qui va suivre, nous présenterons les résultats de ces expériences et analyserons les caractéristiques de l'électrode dual (Fil cylindre), puis comparons avec la configuration triode (Fil cylindre + grille).

Chapitre III

III.1. Introduction

Afin d'étudier l'effet de la grille sur la décharge couronne, une étude expérimentale a été effectuée comme nous l'avons évoqué dans le chapitre précédent. Ce chapitre vise à présenter et interpréter les résultats expérimentaux menés au laboratoire de haute tension de l'université de Bejaïa.

Nous allons présenter en premier les résultats de la décharge couronne en géométrie duale, en relevant la caractéristique courant-tension mesurée simultanément à l'aide d'un voltmètre et d'un micro-ampèremètre. Ensuite nous allons mesurer la densité de courant récolté par la sonde circulaire de TASSICKER. Puis nous effectuerons d'autres essais avec l'insertion d'une grille métallique entre l'électrode duale et le plan de masse, en variant les paramètres à chaque essai. Les mesures ainsi relevées nous permettront de comparer entre les deux configurations.

III.2. Décharge couronne en configuration duale (fil-cylindre)

Pour comprendre le fonctionnement de la décharge couronne en géométrie duale, on a réalisé quelques essais, en vue de mettre en évidence l'effet de certains paramètres électro-géométriques (distance inter-électrodes, la tension appliquée). Les expériences ont été menées pour deux différentes géométries d'électrodes ayant les caractéristiques suivantes :

GEOMETRIE 1 : $R_f=0.2\text{mm}$, $D_c=40\text{mm}$ et $D=40\text{mm}$

GEOMETRIE 2 : $R_f=0.2\text{mm}$, $D_c=30\text{mm}$ et $D=30\text{mm}$

Avec : R_f rayon du fil, D_c : le diamètre du cylindre et D : la distance entre le fil et le cylindre. Le schéma principal de mesure est représenté sur la figure (III.1).

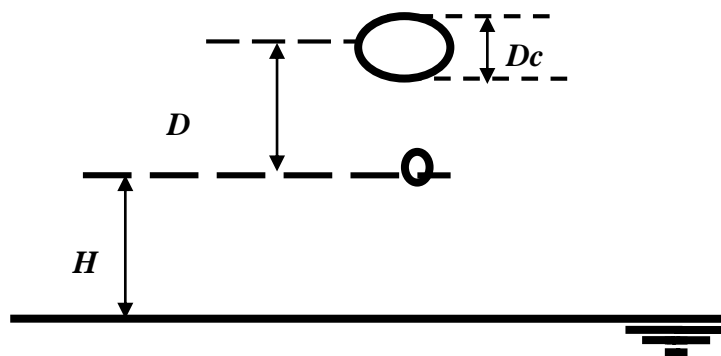


Figure III. 1 : Schéma du principe de mesure de la configuration duale

Le premier essai consiste à faire ressortir l'influence de la géométrie sur la caractéristique courant-tension, le second essaie pour but la détermination de la densité du courant J sur le plan. Puis, le dernier, consiste à étudier l'influence de la tension appliquée sur la densité du courant.

III.2.1. Caractéristique courant-tension :

La caractéristique courant-tension est obtenue en mesurant le courant de la décharge couronne en fonction de la tension appliquée en polarité positive. Les mesures ont été faites pour les deux différentes géométries.

Les figures (III.2) et(III.3) représentent la variation du courant de la décharge couronne en fonction de la tension appliquée pour la configuration duale (fil-cylindre).

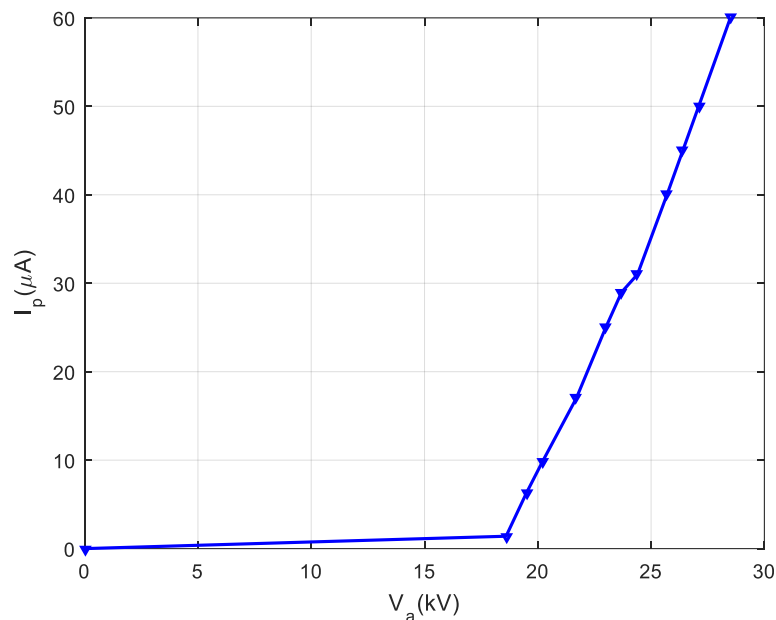


Figure III. 2 : Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ (Geom1, H=50mm)

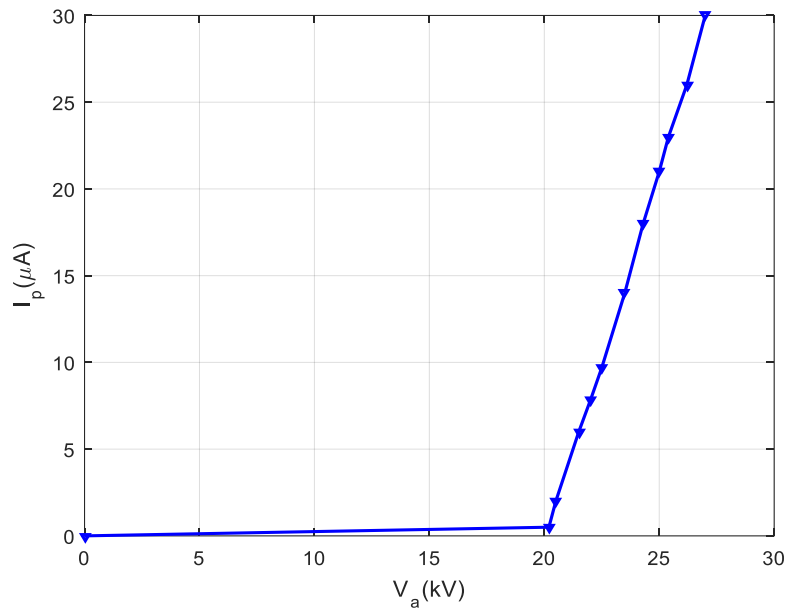


Figure III. 3 : Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ (Geom2, $H=60mm$)

On remarque que la caractéristique courant tension pour les deux géométries est pratiquement linéaire à partir de la tension d'apparition de la décharge couronne, et que le courant de cette décharge devient de plus en plus élevé avec l'augmentation de la tension appliquée.

On déduit que l'activité de la décharge couronne est intense lors des tensions appliquées importantes.

III.2.2. Détermination de la densité de courant J au plan :

Les valeurs de la densité de courant J sont calculées par le rapport du courant de la sonde mesurée par la surface moyenne de cette dernière [27]:

$$J = \frac{I_s}{S_m} \quad (\text{III.1})$$

Avec

I_s : le courant collecté par la sonde circulaire.

S_m : la surface moyenne de la sonde.

J_p : la densité de courant.

Les figures (III.4) &(III.5), illustrent la distribution de la densité de courant de la sonde pour les deux géométries pour une tension appliquée $V_{app}=25kV$. La courbe est obtenue en faisant déplacer le système d'électrodes d'un pas de 0.5cm par rapport à la sonde.

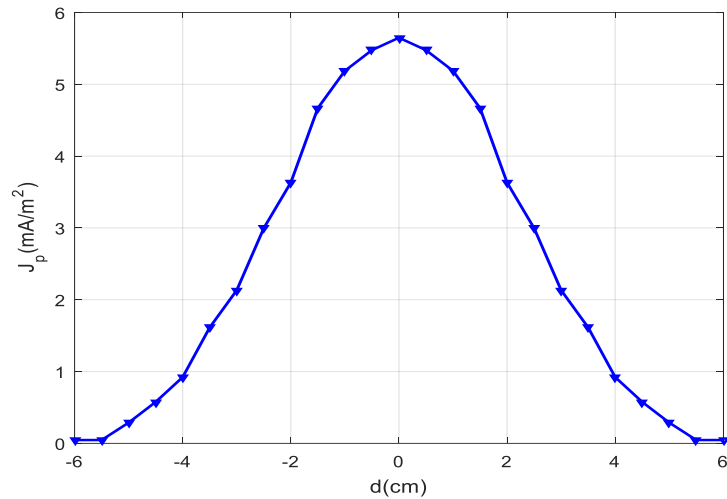


Figure III. 4 : Distribution de la densité de courant $J_p=f(x)$ pour une tension appliquée 25kV (Geom1, H= 50m)

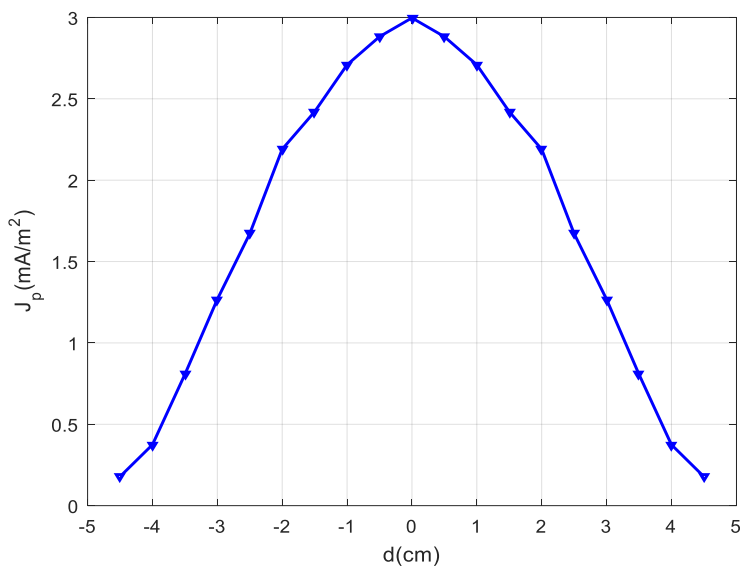


Figure III. 5 : Distribution de la densité de courant $J_p=f(x)$ pour une tension appliquée 25kV (Geom2, H= 60mm)

Les résultats de cette expérience démontrent que cette distribution est sous forme d'une cloche composée de plusieurs valeurs dont le maximal est située au pied du fil à $d = 0$. Les valeurs de J diminuent progressivement en s'éloignant de ce point vers les extrémités jusqu'à ce qu'elles s'annulent.

