

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
Filière : Electromécanique
Spécialité : Electromécanique

Thème

Caractérisations de la décharge couronne dans le précipitateur électrostatique (PES) en différentes configuration

Présenté Par :

BELARBI Yassine

BOULEFDAOUI Mohamed Oussama

Devant les jurys composés de :

M ^f . Mecirdi N	MAA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
M ^f .Aissou Massinissa	MCA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
M ^f .Attou	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examinateur
M ^{lle} . Hebbar N	Doctorante	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Co-encadrante

Année universitaire 2019/2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous offrons premièrement de sincères et chaleureux remerciements « ALLAH » le Tout-puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience durant toutes ces années d'études.

Nous exprimons notre gratitude au corps professoral et administratif du département « Génie Electrique » de l'université de **Belhadj Bouchaib-Ain Témouchente**, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts et une grande technique pédagogique pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Nos remerciements les plus sincères vont tout d'abord à notre encadrant : « D^r.**Aissou Massinissa** », et une mention spéciale est faite à M^{lle} : « **Nihed Hebbar** », Pour leur aide précieuse. Sans oublier leurs qualités humaines et leur professionnalisme dont il a toujours fait preuve, ainsi que leurs conseils pertinents, et leurs sages orientations qui ont facilité ce travail pour nous, nous tenons à leur exprimer notre grand respect et admiration pour eux. Nous espérons qu'il est digne de confiance car il nous l'a présenté et que ce travail était au final sur Le niveau de ses attentes.

Nous tenons à remercier tout le personnel du laboratoire de génie électrique et génie civile de l'université **BELHADJ Bouchaib**, plus particulièrement Mr. **Keddou** pour leur gentillesse et pour leur aide durant la réalisation de cette étude notamment en nous fournissant les réactifs manquants

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre thème en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions. Nous tenons encore à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Sans oublier nos chers parents bien aimés qui nous ont soutenus durant toutes ces années et qui ont fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui.

Enfin, nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

Ames chers parents « **Benrezzag Rabia & Boulefdouï Saïd** », Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

Sans oublier mes très chères sœurs « **Amani** » & « **Soumia** », & mon chère frère « **Miloud** » & à la mémoire de mon défunt grand-père « **Boulefdouï Mohamed** » qu'il repose en paix & ma grande-mère « **Boulefdouï kheira** », qui m'ont soutenue et sont pour moi des exemples de réussite et source d'encouragement et de positivité.

Ainsi qu'à la famille « **Boulefdouï** » dont je mentionne ma chère cousine « **Ines** » qui m'a beaucoup encouragé par son enthousiasme et son optimisme.

A mon collègue et Binôme « **Belarbi Yassine** » avec qui j'ai réalisé cette étude et réalisation.

Mes chères collègues et amis « **Guelaï Shems Eddine** », « **Berrabah Imad Eddine** » & « **Boutaleb Nadjwa** » & « **Nihed Hebbar** » & « **Hamlet Fares** » & « **Boudiab Sarah** », qui étaient à mes côtés durant mon cursus à l'université de Belhadj Bouchaïb et avec eux que j'ai partagé des moments forts et inoubliables.

Sans oublier mes Amis « **Benzerram Abderahmen** » & « **Karim Chaa** » & « **Les frères Benamer Amin et Dadi** » & « **Bouhadjla Mohamed** », l'équipe de « **OilSERV** », « **Idris et Ahmed Yassin** », qui ont servi de soutien moral durant les temps difficiles et avec eux que j'ai passé de bons moments.

