

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE -AIN-TEMOUCHENT- BELHADJ BOUCHAIB
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



Projet De Fin D'étude Pour L'obtention Du Diplôme De Master En :
Domaine : Sciences Et De La Technologie
Filière : Electromécanique
Spécialité : Electromécanique

Thème :

*Séparation Des Fines Particules A L'aide D'un Séparateur
Electrostatique Dans Une Configuration Lame-Plan Avec Deux
Type De Lame (Lisse Et Avec Pics Comme Couteau)*

Présente Par :

- ❖ Mr : Beddou Imad Dinne
- ❖ Mr : Bailiche Abdel Khaled

Devant Le Jury Compose De :

- | | | |
|------------------------|--------------------------------|--------------|
| Pr : Zelmat Samir | Uat.B.B (Ain Temouchent) | Président |
| Mme : Touhami Aicha | Uat.B.B (Ain Temouchent) | Examineur |
| Dr : Aissou Massinissa | M C A Uat.B.B (Ain Temouchent) | Encadrant |
| M.Brakna Ikram | Uat.B.B (Ain Temouchent) | C.encadrante |

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements

Nous Rendons Grâce A Dieu De Nous Avoir Donné Le Courage Et

La Patience Afin De Mener Ce Travail A Terme.

Nous Remerciements Vont En Particulier A :

Monsieur Aissou Notre Encadreur Qui Nous A Eclairé Avec

Ces Conseils Et Suggestions, Merci Pour Votre Aide Précieuse.

A Tous Les Enseignants Qui Se Sont Investis Pour Guider Nos Pas Et

Pour Leur Disponibilité.

Nous Tenons Egalement A Remercié Le Président Et Tous Les Membres

Du Jury Qui Ont Accepté De Juger Notre Travail.

Enfin, Nos Chaleureux Remerciements Vont Egalement A Tous Ceux

Qui Par Leur Fonction, Ont Contribué De Près Ou De Loin A Notre

Formation.

Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire de fin d'étude :

A toute ma famille,

A celle qui m'a accompagné durant cette épreuve,

A toute la promotion de 2eme Année Master 2 Electromécanique 2022,

A mes amis,

A mes collègues de travail.

Résumé :

La pollution de l'air ambiant, due à des concentrations élevées de petite particule et des particules fines, et le principale risque environnementale pour la santé, provoque Beaucoup de décès prématurés chaque année dans le monde, pour cela les chercheurs poncent à une méthode de dépoussiérage pour sauver le monde c'est bien l'électro filtration. L'objectif principal de notre travail est approfondir les connaissances sur la décharge couronne dans un précipitateur fils-plan. Ce travail est constitué principalement de trois parties :La premier phase est consacrée pour l'étude théorique de la décharge couronne dans un EPS la deuxième partie est consacrée pour l'étude expérimentale qui a été réalisée afin de mesurer les paramètres électrique de cette décharge sur l'électrode de type plan et la caractéristique courant- tension, ainsi de mesurer l'efficacité de notre précipitateur.

Abstract:

Ambient air pollution, due to high concentrations of small particles and fine particles, and the main environmental risk for health, causes Many premature deaths each year in the world, for this researchers sand to a method of dust removal to save the world is indeed electro filtration. The main objective of our work is to deepen the knowledge on the corona discharge in a son-plane precipitator. This work consists mainly of three parts: The first phase is devoted to the theoretical study of the corona discharge in an EPS the second part is devoted to the experimental study which was carried out in order to measure the electrical parameters of this discharge on the plane type electrode and the current-voltage characteristic, thus to measure the efficiency of our precipitator.

الملخص :

يتسبب تلوث الهواء المحيط ، بسبب التركيزات العالية للجزيئات الصغيرة والجزيئات الدقيقة ، والمخاطر البيئية الرئيسية على الصحة ، في حدوث العديد من الوفيات المبكرة كل عام في العالم ، لذلك فإن الرمال إلى وسيلة لإزالة الغبار لإنقاذ العالم هي بالفعل كهربائية. الترشيح. الهدف الرئيسي من عملنا هو تعميق المعرفة بتفريغ الإكليل في المرسب على مستوى الطائفة. يتكون هذا العمل بشكل أساسي من ثلاثة أجزاء: المرحلة الأولى مخصصة للدراسة النظرية لتصريف الإكليل في EPS ، والجزء الثاني مخصص للدراسة التجريبية التي تم إجراؤها من أجل قياس المعلمات الكهربائية لهذا التفريغ على المستوى. اكتب القطب وخاصة الجهد الحالي ، وبالتالي لقياس كفاءة المرسب لدينا.

$E(z)$: champ électrique (V/m).

V : tension appliquée à la pointe (V).

z : distance à la pointe sur l'axe pointe-plan (m).

r : rayon de courbure de la pointe à son extrémité (m).

d : distance inter électrodes (m).

x : position au plan

δ : Densité Relative de l'air

F , G , et B sont des constantes qui diffèrent d'un auteur à l'autre.

U_s : est la tension seuil de l'effet couronne ;

R : est le rayon du cylindre équivalent ;

r_0 : est le rayon du fil ;

a : distance entre deux lames voisins ;

d : distance nappe de lames-plan.

Liste De Figures Et Des Tableaux

- FIGURE I.1 :** **Vue De L'effet Couronne Dans Un Conducteur**
- FIGURE I.2 :** **Conducteur Aérien**
- FIGURE I.3:** **Configuration D'électrodes Pour La Génération De Décharges Couronnes**
- FIGURE I.4 :** **Topographie De La Décharge Couronne Volumique En Configuration
Pointe – Plan Ainsi Lame Plan**
- FIGURE I .5 :** **Descriptif De La Décharge Couronne Positive**
- FIGURE I.6 :** **Descriptif De La Décharge Couronne Négative**
- FIGURE I.7 :** **Utilisation De La Décharge Couronne Pour La Paratonnerre**
- FIGURE I.8 :** **Utilisation De La Décharge Couronne Dans Le Filtre Electrostatique**
- FIGURE I.9 :** **Utilisation De La Décharge Couronne La Séparation Electrostatique**
- FIGURE I.10 :** **Photographie D'un Précipitateur Electrostatique**
- FIGURE I.11 :** **Les Principales Etapes Qui Interviennent Dans Le Fonctionnement Filtre
Electrostatique**
- FIGURE I.12:** **Electro Filtre A Un Seul Etage Fil-Cylindre A Gauche, Fil-Plaque A Droite**
- FIGURE I.13 :** **Types D'électro Filtres A Double Etage Avec Des Electrodes De Collecte
Planes**
- FIGURE I.14 :** **Un Electro Filtre Humide**
- FIGURE II.1 :** **Source De Haute Tension Modèle Glassman, Séries Lt**
- FIGURE II.3 :** **Ampèremètre Analogiques. Ms400**
- FIGURE II.4 :** **Anémomètre Thermique A Hélice - Sonde A Helice De Précision.**
- FIGURE II.5 :** **Thermo-Hygrometer De Precision Modele Testo**
- FIGURE II.6 :** **Balance De Laboratoire Electronique**

- FIGURE II.7 :** Autotransformateur
- FIGURE II.8 :** Un Souffleur Electrique
- FIGURE II.9 :** Constitution Du Dispositif Expérimental
- FIGURE II.10 :** Le Systeme D'injection
- FIGURE II.11 :** Le System D'ionisation
- FIGURE II.12 :** Photo Du Plan Inox Qui A Eté Utilise Dans L'expérience
- FIGURE II.13 :** Lames De Scie (1) A Buches Mixte
- FIGURE II.14 :** Lame De Scie (2) De Fermier
- FIGURE II.15 :** Le Système D'injection
- FIGURE II.16 :** Représentation Schématique De L'installation Expérimentale
- FIGURE II.17 :** Le System D'ionisation
- FIGURE III.1 :** Caractéristiques Courant-Tension En Fonction De La Distance Inter-Electrodes En Polarité Positive Et Négative (Lame 1)
- FIGURE III.2 :** Caractéristiques Courant-Tension En Fonction De La Distance Inter-Electrodes En Polarité Positive Et Négative (Lame 2)
- FIGURE III.3 :** Caractéristiques Courant – Tension En Fonction De La Distance Inter-Electrodes Pour Les Deux Polarités (Lame1)
- FIGURE III.4 :** Caractéristiques Courant – Tension En Fonction De La Distance Inter-Electrodes Pour Les Deux Polarités (Lame2)
- FIGURE III.5 :** Tension De Claquage En Fonction De La Distance Inter-Electrodes Pour Les Deux Polarités (Lame1)
- FIGURE III.6 :** Tension De Claquage En Fonction De La Distance Inter-Electrodes Pour Les Deux Polarités (Lame2)

- FIGURE III.6 :** Comparaissant Courant-Tension Entre Lame (1) Et Lame (2) Polarité Positive
- FIGURE III.7 :** Comparaissant Courant-Tension Entre Lame (1) Et Lame (2) Polarité Négative
- FIGURE III.8 :** Dépendance Du Rapport Courant / Tension (I / V) Avec La Différence De Tension ($V - V_0$) (Lame1)
- FIGURE III.9 :** Dépendance Du Rapport Courant / Tension (I / V) Avec La Différence De Tension ($V - V_0$) (Lame2)
- FIGURE III.10 :** Caractéristique Courant-Tension En Fonction D'espace Inter-Lames Négatives Lame(1) Et Lame(2)
- FIGURE III.11 :** Caractéristique Courant-Tension En Fonction D'espace Inter-Lames Négatives Lame(1) Et Lame(2)
- FIGURE III.12 :** Caractéristique Courant-Tension En Fonction De Nombre De Lames Négatives Et Positive (Lame 1)
- FIGURE III.13 :** Caractéristique courant-tension en fonction de nombre de lames négatives et positive (lame 2)
- FIGURE III.14 :** Les dimensions de la zone d'injection
- Tableau III.1 :** Résultats de facteur K pour les couronnes négative et positive (lame 1)
- Tableau III.2 :** Résultats de facteur K pour les couronnes négative et positive (lame 2)

Sommaire

Introduction générale.....	01
-----------------------------------	-----------

Chapitre I

Etude théorique de la décharge couronne

I.1	Introduction.....	03
I.2	La Décharge Couronne.....	03
I.3	Champ Electrique	04
I.4	Mécanisme de décharge Electrique.....	05
I.5	Modes De Décharge Couronne	07
I.5.1	Décharge Couronne Positive.....	07
I.5.2	Décharge Couronne Négative.....	08
I.6	Application Utilisant La Décharge Couronne	09
I.6.1	Paratonnerre	09
I.6.2	Neutralisation.....	09
I.6.3	Filtre Electrostatique	10
I.6.4	Séparateur Electrostatique	10
I.7	Description Des PES	11
I.8	Description Du Fonctionnement D'un Electro Filtre	12
I.9	Différents Types D'électro Filtres	14
I.9.1	Précipitateur Electrostatique À Un Étage	14
I.9.2	Précipitateur Electrostatique À Deux Étages	15
I.9.3	Les Electro Filtres Humides	16
I.10	Avantages Et Inconvénients Du Précipitateur Electrostatique	17
I.10.1	Avantages Du Précipitateur Electrostatique	17
I.10.2	Inconvénients Du Précipitateur Electrostatique	18
I.11	Conclusion	19

Chapitre II

Description du modèle expérimental

II.1	Introduction.....	20
II.2	Matériel utilisé	21

II.2.1	Source De Haute Tension.....	21
II.2.2	L'ampèremètre	22
II.2.3	Anémomètre thermique à hélice	22
II.2.4	Thermo-hygromètre de précision.....	23
II.2.5	Balance de laboratoire électronique	23
II.2.6	Autotransformateur.....	24
II.2.7	Souffleur électrique	24
II.3	Description du dispositif expérimental	25
II.4	Les différents types de particule utilisée	28
II.4.1	L'argile.....	28
II.4.2	La sciure de bois	28
II.5	Principe de fonctionnement	28
II.6	Conclusion	30

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1	Introduction.....	31
III.2	Objectif de cette expérience	32
III.3	Méthodes expérimentales	32
III.3.1	Observations	32
III.3.2	Hypothèse	32
III.3.3	Expérience	32
III.3.4	Préparation	32
III.4	Mode opératoire	32
III.5	Caractéristiques courant-tension	32
III.6	Effet de la distance inter-électrodes sur la décharge couronne	33
III.7	Facteur géométrique K en fonction de la distance inter-électrodes	40
III.8	Effet de la distance inter-lames sur la décharge couronne négative	43
III.9	Influence du nombre de lames sur la décharge couronne	46

III.10	Essai système d'injection	49
III.11	Système d'ionisation	50
III.12	Conclusion.....	52
	Conclusion général	53
	Références Bibliographies	54

Introduction générale

La lutte contre la pollution atmosphérique est un enjeu majeur de ce siècle. La prise de conscience de son augmentation constante conduit de plus en plus de pays industrialisés à prendre des mesures afin de réglementer les émissions d'effluents gazeux. Les particules générées par l'activité humaine ont une part majeure dans la pollution de l'air. Leurs origines proviennent essentiellement des industries extractives, métallurgiques et chimiques, des usines d'incinération, des moyens de transport et de l'exploitation des énergies fossiles.

Les particules ayant des effets reconnus néfastes à la fois sur l'environnement et sur la santé, il paraît indispensable d'en limiter l'émission et ou de développer des systèmes de filtration performants. Parmi ces systèmes, il existe les précipitateurs électrostatiques (ESP), encore appelés électro filtres, qui présentent de nombreux avantages par rapport à des procédés purement mécaniques.

Dans sa forme la plus simple, un électro filtre est constitué d'une électrode émissive connectée à une alimentation en tension et d'une électrode de collecte reliée à la masse entre lesquelles circule un gaz contenant des particules électriquement neutre. Le principe de ce procédé est de créer un plasma dans le volume à traiter, puis de charger les particules pour qu'elles dérivent, sous l'action des forces électrostatiques, vers l'électrode de collecte.

Les phénomènes électrostatiques ont été observés par les philosophes grecs vers 600 av. Ils ont remarqué l'attraction de petites particules par l'ambre jaune (résine fossile) frotté sur de la peau d'animal. Au début du 17^{ième} siècle, William Gilbert a noté qu'un diélectrique frotté attire les particules de fumée produite par un feu éteint. Les relations quantitatives décrivant les forces électrostatiques ont été introduites par F. Coulomb au 18^{ième} siècle. De nombreux rapports sur les effets électrostatiques voient le jour au début du 19^{ième} siècle. Le premier appareil expérimental utilisant ces phénomènes est issu des travaux de Hohlfeld . Il a montré qu'une étincelle électrique pouvait dissiper la fumée contenue dans une bouteille. En 1850, Guitard avait observé qu'une décharge couronne produisait les mêmes effets sur la fumée. En 1883, Lodge propose de purifier l'air dans les salles de fumeurs et dans les tunnels. Ce n'est qu'en 1907 que le premier électro filtre conçu par Cottrell fonctionna de manière efficace. Le premier précipitateur électrostatique est né et depuis, de nombreux travaux sont consacrés aux électro filtres.

L'objectif principal de notre mémoire est de comprendre le phénomène lié à la décharge couronne et d'étudier l'électrofiltre lame-plan. Nous avons réalisé une étude expérimentale au Laboratoire de Génie Electrique de l'Université de Ain Temouchent.

Le mémoire s'articule autour de trois chapitres. Dans le premier chapitre nous présentons une généralité sur l'effet couronne, la deuxième partie de ce chapitre est consacré sur les matériels utilisé, leur principe de fonctionnement.

Dans le troisième chapitre qu'on a discuté et interprète sur les résultats expérimentaux concernant le relevé des caractéristiques $I(V)$ et la mesure de l'efficacité de l'électro filtre réalisé.

Enfin, nous terminerons ce travail par une conclusion générale.

Chapitre I :
Etude théorique de la
décharge couronne

I.1 Introduction

Le phénomène de la décharge couronne a été étudié depuis longtemps par plusieurs auteurs sur le plan aussi bien expérimental que sur le plan de la modélisation grâce à son importance dans divers usages industriels parmi eux la filtration électrostatique. Le terme décharge se rapportait initialement à la décharge se produisant entre les deux électrodes planes d'un condensateur plongé dans un gaz. Lorsque le potentiel va appliquer à l'anode est suffisamment important, on observe alors l'apparition d'un courant dans le circuit. Ce courant a pour origine le déplacement des électrons produits par l'ionisation du gaz de la cathode vers l'anode.

Le premier appareil expérimental utilisant ces phénomènes est issu des travaux de Hohlfeld . Il a montré qu'une étincelle électrique pouvait dissiper la fumée contenue dans une bouteille. En 1850, Guitard avait observé qu'une décharge couronne produisait les mêmes effets sur la fumée. En 1883, Lodge propose de purifier l'air dans les salles de fumeurs et dans les tunnels.

Ce n'est qu'en 1907 que le premier électro filtre conçu par Cottrell fonctionna de manière efficace. Le premier filtre électrostatique est né et depuis, de nombreux travaux sont consacrés aux électro filtres.

I.2 La Décharge Couronne

- **Définition** : L'effet couronne se produit sur tous les conducteurs et lignes soumis à une haute tension. Dès que le champ électrique à la surface du conducteur devient suffisamment grand (supérieur au champ d'ionisation de l'air, ≈ 30 kV/cm), l'air s'ionise et forme autour du conducteur une couronne lumineuse Figure(I.1) [1].

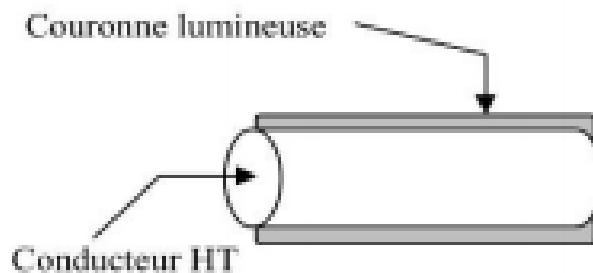


Figure I.1 : Vue de l'effet couronne dans un conducteur

La lumière de la décharge couronne n'est visible que sur les lignes THT ($U \geq 400\text{kV}$), lorsqu'il fait sombre.

- **Inconvénients** : pertes couronne, interférence avec les ondes radio, bruit et vibrations des conducteurs.
- **Avantages** : plusieurs applications industrielles (Filtres électrostatiques, séparateurs électrostatiques, photocopie...) L'effet couronne devient très gênant pour les réseaux à partir de 345 kV. [1]

Le bruit et le champ électrique superficiel représentent actuellement les paramètres d'environnement les plus importants à prendre en considération lors de la construction de nouvelles lignes $U \geq 750\text{ kV}$. L'effet couronne se produit principalement sur les conducteurs de ligne, mais aussi sur les parties métalliques aiguës reliées à la haute tension, telles que sur l'isolateur, surtout par temps humide [1].

I.3 Champ Electrique

Le champ électrique produit par le conducteur diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne du conducteur, il s'agit donc d'un champ non uniforme, nous pouvons constater que le champ électrique produit dans l'espace inter-électrodes est fortement inhomogène. Ce dernier a une valeur élevée au voisinage d'électrode puis décroît rapidement au fur et à mesure qu'on s'approche de la cathode plane.

➤ loi de PEEK :

Le champ critique d'apparition de l'effet couronne sur un conducteur est Conducteur lisse :

$$E_{cc} = \left[1 + \frac{K}{\sqrt{\delta r}}\right] E_s \delta \quad (\text{KV/cm}) \quad (\text{I.1})$$

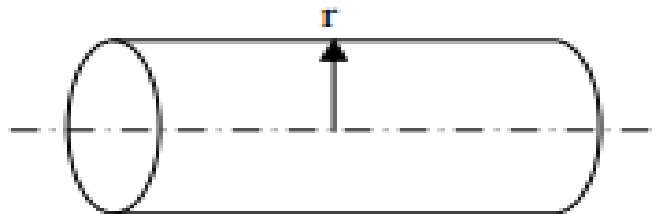


Figure I.2 : Conducteur Aérien

Pour une tension continue : Ecc en valeur efficace ;

Pour une tension alternative : Ecc en valeur max ou amplitude avec

$$\delta = \frac{3.92P}{273+T} \text{ Densité Relative de l'air} \quad (\text{I.2})$$

Remarque : conditions normales $P = 76 \text{ cm}$ et $t = 25^\circ\text{C} \Rightarrow \delta=1$

$E_s = 30 \text{ kV/cm}$;

$r \text{ (cm)}$: rayon du conducteur.