III.2.3. L'influence de la tension appliquée sur la densité de courant :

Dans le but d'étudier l'influence de la tension appliquée sur la distribution de la densité de courant nous avons appliqué deux niveaux de tension ($V_{app}=25kV$ et $V_{app}=28kV$) pour chaque géométrie et sous les mêmes conditions. Les figures (III.6) et(III.7) illustrent les résultats de cette expérience.

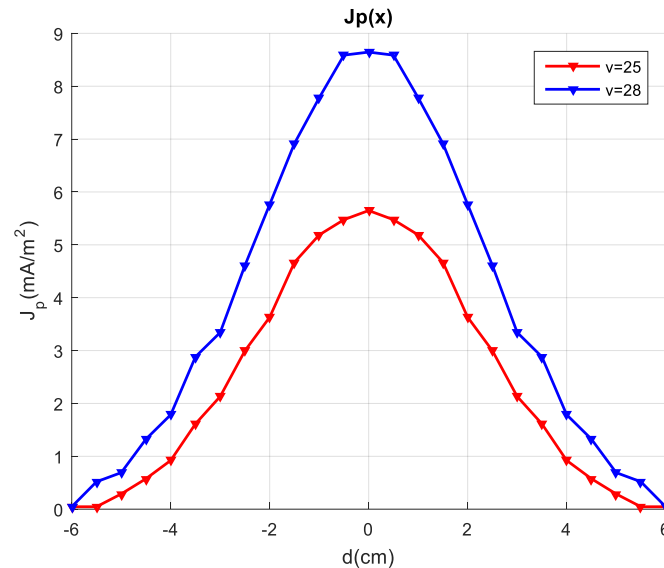


Figure III. 6 : Caractéristique $J_p=f(x)$ pour deux tensions appliquées (Geom1, H= 50mm)

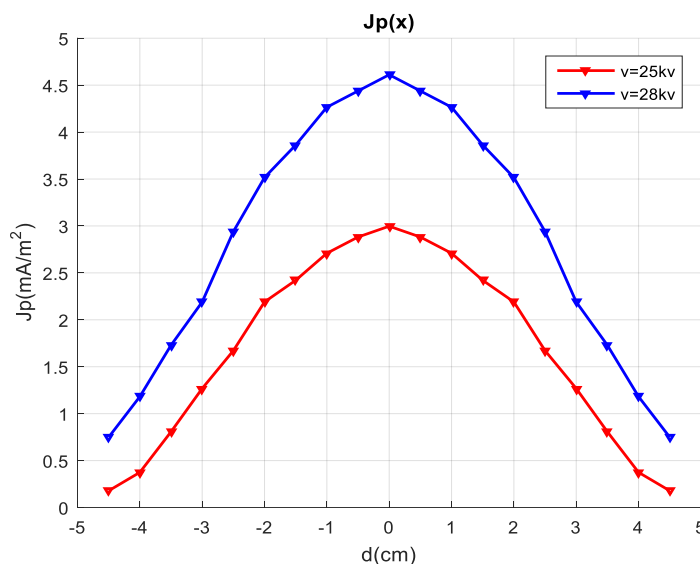


Figure III. 7 : Caractéristique $J_p=f(x)$ pour deux tensions appliquées (Geom2, H= 50mm)

Nous constatons une nette supériorité des mesures relevées pour une tension appliquée de 28kV par rapport à celle de 25kV. Ceci explique l'effet de la tension appliquée sur la

distribution de la densité de courant constatée sur la différence entre les courbes. L'augmentation de la tension appliquée fait étendre la distribution de la densité de courant.

III.3. Effet de présence de la grille métallique :

Dans le deuxième groupe d'expérience effectuée sur l'électrode duale, nous avons inséré une grille métallique entre cette électrode et le plan de masse. Le schéma du principe est présenté sur la figure (III.8).

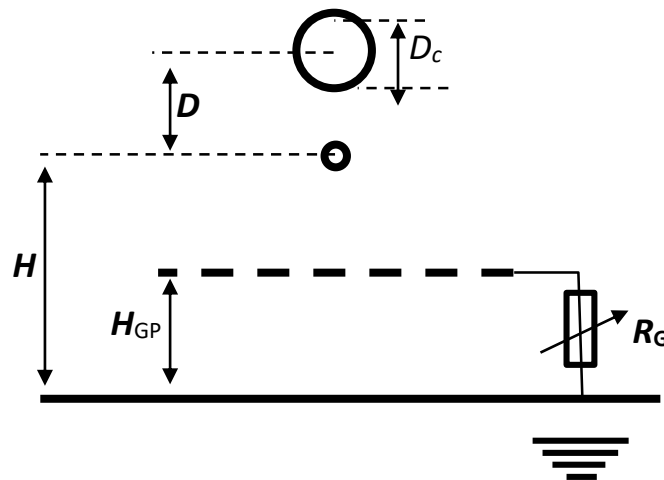


Figure III. 8 : Schéma du principe de mesure de la configuration triode

Dans cette configuration, une partie des ions générés par l'électrode duale portée à la haute tension est attirée par le plan mis à la terre passant par les pores de la grille, d'autres ions rejoignant la terre par une résistance de grille nommé R_g . Le produit de cette résistance par le courant I_g qui traverse la grille impose un potentiel de grille V_g [28].

III.3.1. Étude des évolutions des tensions de seuil en présence et en l'absence de la grille métallique

La tension d'apparition de la décharge couronne, appelée aussi la tension seuil v_s , est la tension pour laquelle un courant de décharge commence à apparaître [28]. Cette expérience nous a permis de comparer le comportement de la décharge couronne. La figure (III.9) présente le seuil d'apparition de la décharge couronne en présence et en l'absence de la grille métallique. Les essais ont été effectués sous les mêmes conditions.

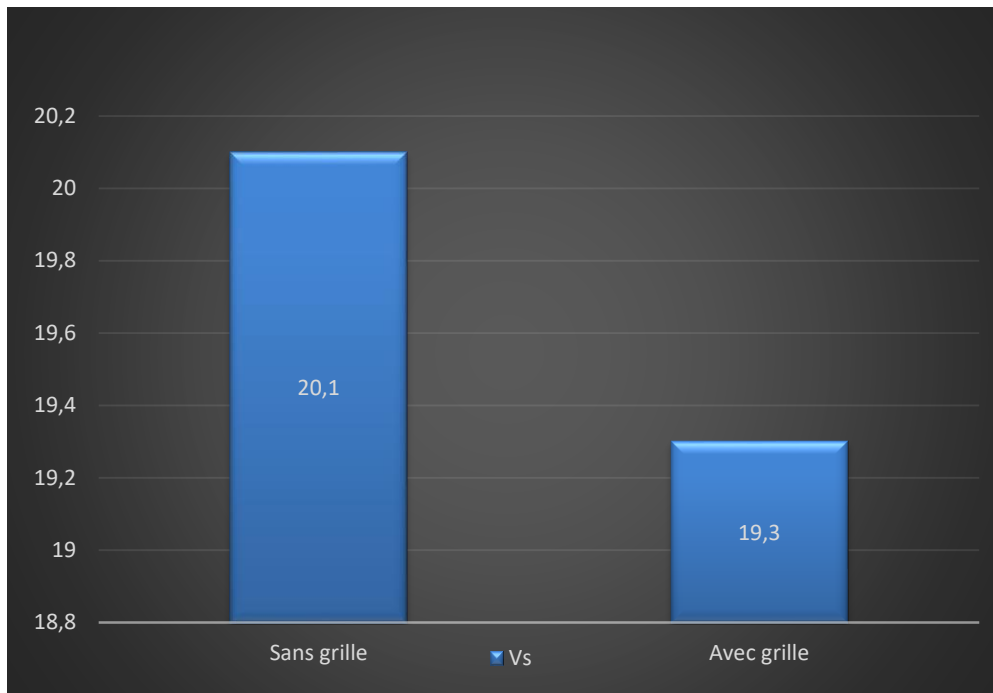


Figure III. 9 : Effet de la présence de la grille sur la tension Seuil
(Géom1, $H=70\text{mm}$, $R_g=50\text{ M}\Omega$, $H_{gp} = 20\text{mm}$)

Nous constatons que le seuil d'apparition de la décharge couronne est plus faible avec l'insertion de la grille qu'en son absence. Ceci est dû au fait qu'en insérant la grille métallique, on fait diminuer la distance entre le fil (anode) et le plan (cathode), ce qui a le même effet que si on déplaçait le plan vers le haut (diminuer H). Cela confirme la relation générale donnant la tension seuil en fonction du champ seuil, du rayon du fil et la hauteur H entre le fil et le plan ;

$$V_s = E_s \times R_f \times \ln\left(\frac{2H}{R_f}\right) \quad (\text{III.2})$$

Avec :

V_s : la tension seuil.

E_s : champs de Peek.

R_f : rayon du fil.

H : hauteur fil-plan

III.3.2. Effet de la hauteur grille plan sur le seuil de la décharge couronne :

Pour mettre en évidence l'influence de la position de la grille sur la tension d'apparition de la décharge couronne, on présente sur la figure (III.10) la variation de la tension seuil en fonction de la variation de la hauteur grille plan.