♥ *Boulefdouï Oussama*

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail :

- ❖ A mes chers parents « Belarbi ahmed » et « Kihel Hafida », ma source de vie, d'amour et d'affection qui ont fait autant de sacrifices et qui m'ont soutenu et encouragé tout le long de mes études. Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance ;
 - ❖ A mon frère Mohamed Abdenour ;
 - ❖ A ma sœur Karima ;
 - ❖ A ma belle sœur Souhila ;
 - ❖ A ma nièce la petite Hafida Marwa ;
 - ❖ A mes grands père et mère Zahra, Mohamed, Lakhdar et Rahmouna
- ❖ A mes tantes Rahma et Faiza et a mes oncles Abdelkrim qui ma soutenue durent tout mon cureuse scolaire et a Rachid et Omar et Nour Eddine et leurs familles ;
- ❖ A tout mes tantes et oncles Benammar, Hachmi ,Nacira ,kasmiya ,Yamina et leurs familles
 - ❖ A mon binôme Boulefdouï Oussama et sa famille ;
- ❖ A toutes mes amies, en particulier Nassim Aissam Ilyes Seddik Gebari Nabil Cherif Kadri et Mirnes Latifa ;
- ❖ A tous mes collègues de la promotion plus particulièrement Laouari Nadia Achouak ,Nihed Hebbar et Benkrama Khadija ;
- ❖ A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

♥ *Belarbi Yassine*

Résumé

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 de 3 millions 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'électrofiltration. 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.

Mots clés : Décharge couronne, Précipitateur électrostatique, Particules fines.

Abstract:

Ambient air pollution, due to high concentrations of small particles and fine particles, is the main environmental health risk and causes 3 million premature deaths each year worldwide, according to the researchers pumice has a dust removal method to save the world is electrofiltraion. The main objective of our work is to deepen our knowledge of the corona discharge in a son-plane precipitator, this work mainly consists of part: the first phase is devoted to carrying out a theoretical study of the corona discharge in an EPS and; the second part is devoted to the experimental study which was carried out in order to measure the electric parameters of this discharge on the plane electrode and the current voltage characteristic thus to measure the efficiency of our precipetator.

Keys words: Corona discharge, Electrostatic precipitator, Particles fines.

المخلص:

يعتبر تلوث هواء المحيط، بسبب التركيزات العالية للجسيمات الصغيرة والجزيئات الدقيقة، الخطر الرئيسي على الصحة البيئية ويسبب 3 ملايين حالة وفاة مبكرة كل عام في جميع أنحاء العالم، وفقاً للباحثين. طريقة إزالة الغبار لإنقاذ العالم هي الترشيح الكهربائي. الهدف الرئيسي من عملنا هو تعميق معرفتنا بالتفريغ الكهربائي، يتكون هذا العمل بشكل أساسي من: المرحلة الأولى:

مخصصة لإجراء دراسة نظرية بالتفريغ الكهربائي في EPS والثاني تم تخصيص الجزء للدراسة التجريبية التي تم إجراؤها من أجل قياس المعلمات الكهربائية لهذا التفريغ على مسرى المستوى وخاصة الجهد الحالي لقياس كفاءة المرسب لدينا.

الكلمات الرئيسية:

التفريغ كورونا، المرسب الكهربائي، والجسيمات الدقيقة.

Nomenclature

Lettres Latines

$E(z)$: 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 (m)

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 (V).

R : est le rayon du cylindre équivalent (m).

r_0 : est le rayon du fil (m).

a : distance entre deux fils voisins (m).

d : distance nappe de fils-plan(m).