$P \text{ (Hg)}$: pression en cm de mercure.

$T \text{ (}^\circ\text{C)}$: température ; $k = 0,308$.

I.4 Mécanisme de décharge électrique

Les décharges couronnes se situent dans le régime de la Figure (I.3). La décharge est classiquement établie entre une électrode active et une électrode passive (électrode reliée à la terre).

L'électrode active est une pointe (ou un fil de petit diamètre) à laquelle on va appliquer un haut potentiel électrique tandis que l'électrode passive est une plaque ou une grille. [2]

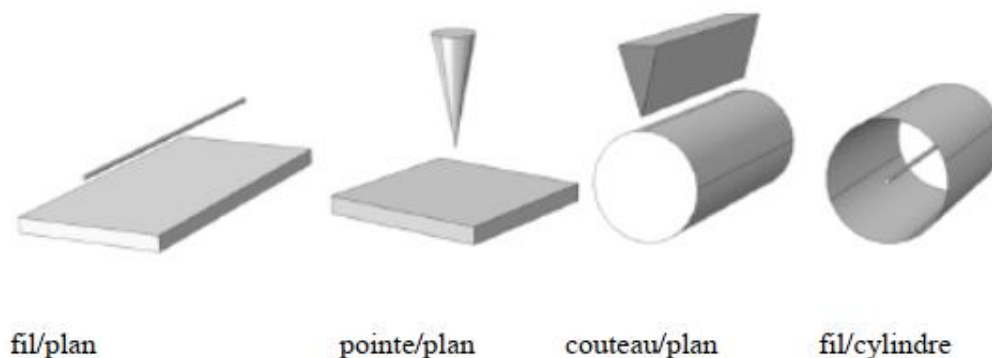


Figure I.3: Configuration D'électrodes Pour La Génération De Décharges Couronnes

On obtient alors une décharge couronne volumique. La dissymétrie des électrodes conduit à un champ électrique inhomogène dans l'espace inter-électrodes. En l'absence de charge d'espace, Hartmann (1977) a établi une expression du champ électrique E en fonction du potentiel appliqué à la pointe le long de l'axe de symétrie x :

$$E(x) = \frac{V}{\left(x + \frac{r}{2}\right) \cdot \ln\left(\frac{2d+r}{r}\right)} \quad (\text{I.3})$$

$E(z)$: champ électrique (V/m).

V : tension appliquée à la pointe (V).

Z : distance à la pointe sur l'axe pointe-plan (m),

Tel que $z=2d+r$.

r : rayon de courbure de la pointe à son extrémité (m).

d : distance inter électrodes (m).

x : position au plan

Avec V le potentiel, d la distance inter-électrodes, r le rayon de courbure de la pointe et x l'abscisse du point considéré par rapport à l'extrémité de la pointe prise comme origine. Dans une configuration fil-plaque, Lacoste et al. (2004) ont utilisé :

$$E(x) = E_i \frac{r}{x} \tag{I.4}$$

Avec E_i le champ électrique à la surface du fil que l'on peut déterminer par la formule empirique de Peek (157 kV/cm). [2]

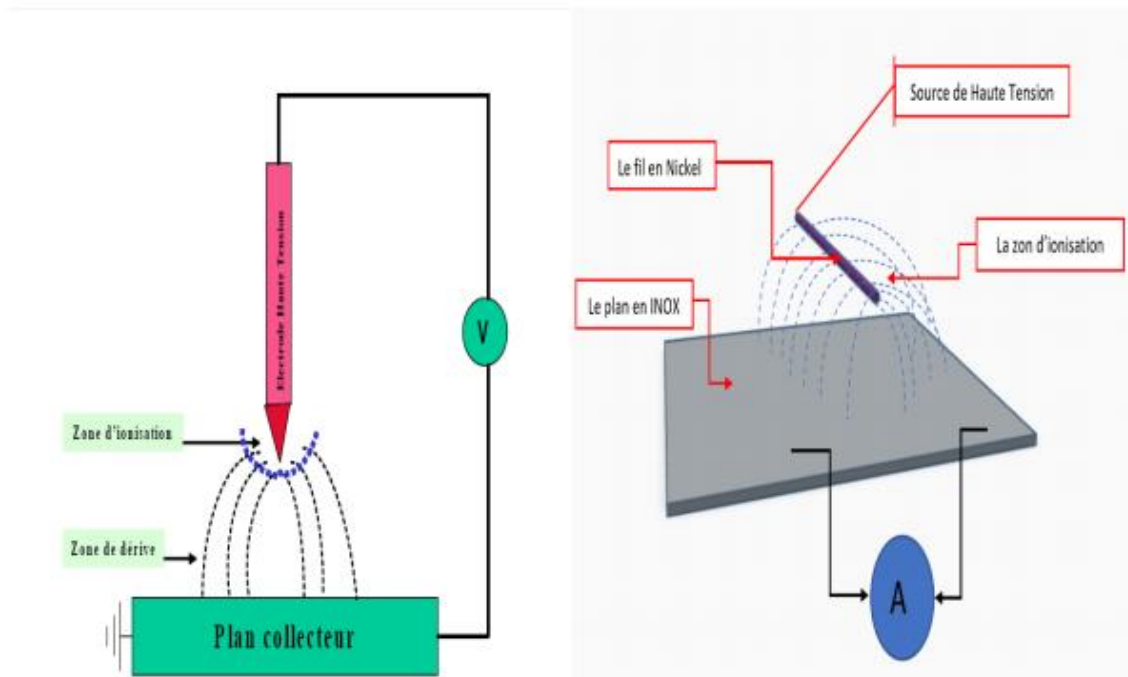


Figure I.4 : Topographie de la décharge couronne volumique en configuration pointe – Plan ainsi lame-plan

La décharge corona est le siège d'une forte activité physico-chimique.

Selon la polarité du potentiel appliqué à la pointe, on distingue la décharge corona positive de Décharge aura négative. C'est ce que nous allons voir maintenant.

I.5 Modes De Décharge Couronne

Selon la polarité de l'électrode et l'intensité du champ électrique, la décharge couronne peut être positive ou négative. On distingue, en effet plusieurs modes de la décharge couronne.

I.5.1 Décharge couronne positive :

La décharge couronne positive est celle qui se produit quand l'électrode active (ici une pointe) 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 électrons sont produits par photo-ionisation et sont accélérés vers celle-ci (zone en pointillé sur la Figure (I.5)). [5]

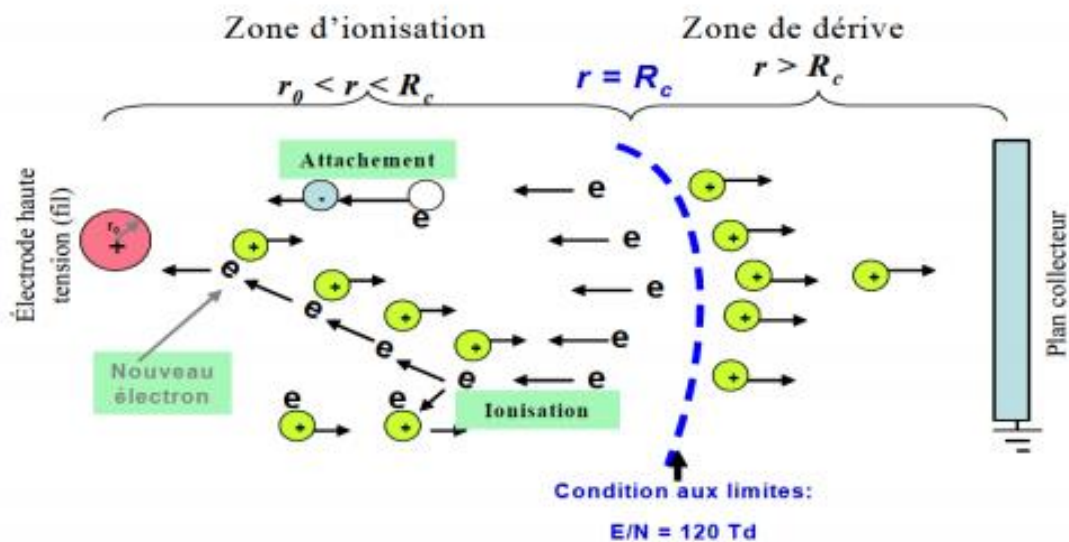


Figure I .5 : Descriptif de la décharge couronne positive

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 très 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.

I.5.2 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 Sigmond (1982) expliquent que les ions positifs alors créés reviennent rapidement à la cathode Figure(I.6). [3]

Des électrons sont extraits de la 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. [4]

Un nuage 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. [5]

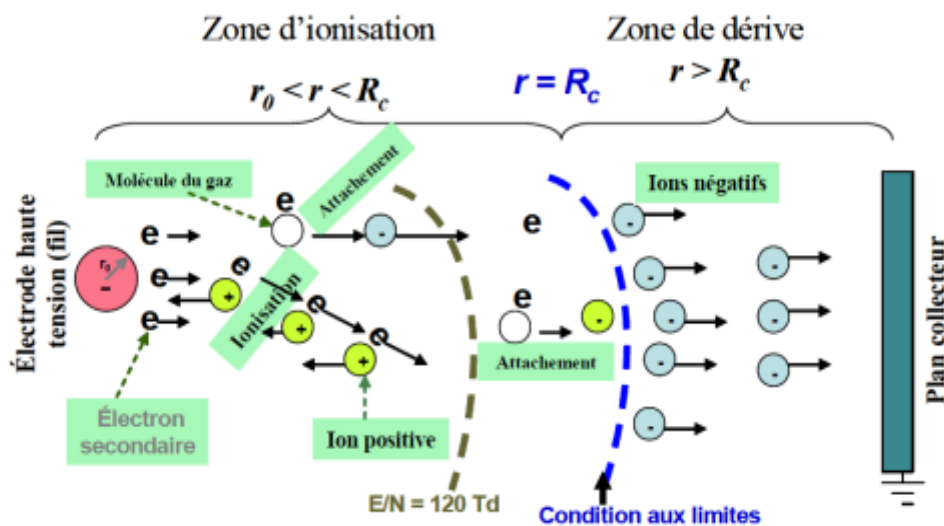


Figure I.6 : Descriptif de la décharge couronne négative

I.6 Application utilisant la décharge couronne

I.6.1 Paratonnerre

La présente invention concerne les dispositifs de protection contre la foudre, notamment les paratonnerres ionisants. Le principe de ces dispositifs consiste à former au-dessus de la pointe du paratonnerre une colonne d'air ionisé. Il a en effet été constaté, notamment par les mesures de laboratoire, qu'une source d'ions provoque une diminution du potentiel disruptif atmosphérique, c'est-à-dire abaisse le seuil de tension à partir duquel se produit la décharge électrique, en augmentant la conductivité de l'air ambiant. La survenance de l'éclair est ainsi facilitée, et l'énergie libérée par le coup de foudre sera dérivée vers la terre par le conducteur de descente du paratonnerre. (Figure I.7). [5]

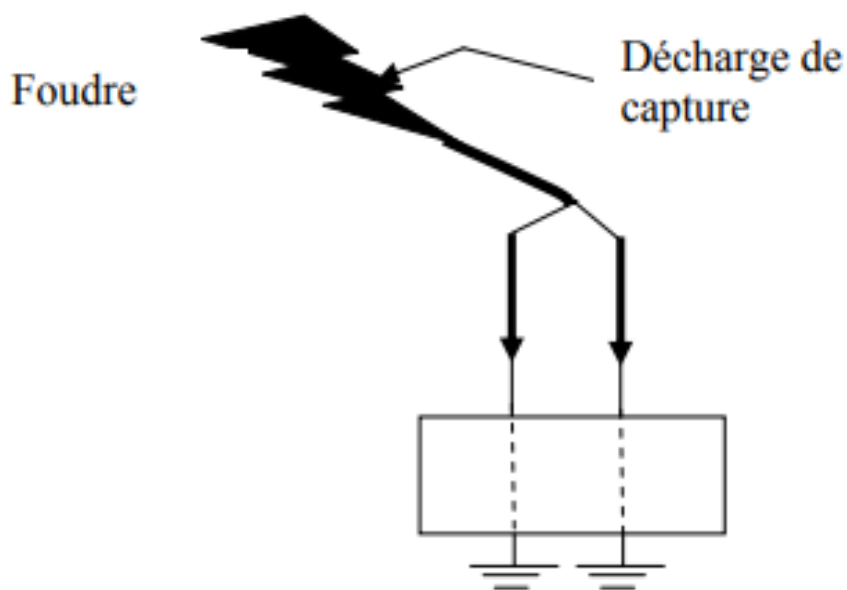


Figure I.7 utilisation de la décharge couronne pour la paratonnerre

I.6.2 Neutralisation

La surface de l'avion se charge par frottement avec l'air. Les charges créées par effet couronne produites par des flèches disposées sur les ailes de l'avion éliminent par neutralisation les charges surfaciques. [1].

I.6.3 Filtre électrostatique

Le fil central produit par effet couronne des charges électriques négatives. Les grains de poussière qui se chargent négativement sont attirés et captés par le cylindre qui les empêche de ressortir. Le cylindre joue le rôle d'un filtre de poussières, lequel une fois saturé sera remplacé par un nouveau filtre (Figure I.8). [1]

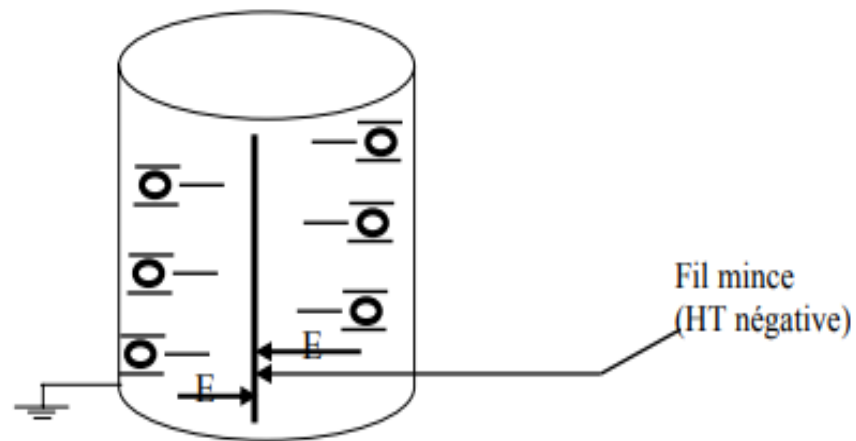


Figure I.8 utilisation de la décharge couronne dans le filtre électrostatique

I.6.4 Séparateur électrostatique

Un mélange de particules granuleuses acquière des charges électriques créées par effet couronne grâce à une électrode à pointes reliée à une source de haute tension négative. Ces particules se comportent différemment selon qu'elles sont isolantes ou métalliques et tombent dans des endroits différents (Figure I.9). [1]

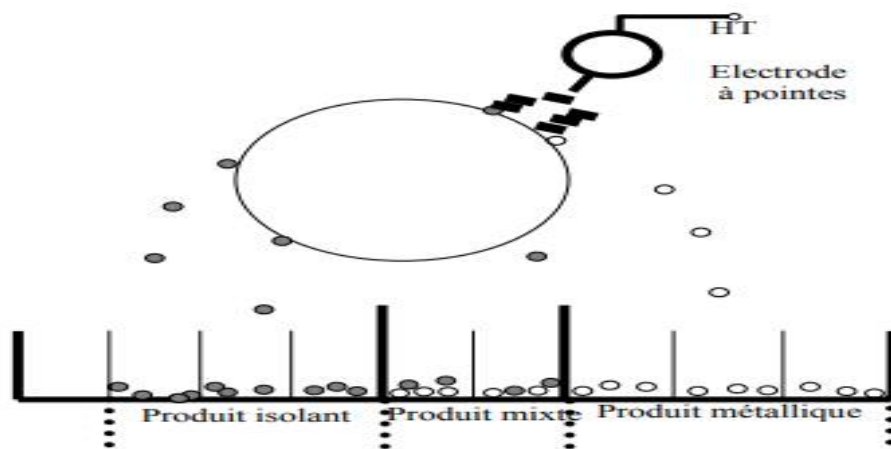


Figure I.9 utilisation de la décharge couronne la séparation électrostatique

Les décharges de corona ont de nombreuses autres applications commerciales et industrielles tel que :

- ❖ Production d'ozone.
- ❖ Traitement de surface de certains polymères
- ❖ Photocopieur.
- ❖ Laser à azote.
- ❖ Refroidissement de composants électroniques (la migration des particules ionisées génère un flux qui expulse l'air chaud).
- ❖ Coloration des véhicules.

I.7 Description des PES

Un précipitateur électrostatique (ESP) est un dispositif de filtrage qui élimine les particules fines, telles que la poussière et la fumée, d'un gaz en circulation en utilisant la force d'une charge électrostatique induite.

Le processus de précipitation électrostatique se compose de trois étapes : le chargement des particules, la collecte des particules et le dépeussierage.

Les particules sont chargées par une couronne qui produit des ions qui se collent aux particules. La charge sur les particules, en présence d'un champ électrique, génère une nouvelle force dirigée vers l'électrode collectrice. Cette force induit un dépôt de particules sur l'électrode collectrice.

Une fois les particules collectées, elles sont déchargées de l'électrode à l'aide d'un impact ou d'un râteau.

[6]



Figure I.10 : photographie d'un précipitateur électrostatique

I.8 Description du fonctionnement d'un électro filtre

Le principe de fonctionnement des précipitateurs électrostatiques est basé sur l'action du champ électrique sur les charges ou les particules chargées. La force électrique agit directement sur les particules chargées à retenir ; donc ces forces sont des forces séparatrices.

Ce phénomène de précipitation électrostatique se retrouve largement dans les filtres électrostatiques (appelés également précipitateur électrostatique (ESP) ou électro filtré) [7].

Dans les filtres électrostatiques les plus simples, un potentiel électrique très élevé est appliqué à un fil placé dans l'axe d'un cylindre relié à la terre à l'intérieur duquel passe le gaz pollué. Une décharge couronne se forme autour du fil et les ions qui ont la même polarité que le fil sont repoussés vers le cylindre. Cela conduit à la formation d'une charge d'espace ionique ayant une densité très forte à proximité du fil et qui décroît vers la surface du cylindre.

Certains de ces ions sont captés par les poussières en raison de la distorsion locale du champ électrique, causée par la différence de la valeur entre la permittivité relative des particules et celle du gaz [8,9]. Ainsi, les particules se chargent en captant les ions, jusqu'à atteindre une charge maximale (souvent appelée charge limite). Pour une particule quelconque de taille suffisante (supérieure à quelques microns), la charge limite correspond au moment où l'intensité du champ électrique dû aux charges acquises à sa surface devient égale à celle du maximum sur la surface d'une particule identique non chargée, du champ électrique généré par la différence de potentiel entre les deux électrodes et la distribution de charge d'espace. Les particules chargées sont soumises à une force électrique dirigée vers la surface du cylindre extérieur relié à la terre. Elles forment alors une couche qui adhère ainsi à la paroi jusqu'à ce qu'elles soient détachées par le frappe du cylindre ou emportées par lavage. Les étapes successives qui interviennent dans le fonctionnement d'un filtre électrostatique sont représentées schématiquement dans la figure (I.11).

La formation de la couche de poussières sur la surface collectrice est gérée principalement par les forces électriques ainsi que par les forces d'adhésion surfacique. Les particules isolantes ne perdent pas immédiatement leur charge au contact de l'électrode de collecte, ce qui assure une bonne compaction de la couche. Par contre, les particules conductrices perdent en un temps très court leur charge au contact de la paroi et se chargent en polarité opposée par induction [10].

La précipitation électrique n'est donc utilisable que pour des particules relativement isolantes. Il existe donc un intervalle de résistivité dans lequel doivent se situer les particules qu'on veut traiter par électro filtration. Des études théoriques et expérimentales ont montré que la conductivité maximum requise est de l'ordre de 10^{-6} S/m [11] et la résistivité maximum ne doit pas dépasser 10^{12} Ω .m.