On remarque à travers ces résultats que l'augmentation de la hauteur grille-plan (donc la diminution de la distance Fil-grille) engendre la diminution de la tension seuil, confirmant ainsi la relation précédente.

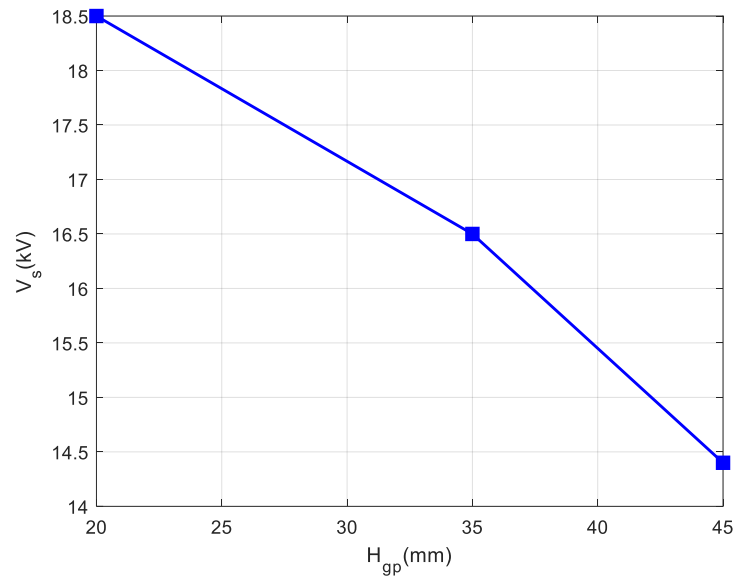


Figure III. 10 : Effet de la distance H_{gp} sur la tension Seuil en présence de la grille
(Géom1, $H=70\text{mm}$, $R_g=88\text{M}\Omega$)

III.3.3. Effet de la résistance R_g sur la tension seuil

La variation de la résistance de la grille nous a permis d'étudier son effet sur la tension d'apparition de la décharge couronne. La **figure (III.11)** illustre les résultats de cette expérience.

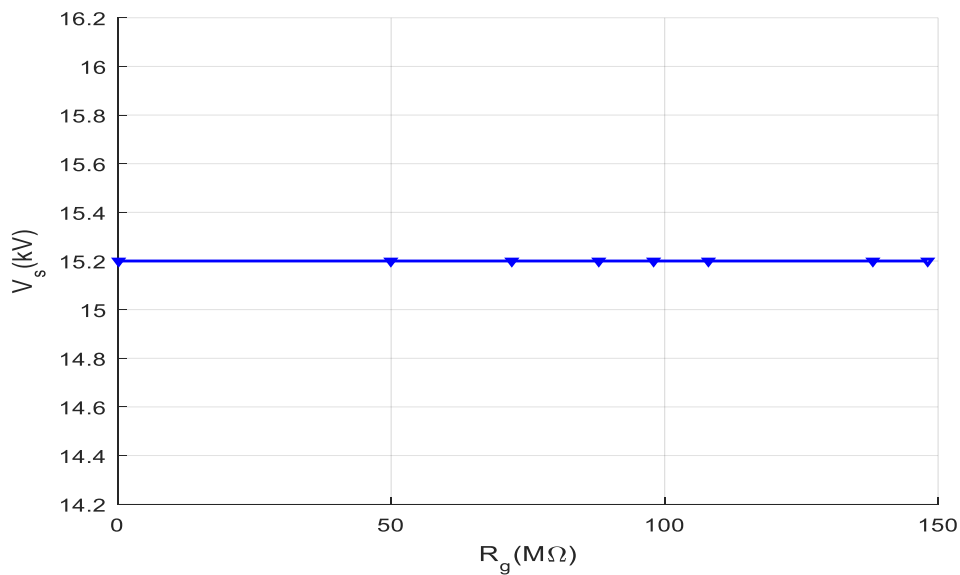


Figure III. 11 : Effet de la résistance R_g sur la tension d'apparition de la décharge couronne (Géom1, $H=60\text{mm}$, $H_{gp}=25\text{mm}$)

On remarque que quelle que soit la valeur de la résistance, la tension seuil V_s est constante à une valeur de 15.2 kV. On déduit que le seuil de la décharge couronne est indépendant de la résistance de la grille R_g . Ceci revient au fait que, pour une hauteur Grille-Plan constante, avant l'apparition de la décharge couronne, la grille reste au potentiel zéro quelle que soit la valeur de la résistance R_g .

III.3.4. Caractéristique courant tension :

La figure (III.12) illustre deux courbes comparatives du courant du plan mesuré en présence et en absence de la grille métallique en fonction de la tension appliquée.

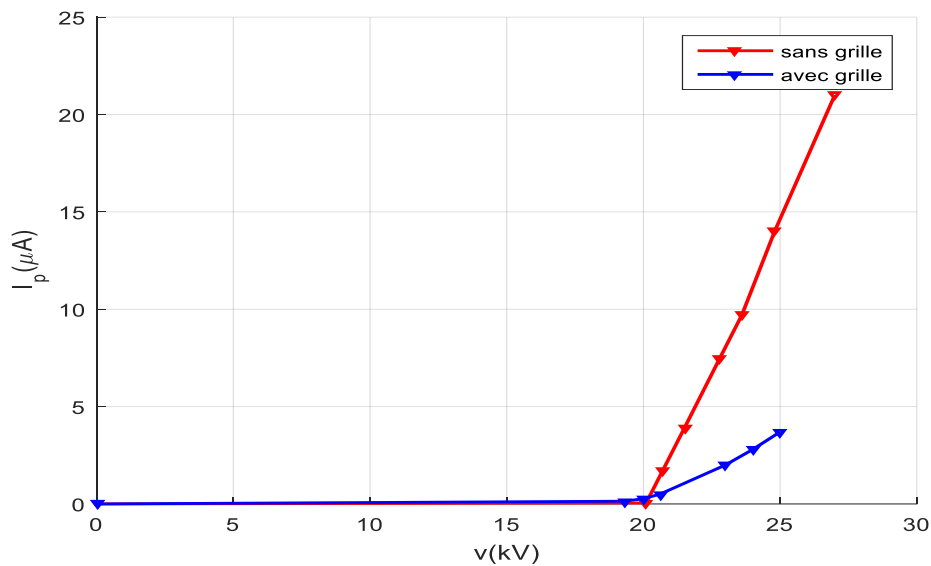


Figure III. 12 : Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ sans et avec grille
(Géom1, $H=70mm$ $R_g=50 M\Omega$)

On remarque que le courant du plan mesuré en l'absence de la grille est beaucoup plus élevé qu'en sa présence. Ceci s'explique par la présence de la grille entre l'électrode et le plan de masse qui fait diminuer le courant récolté au plan. En effet, la grille mise à la terre à travers la résistance R_g , fait dévier une partie du courant de décharge vers la terre (I_g).

III.3.5. L'influence de la hauteur fil-grille sur la caractéristique IV

La figure (III.13) & (III.14), illustre l'effet de la hauteur Grille-Plan (H_{gp}) sur le courant de la décharge en fonction de la tension appliquée. L'étude a été faite pour des valeurs de $H_{gp}=20mm$, $H_{gp}=35mm$ et $H_{gp}=45mm$, une résistance de grille fixe $R_g=50 M\Omega$ pour les deux géométries.

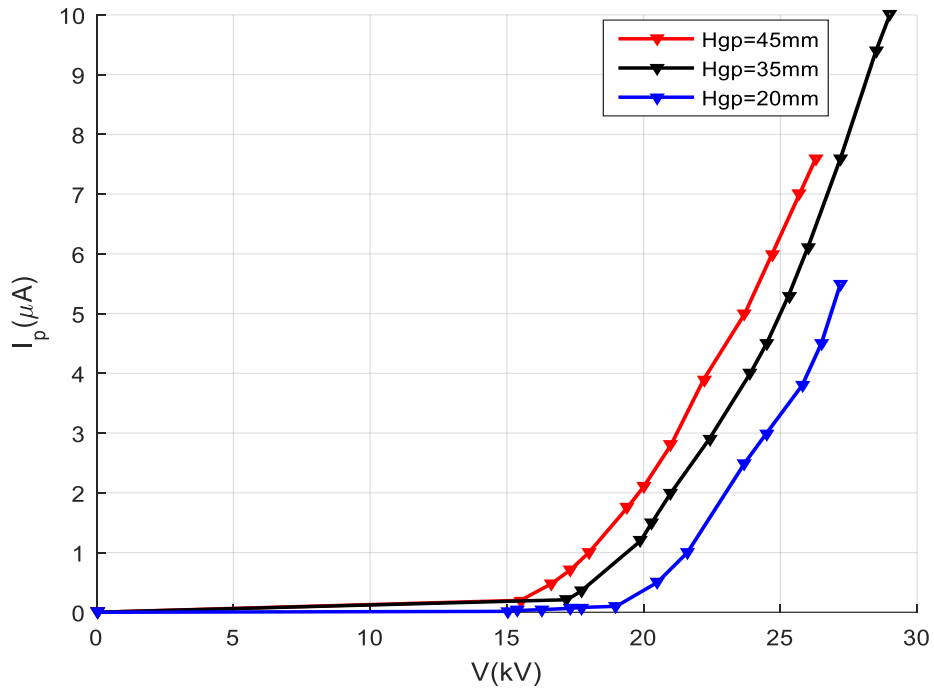


Figure III. 13 : Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ pour différentes hauteurs H_{gp} (Geom1, $R_g=50 M\Omega$)