*Liste des figures et des
tableaux*

Figure I. 1: Vue de l'effet couronne dans un conducteur	5
Figure I. 2: Zone où se produit l'effet couronne	6
Figure I. 3: Décharge couronne lumineuse produit entre des pointes et une electrode plane rel	7
Figure I. 4: Topographie de la décharge couronne volumique en configuration pointe –	8
Figure I. 5: Descriptif de la décharge couronne positive	9
Figure I. 6: Descriptif de la décharge couronne négative	10
Figure I. 7: Parafoudre	13
Figure I. 8: EPS	13
Figure I. 9: Séparateur électrostatique	13
Figure I. 10: Tour de refroidissement et précipitateur de l'incinérateur Basingstoke	14
Figure I. 11: Instrumentation adaptée au filtre électrostatique.	14
Figure I. 12: Vue schématique des poussières dans un ESP	16
Figure I. 13: Schéma principal de fonctionnement d'un électrofiltre.	16
Figure I. 14: Electrofiltre a un seul étage fil-cylindre a gauche, fil-plaque a droite	17
Figure I. 15: Electrofiltre à deux étages fil-plaque	19
Figure I. 16: électrofiltres humide	20
Figure II. 1: Source de Haute Tension modèle Glassman, séries LT	24
Figure II. 2: Multimètre numérique de table MCP	25
Figure II. 3: Anémomètre thermique à hélice - Sonde à hélice de précision.	25
Figure II. 4: Thermo-hygromètre de précision modèle Testo.	26
Figure II. 5: Balance de laboratoire électronique	26
Figure II. 6: Autotransformateur.	27
Figure II. 7: Transformateur numérique	28
Figure II. 8: Un Souffleur-Aspirateur électrique	28
Figure II. 9: Constitution du dispositif expérimental.	29
Figure II. 10: Le système d'injection.	29
Figure II. 11: Le system d'ionisation.	30
Figure II. 12: Photo du plan INOX qui a été utilisé dans l'expérience.	31
Figure II. 13 : Une bobine de fil en Nickel.	32
Figure II. 14: Le system d'ionisation.	33
Figure II. 15: Le système d'Injection.	34

Figure III. 1:Caractéristique Courant-Tension pour un fil-plan H = 5cm.....	37
Figure III. 2: Caractéristique Courant-Tension pour un fil-2plans, H= 5cm.	38
Figure III. 3: Les dimensions de la zone d’ionisation.....	39
Figure III. 4: Caractéristique Courant-Tension pour 5 fils -2plans,« Décharge positive ».....	40
Figure III. 5: Caractéristique Courant-Tension pour 5 fils -2plans, « Décharge négative »..	40
Figure III. 6: Caractéristique Courant-Tension « Décharge positive»	42
Figure III. 7: Caractéristique Courant-Tension « Décharge négative »	43
Figure III. 8: Les dimensions de la zone d’injection.....	44
Figure III. 9: L’écoulement turbulent dans l’expirante.....	45
Figure III. 10: L’amélioration de la zone déjection.....	46
Figure III. 11: Démonstration de la taille de dispositif.....	47
Figure III. 12: Illustration des deux zones, « ionisation et zone collectrice ».....	48
Tableau III. 1: résultats de filtration pour 5fils-2plan (sciure de bois)	48
Tableau III. 2: résultats de filtration pour 7fils-2plan (sciure de bois)	48
Tableau III. 3: résultats de filtration pour 9fils-2plan (sciure de bois)	49
Tableau III. 4: résultats de filtration pour 5fils-2plan (ciment).....	49
Tableau III. 5: résultats de filtration pour 7fils-2plan (ciment).....	50
Tableau III. 6: résultats de filtration pour 9fils-2plan (ciment).....	50

Sommaire

Introduction Générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Etude théorique de la décharge couronne

I.1 Introduction :.....	5
I.2 La décharge couronne :.....	5
I.3 Champ électrique :.....	6
I.4 Mécanisme de la décharge couronnes :	6
I.5 Les différents type de la décharge couronne :.....	8
I.5.1 décharge couronne positive :.....	8
I.5.2 décharge couronne négative :.....	9
I.6 Approches théoriques de la décharge couronne pour la précipitation électrostatique :.....	10
I.7 Application utilisant la décharge couronne :.....	12
I.7.1 Parafoudre :	12
I.7.2 Neutralisation :	12
I.7.3 Filtre électrostatique :.....	12
I.7.4 Séparateur électrostatique :	12
I.8 Origine de la technologie des EPS :.....	13
I.9 Description des PES :.....	14
I.10 Description du fonctionnement d'un électrofiltre :.....	15
I.11 Différents types d'électrofiltres :	16
I.11.1 Les électrofiltres à un seul étage :.....	17
I.11.2 Les électrofiltres à deux étages :	18
I.11.3 Les électrofiltres humides :	19
I.12 Les avantage et les inconvénient d'un precipitateur electrostatique :.....	20
I.12.1 Les avantage :.....	20
I.12.2 Les inconvénients :.....	20
I.13 Conclusion :	20