Afin d'obtenir des voltages élevés sans création d'arcs lors du dimensionnement d'un électro filtré, de nombreux paramètres sont pris en considération ; la résistivité, la granulométrie et la nature des poussières, la concentration en poussières, la vitesse, la température et la composition de l'effluent gazeux et la tension appliquée aux électrodes. A partir de ces principes simples de fonctionnement, plusieurs types d'électrofitres ont vu le jour.

Donc, le fonctionnement d'un précipitateur électrostatique reste efficace seulement si les particules ont une résistivité électrique suffisamment élevée. Généralement, les électro filtres traitent des fumées de charbon, des brouillards d'huile, des fumées de soudage, des gaz évacués par les moteurs diesel, etc....Cependant, ils ne peuvent pas épurer les poussières métalliques, les gaz explosifs ou les vapeurs d'eau, cas dans lesquels la conductivité électrique des particules devient importante.

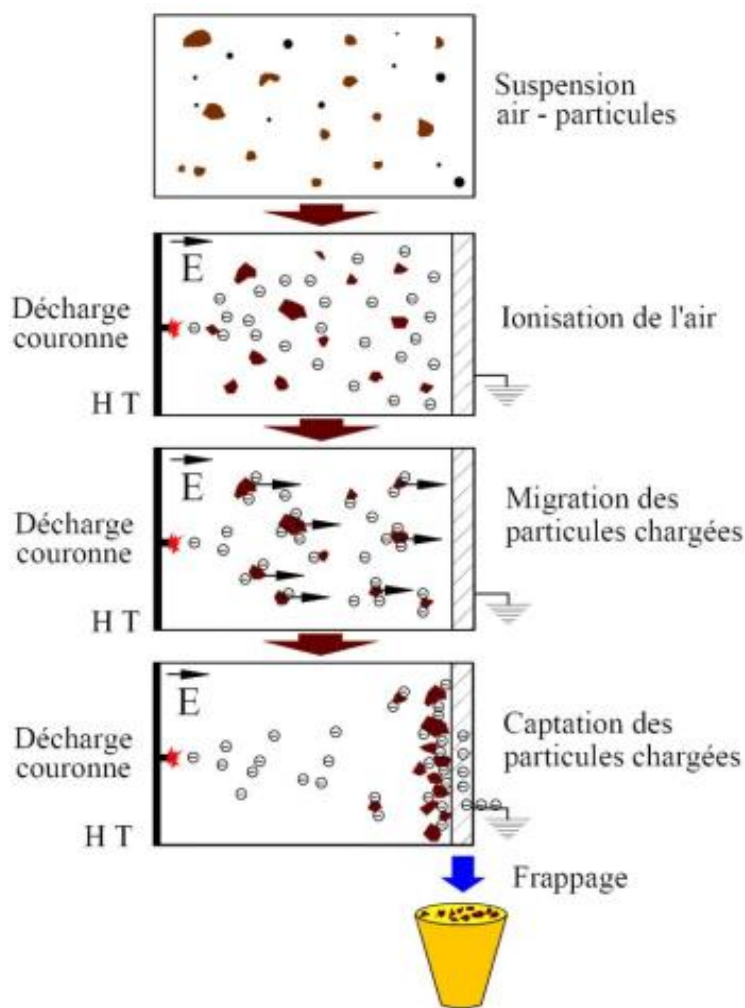


Figure I.11 : les principales étapes qui interviennent dans le fonctionnement filtre électrostatique

I.9 Différents Types D'électro Filtres

I.9.1 Précipitateur Électrostatique À Un Étage :

Dans un précipitateur électrostatique à un étage, les étapes de chargement et de collecte se déroulent dans la même région.

Un précipitateur électrostatique à un étage comporte deux configurations : à plaques ou tubulaire.

Les précipitateur électrostatiques en plaques sont constitués d'une chambre contenant une série d'électrodes de décharge (fil) située entre deux plaques adjacentes. Le gaz sale circule dans la chambre où les particules chargées migrent vers les plaques dotées d'une charge opposée à celle des particules et sont collectées.

Les particules collectées sont habituellement déchargées par rap étage ou par un choc dans le cas des précipitateur électrostatiques secs ou par film liquide dans le cas des précipitateur électrostatiques humides. Les particules tombent alors par gravité dans une trémie où elles sont entreposées avant d'être enlevées et l'élimination finale.

Les précipitateur tubulaires électrostatiques sont constitués d'électrodes de collecte cylindriques munies d'électrodes de décharge situées en leurs centres. Le gaz sale circule dans le cylindre où se produit la précipitation. La poussière récupérée est éliminée en lavant les tubes avec des pulvérisateurs d'eau situés directement au-dessus des tubes. [6]

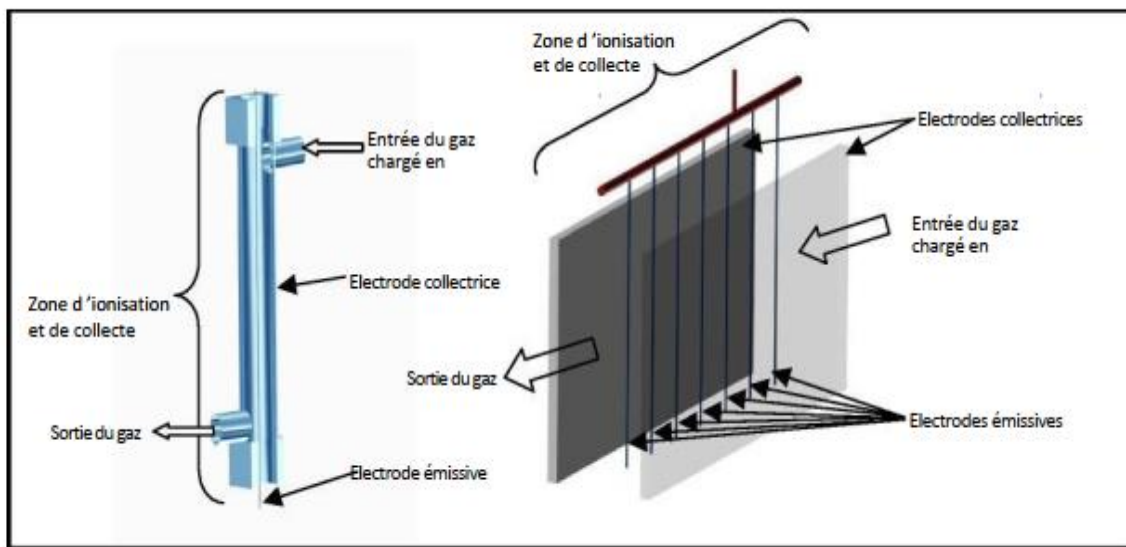


Figure I.12: Electro filtre a un seul étage fil-cylindre a gauche, fil-plaque a droite

I.9.2 Précipitateur Electrostatique À Deux Étages :

Dans un précipitateur électrostatique à double étage, les étapes de chargement et de collecte se déroulent dans deux régions différentes. Ils ont été utilisés principalement pour le contrôle des fines gouttelettes contenu dans les gaz. La capture de matériel solide ou collant est habituellement difficile.

Par conséquent, les précipitateurs électrostatiques à double étage ont une utilisation limitée pour le contrôle des émissions particulaires.

L'étape d'ionisation se compose d'une série de petits fils chargés positivement également espacés des tubes parallèles qui chargent les gouttelettes suspendues dans le gaz à travers l'ioniseur. La deuxième étape consiste en des plaques métalliques parallèles espacées de moins d'un pouce.

Les gouttelettes reçoivent une charge positive dans l'étape de l'ioniseur et sont collectées aux plaques négatives dans la deuxième étape. Les liquides collectés s'écoulent par gravité dans un collecteur situé sous les plaques. [6]

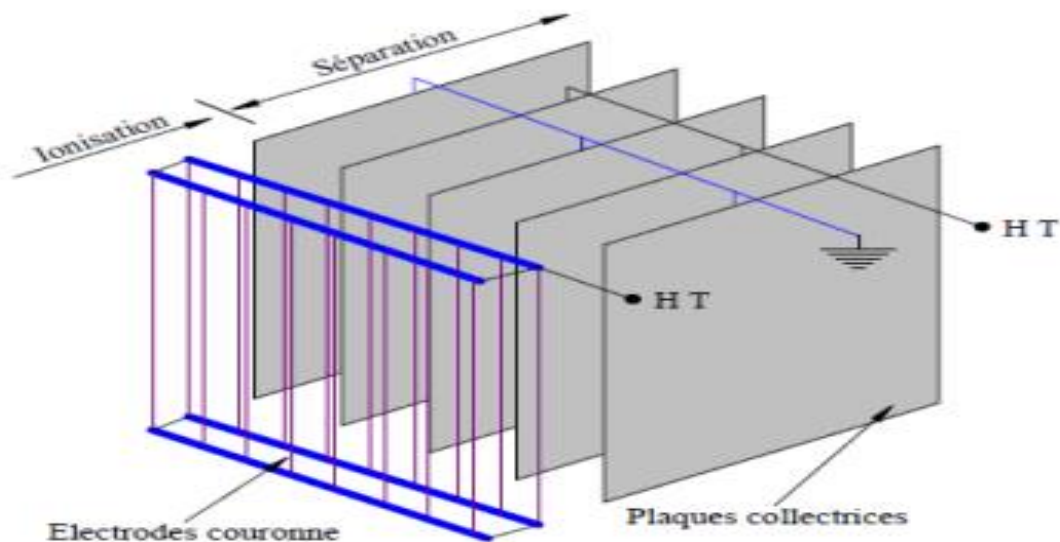


Figure I.13 : types d'électro filtres a double étage avec des électrodes de collecte planes

I.9.3 Les Electro Filtres Humides :

Les précipitateur électrostatiques humides sont utilisés pour éliminer les particules humides telles que la résine, l'huile, la peinture, le goudron, l'acide ou tout ce qui n'est pas sec au sens conventionnel. Ils sont utilisés dans des applications industrielles où le potentiel d'explosion est élevé. Ils sont utilisés pour les particules de haute résistivité ou de nature corrosive élevée. Les particules dans un précipitateur électrostatique humide reçoivent une charge électrique lorsqu'elles traversent une couronne. En d'autres termes, les particules sont ionisées, tout comme dans ESP secs. La différence réside dans le collecteur (électrodes). Les collecteurs sont pulvérisés avec un liquide, généralement de l'eau. Ainsi, les particules recueillies à partir d'une boue. Les boues sont coûteuses et traitées séparément. Ils peuvent être utilisés pour les particules qui ne peuvent pas être séparées par des ESP sèches. Ils ont une efficacité plus élevée que les ESP secs. Le lavage continu ou intermittent avec un liquide élimine le risque de formation de particules en raison du choc auquel sont soumises les électrodes sèches. [12]

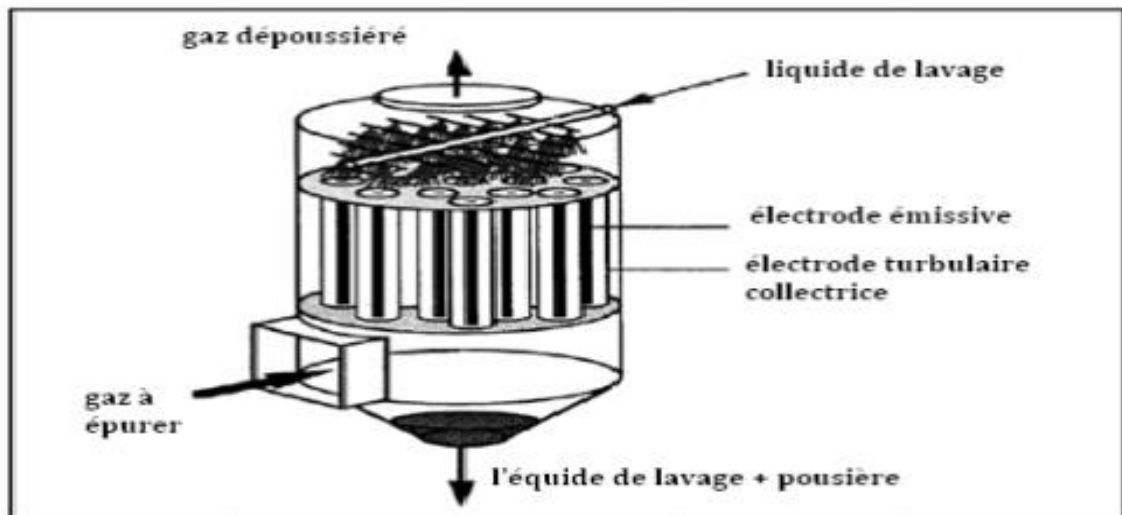


Figure I.14 : un électro filtre humide

I.10 Avantages Et Inconvénients Du Précipitateur Electrostatique

Les précipitateur électrostatiques sont omniprésents de nos jours dans les centrales thermiques en raison de préoccupations croissantes concernant la pollution de l'environnement. Un précipitateur électrostatique utilise le champ électrique de haute intensité pour ioniser les particules de poussière dans le flux d'air. Les particules de poussière sont ensuite collectées par des collecteurs de charge opposée (électrodes). Les particules de poussière, une fois collectées, sont retirées des plaques collectrices périodiquement en martelant les collecteurs par un mécanisme différent.

Mais tous les appareils ont leurs avantages et leurs inconvénients et nous allons en discuter dans cet article. Après nous être familiarisés avec le avantages et inconvénients des précipitateurs électrostatiques, nous allons décider si leur installation dans une centrale thermique ajoute une valeur globale. [12].

I.10.1 Avantages Du Précipitateur Electrostatique :

- ✓ Le rendement élevé de l'élimination des particules et des polluants L'efficacité d'un précipitateur électrostatique dépend de nombreux facteurs tels que la résistivité des particules, le rapport de puissance corona, etc. Pour une élimination des particules dans des circonstances normales, leur efficacité est très élevée, jusqu'à 99% de l'élimination des particules de poussière. Les précipitateurs électrostatiques ont des efficacités de collecte relativement élevées (99-100%) sur une large gamme de tailles de particules (environ 0,05 à 5 μm).
- ✓ Collecte des polluants secs et humides Il existe deux types d'électrostatique précipitateurs: humide et sec. Les ESP secs sont utilisées pour la collecte des polluants secs tels que les cendres ou les particules de ciment. Les ESP humides sont utilisées pour éliminer les particules humides telles que la résine, l'huile, la peinture, le goudron, l'acide ou tout ce qui n'est pas sec au sens classique du terme.
- ✓ Faibles coûts d'exploitation Les coûts d'exploitation des précipitateurs électrostatiques sont faibles et économiquement réalisables à long terme. [12]

I.10.2 Inconvénients Du Précipitateur Electrostatique :

✓ Coûts en capital élevés :

Les dépoussiéreurs électrostatiques ont un coût en capital initial élevé, ce qui le rend prohibitif pour les petites industries. Ils sont chers à l'achat et à l'installation.

✓ Nécessite un grand espace :

En plus d'être coûteux, ils nécessitent un grand espace pour être mis en place. Encore une fois, la proposition de valeur pour les petites industries est réduite car elles sont coûteuses et nécessitent beaucoup d'espace pour être aménagées.

✓ Pas flexible une fois installé :

Les précipitateurs électrostatiques n'offrent pas la flexibilité de fonctionnement. Une fois installé, il est difficile de modifier la capacité de l'ESP ou de le déplacer vers un autre emplacement. Il faut donc bien planifier la capacité, le type et l'emplacement de l'installation de l'ESP.

✓ Ils ne peuvent pas être utilisés pour collecter des polluants gazeux :

Un dépoussiéreur électrostatique peut être utilisé pour collecter uniquement des polluants secs et humides et non pour des polluants gazeux. C'est un majeur inconvénient de l'ESPs.

Donc, après avoir passé en revue les avantages et inconvénients des précipitateurs électrostatiques, nous sommes en mesure de décider s'il convient d'installer des ESP dans une centrale thermique. Le coût initial est certainement élevé, ce qui complique son installation pour les petites industries. Mais avec le soutien du gouvernement, le coût peut être réduit pour ces secteurs. Avec une planification et une allocation des terres appropriées, il est possible de supprimer l'inconvénient d'être inflexible et de nécessiter beaucoup d'espace. Les ESP peuvent être utilisées efficacement pour les polluants secs et humides. Leur installation peut donc apporter de nombreux avantages à long terme à l'usine et protéger l'environnement.

I.11 Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'entamer un bref historique de la décharge couronne autant Qu'une décharge non homogène, générée à pression atmosphérique dans un système des Électrodes fortement dissymétriques. En effet, lors de la décharge, l'électrode de faible rayon de courbure soumis à une haute tension est le siège d'un fort champ électrique, qui constitue le facteur clé dans l'ionisation des espèces neutres présentes dans le gaz.

Dans le milieu électrostatique, les phénomènes d'ionisation et d'attachement se sont révélés, autant que des principaux phénomènes contrôlant la décharge. Donc l'étude des phénomènes physiques fondamentaux de la décharge couronne nous permet de définir les paramètres essentiels influençant le comportement de la décharge ; tels que :

* L'air environne le conducteur,

*Le diamètre de conducteur,

*La tension appliquée,

*La distance entre les électrodes, ... etc.

Le chapitre suivant est consacré pour l'étude expérimentale, en ce qu'il concerne : les différents moyens et matériels utilisés pour la réalisation de notre banc d'essai. [13]

Chapitre II :
Description Du Modèle
Expérimental

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, une description détaillée du dispositif expérimental ainsi les équipements utilisés pour cette expérience sur le précipitateur électrostatique (EPS). Cette Expérimentation a été menée au laboratoire d'Université Belhadj Bouchaib Ain Temouchent, dont le dispositif principal étant le lame-plan qui a été réalisé et étalonné avant de le mettre en œuvre.

Ce travail a été mené après des longues observations et une étude approfondie sur les sources de tension qui ont été disponibles dans le laboratoire, et on a vérifié, examiné et testé les qualités et les performances des matériaux utilisés pour cette expérience à savoir :

- Sources de tension électrique
- Plan métallique,
- Les fils conducteurs,
- Outils de mesures : le Multimètre, Anémomètre et le Thermo-Hygromètre.

II.2 Matériel utilisé

Dans le cadre de ce projet, une panoplie des appareils du laboratoire a été mise à la disposition du groupe pour les mesures, et manipulation de ces appareillages dans les conditions de sécurité optimales pour le groupe et la protection de ces appareils spéciaux.

Cet ensemble des équipements se composent de générateurs (Sources HT) et appareils de mesure, en bon état de fonctionnement qui ont permis une bonne conduite de toutes les expériences sans aucune rupture ou arrêt, et par conséquent un travail encourageant avec des résultats satisfaisants.

II.2.1 Source De Haute Tension :

La source haute tension utilisée pour nos tests, est une source haute tension à courant continu fabriquée par la compagnie GLASSMAN et permettant de fournir des tensions variant entre 0 V et 80 kV en courant continu avec courant de charge variant entre 0 et 30 mA. Cette source est alimentée par la tension alternative du réseau électrique de 220 V et une fréquence de 50 Hz. [14]



Figure II.1 : Source de Haute Tension modèle Glassman, séries LT

II.2.2 L'ampèremètre :

Un ampèremètre est un appareil de mesure de l'intensité d'un courant électrique dans un circuit. L'unité de mesure de l'intensité est l'ampère, symbole: A.



Figure II.2 : Ampèremètre Analogiques. MS400

II.2.3 Anémomètre thermique à hélice :

Les anémomètres à hélice sont des appareils de mesure du vent classiques désormais volontiers utilisés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Leur manipulation aisée permet de mesurer la vitesse du vent ou de l'air possible en un rien de temps.