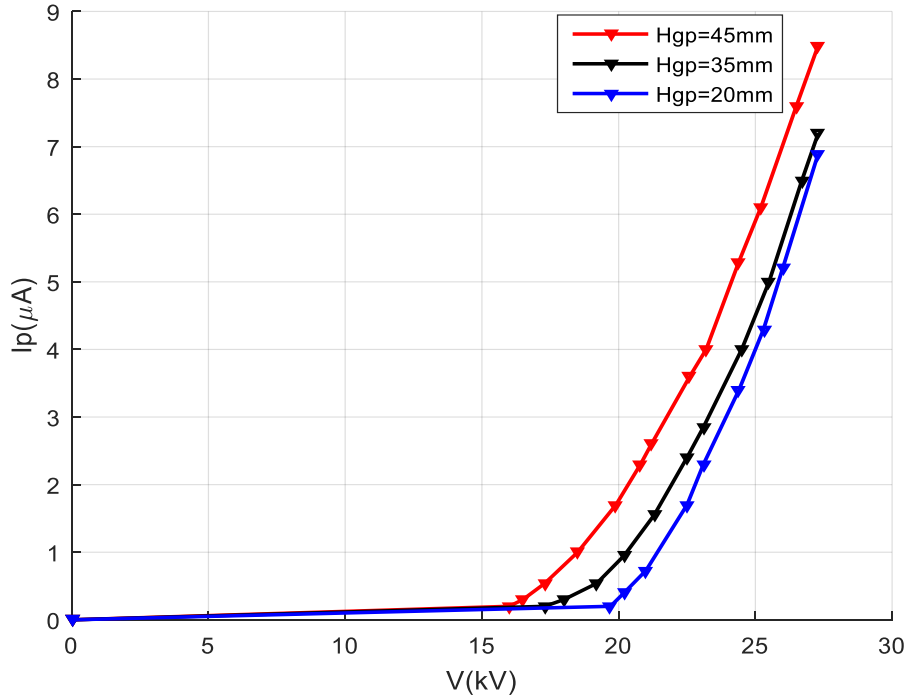


Figure III. 14 : Caractéristique $I_p=f(V_{app})$ pour différentes hauteurs H_{gp} (Geom2, $R_g=50 M\Omega$)

En observant les résultats de cette expérience, il apparaît clairement que le courant au plan de mesure est plus important pour les grandes hauteurs Grille-Plan. En effet, lorsque la grille se rapproche du fil, c'est son potentiel V_g qui se trouve augmenté, donnant un courant plus élevé au plan à cause d'une ionisation secondaire au niveau de la grille [29].

III.3.6. Influence de la résistance de la grille sur la caractéristique I(V)

Les figures (III.15) et (III.16) montrent l'allure du courant mesuré au plan en fonction de la variation de la résistance R_g .

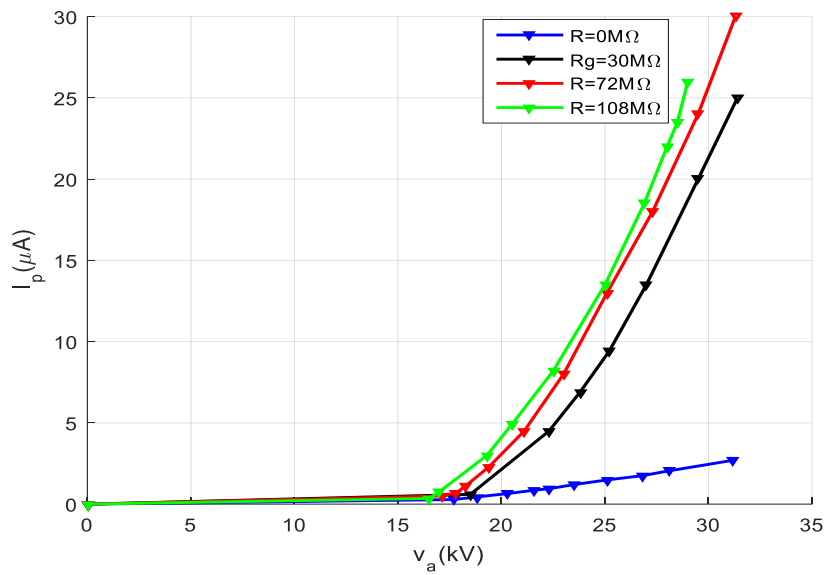


Figure III. 15 : Caractéristique courant-tension en fonction de R_g (Géom1, $H=60mm$)

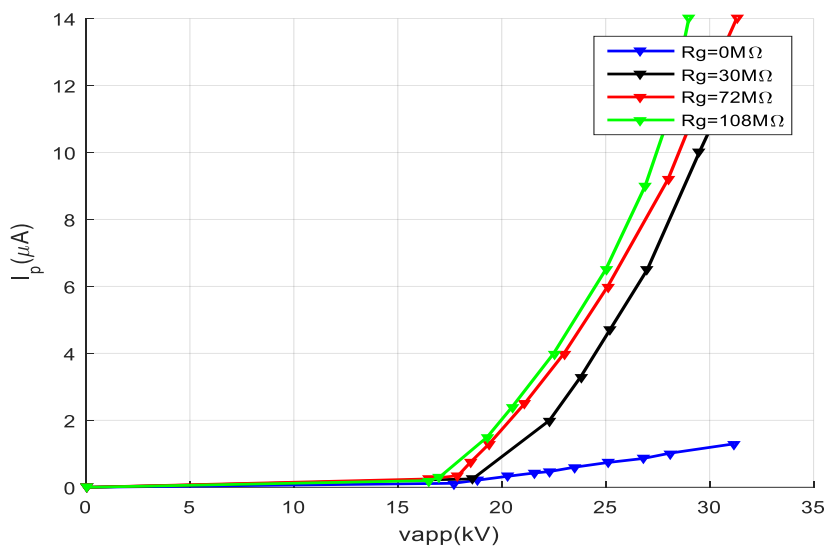


Figure III. 16 : Caractéristique courant-tension en fonction de R_g (Géom2, $H=60mm$)

On constate que pour une même tension appliquée, le courant au plan de mesure augmente avec l'augmentation de la résistance de la grille. Cela est dû à l'augmentation de la tension de la grille V_g avec l'augmentation de R_g , tel qu'expliquer précédemment.

III.4. Effet de variation de la tension de la grille

III.4.1. Effet de variation de la tension de la grille sur le courant du plan

La caractéristique courant-tension $I_p = f(V_g)$ illustrée dans les deux figures (III.17) & (III.18), ci-dessous pour les deux géométries, montrent qu'à chaque fois que la tension V_g augmente la valeur du courant accroît. Ceci nous confirme les résultats précédents.

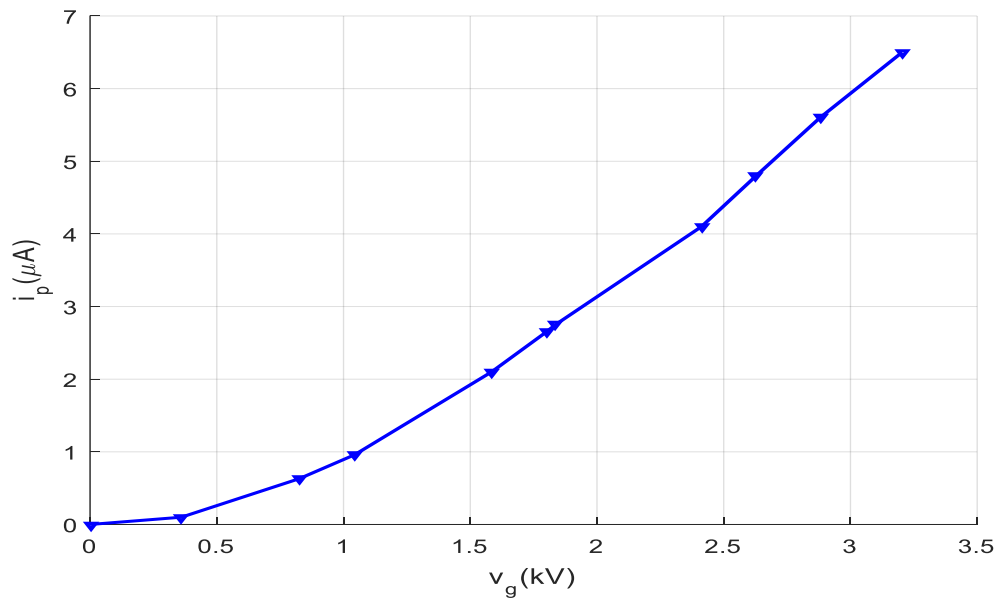


Figure III. 17 : Caractéristique courant-tension $I_p = f(V_g)$
(Géom1, $H_{gp} = 25\text{mm}$, $R_g = 72\text{ M}\Omega$)

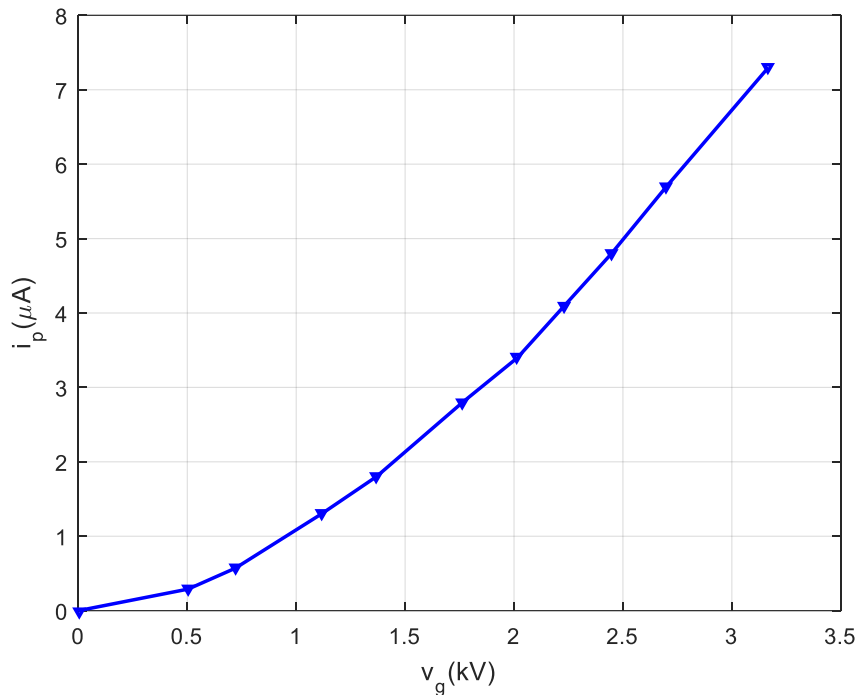


Figure III. 18 : Caractéristique courant-tension $I_p=f(V_g)$ (Géom2, $H_{gp}=35mm$, $R_g=72 M\Omega$)

III.4.2. Effet de variation de la résistance de la grille sur les courants

La configuration triode se caractérise par deux courants caractérisant la décharge couronne ; le courant de grille $I_g = V_g/R_g$ et le courant I_p récolté au niveau du plan relié à la terre [31]. Les figures (III.19) et (III.20) montrent l'effet de la variation de la résistance R_g sur les courants de grille et du plan mesuré avec la configuration de la géométrie 1.