Chapitre II : Description du modèle expérimental

II.1 Introduction :	23
II.2 Matériel utilisé :.....	23
II.2.1 Source de Haute Tension :.....	23

II.2.2 Multimètre numérique :	24
II.2.3 Anémomètre thermique à hélice :	25
II.2.4 Thermo-hygromètre de précision :	25
II.2.5 Balance de laboratoire électronique :	26
II.2.6 Autotransformateur :	26
II.2.7 Transformateur numérique :	27
II.2.8 Souffleur aspirateur électrique :	27
II.3 Description du dispositif expérimental :	28
II.3.1 Système d'injection :	28
II.3.2 Système d'ionisation et de collection :	29
II.3.2.1 Le rectangle en acier inoxydable :	23
II.3.2.2 Le Nickel :	30
II.4 Les différents types de particule utilisée :	31
II.4.1 Le ciment :	31
II.4.2 La sciure de bois :	31
II.5 Principe de fonctionnement :	31
II.6 Conclusion :	33

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1 Introduction :	35
III.2 Objectif de cette Expérience :	35
III.3 Les Etapes de l'expérience :	35
III.3.1 Observations :	35
III.3.2 Hypothèse :	35
III.3.3 Expérience :	35
III.3.4 Préparation :	36
III.4 Mode opératoire :	36
III.5 Essais sur la chambre d'ionisation :	37
III.6 Essai système d'injection :	43
III.6.1 Evaluation :	50
III.7 Conclusion :	51
Conclusion Générale.....	53
Références Bibliographiques.....	56

Introduction générale

Un nombre impressionnant des travaux de recherche concernant l'effet de couronne sur les lignes aériennes de transport d'énergie électrique ont été effectués et publiés. Ces recherches portaient essentiellement sur les décharges couronne et l'interférence radiophonique.

Les décharges couronnes sont des décharges électriques pré disruptives qui se développent dans l'intervalle gazeux entre deux électrodes fortement asymétriques, de l'électrode ayant le plus petit rayon de courbure. Il existe différentes configurations des électrodes pour la génération d'une décharge couronne telles que :

- Décharge couronne fils-plans.
- Décharge couronne fil-cylindre.
- Décharge couronne point-plan.
- Décharge couronne lame-plan.

La décharge couronne offre de nombreuses applications dans la vie quotidienne telle que la médecine et aussi industrielle. La décharge couronne est largement utilisée dans les techniques de séparation électrostatique des matériaux granulaires. Elle est employée dans les processus des électrofiltres et les précipitateurs électrostatiques grâce à l'immense importance de ce dernier pour l'environnement.

De nos jours, la qualité de l'air est devenue une préoccupation majeure qui a de nombreuses implications sur la vie et les activités de l'homme. Dans les années 1960 et 1970 [1] on a pris conscience de l'importance de la qualité de l'air et les législations ainsi que les normes ont commencé à évoluer. Ce n'est pas un problème restreint à quelques usines, mais, au contraire, très largement réparti à travers une grande variété d'industries. C'est pourquoi les gouvernements ont règlementé les émissions de polluants dans les rejets industriels et imposent des normes de plus en plus sévères. Les rejets industriels à traiter que nous considérons ici, consistent principalement en des particules solides ou des gouttelettes en suspension dans l'atmosphère. Une excellente épuration des polluants est obligatoire pour limiter la pollution atmosphérique. Il est plus que jamais nécessaire d'améliorer les techniques de filtration existantes et de trouver des alternatives aux procédés classiques de traitement des rejets industriels.

De nombreux rapports sur les effets électrostatiques voient le jour au début du 19^{ème} 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 électrofiltre conçu par Cottrell fonctionna de manière efficace. Le premier précipitateur électrostatique est né et depuis, de nombreux travaux sont consacrés aux électrofiltres.