De nombreux appareils permet en outre également de mesurer le débit volumétrique ou encore les températures. Il est ainsi possible d'évaluer les données et de les comparer encore plus facilement. [15]



Figure II.3: Anémomètre thermique à hélice - Sonde à hélice de précision

II.2.4 Thermo-hygromètre de précision :

Appareil compact pour la mesure de l'humidité relative et de la température. Le capteur peut être déporté de l'appareil en insérant un cordon de liaison intermédiaire. L'humidité et la température. [16]



Figure II.4 : Thermo-hygromètre de précision modèle Testo

II.2.5 Balance de laboratoire électronique :

Cet équipement permet de mesurer la quantité de poussière qui sera injectée dans le filtre, ainsi que la poussière récupérée à la sortie, sa capacité de pesée Max : 2400g, Min : 00g. [20]



Figure II.5 : Balance de laboratoire électronique

II.2.6 Autotransformateur :

L'autotransformateur est un type particulier de transformateur. Il se compose d'un seul enroulement à prises intermédiaires, qui délivre une tension variable, il est également utilisé comme un régulateur de vitesse de notre souffleur.

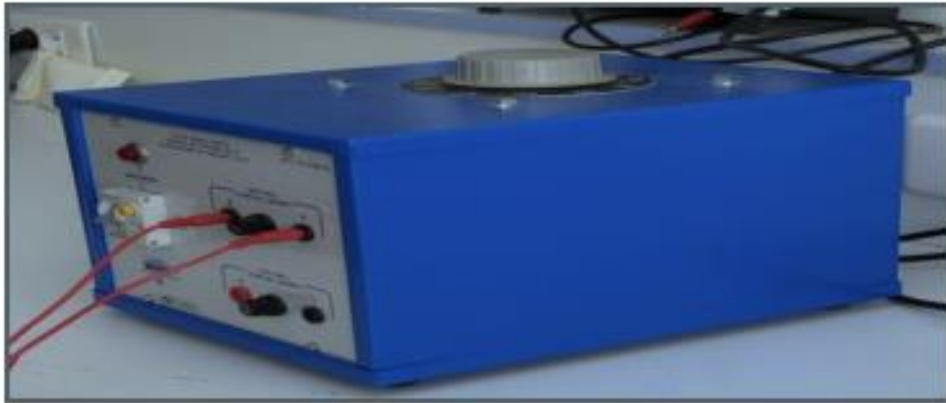


Figure II.6 : Autotransformateur

II.2.7 Souffleur électrique :

Un souffleur est une machine portable produisant un important flux d'air, et souffler la poussière, qui est canalisé par une manche à air. Pression d'air 560mm, volume d'air 2.8m³ / min, puissance 600W 220V-50/60Hz.



Figure II.7 : Un Souffleur électrique

II.3 Description du dispositif expérimental

Le dispositif d'essai est représenté sur la figure (II.9), est constitué de deux parties essentielles:

- Un système d'injection.
- Un système d'ionisation et de collection

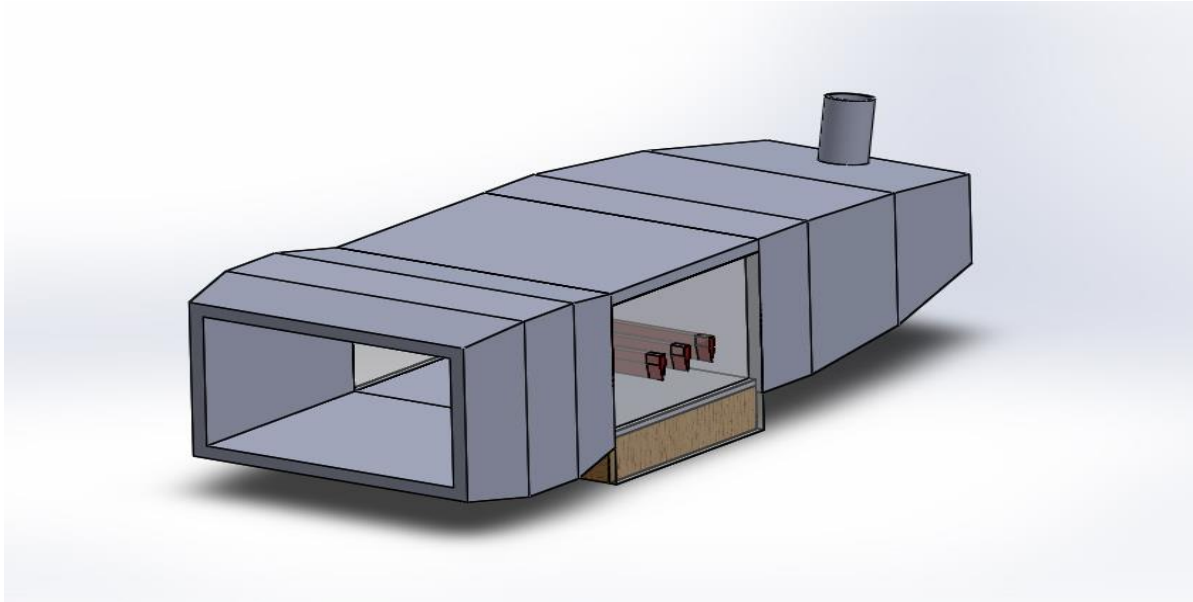


Figure II.8: Constitution du dispositif expérimental

✓ Système d'injection :

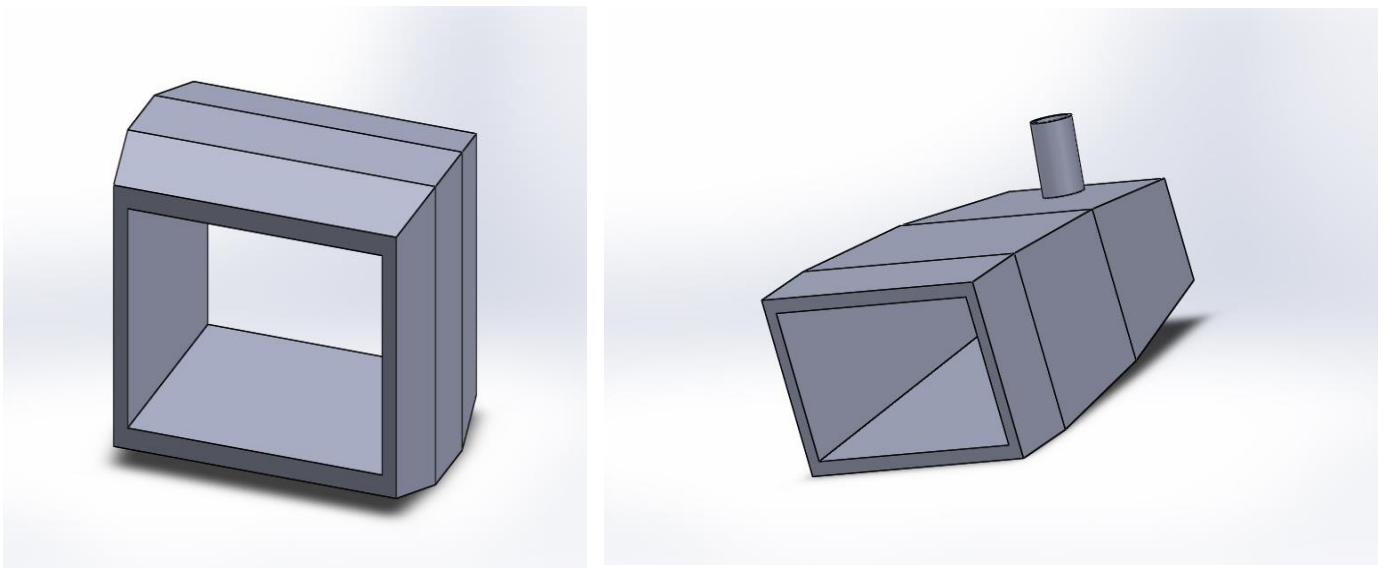


Figure II.9 : Le système d'injection

Le système d'injection est composé de :

- Un autotransformateur.
- Un souffleur.
- Une entrée de poussière
- Un circuit rectangulaire en PVC

Pour réaliser cette expérience, nous avons besoin de deux facteurs physiques principaux : vent et poussière pour créer un écoulement de vents poussiéreux dans le circuit rectangulaire qui le vent affecté. Ce flux d'air pollué se dirige vers la zone d'ionisation.

✓ Système d'ionisation et de collection :

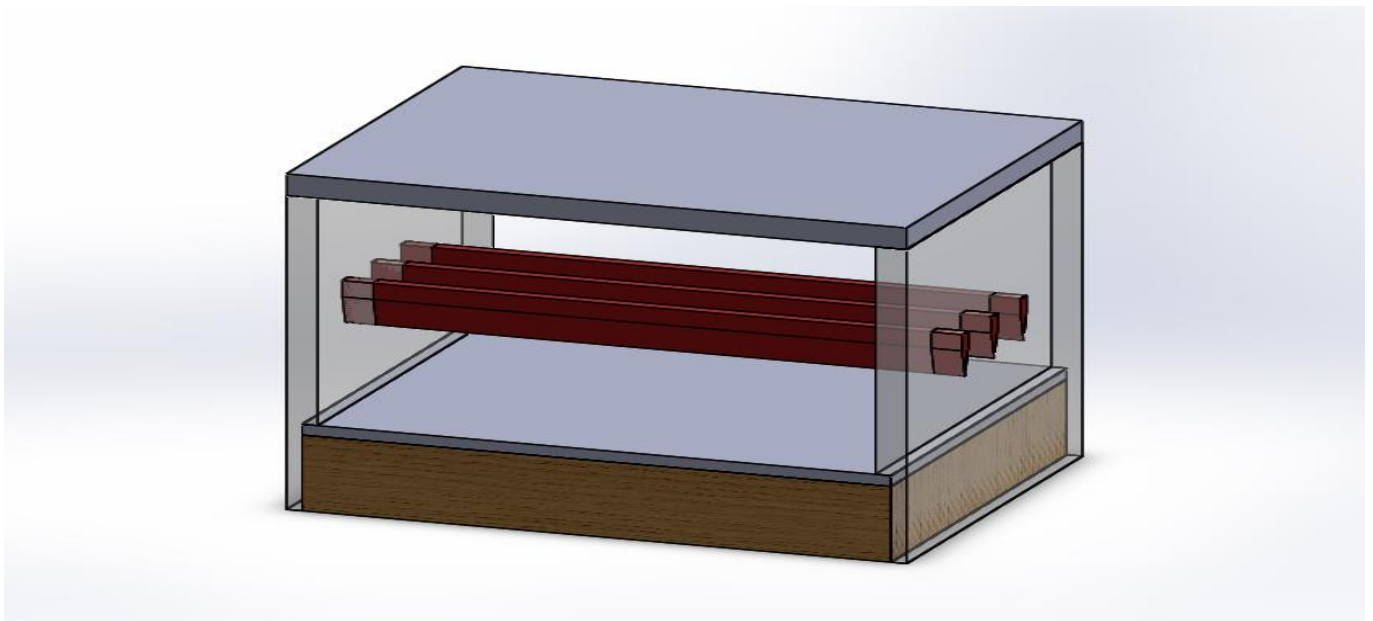


Figure II.10 : Le system d'ionisation

Le système d'ionisation et de collection se compose de :

- Enceinte en plexiglas d'épaisseur 5mm.
- 2 lames de scie:
 - lame de scie(1) a buches mixte.
 - Lame de Scie (2) de Fermier.
- Plan rectangulaire en acier inoxydable de longueur 20cm et de largeur 16.3cm.

Pour des performances satisfaisantes et d'excellents résultats dans ce système d'ionisation. Les matériaux utilisés doivent être résistants à de nombreuses influences extérieures telles que : usure, effondrement corona, ces groupes de matériaux sont constitués de :

✓ Le rectangle en acier inoxydable :

L'acier inoxydable -- aussi connu sous la contraction « inox » -- est un alliage métallique ferreux. Il contient plus de 50 % de fer, un minimum de 10,5 % de chrome et un maximum de 1,2 % de carbone. Sa grande résistance à la corrosion est sa principale caractéristique. [17]

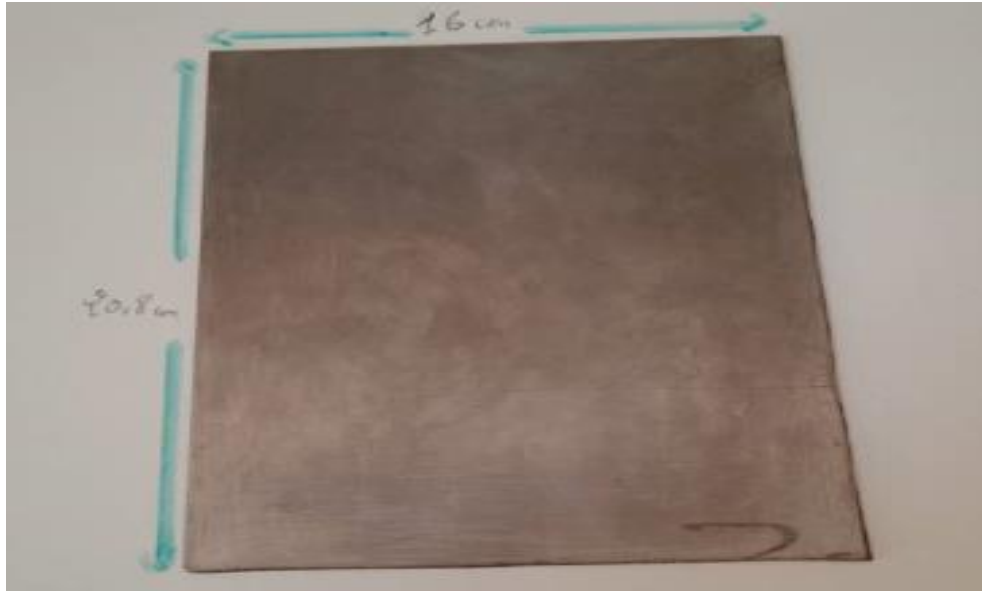


Figure II.11: Photo du plan INOX qui a été utilisé dans l'expérience

✓ Lame de scie :

La sélection des matériaux pour réaliser des lames de scies de haute qualité. Les lames de scie sont composées de 2 composants principaux : l'acier et le carbure.

On a 2 types de lame utilisé :

- lame de scie(1) à buches mixte, nombre de dents 22, $a=0.8\text{mm}$, épaisseur 1.9cm



Figure II.12: lames de scie (1) à buches mixte

- Lame de Scie (2) de Fermier, nombre de dents 51, $a=0.3\text{mm}$, épaisseur 1.9cm



Figure II.13 : Lame de Scie (2) de Fermier

II.4 Les différents types de particule utilisée

Dans ce travail, nous avons utilisé plusieurs types de particules de matériaux afin d'enrichir les résultats obtenus.

II.4.1 L'argile :

L'argile est une roche sédimentaire tendre, source naturelle de minéraux, notamment de silicate d'alumine, et d'oligo-éléments comme le fer, le potassium, le sodium, le calcium et le magnésium. Le principal composant de l'argile est la silice, qui est aussi l'un des éléments constitutifs des tissus du corps humain. [18]

II.4.2 La sciure de bois :

Le bois est composé en majorité de trois constituants : la cellulose, les hémicelluloses et la lignine. Ces polymères se retrouvent dans le bois suivant les proportions approximatives d'une moitié de cellulose, d'un quart d'hémicelluloses et d'un quart de lignine. [19]

II.5 Principe de fonctionnement

Premièrement, il ya la **partie d'injection**, Cette partie se compose d'un circuit rectangulaire en PVC Qui couvre notre dispositif pour assuré le passage de la poussière injectée par un souffleur de vitesse variable à l'aide d'un autotransformateur.

Ce système va créer un flux d'air pollué, d'après l'injection d'une quantité de poussière qui transporté par l'air injecté par le souffleur jusqu'à la zone d'ionisation.

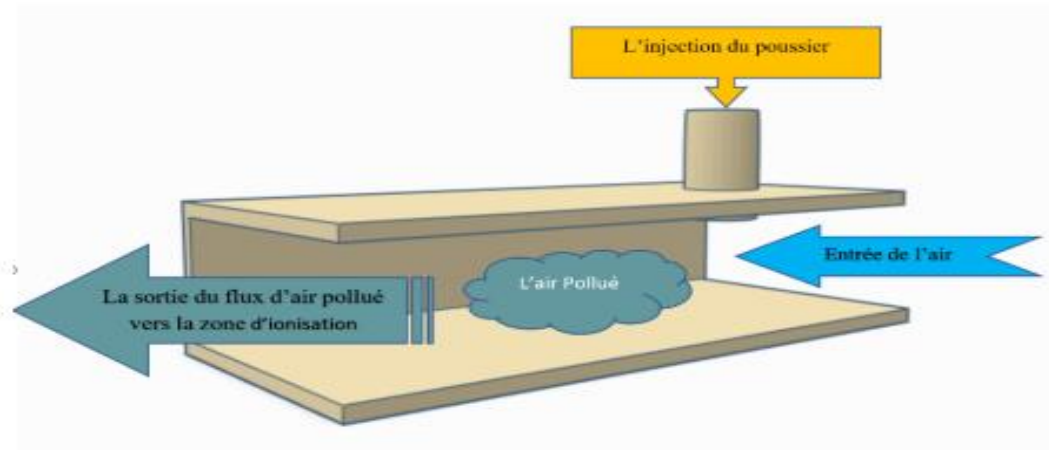


Figure II.14 : Le système d'Injection

Deuxièmement, nous avons le système ionisation qui permet de filtrer l'air pollue qui le traverse.

Le système d'ionisation est composé de lames de scie de courbure entre deux plans avec une hauteur bien défini et avec des supports isolants en plexiglas et une table de bois de hauteur 8cm, ce mode permet la création du champ électrique , après l'alimentation des lame de scie par une source haute tension continue délivrant une tension allant de 0 à 80 kV, ces lames sont désignés autant que des électrodes actives ou appelés aussi l'électrode émetteur, ce phénomène définit l'effet couronne.

Ce plan qui est mis à la terre, est ionée par un champ électrique qui est distribué par les électrodes sur la surface de plan, ce dernier sera mesuré par un ampèremètre relié en série avec la surface de ce plan.