On remarque que l'augmentation de la résistance R_g fait diminuer le courant récolté par la grille (Fig. III.19). Ceci s'explique par l'augmentation en même temps du potentiel V_g , ce qui fait atténuer la décharge couronne, car $\Delta V = V_{app} - V_g$ diminue.

Par contre, le courant mesuré sur le plan augmente quand R_g augmente (Fig. III.20). Comme expliqué précédemment, c'est dû à l'augmentation de V_g .

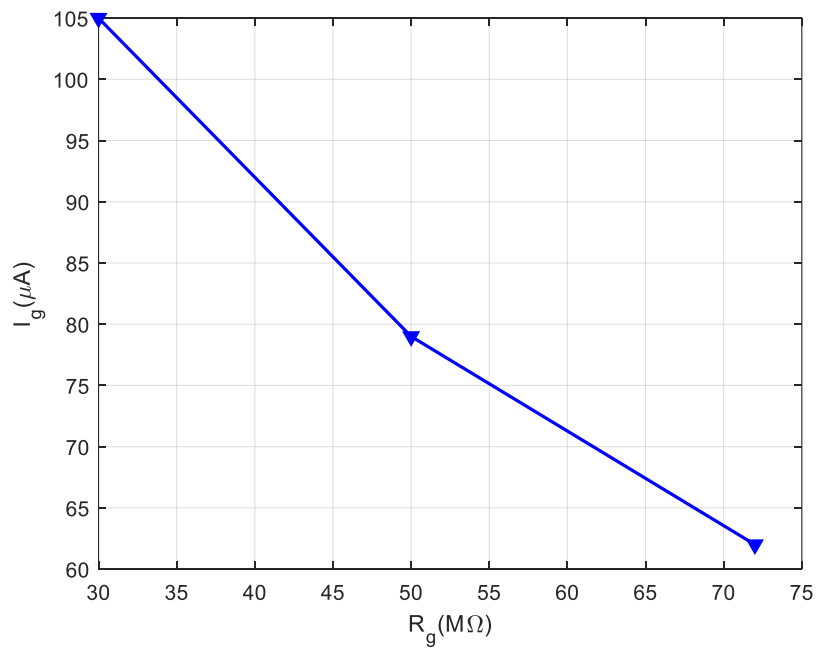


Figure III. 19 : Effet de variation de la résistance de la grille sur le courant de la grille
(Géométrie 1, $H= 60mm$ $H_{gp}= 25mm$, $V_{app} =25kV$)

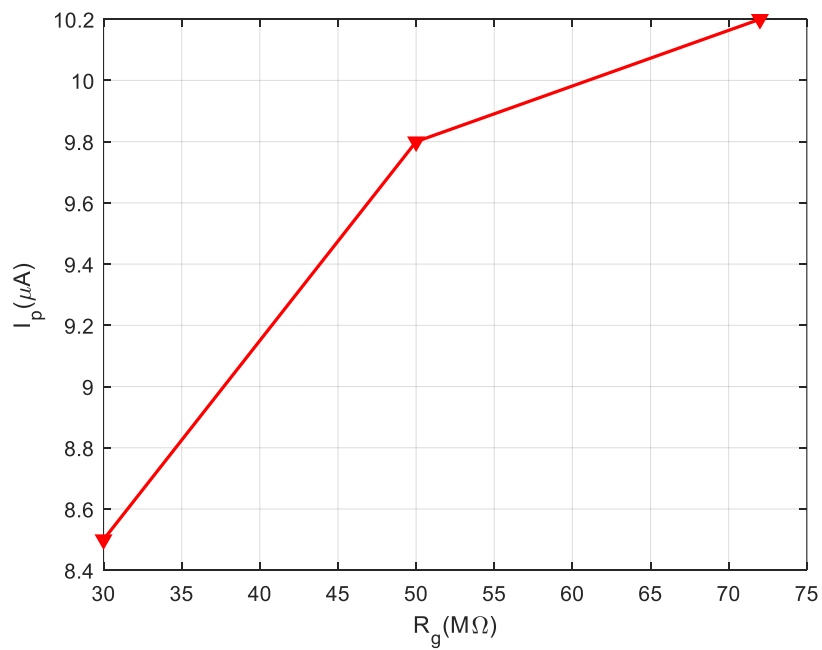


Figure III. 20 : Effet de variation de R_g sur le courant du plan
(Géométrie 1, $H= 60mm$ $H_{gp}= 25mm$, $V_{app} =25kV$)

III.4.3. Effet de la hauteur de la grille sur la tension de la grille

Les figures (III.21) et (III.22), illustrent les courbes de la tension de la grille (V_g) en fonction de la variation de la hauteur de la grille (H_{gp}) par rapport au plan pour deux tensions appliquées différentes $V_{app}=25kV$, $V_{app}=28kV$.

Les deux courbes ont le même profil pour les deux tensions appliquées. On remarque que la tension de la grille augmente avec l'augmentation de la hauteur grille plan. Ceci est dû au fait que plus la grille est proche du fil plus elle récolte plus de lignes de champs, donc de charges d'espace.

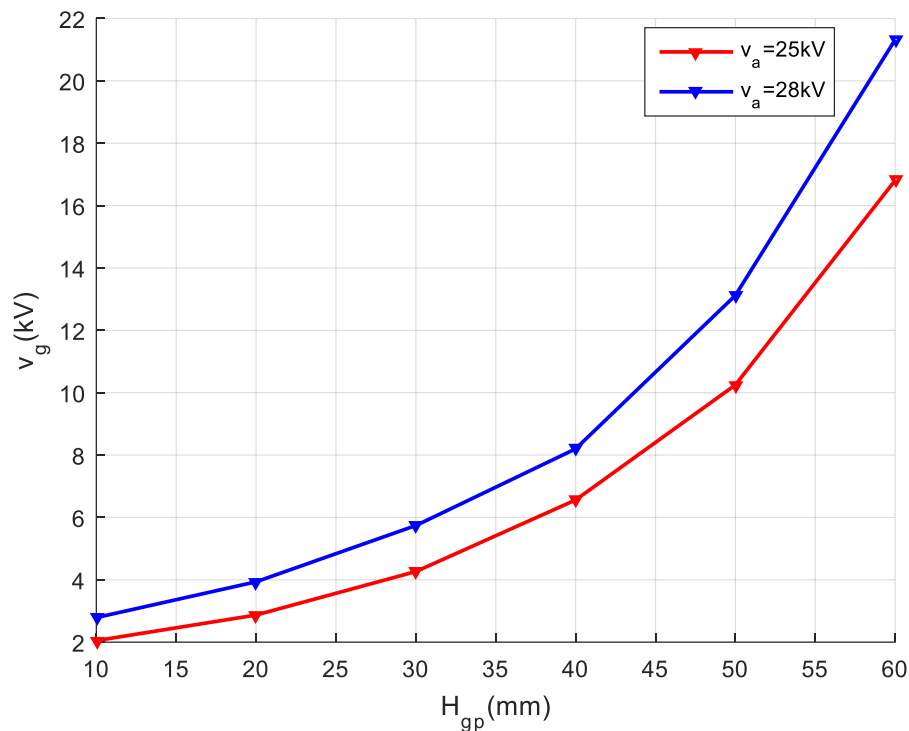


Figure III. 21 : Effet de la hauteur de la grille sur la tension de la grille
(Géom1, $H=70mm$, $R_g= 82M\Omega$)

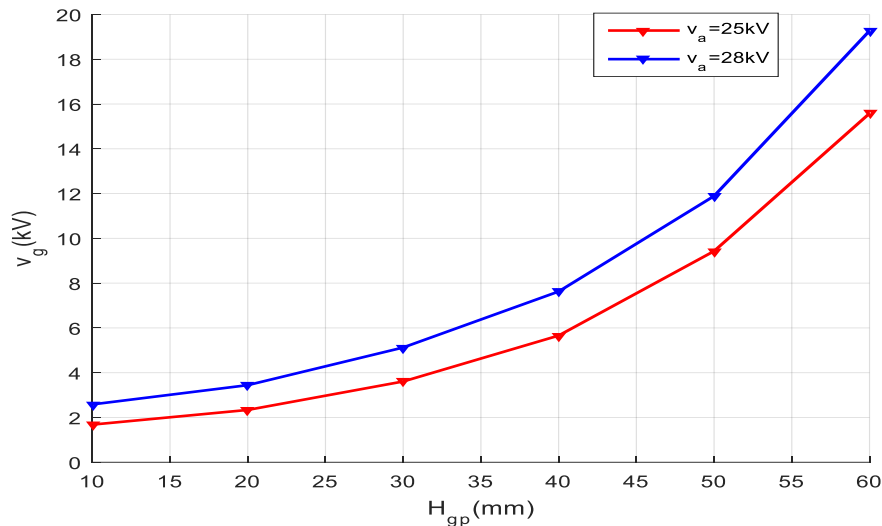
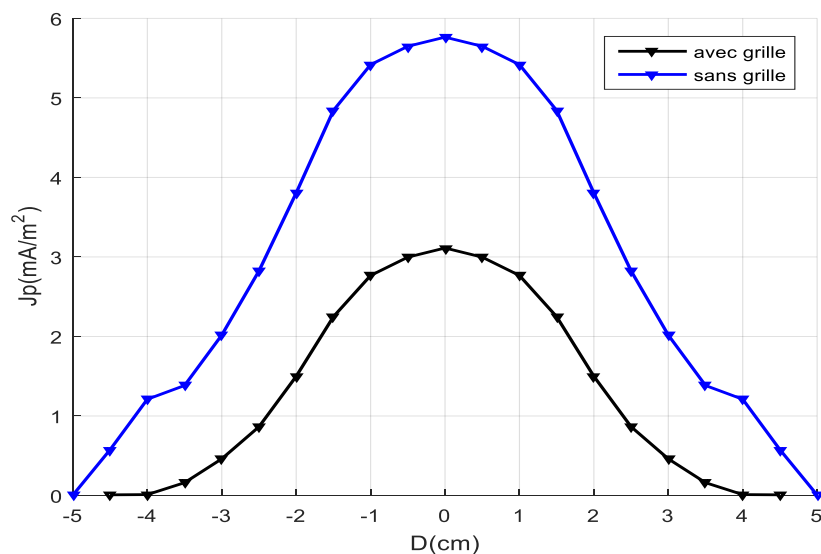