L'objectif principal de notre mémoire est de comprendre le phénomène lié à la décharge couronne et d'étudier l'électrofiltre fil-plan. Nous avons réalisé une étude expérimentale au Laboratoire de Génie Electrique de l'Université de Ain Temouchent (U.U.A.T).

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 l'étude des différents type précipitateurs, leur principe de fonctionnement ainsi les avantage et les inconvénients de ce dernier.

Le deuxième chapitre est réservé pour l'étude expérimentale sur la mesure des paramètres influençant le développement de la décharge couronne dans un précipitateur fil-plan. Et aussi une description détaillé du travaille réaliser. Nous avons exposé aussi le principe de fonctionnement du notre filtre électrostatique.

C'est 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'électrofiltre réalisé.

Enfin, nous terminerons ce travail par une conclusion générale.

Pour réaliser notre travail, nous utiliserons une bibliographie riche et variée qui se rapporte à notre sujet (ouvrages, mémoires, thèses, publications, communications...).

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 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 V_a appliqué 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 électrofiltre conçu par Cottrell fonctionna de manière efficace. Le premier filtre électrostatique est né et depuis, de nombreux travaux sont consacrés aux électrofiltres.

I.2 La décharge couronne :

L'effet de couronne se produit sur tous les conducteurs et lignes soumis à une haute tension. De que le champ électrique à la surface du conducteur devient suffisamment grand (supérieur au champ d'ionisation de l'air, $\approx 30 \text{ kV/cm}$), l'air s'ionise et forme autour du conducteur une couronne lumineuse (Figure 1). [1]

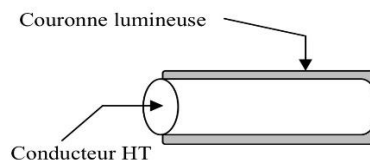


Figure I.1 : Vue de l'effet couronne dans un conducteur

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 $U \geq 750$ 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 électrique :

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. [1]

Donc on constate 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. [2]

I.4 Mécanisme de la décharge couronnes :

La décharge couronne 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 nous appliquons un haut potentiel électrique tandis que l'électrode passive est une plaque ou une grille (figure 1.1). [3]

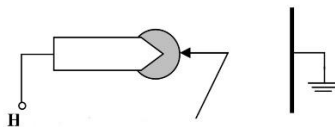


Figure 1.2 : Zone où se produit l'effet couronne.

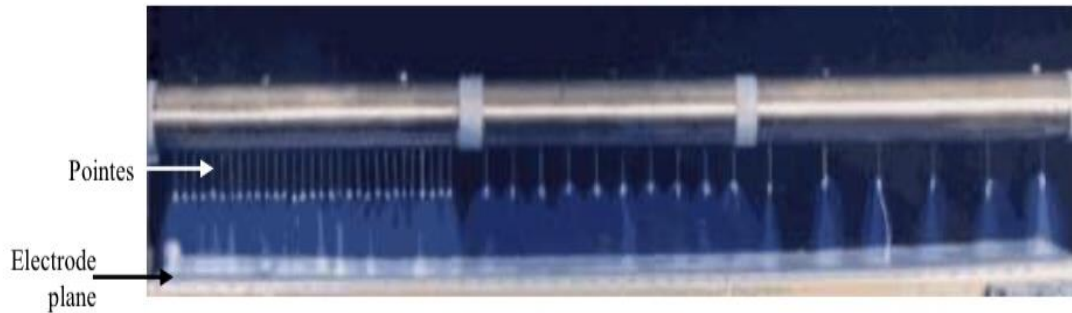


Figure 1.3 : Décharge couronne lumineuse produite entre des pointes et une électrode plane reliée à la terre .

Nous obtenons alors une décharge couronne Volumique. La dissymétrie des électrodes conduit à un champ électrique inhomogène dans L'espace inter-électrodes. Dans cette configuration pointe- plaque, le champ électrique au Voisinage de la pointe est intense ce qui permet l'ionisation.