➤ Schéma de l'installation expérimentale :

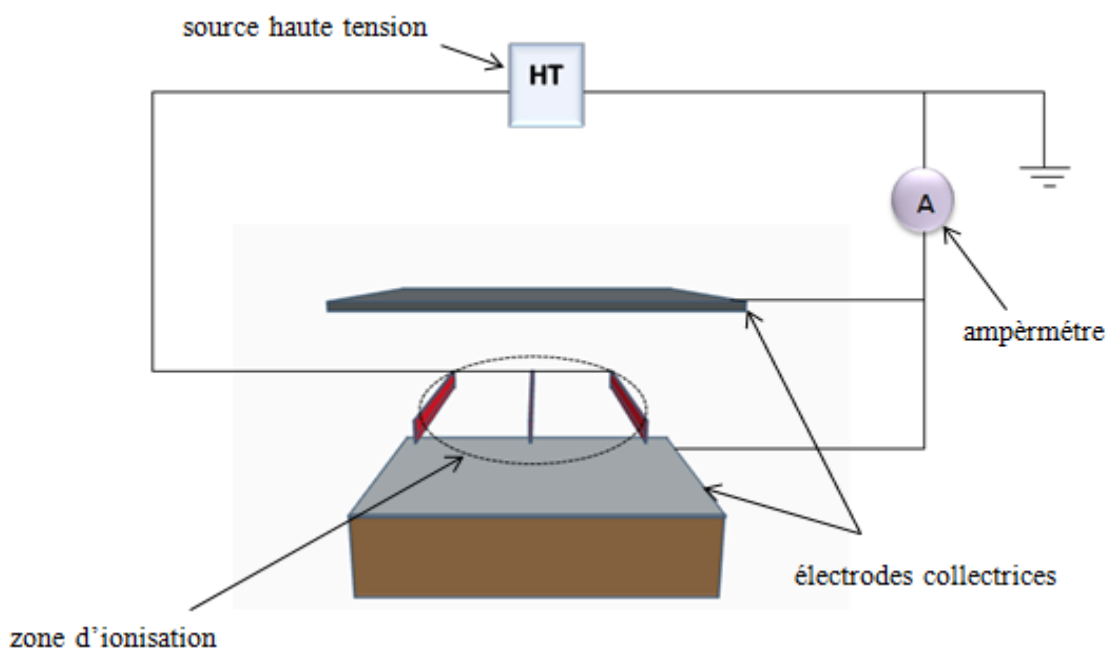


Figure II.15 : Représentation schématique de l'installation expérimentale

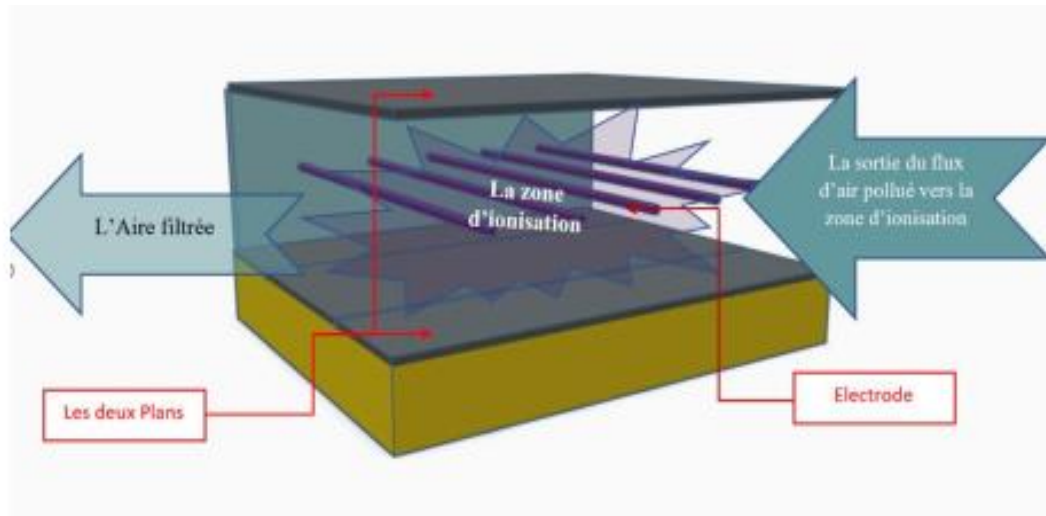


Figure II.16 : Le system d'Ionisation

II.6 Conclusion :

La partie expérimentale est une continuation des différentes observations et investigations, Dans ce chapitre, nous avons fourni une description détaillée de l'appareil empirique mais aussi l'ensemble des moyens expérimentaux mis en œuvre au cours de ce travail et les différents types de particules utilisées, ainsi que le principe de fonctionnement de notre électro filtre réalisé.

Dans le chapitre suivant, nous passerons à l'analyse et l'interprétation des différents résultats obtenus au niveau du laboratoire, dans le but de démontrer l'adaptation de notre électro filtre.

Chapitre III :
Résultats et discussion

III.1 Introduction

Le travail présenté dans ce chapitre a été réalisé dans le laboratoire Université BELHADJ BOUCHAIB en coopération avec la Halle Technologique L'expérimentation scientifique est basée d'abord sur des observations, et donc elle consiste en vérification, test, vérification et suivi.

Aucune de ces hypothèses n'est maintenue, avec la modification des paramètres variables Au moyen d'un dispositif expérimental approprié pour permettre le contrôle Paramètres et mesurer ainsi leurs effets. Pour cela, nous avons désigné Le dernier chapitre consiste en une analyse et une discussion des résultats obtenus.

La première partie est consacrée à l'adressage de la caractéristique courant-tension. Dans plusieurs configurations. En dessinant des graphiques des caractéristiques courant-tension pour différents paramètres (polarité, distances entre électrodes, etc.)

Le principe des tests est de mesurer le courant collecté par les deux plans pour Différentes tensions de polarisation à l'aide d'un ampèremètre analogique

La deuxième partie est consacrée à l'étude des différents facteurs qui influencent l'efficacité de l'électro-filtre.

III.2 Objectif de cette expérience

Cette manipulation au Laboratoire a pour objectif de vérifier l'efficacité d'un Précipitateur électrostatique PES et son rendement dans le captage de la poussière par l'effet Couronne et par conséquent un moyen de protection de l'environnement contre la poussière.

III.3 Méthodes expérimentales

III.3.1 Observations : Nous notons que le précipitateur est un dispositif de captage de poussière.

III.3.2 Hypothèse : Dans les usines les poussières désignent le Principal obstacle dans la bonne conduite des opérations de production, la santé des employés et l'environnement des riverains.

III.3.3 Expériences : est là ou en réalise et on confirme plusieurs d'essais.

III.3.4 Préparation : Dans cette étape, tous les équipements et outils doivent être préparés pour démarrer les expériences (sources de tension, ampèremètre analogique, etc.) afin d'obtenir des résultats optimaux.

III.4 Mode opératoire

De cette expérience, les critères doivent être retenus :

- Connexions de tous les équipements nécessaires.
- Tests de performance appropriés.
- Nous calibrons tous ces appareils en fonction de leur utilisation.

Le montage de cette expérience se compose de (2) chambres :

• **Une Chambre d'ionisation :** se compose d'une base en plaque INOX et des parois Latéraux en plexiglas, un nombre variable des lames, et on a préparé 2 types de lames :

- **Une grande lame nommée (lame 1).**
- **Une petite lame nommée (lame 2).**

• **Une chambre d'injection :** un peu élancée en PVC, placée en amont de la Chambre d'ionisation, munie d'une bouche latérale qui permettra l'entrée d'air pollué en poussière et une sortie du côté opposé vers la chambre d'ionisation pour le captage de cette poussière.

III.5 Caractéristiques courant-tension

Nous avons étudié les caractéristiques courant-tension en fonction des paramètres suivants: Distance inter-électrodes h , nombre de lames, distance inter-lames ($2a$) et la nature de la tension appliquée $V+$, $V-$.

III.6 Effet de la distance inter-électrodes sur la décharge couronne

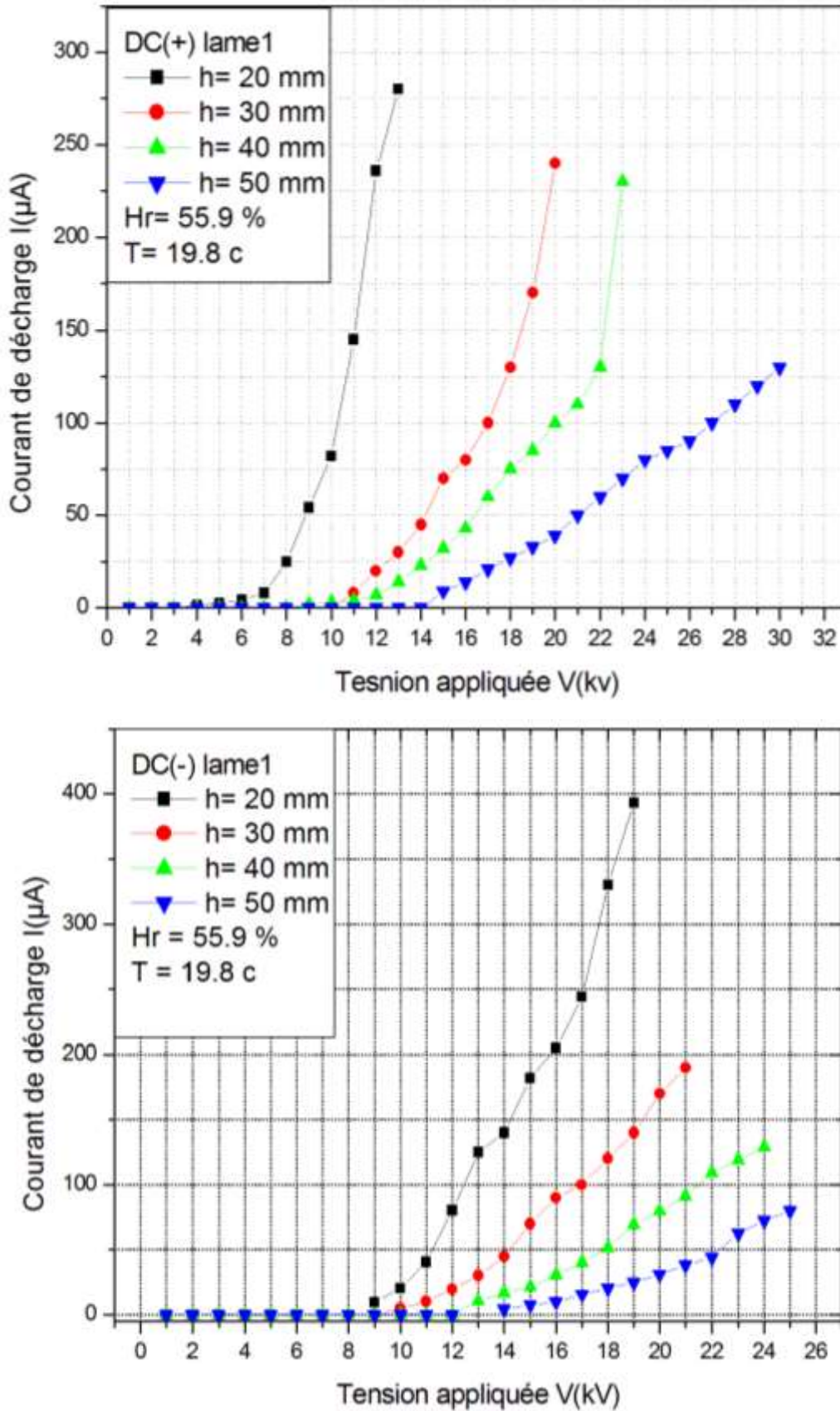


FIGURE III.1 : Caractéristiques courant-tension en fonction de la distance inter-électrodes en polarité positive et négative (lame 1)

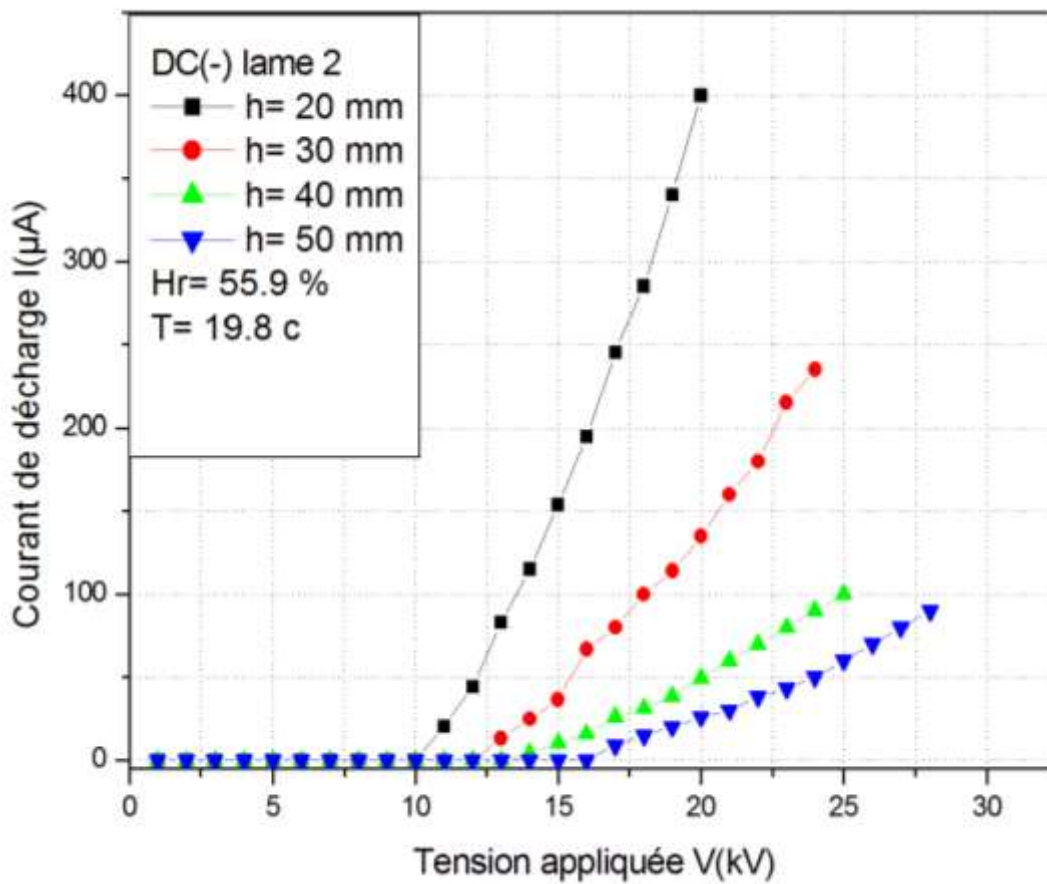
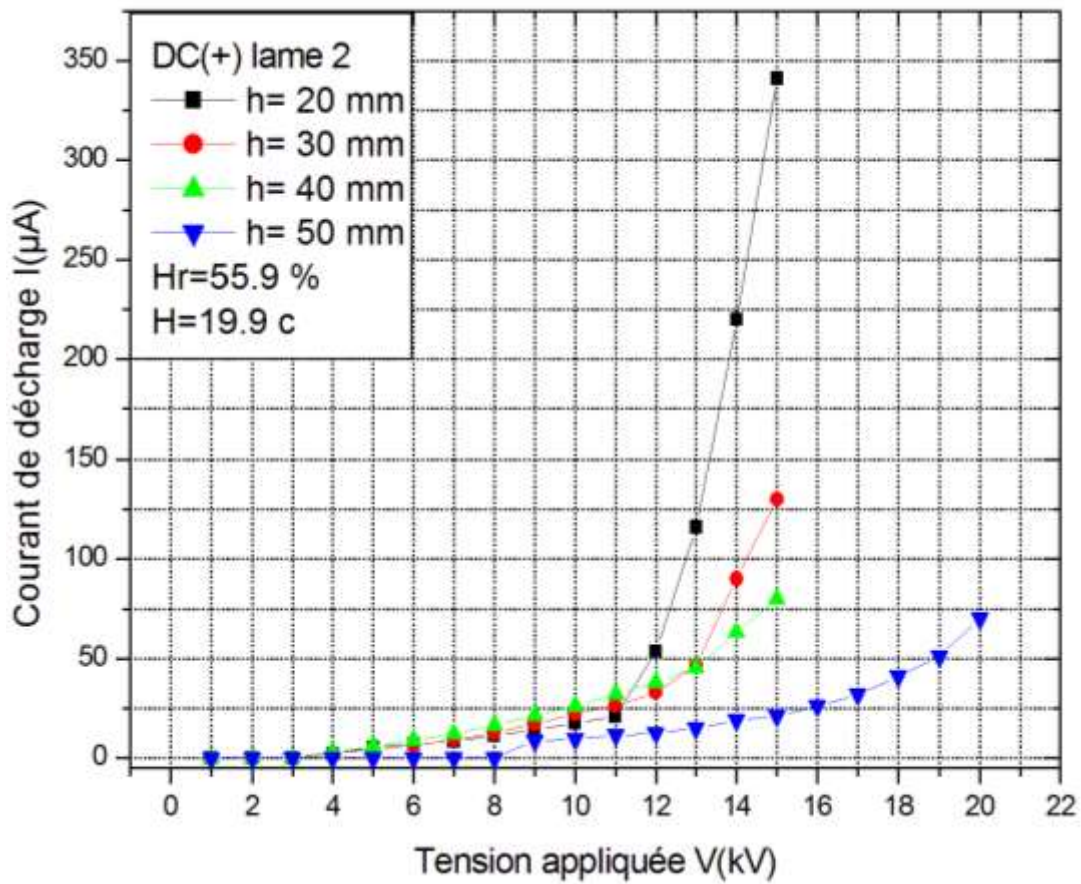


FIGURE III.2 : Caractéristiques courant-tension en fonction de la distance inter-électrodes en polarité positive et négative (lame 2)

La spécificité de la décharge DC positive ou négative est l'existence d'une zone de dérive des ions qui agit comme une impédance en série avec la zone d'ionisation et donne aux décharges couronne leur stabilité. Dans le cas d'une décharge négative, les ions positifs créés par ionisation peuvent revenir à la cathode assez rapidement, alors que les ions négatifs créés par attachement d'électrons migrent dans la zone de dérive où le champ est plus faible. Avec une décharge positive, les ions positifs sont directement créés dans la région d'ionisation et migrent ensuite dans tout l'espace inter-électrodes.

Il apparaît clairement que le courant est plus grand 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-électrode.

Nous remarquons que pour les faibles distance inter électrode, la décharge couronne est grand .de plus, quand la distance est faible ont obtiens plus de décharges du courant.

Nous remarquons que le courant de décharge négative est supérieure à celle de la courant de décharge positive .d'ailleurs le courant positive est $350 \mu\text{A}$ et la courant négative est $400 \mu\text{A}$ Comme le montrent les courbes.

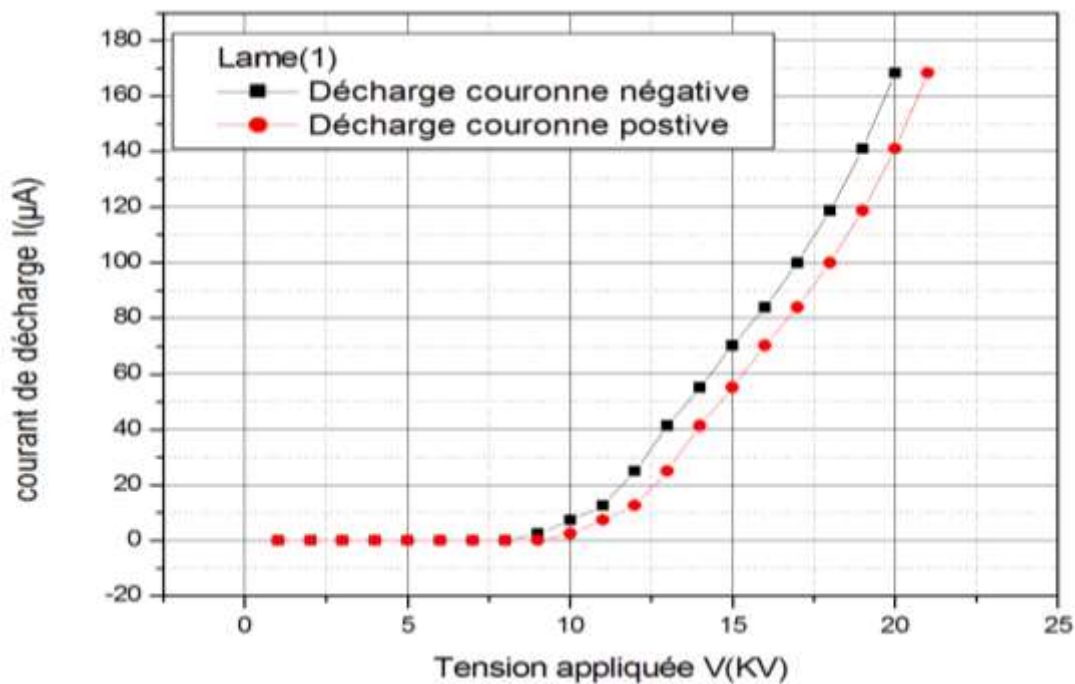


FIGURE III.3 : Caractéristiques courant – tension en fonction de la distance Inter-électrodes pour les deux polarités (lame1)

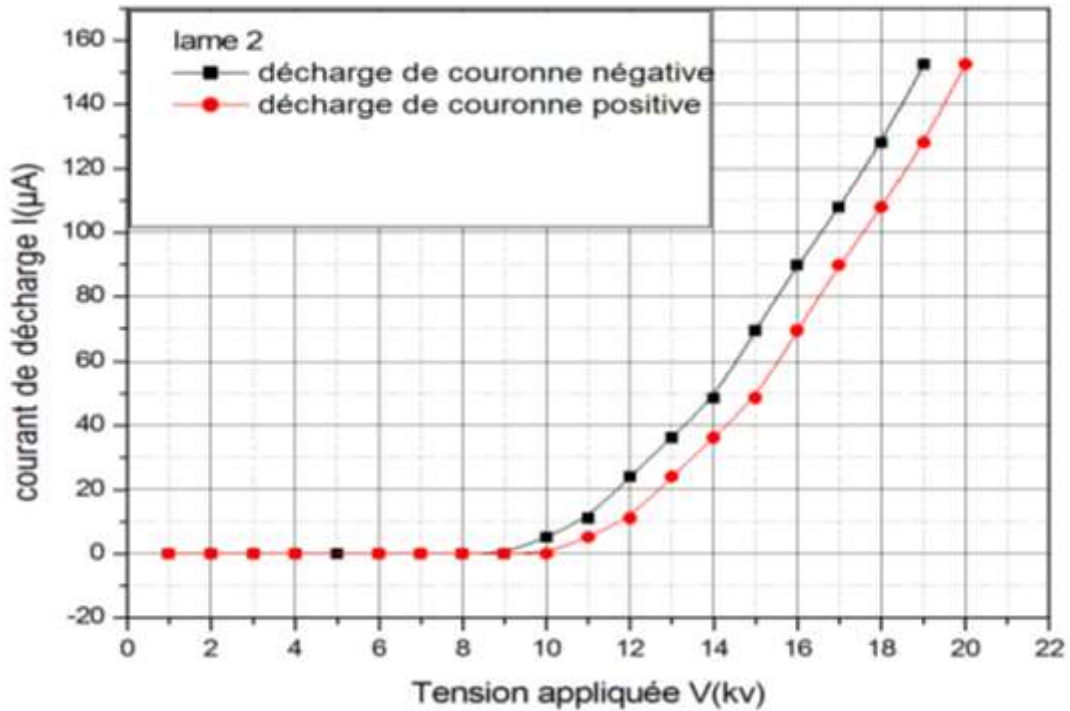


FIGURE III.4 : Caractéristiques courant – tension en fonction de la distance Inter-électrodes pour les deux polarités (lame2)

Nous remarquons que le courant de décharge est supérieur lors de la polarité négative sur la lame, exemple pour une tension appliquée constante $V = 18 \text{ kV}$, le courant de décharge $I = 130 \text{ µA}$ pour la polarité négative, et $I = 110 \text{ µA}$ pour la polarité positive. Pour obtenir une efficacité de dépoussiérage optimale, il faut que la concentration d'ions dans le gaz soit maximale, c'est-à-dire que le courant est maximal, sans arc électrique. Par conséquent, la tension de fonctionnement est prise légèrement inférieure à la tension d'arc en quelques kV. Ceci est la source des problèmes de pertes d'efficacité de PES dans la majorité des applications utilisant des décharges couronnes, on cherche à éviter le passage de l'arc pour ne pas détériorer les électrodes et les appareils de mesures.