Figure III. 22 : Effet de la hauteur de la grille sur la tension de la grille
(Géom2, $H=70mm$, $R_g= 82M\Omega$)

III.4.4. Effet de la présence de la grille sur la distribution de la densité de courant

Pour étudier l'influence de l'insertion de la grille métallique entre l'électrode de haute tension et le plan de masse sur la distribution de la densité de courant au plan $J_p(x)$, nous avons effectué des essais de mesure de la densité de courant en procédant de la même façon que les essais précédents (sans grille).

Nous présentons sur les **figures (III.23) et (III.24)** la comparaison entre la distribution en présence et en l'absence de la grille, pour la même tension appliquée $V_{app} = 25kV$.



13

Figure III. 23 : Distribution de la densité de courant en présence et en l'absence de la grille (Géom1, $V_{app}=25kV$, $H= 50mm$, $H_{gp}= 25mm$)

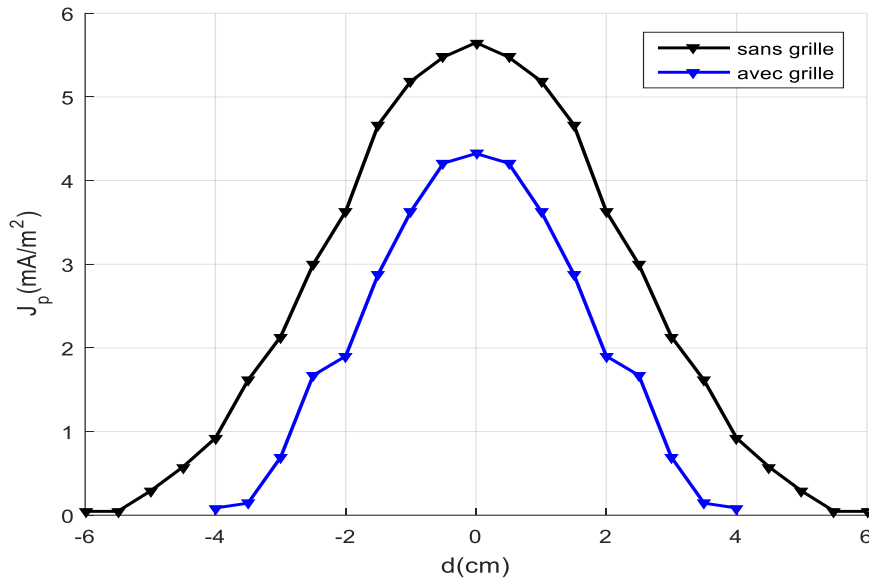


Figure III. 24 : Distribution de la densité de courant en présence et en l'absence de la grille (Géom2, $V_{app}=25kV$, $H=60mm$, $H_{gp}=25mm$)

On remarque que les valeurs de la densité de courant J mesurées en l'absence de la grille sont plus élevées que celles mesurées en présence de la grille. En effet, en l'absence de la grille tout le courant de la décharge est collecté par la sonde circulaire contrairement à la configuration triode (avec grille) où une partie de ce courant est récupérée par la grille métallique.

On déduit que le dual offre une meilleure distribution du courant en terme d'intensité par rapport à la configuration triode.

III.4.5. Effet de la résistance R_g et la hauteur de grille sur la densité de courant $J_p(x)$

Nous analysons ici la distribution de la densité de courant en configuration triode (Fil-Cylindre Grille). Dans cette expérience nous verrons l'effet de la résistance de la grille ainsi que la hauteur entre la grille et le plan sur cette distribution.

La figure (III.25) montre deux distributions comparatives de la densité de courant pour deux différentes résistances de grille $R_g=88 M\Omega$ et $R_g=50M\Omega$, pour le même niveau tension appliquée $V_{app}=28kV$ à des hauteurs $H=60mm$ et $H_{gp}=35mm$. On remarque que la distribution de la densité de courant pour $R_g=88 M\Omega$ est plus élevée que pour $R_g=50 M\Omega$. Cela confirme les résultats précédents où on récolte un courant plus fort au plan quand la tension de la grille est plus élevée (donc R_g plus grand).

Sur la figure (III.26) nous comparons les distributions de J_p pour deux hauteurs grille - plan différents $H_{gp}=35mm$ et $H_{gp}=25mm$ sous la même tension appliquée $V_{app}=28kV$. On

remarque que les valeurs de J_p pour $H_{gp}=35\text{mm}$ sont plus élevées que celles pour $H_{gp}=25\text{mm}$. C'est dû aussi au fait qu'en augmentant H_{gp} la grille se trouve à un potentiel plus élevé.

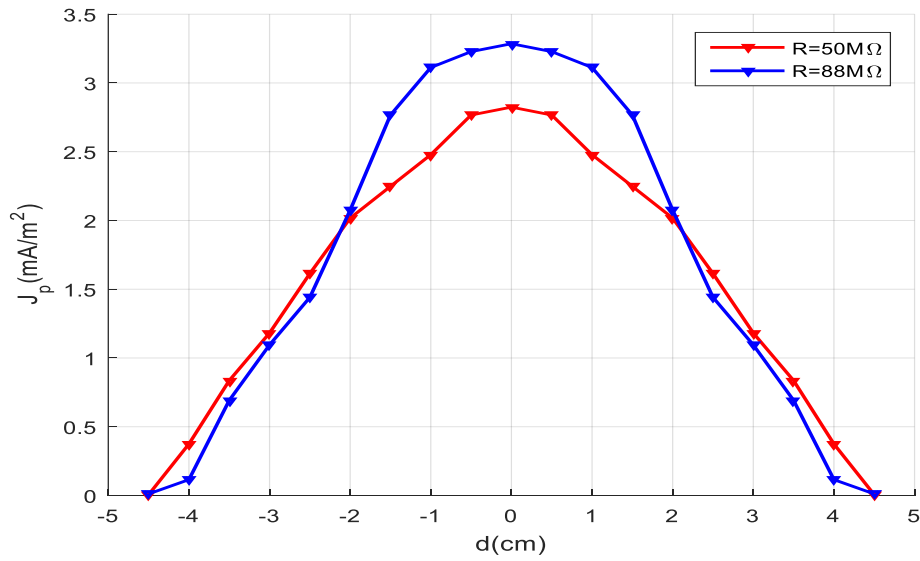


Figure III. 25 : Effet de R_g sur la distribution de la densité de courant
(Géom1, $V_{app}=28\text{kV}$, $H=60$, $H_{gp}=35\text{mm}$, $V_{gRg50}=7.75\text{kV}$, $V_{gRg88}=9.68\text{kV}$)

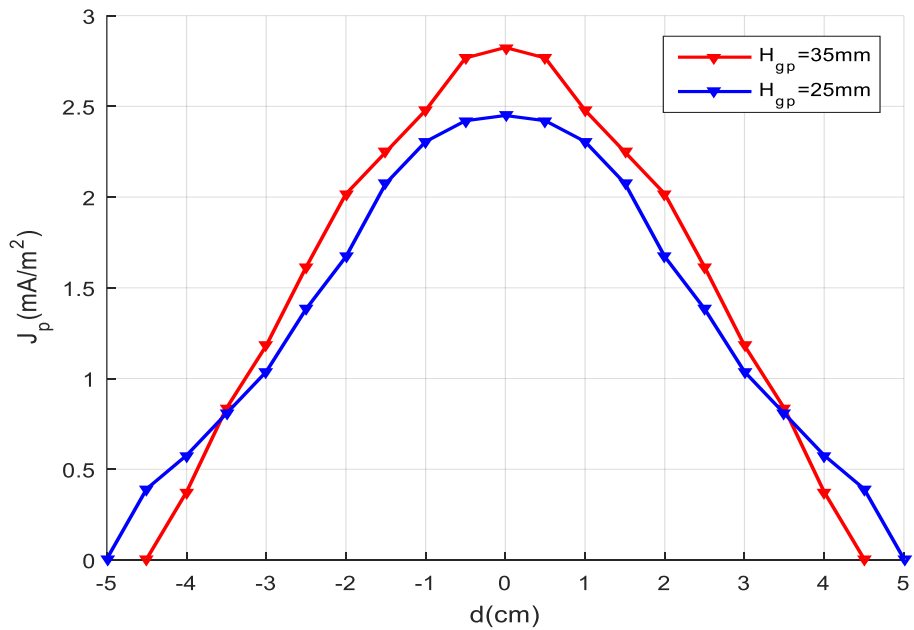


Figure III. 26 : Effet de H_{gp} sur la distribution de la densité de courant
(Géom1, $V_{app}=28\text{kV}$, $R_g=50\text{M}\Omega$, $H=60\text{mm}$, $V_{gHgp35}=7.75\text{kV}$, $V_{gHgp25}=5.25\text{kV}$)

III.4.6. 111 Effet de la hauteur de la grille sur la densité de courant

Les figure (III.27) et (III.28) illustrent la densité de courant mesurée au centre du plan (0,0) en fonction de la hauteur Grille-Plan.

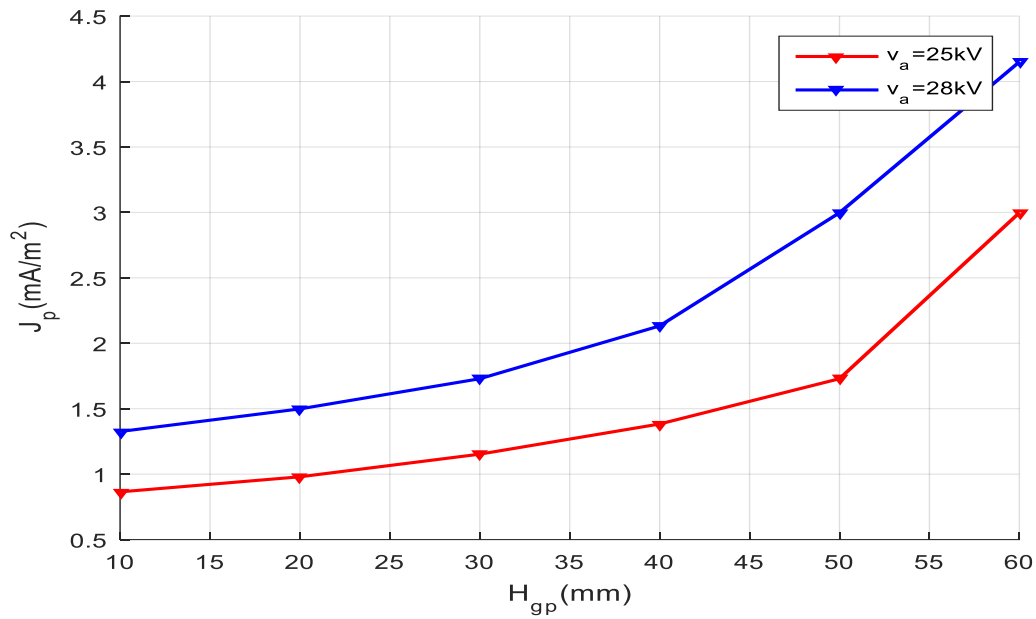


Figure III. 27 : Effet de la hauteur de la grille sur la densité de courant $J_p(x=0)$ (Géom1, $H=70mm$, $R_g=82M\Omega$)

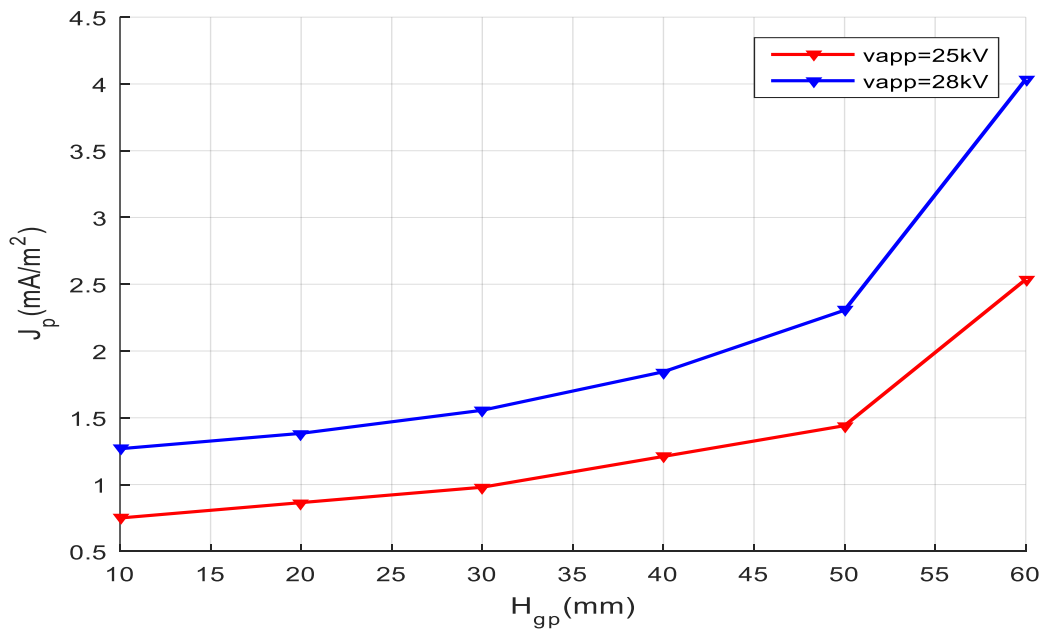


Figure III. 28 : Effet de la hauteur de la grille sur la densité de courant $J_p(x=0)$ (Géom2, $H=70mm$, $R_g=82M\Omega$)

Il est clair que l'augmentation de la hauteur grille plan engendre l'augmentation de la densité de courant récolté par la sonde à cause du potentiel de la grille qui augmente en même temps.

III.4.7. Effet de variation de la tension de la grille sur la densité de courant $J_p(x)$

Les figure (III.29) et (III.30), montrent l'effet de variation de la tension de la grille sur la densité de courant mesurée pour deux niveaux de tension, $V_{app} = 25\text{kV}$ et $V_{app} = 28\text{kV}$ et pour une résistance de grille fixe, $R_G = 82\text{M}\Omega$. D'où les valeurs de V_g ont été obtenues par la variation de la hauteur H_{gp}

Les résultats obtenus montrent un même profil d'allure pour les deux niveaux de tension appliquée. L'augmentation de la tension de la grille V_g fait augmenter la densité de courant au plan.

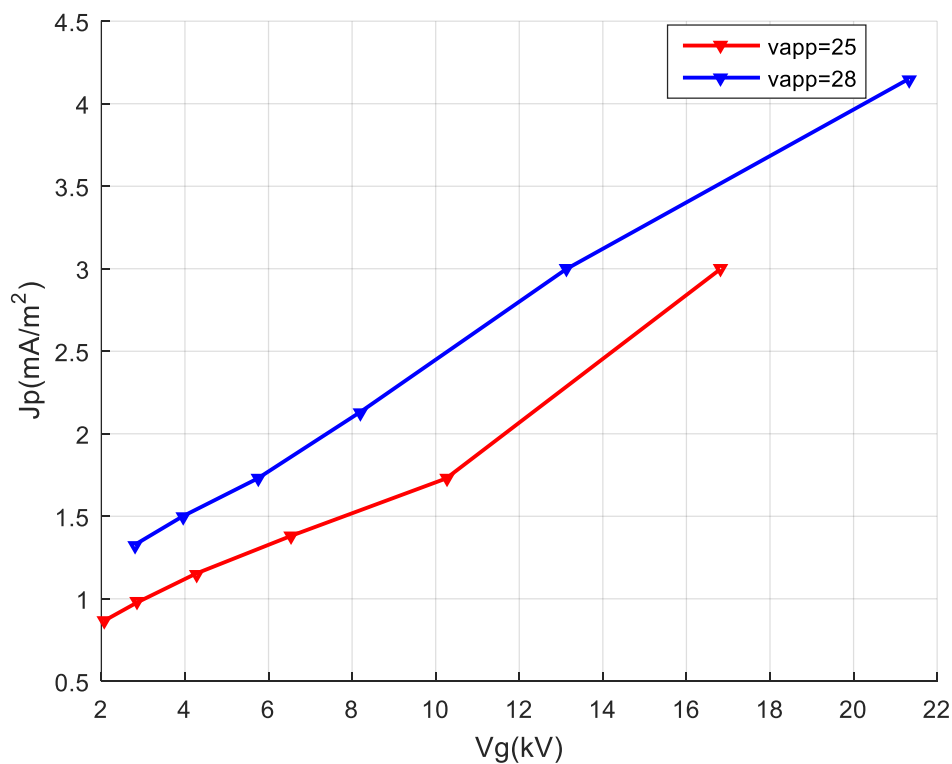


Figure III. 29 : Effet de la tension de la grille sur $J_p(x=0)$
(Géom1, $R_g = 82\text{M}\Omega$, $H = 70\text{mm}$)

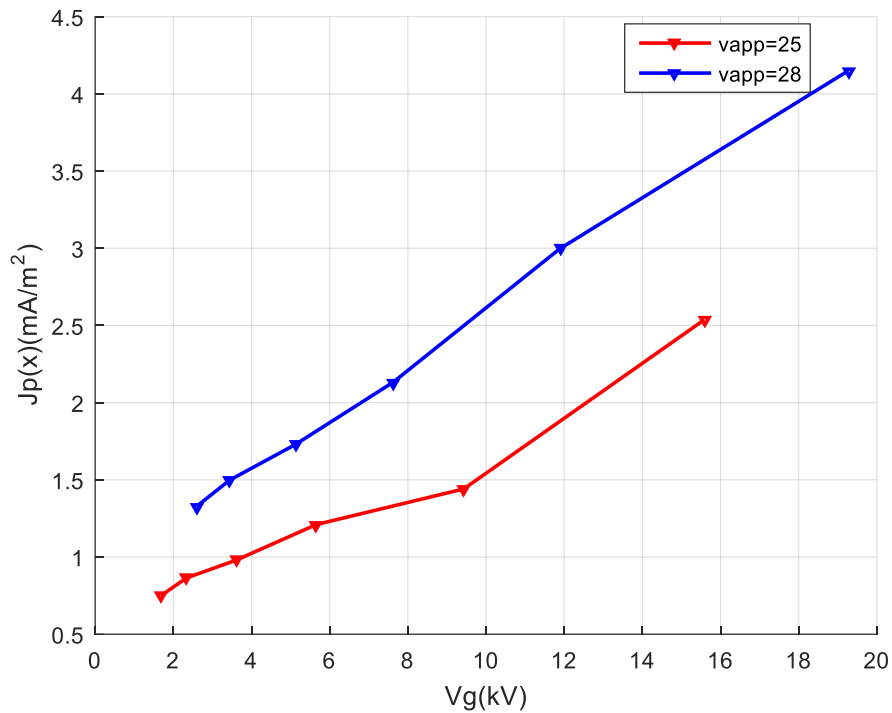


Figure III. 30 : Effet de la tension de la grille sur $J_p(x=0)$
(Géom2, $R_g=82M\Omega$, $H=70mm$)

III.5. Conclusion

Dans ce dernier chapitre nous avons présenté les résultats expérimentaux liés à plusieurs paramètres qui caractérisent la décharge couronne pour les deux configurations Dual et Triode ; la tension seuil de la décharge, la caractéristique courant-tension et la distribution de la densité de courant et leurs comportements lorsqu'ils sont influencés par des facteurs géométriques, électriques et atmosphériques.