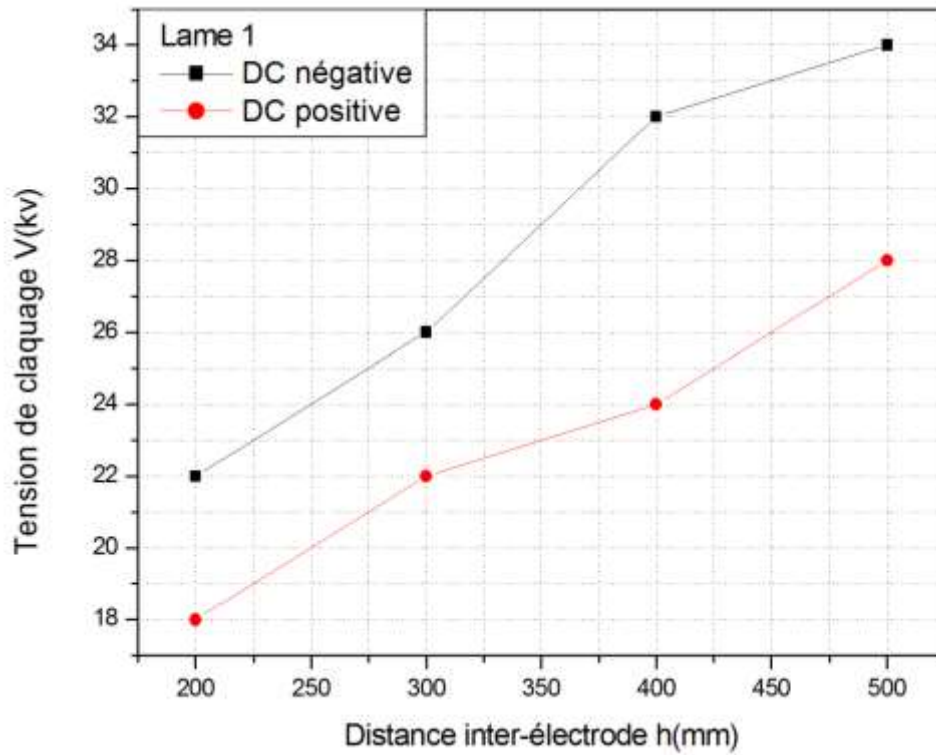


FIGURE III.5 : Tension de claquage en fonction de la distance inter-électrodes pour les deux polarités (lame1)

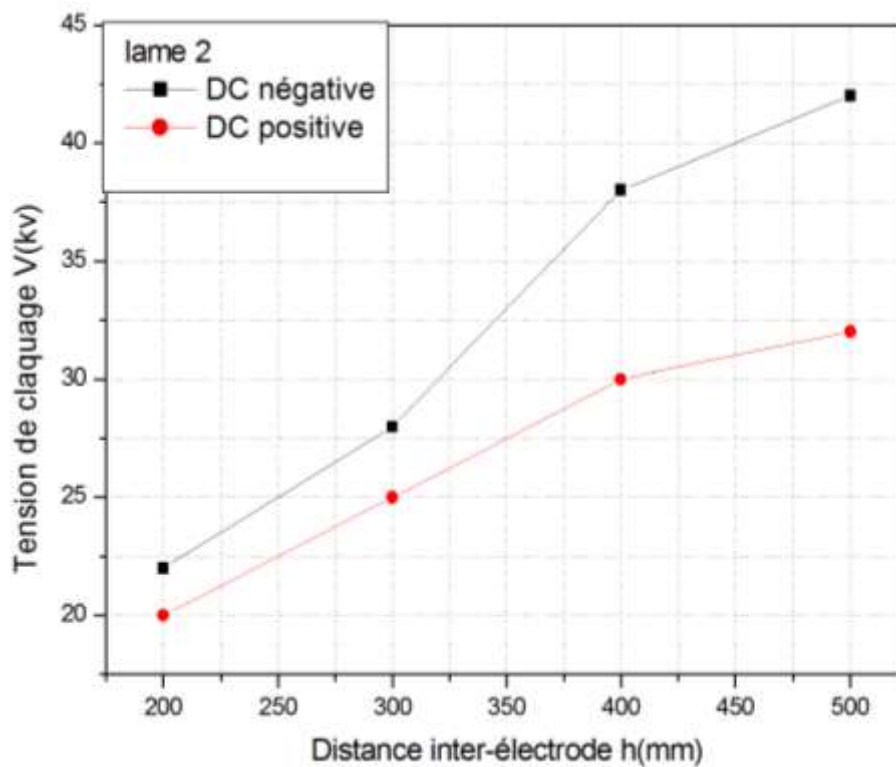


FIGURE III.6 : Tension de claquage en fonction de la distance inter-électrodes pour les deux polarités (lame2)

Avec une certaine tension V_c (tension de claquage), Nous entrons dans l'étape fin d'ionisation avec la présence des étincelles ou éventuellement d'un arc électrique. La figure (IV.) montre que la tension de claquage pour les deux polarités est plus proche pour une distance inter-électrodes très faibles. Pour (lame 1) est a partir de distance inter-électrodes $H= 20$ mm les deux courbes s'éloignent pour atteindre une tension de claquage $V_c = 34$ KV à une distance inter-électrodes $H = 50$ mm en polarité négative, et avec la même distance on atteint une tension de claquage $V_c = 28$ KV en polarité positive .et pour (lame 2) tension de claquage $V_c = 42$ KV à une distance inter-électrodes $H = 50$ mm en polarité négative, et avec la même distance on atteint une tension de claquage $V_c = 32$ KV en polarité positive. Cette tension est plus élevée dans une décharge négative ce qui nous favorise à travailler avec cette dernière.

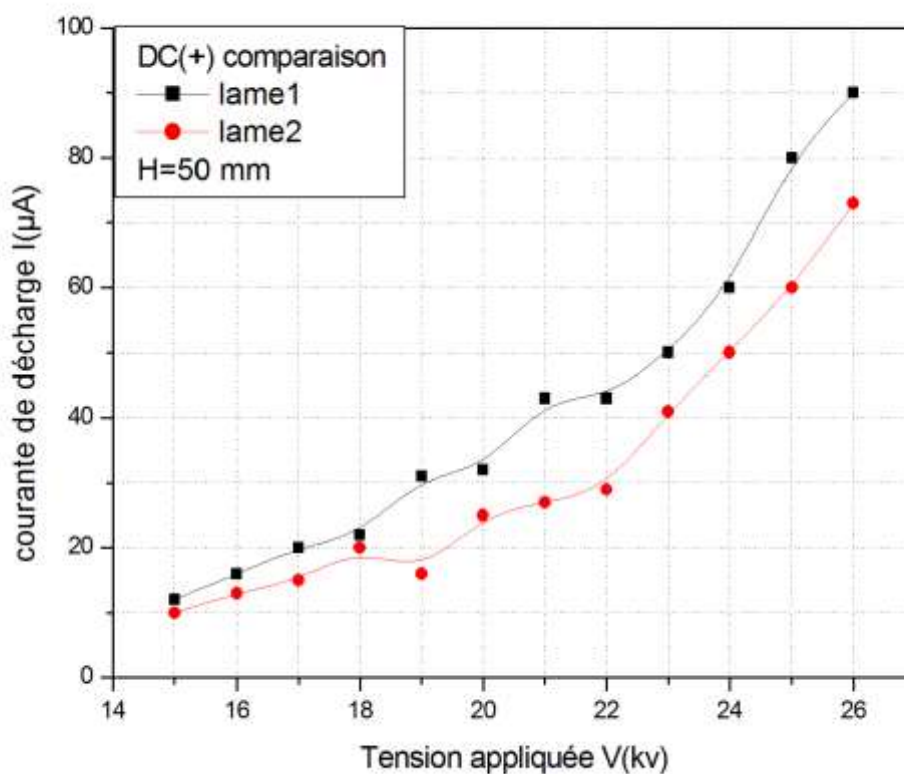


FIGURE III.6 : Comparaisant courant-tension entre lame (1) et lame (2) polarité positive

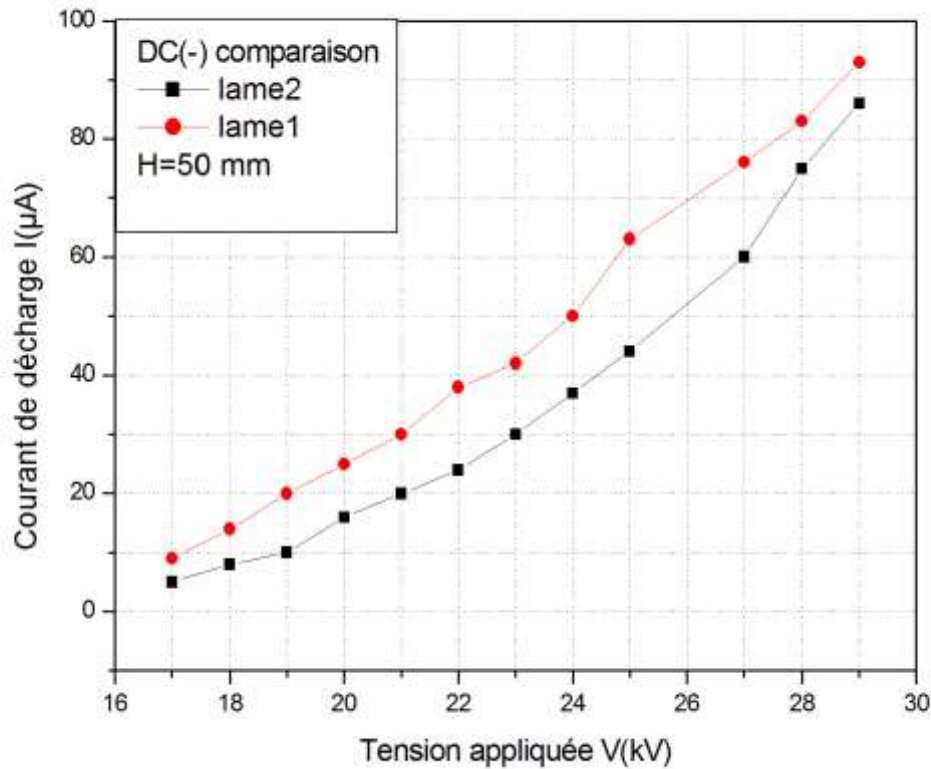


FIGURE III.7 : Comparaison courant-tension entre lame (1) et lame (2) polarité négative

A partir de nos travaux en laboratoire et de deux graphiques, nous comparons les deux lames : lame (1) et lame (2) avec décharge couronne positive et négative.

Le courant de décharge de la lame (1) est supérieur au courant de décharge de la lame (2).

Où l'on note que la lame (1) à longueur de dent de 0,5 mm et la distance entre les dents est de 0,8 mm qui a un champ électrique plus grand que lame (2) de longueur de dent 0.3 mm et de distance entre les dents 0.3 mm.

Plus la distance entre les dents et la longueur de dent et le tranchant sont grands, plus la décharge électrique est supérieure.

III.7 Facteur géométrique K en fonction de la distance inter-électrodes

La dépendance du rapport courant / tension en fonction de la différence de potentiel peut être exprimée par l'équation ($K \pm x + b$). Pour des distances inter-électrodes données, les paramètres K^- et K^+ peuvent être déterminés par les pentes des droites représentées sur la figure (IV.).

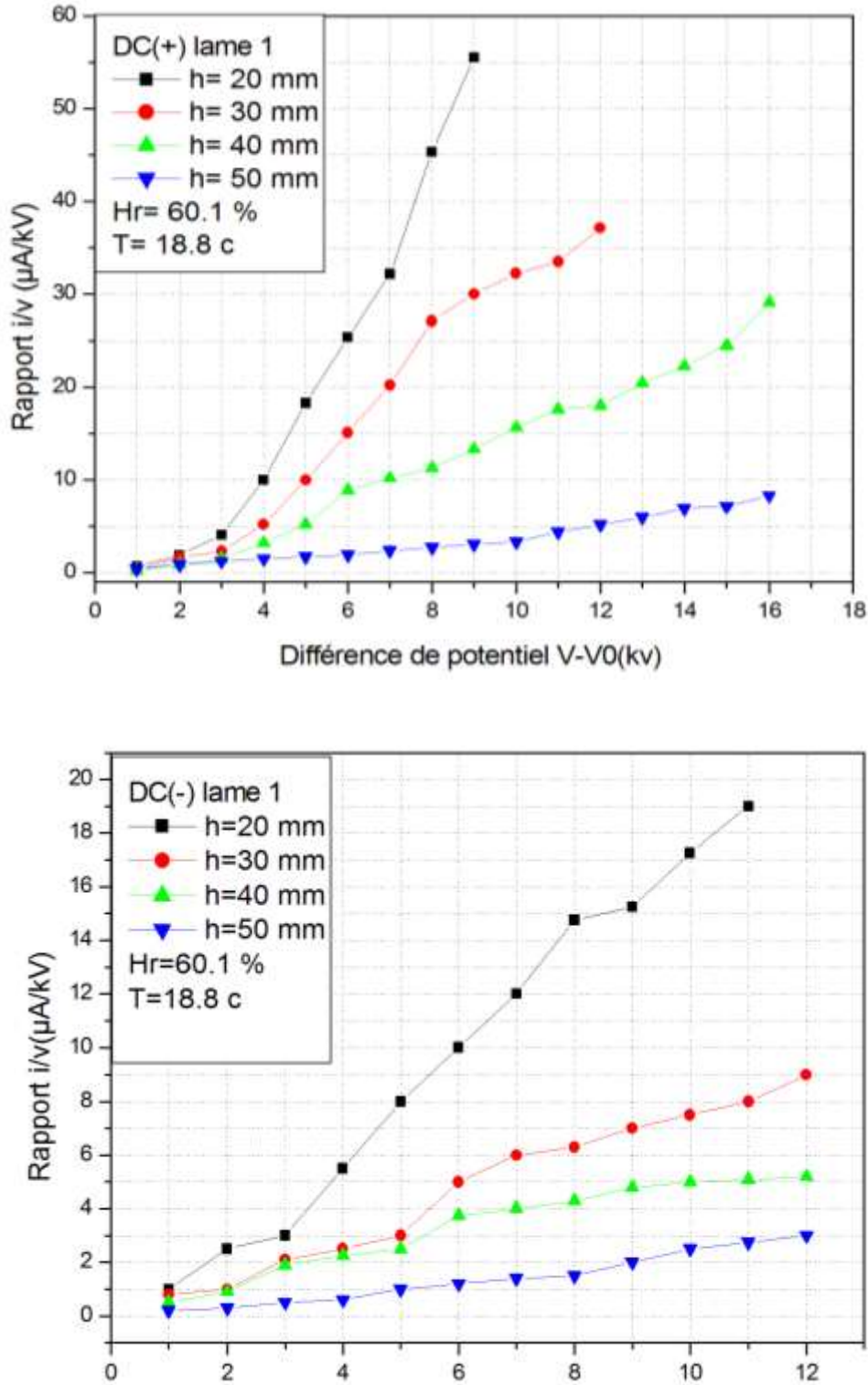


FIGURE III.8 : Dépendance du rapport courant / tension (I / V) avec la différence de tension (V - V0) (lame1)

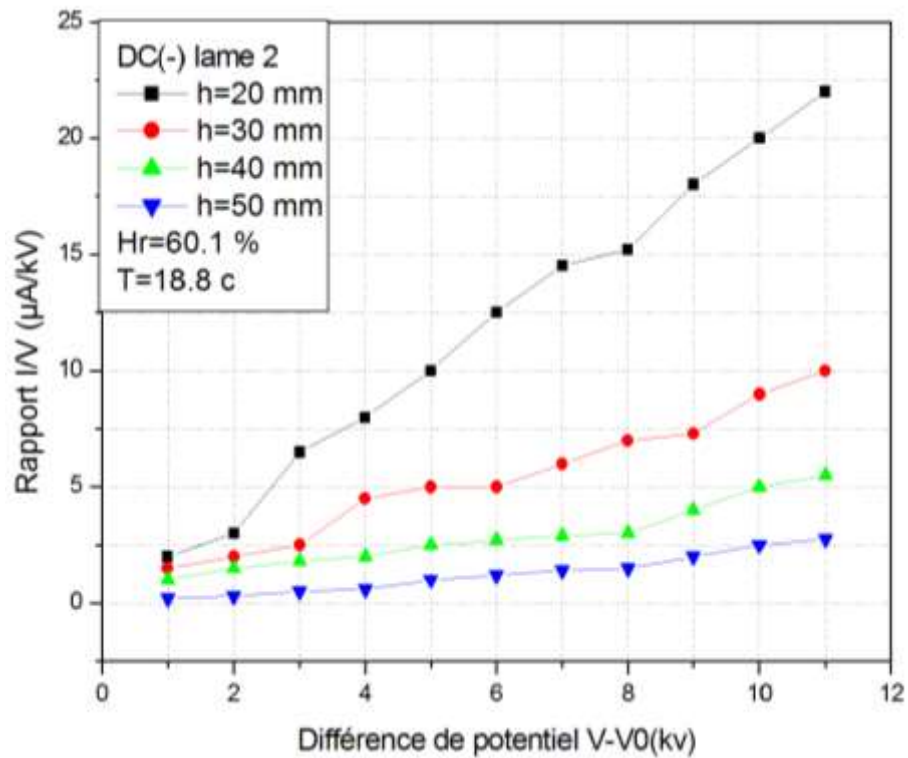
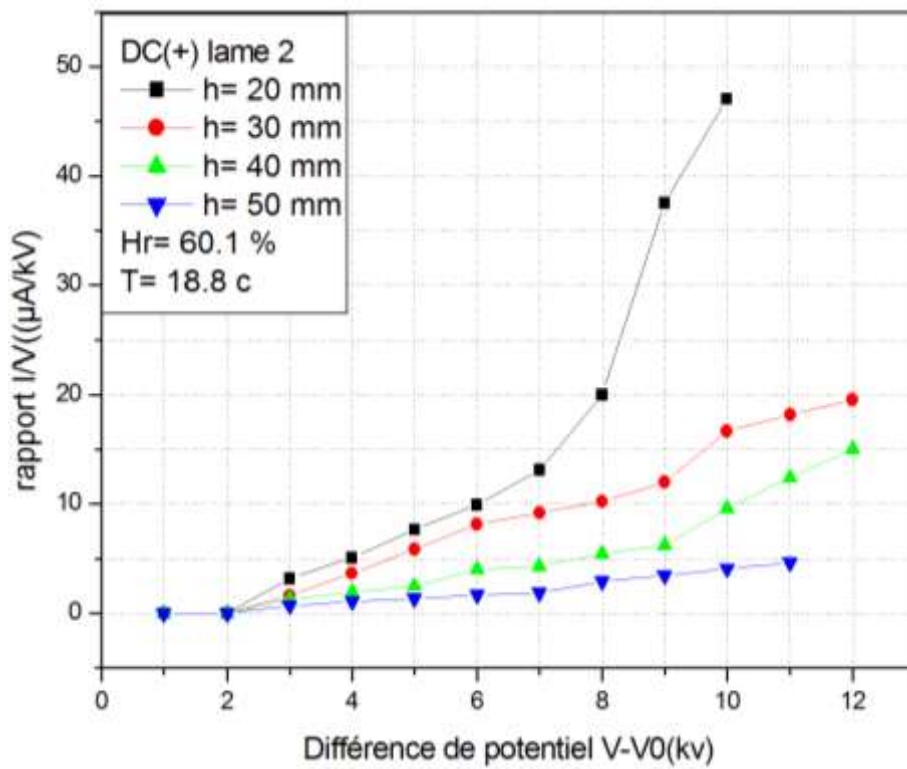


FIGURE III.9 : Dépendance du rapport courant / tension (I / V) avec la différence de tension (V - V0) (lame2)

La constante géométrique K est proportionnelle à la mobilité apparente des porteurs de charge et plus élevée dans le cas d'une polarité négative, voir le tableau (III.). En outre, il semble que la mobilité apparente augmente avec la distance inter-électrodes pour les deux Polarités. La valeur du rapport (K^-/K^+) donne le rapport de la mobilité des ions négatifs sur la mobilité des ions positifs (μ^-/μ^+). La variation observée de (K^-/K^+) avec une distance de $\pm 10\%$, est comprise dans la plage de l'incertitude expérimentale, et la valeur ainsi obtenue peut être considérée comme une constante entre $20 \text{ mm} \leq h \leq 50 \text{ mm}$.