Compte tenu des conditions expérimentales de notre travail, nous pouvons conclure que les résultats obtenus sont satisfaisants et cohérents avec plusieurs théories qu'on trouve dans la littérature telle que Townsend, et Peek.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'objectif principal de notre étude est la caractérisation de la décharge couronne en différentes configurations (dual et triode) et l'étudier des différents paramètres influant le comportement de la décharge couronne.

Les expériences menées sur le seuil d'apparition de la décharge couronne ont montré que V_s est plus faible en présence de la grille entre l'électrode duale et le plan mis à la terre qu'en son absence, c'est-ce que la formule de Peek nous a dévoilé.

La caractéristique courant tension relevée expérimentalement montre qu'elle est linéaire à partir du seuil d'apparition de la décharge et le courant augmente graduellement avec l'augmentation de la tension appliquée confirmant la loi de TOWNSEND.

Les essais effectués sur la caractéristique courant tension pour les deux configurations duale et triode montrent que la grille mise à terre à travers une résistance dérive une partie importante du courant de la décharge à la terre.

La distribution de la densité de courant J est sous forme d'une cloche qui convient mieux à la fonction « cosinus » proposée par Warburg. Elle est maximale au pied du fil porté à la haute tension ($x=0$) et minimale au fur et à mesure que s'éloigne l'électrode active de la sonde suivant l'axe des « x ».

En termes d'intensité, la configuration duale offre une meilleure distribution de la densité de courant par rapport à la configuration triode.

Un meilleur contrôle du dépôt de charge sur un échantillon sera obtenu lorsque la grille est connectée à la terre via une résistance.

Enfin, nous espérons que ce travail soit complété à l'avenir par la mesure du champ électrique et servira de base pour d'autres études s'intéressant à la décharge couronne dans ces deux configurations.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : **MEGHAR Abdelghani et OUNNOUGHI Tacfarinas**, « Etude de la distribution du potentiel de surface de films en PVC chargés par décharge couronne négative », Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, juin 2014.
- [2] : **Claude. Gray** « effet couronne sur les réseaux électriques aériens », techniques de l'ingénieur, D4.
- [3] : **A. Selma & B.Hassina** « Etude de la décharge couronne en configuration multipoints plan et fil cylindre ». Soutenu publiquement, le 14/07/2021
- [4] : **MIHOUBI Soumia, MEDJANI Ismahen**, « Mesure du champ électrique » Mémoire d'Ingénieur, université de Guelma, Juin 2002.
- [5] : **MOREAU, M.** "L'effet de couronne en tension alternative", Éditions Eyrolles (Paris), pp. 17-33,283-302, 1976.
- [6] : **R.S. Sigmond, M. Goldman**, 1989, Electrical breakdown and discharges in gases - Part B, NATO ASI series B89-B.
- [7] : **L. Parissi**, « Étude d'un procédé de traitement d'air chargé en composés organiques volatiles par décharge moyenne fréquence avec barrière diélectrique : mécanisme mis en œuvre et recherche d'optimisation », Thèse de doctorat de l'université de Paris VI, 1999
- [8] : **R. Farhi, C. Morel, G. Chéron** «Matières plastiques & adjuvant hygiène et sécurité». INRS, ED638, Octobre 2006.
- [9] : **A. BENBOUABDALLAH et C. KACI**, “ Calcul numérique du champ et potentiel électriques dans l'air en configuration pointe-plan”, Mémoire de Master, Université MOULOUD MAMMERI DE TIZIOUZOU, juin 2012.
- [10] : **E. M.VanVeldhuizen and W.R.Rutgers**, « Corona Discharges: Fundamentals and diagnostic », Faculté of AppliedPhysics, Private Communication, Technische Universiti et Eindhoven.
- [11] : **TIFAOUI Djilali & LADJEL Amine**, « Etude de la décharge couronne en géométrie pointe plan sous tension continu », Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de TIZIOUZOU, 28/6/2016.
- [12] : **B.KHADDOUR**, « modélisation du champ électrique modifié par la charge d'espace injectée », thèse de doctorat de l'INPG (Institut National Polytechnique de Grenoble), 2006.
- [13] : **J.Chang, Phil A.Lawless, and T. Yamamo** « corona Décharge processus », IEEE Transaction on plasmas science, vol 19, n°6, p. 1152-1166, 1991.
- [14] : **J.JOLIBOIS** « Etude et développement d'un actionneur plasma à déchargé à barrière diélectrique-application au contrôle d'écoulement sur profil d'aile ».Thèse de doctorat de l'université de Poitier, décembre 2008.

BIBLIOGRAPHIE

- [15] : **J.F. Loiseau, J. Batina, F.Noël, R. Peyrous**, « Hydro-dynamical simulation of the electricwind generated by successive streamers in a pointe-to-plan reactor », J. Phys. D: Appl; Phys. Vol. 35, pp 1020-1031. 2002.
- [16]: **Flavien. Koliatene** « contribution à l'étude de l'existence des décharges dans les systèmes de l'avionique ». Thèse de doctorat de l'université de Toulouse III-Paul Sabatier, le 5 janvier 2009.
- [17] : **CNHT'97** « Acte de la deuxième conférence nationale sur la haute tension », université de Tizi-Ouzou 1997.
- [18] : **Adelsandrov. G.N, Rigeikov. O.V Cherbatchev**, "Modélisation de la caractéristique de couronne de courant alternatif " Recueil de l'institut polytechnique de Saint Petersburg, la série de la technique de la haute tension. 1958.
- [19] : **D.SAAD**, " Effet de la décharge couronne sur les surfaces isolantes et les surfaces métalliques» UMMTO, thèse magister, Décembre 2013
- [20] **M. Handala** « Etude de la décharge de surface sous tension alternative 50 Hz : une interface isolante air/solide », thèse de doctorat UMMT.O, décembre 2007.
- [21] : **Flavien. Koliatene**, «Contribution à l'étude de l'existence des décharges dans les systèmes de l'avionique». Thèse de doctorat de l'université de Toulouse III – Paul Sabatier, le 5 janvier 2009.
- [22] : **C.Gary** ; «Effet couronne en tension alternative» : Techniques de l'ingénieur, Tome 1 D640
- [23] : **Zahira ANANE**, « Modèle dynamique de l'effet couronne pour l'étude de la propagation de la surtension le long des lignes de transmission HT en utilisant l'EMPT ». Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas- Sétif 1, 2018.
- [24] : **YA LI ,B.S.C.A** « Contribution à l'étude de l'influence des décharges de couronne sur la perte de volume d'une aspérité de glace portée à un potentiel élevé », comme exigence partielle pour l'obtention du grade de maîtrise en ressources et systèmes, université du Québec à Chicoutimi, Avril 1993.
- [25] : **A.Kasdi**, « Études théorique et expérimentale de la décharge couronne bipolaire », thèse de Doctorat, Uni. A. Mira de Bejaïa, Algérie, 2007
- [26] : **Rafael Diez Medina** « Alimentation de puissance d'une lampe exciplexe à décharge à barrière diélectrique, en vue du contrôle du rayonnement ». Thèse de doctorat de l'université Toulouse, octobre 2008.
- [27] : **Bacha Mohand Arezki** « Etude de la déchargé couronne en géométrie fil-plan », Mémoire de Master Uni. A. Mira de Bejaïa, Algérie, 2008.

BIBLIOGRAPHIE

[28] : Lé Vinh HOANG « Comparaison des rendements énergétiques de dégradation de trois composés organiques par plusieurs procédés d'oxydation avancés en milieu aqueux ». Thèse de doctorat de l'université de Poitiers, avril 2009.

[29] : Guilherme F Leal Ferreira, Dante L Chinaglia José A Giacometti and Osevaldo N Oliveira Jr « Corona triode current-voltage characteristics : on effects possibly caused by the electronic component », 13 octobre 1992.

La décharge Couronne offre une large application technique et industrielle tels que les séparateurs et les filtres électrostatiques.

Plusieurs études expérimentales et numériques ont été consacrées aux propriétés de la décharge couronne dans plusieurs configurations d'électrodes, tels que : fil-plan, point-plan...

Notre travail porte sur l'étude de la décharge couronne en configuration dual composé d'un élément d'ionisation qui est un fil attaché à un cylindre, et la configuration triode qui se compose des éléments du dual avec l'insertion d'une grille métallique entre le fil et le plan de masse.

Plusieurs essais ont été effectués sur les deux configurations, à savoir la mesure des caractéristiques courant-tension et la distribution de la densité de courant, la variation des paramètres géométriques et électriques (la tension appliquée, la hauteur grille-plan, la valeur de la résistance de la grille...), ils nous permettent de suivre le comportement de la décharge couronne de ces deux configurations. Il a été trouvé que l'activité de la décharge couronne est intense pour des tensions appliquées importantes, la distribution de la densité de courant est sous forme d'une cloche qui convient à la fonction cosinus et que la grille mise à la terre via une résistance dérive une partie important du courant de la décharge.

L'insertion de la grille métallique entre le fil et le plan a pour but de contrôler le dépôt de charge, autrement dit contrôler la valeur du potentiel.