- **Lame(1) :**

Hauteur $k (\mu\text{A}/\text{kV}^2)$	H=20 mm	H=30 mm	H=40 mm	H=50 mm
DC positive (K^+)	22.96	15.98	10.14	6.72
DC négative K^-	34.75	16.35	11.44	7.11
K^-/K^+	1.51	1.02	1.12	1.05

Tableau III.1 : Résultats de facteur K pour les couronnes négative et positive (lame 1)

- **Lame(2) :**

Hauteur $k (\mu\text{A}/\text{kV}^2)$	H=20 mm	H=30 mm	H=40 mm	H=50 mm
DC positive (K^+)	25.65	18.79	7.48	4.72
DC négative K^-	42.68	19.6	9.06	7.27
K^-/K^+	1.66	1.16	1.21	1.54

Tableau III.2 : Résultats de facteur K pour les couronnes négative et positive (lame 2)

III.8 Effet de la distance inter-lames sur la décharge couronne négative

La configuration lames-plan est soumise à l'étude théorique et expérimentale. P. Cooperman et G. Cooperman, ont été des pionniers qui ont établi la loi pour la création de couronne en PES. Il donne la loi de la caractéristique courant-tension, identique à la loi de Townsend, sous la forme suivante :

$$\frac{1}{v} = \frac{4\pi\epsilon\mu}{h^2 \cdot \log\left(\frac{Re}{r}\right)} (V - V_0) \tag{III.1}$$

$$\text{Ou } k = \frac{4\pi\epsilon\mu}{h^2 \cdot \log\left(\frac{Re}{r}\right)} \tag{III.2}$$

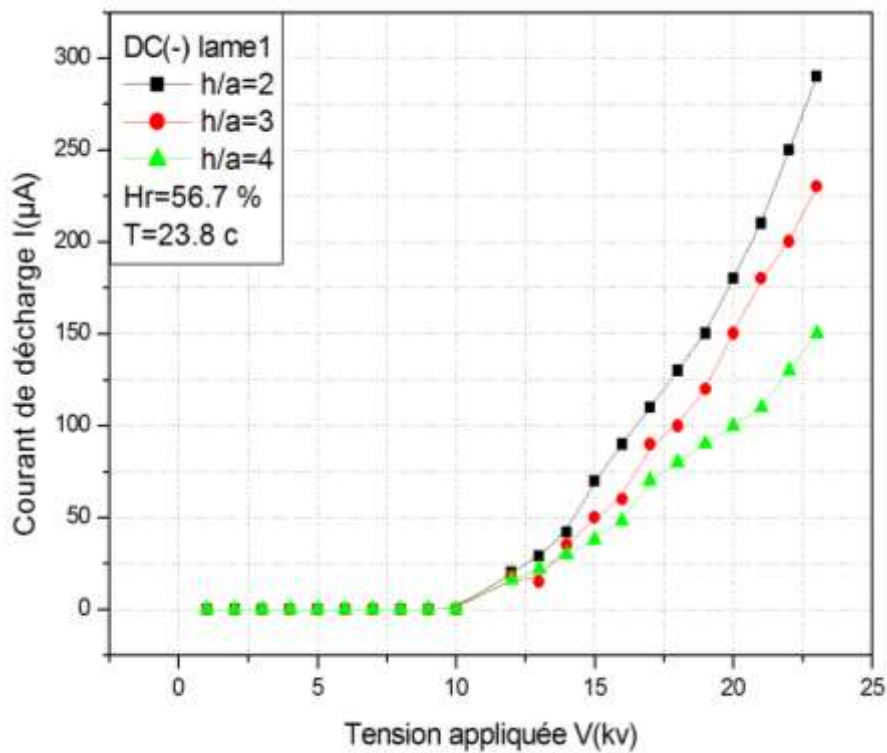
$$\text{Pour } \frac{h}{a} \geq 2 \quad R_e = \frac{a}{\pi} e^{\frac{\pi h}{2a}} \tag{III.3}$$

$$\text{Et pour } \frac{h}{a} \leq 0.6 \quad R_e = \frac{4h}{\pi} \tag{III.4}$$

Où h est la distance entre lames et plan, a est la moitié d'espace entre les lames, r est le rayon de courbure de lame, Re est le rayon équivalent, μ est la mobilité des porteurs de charges.

Sur la loi (III.3), la distance inter-lames $2a$ à différentes valeurs, 50 mm, 40 mm, 30 mm et 20 mm pour $h = 50$ mm fixe.

On observe que l'espace inter-lames $2a$ influe sur la caractéristique $I=f(V)$ c'est ce que nous montre l'équation (III.4).



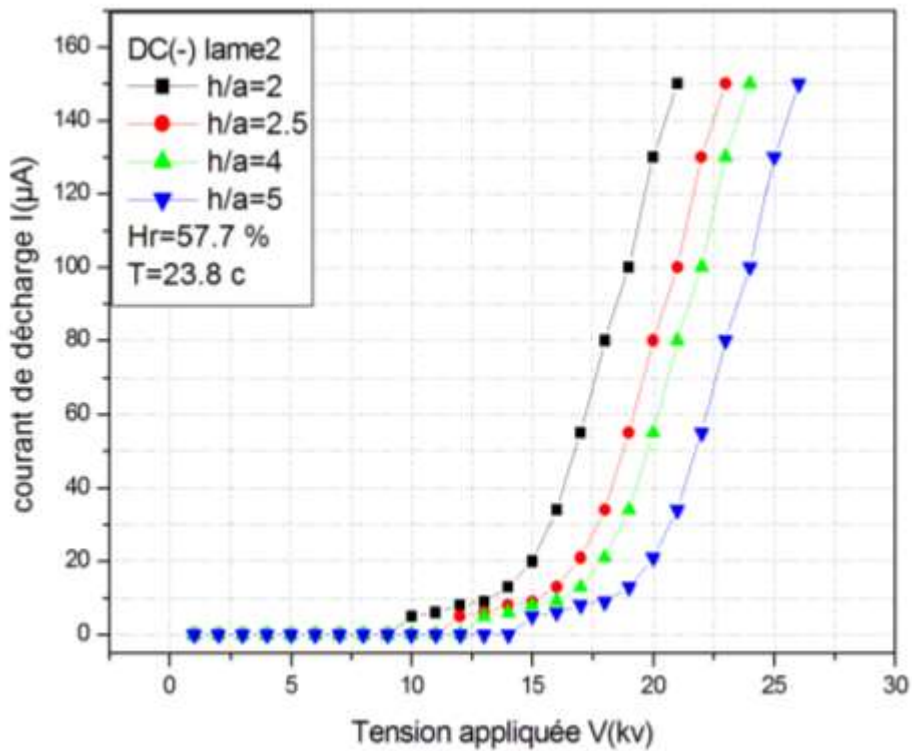


FIGURE III.10 : Caractéristique courant-tension en fonction d'espace inter-lames négatives

Lame(1) et lame(2)

On voit clairement que le courant de décharge augmente en augmentant la distance inter-lames avec une diminution de tension seuil, ce la due à la propagation du champ sur toute la surface inter-électrodes ce qui permis l'ionisation de tout le gaz et l'orientation vers le plan de collecte, pour obtenir une valeur maximale du courant, les électrodes lames doivent être éloignées entre elles de $2a \geq h$. Donc, on peut dire que la loi de Cooperman est vérifiée sous l'équation (III.3).

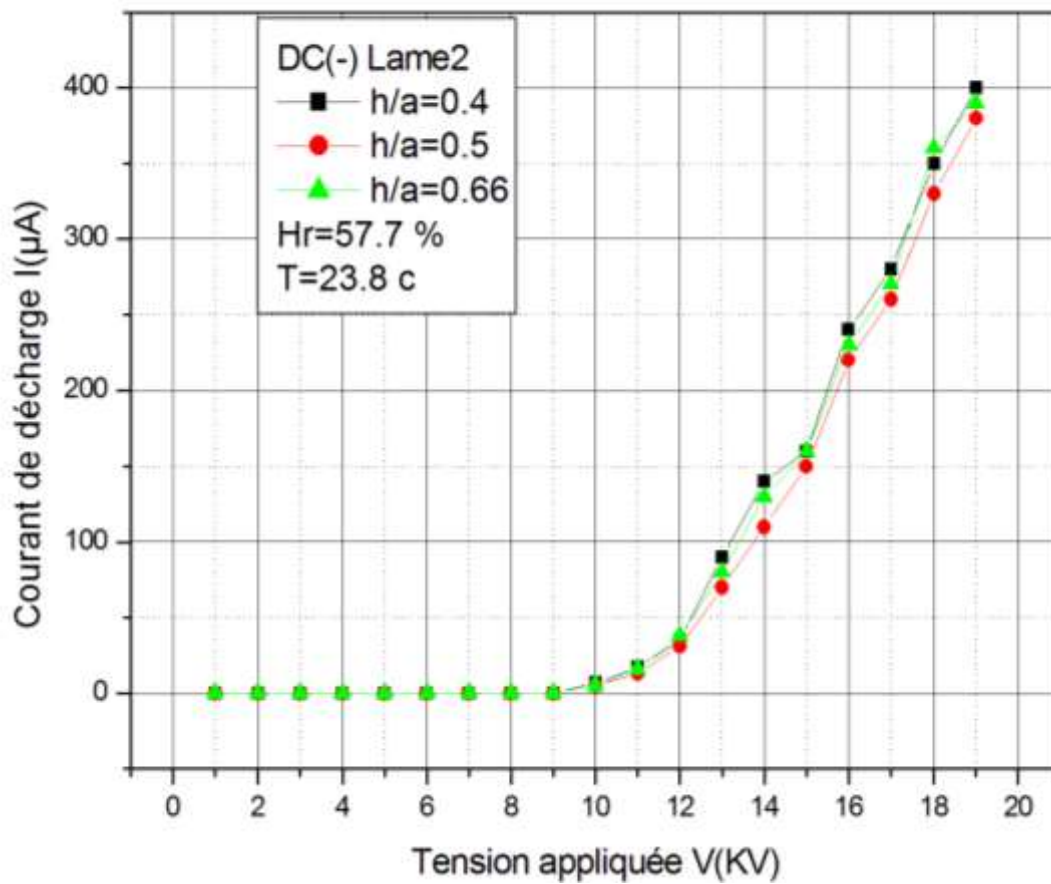
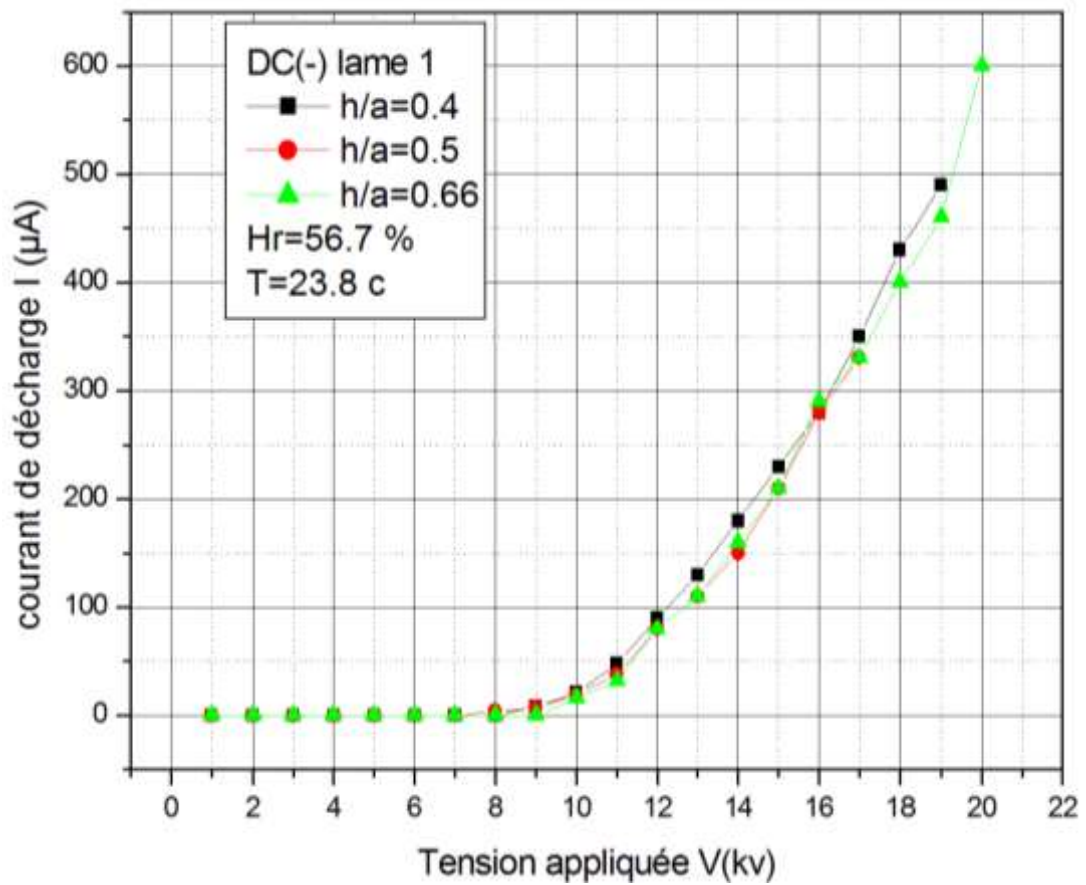


FIGURE III.11 : Caractéristique courant-tension en fonction d'espace inter-lames négatives

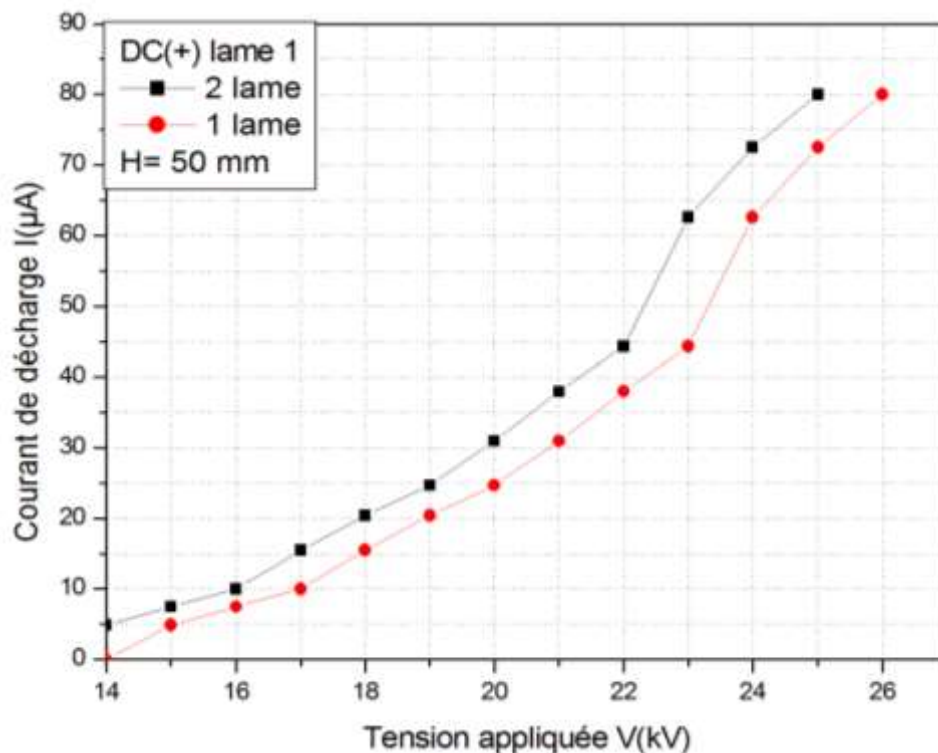
Lame(1) et lame(2)

D'après la figure (IV.), on observe que la distance inter-lames n'a aucune influence sur la caractéristique $I=f(V)$, car le facteur K (équation III.2) est indépendant de l'espace inter lames $2a$. La distance inter-lames $2a$ à différentes valeurs.

On voit clairement que le courant de décharge est identique quelque soit la distance inter-lames (même caractéristique pour des différents espaces inter-lames), ce qui confirme la loi de Cooperman, sous la condition de l'équation (III.4). Donc pour obtenir une valeur constante du courant, les électrodes lames doivent être suffisamment éloignées entre elles de $2a \gg h$.

Pour les valeurs de $\frac{h}{a}$ qui se retrouves dans l'intervalle $0.6 < \frac{h}{a} < 2$ selon P. Cooperman, la décharge recouvre les deux phénomènes.

III.9 Influence du nombre de lames sur la décharge couronne



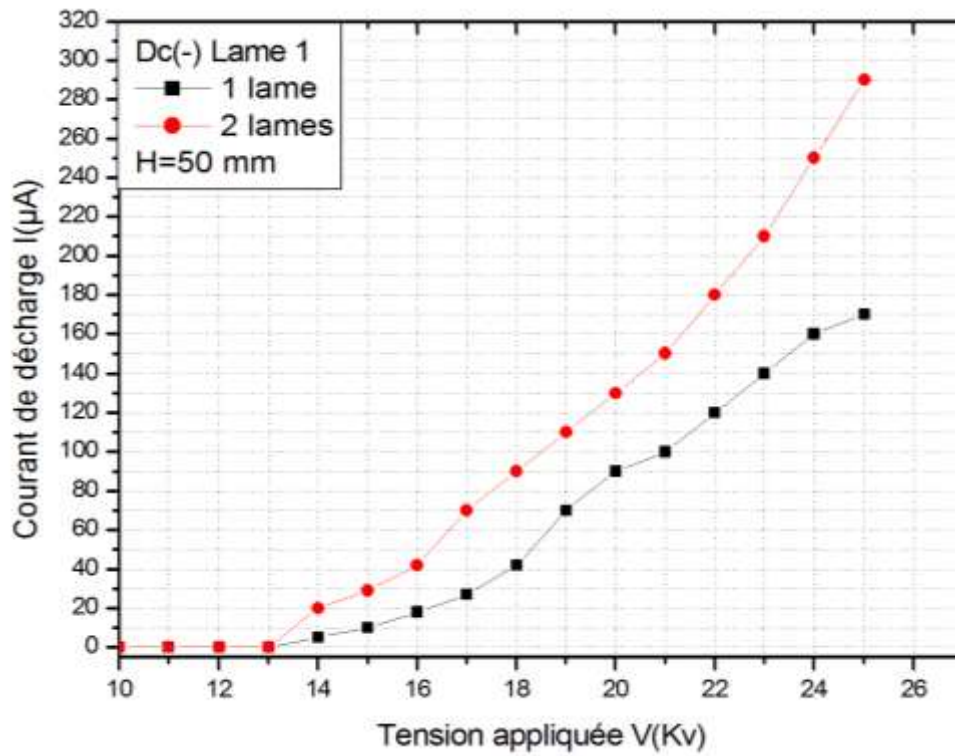
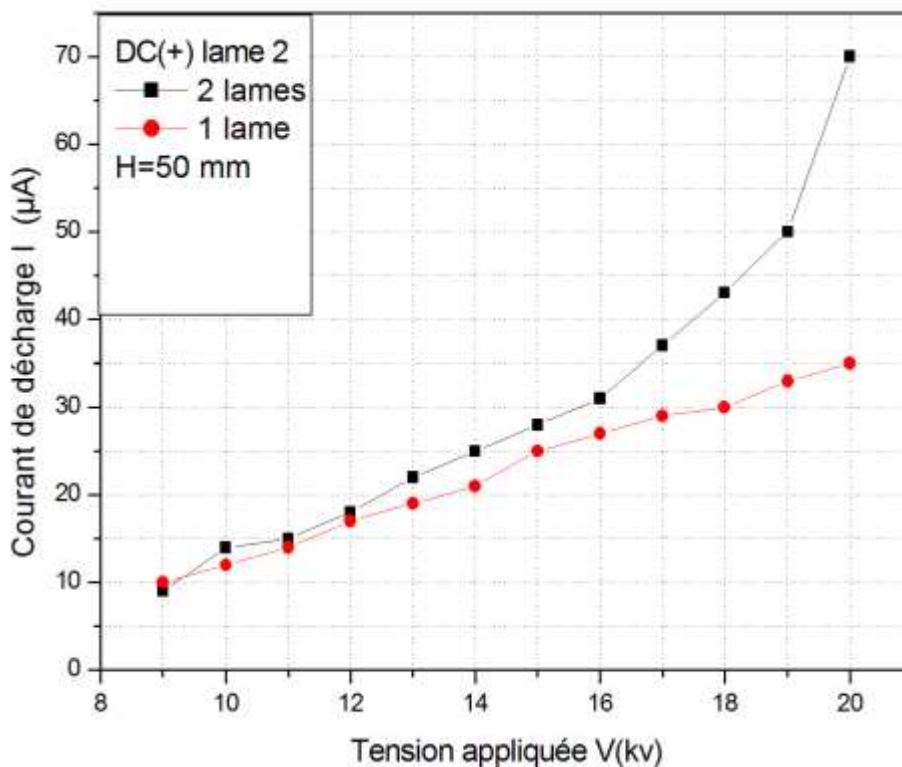


FIGURE III.12 : Caractéristique courant-tension en fonction de nombre de lames négatives et positive (lame 1)



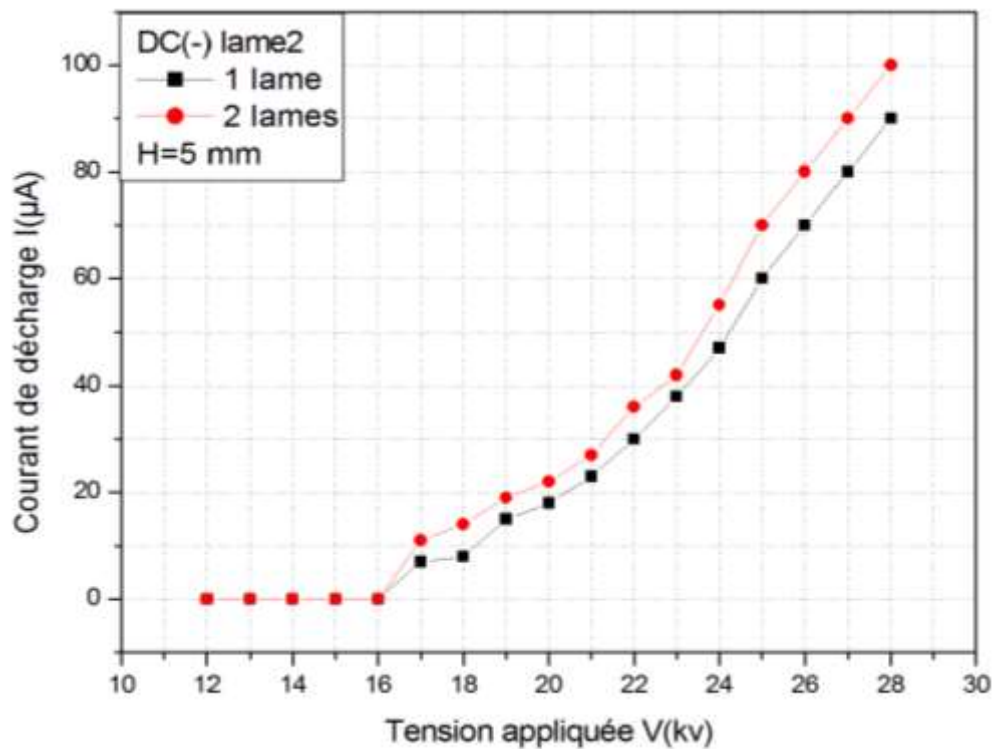


FIGURE III.13 : Caractéristique courant-tension en fonction de nombre de lames négatives et positive (lame 2)

Les résultats d'étude expérimentale sur l'influence du nombre de lames formant l'électrode active sur la décharge couronne sont rapportés sur les figures (III.12, III.13). Cette étude nous a permis de constater que, l'augmentation de courant de décharge est proportionnel au nombre de lames pour des tensions appliquées très élevées, lorsqu'on utilise deux lames avec une tension appliquée pour lame (1) $V = 25 \text{ kV}$, le courant de décharge augmente pour atteindre $I = 290 \mu\text{A}$ et pour lame(2) la tension appliquée est $v=28 \text{ kv}$, le courant du décharge augmente pour $I=100\mu\text{A}$ pour la polarité négative qu'est plus important part rapport à la polarité positive pour lame (1) $I = 80 \mu\text{A}$ et lame (2) $I=70 \mu\text{A}$ et cela dus à l'augmentation de champ électrique inter-électrodes qu'est très intense aux voisinages des lames(émissives), la caractéristique est stable quelle que soit la polarité de la tension appliquée.

L'influence du nombre de lames du précipitateur électrostatique sur la tension seuil de l'effet couronne a été étudiée. Nous constatons que pour les deux lames, le seuil de l'effet couronne est stable quelle que soit la polarité de la tension appliquée. La tension seuil en polarité négative est légèrement supérieure à celle de la polarité positive.

III.10 Essai système d'injection

Notre précipitateur se compose d'une enceinte parallélépipède en pvc.

Placée en amont de la Chambre d'ionisation, dotée d'une bouche latérale qui permettra l'entrée d'air pollué en poussière et une sortie du côté opposé de la bouche vers la chambre d'ionisation pour le captage de cette poussière.

Cette installation a été configurée avec les dispositions avec des dimensions suivantes.

Voir (Figure III.14).

- Une hauteur entre plans de 18 cm.
- Une largeur de 21 cm sur 66 cm.
- Un volume de 24948 cm³.

Première disposition : ce montage a été développé et placé en amont de la chambre d'ionisation pour introduire et injecté de l'air pollué en poussière avec une vitesse finale égale à : 2 m/s.

On a placée le souffleur dans l'entrée de trou de notre chambre d'injection on a varié la vitesse de l'air avec autotransformateur et on le calcul avec Anémomètre et on la fixe sur une vitesse de 2m/s.

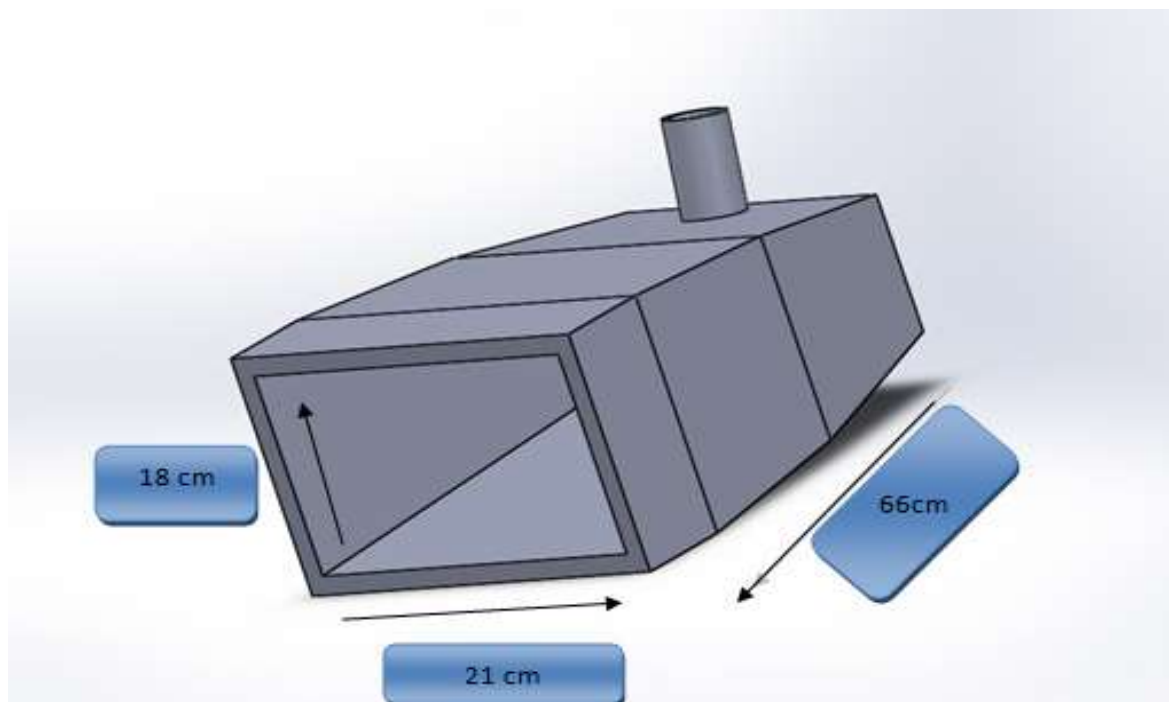


FIGURE III.14 : Les dimensions de la zone d'injection

Puis, une injection deux catégories de poussière, Sciure de bois en premier temps, puis l'argile en deuxième expérience.

L'air pollué qui traverse cette zone rentre en collision avec les parois de diapositive et crée un régime turbulent, cela produit des pertes de charge dans l'air polluée et empêche la transition de la poussière.

Afin d'éviter ce phénomène, on installe le souffleur on face la chambre d'ionisation pour assurer l'arrivée des poussières.

III.11 Système d'ionisation

Ce montage se compose de 2 plans métallique soumis a la terre, une Enceinte en plexiglas d'épaisseur 5mm.

Puis, nous avons choisi la première lame (lame 1) parce que Cela nous a donné des bons résultats.

On a fixé 5 lames a la distance inter électrode 5 cm, la distance entre les lames est 2cm connecté a une source de haute tension avec les fils conducteur.

Finalement, on a collecte le deux chambres (injection et ionisation).

Pour commencer cette expérience on fixe la vitesse de l'air a 2m/s.

Pour la polarité négative et positive on applique 3 valeurs de tensions et nous avons pris 2 grammes de l'argile et Sciure de bois.

D'abord pour **décharge couronne négative**, vitesse de 2 m/s et 2g de l'argile avec température de 28°C, 47.2 % d'humidité a la pression atmosphérique, et on a obtenu les tableaux suivants :

Tension appliquée	18 kV	20 kV	22 kV
Poussière injectée	2 g	2 g	2 g
Poussière non captée	0.12 g	0.04 g	0.02 g
Le rendement	88%	96%	98%

Et pour **décharge couronne positive**, vitesse de 2 m/s et 2g de l'argile avec température de 28°C, 47.2 % d'humidité a la pression atmosphérique, et on a obtenu les tableaux suivants :

Tension appliquée	19 kV	21 kV	23 kV
Poussière injectée	2 g	2 g	2 g
Poussière non captée	0.3 g	0.2 g	0.11 g
Le rendement	70%	80%	89%

D'après les deux tableaux, On a constaté que la polarité négative elle a une filtration mieux que la polarité positive dans toutes les variations de tension et un rendement presque parfait.

On remarque que il ya une relation directe entre augmentation de tension et le rendement de filtration. Puis, et de la même que la précédente de l'argile, c'est au tour de l'injection de la Cirure de bois pour mesurer la filtration au moyen de l'alimentation et le réglage de souffleur pour une vitesse de 2m/s et injection de la Cirure de bois 2g vers la zone d'ionisation et collectrice appliquée trois différentes tensions de polarité négative puis polarité positive.

D'abord pour **décharge couronne négative**, vitesse de 2 m/s et 2g de la Cirure de bois avec température de 28°C, 47.2 % d'humidité a la pression atmosphérique, et on a obtenu les tableaux suivants :

Tension appliquée	18 kV	20 kV	22 kV
Poussière injectée	2g	2g	2g
Poussière non captée	0.12 g	0.1 g	0.05 g
Le rendement	88%	90%	95%

Pour **décharge couronne positive**, vitesse de 2 m/s et 2g de la Cirure de bois avec température de 28°C, 47.2 % d'humidité a la pression atmosphérique, et on a obtenu les tableaux suivants :

Tension appliquée	19 kV	21 kV	23 kV
Poussière injectée	2g	2g	2g
Poussière non captée	0.27 g	0.2 g	0.11 g
Le rendement	73 %	80 %	89 %

La quantité sortante de la sciure de bois est presque immesurable et surtout avec 5 lames par rapport à la quantité sortante de l'argile, cette différence émane de la nature différente des deux produits, de part de leurs tailles différentes des particules et la différence également de leurs poids spécifiques des molécules.

III.12 Conclusion :

Dans ce chapitre Nous avons présenté l'étude expérimentale ayant pour objet la mesure des différents paramètres essentiels qui caractérisent la décharge couronnée et la précipitation de poussière dans un prototype qui est amélioré pour ce type des essais. Cette expérience permet de mesurer la caractéristique Courant-Tension plan et deux plans, le champ électrique aux plans, la densité de courant positive et négative au plan, ainsi que l'opération de précipitation (ionisations et captage) et leur rendement.

L'influence de plusieurs paramètres sur la décharge couronne dans ce dispositif de lames a deux plans. La variation de la hauteur et le nombre des lames sont influencés sur le courant de décharge et la quantité de champ électrique mesuré, et montre l'importance de la décharge couronne avec la polarité négative, par contre dans la décharge couronne avec la polarité positive avait un faible impact, ce phénomène explique que l'efficacité de collecte est meilleure dans la décharge couronne négative.

Conclusion général

La filtration des particules qui constituent la pollution visible a été le premier objet du traitement de l'air sur le plan technologique, il est acquis que l'utilisation des électro filtres permet d'obtenir des résultats très satisfaisants en matière de filtration des poussières car ils sont capables d'atteindre un rendement supérieur à 98% et même d'un rendement meilleur.

Ils pourront donc satisfaire aux futures prescriptions légales imposant une teneur résiduelle en poussières encore plus faible.

Notre travail a été consacré d'étudier les phénomènes liés à la décharge couronne au niveau de précipitateur lame-plan, ainsi de développer une étude expérimentale de la décharge couronne en déterminant les paramètres électriques essentiels à l'intérieur du précipitateur électrostatique en configuration lame-plan.

Ce travail expérimental compose de deux parties essentielles, qui sont : l'étude de la caractéristique courant-tension à des différentes configurations géométriques ; et la 2ème partie est consacrée à l'étude de l'efficacité de l'électro filtre avec de différent type de particules.

Et d'après ce travail expérimental nous permettent d'exposer les conclusions suivantes:

- L'augmentation de courant de décharge est proportionnelle au nombre de lames Plus le nombre de lames est élevé, plus la décharge électrique est élevée.
- Le courant de décharge croît plus rapidement avec la tension appliquée pour de faibles distances inter-électrodes.
- L'intensité de courant de décharge augmente avec la croissance de la tension appliquée, et les valeurs négatives de courant de décharge I sont plus élevées que celles positives pour la même tension appliquée.
- La tension seuil V_0 augmente avec l'augmentation de la distance inter-électrodes car le champ électrique s'affaiblit.
- La constante géométrique K est proportionnelle à la mobilité apparente des porteurs de charge et plus élevée dans le cas d'une polarité négative.

Finalement, nous espérons que d'autres travaux pratiques et numériques soient poursuivis pour améliorer l'efficacité des précipitateur électrostatiques d'aérosols

Références
Bibliographies

- 01 F. W. Peek, « Dielectric phenomena in high-voltage ingeneering », 3rd , McGraw-hill,New York, 1929.
- 02 MECHERFI Mohamed .HAMZI Mohamed Walid " Etude et conception d'un filtre électrostatique" Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent-2017.
- 03 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.
- 04 Chang,J, Phil A., Lawless., and, Yamamoto.T., "Cor2ona Discharge Processes", IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 19, n° 6, pp. 1152-1166, 1991.
- 05 European Patent Office Office européen des brevets.
- 06 <https://www.stscanadainc.com/precipitateur-electrostatique.html>.
- 07 HINZE J.O. – Turbulence – McGraw-Hill,1975.
- 08 BLANCHARD D. – Collection des fines particules et caractérisation des couches de poussière dans un précipitateur électrostatique– Thèse, Université Joseph Fourier, Grenoble 2001.
- 17 RAMADAN O.E., SOO S.L. – Electrohydrodynamic secondary flow - Phys. fluids, 12, pp1943-1945, 1969.
- 10 WHITE H.J. – Industrial electrostatic precipitation – Addison Wesley Publishing company, New York, 1963.
- 11 DUMITRAN L. M., – Collection des fines particules dans un dépoussiéreur électrostatique – Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 2001
- 12 <https://riverglennapts.com>.
- 13 STRAUSS W. - Industrial gas cleaning - Pergamon Press, Paris, 1976.

- 14 **ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE UNIVERSITÉ DU QUÉBEC, CARACTÉRISATION DE REVÊTEMENT ANTI-EFFLUVE À BASE DE CARBURE DE SILICIUM POUR LES MACHINES HAUTE TENSION. PAR Abdelghani MEROUCHI.4/03/2016.**
- 15 **<https://www.testo.com/fr-FR/produits/anemometre-helice>.**
- 16 **<https://www.usinenouvelle.com/expo/thermo-hygrometre-de-precision-testo-p222820.html>.**
- 17 **https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-acier-inoxydable-16677/?fbclid=IwAR3yD0n9a1H9clNNxrHzAgCcnmMZv7wB0A182ZKqs0MpKcfEfjtUqSi8D_4**
- 18 **<https://blog.lafourche.fr/tout-savoir-sur-l-argile-quelle-argile-pour-quel-usage?fbclid=IwAR1oqkP12GosQh0Fv42gGYDKTk-SOyANdyH5KaU2cEttGQuMTP8MqQWsD30>.**
- 19 **<https://valbiomag.labiomasseenwallonie.be/news/chimie-du-bois-une-filiere-davenir-partie-12#:~:text=Quelle%20que%20soit%20l%27essence,d%27un%20quart%20de%20lignine>**
- 20 **BELARBI Yassine.BOULEFDAOUI Oussama Walid - Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent-2019/2020.**