L'électrode passive sert alors à Collecter les charges.

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 :

$$E(x) = \frac{V}{\left(x + \frac{r_0}{2}\right) \ln\left(\frac{2d+r}{r}\right)}$$

(I.1)

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

Lors d'une configuration fil-plaque, **Lacoste et al. (2004)** ont utilisé :

$$E(x) = E_i \cdot r/x \tag{I.2}$$

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)

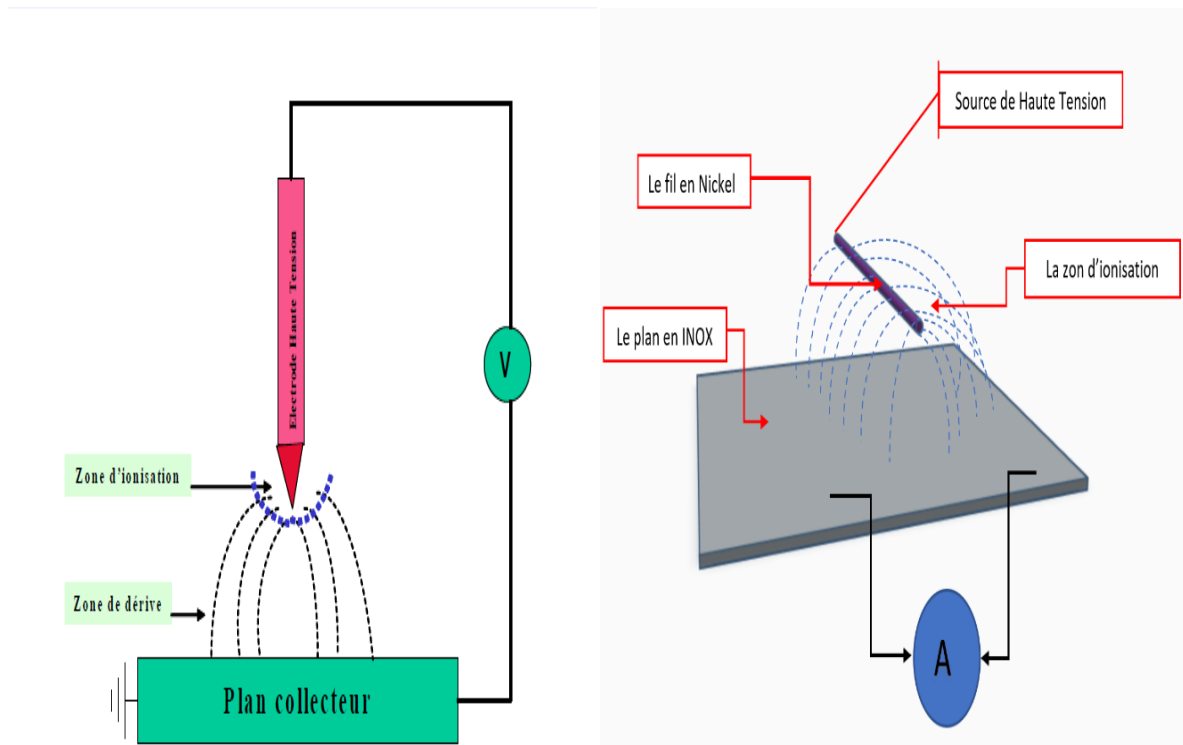


Figure I.4 : Topographie de la décharge couronne volumique en configuration pointe – Plan ainsi fil-plan [4]

Dans la première zone, dite « **d'ionisation** », localisée près de la pointe le champ électrique au est intense ce qui permet l'ionisation des molécules, juste après cette zone se trouve la zone « **dérive** » qui possède un champ électrique plus faible où les particules ionisées dérivent l'électrode passive sert alors a la collection des charges.

I.5 Les différents types de la décharge couronne :

I.5.1 décharge couronne positive :

La décharge couronne positive est celle qui se produit quand la pointe est portée à un potentiel positif et la plaque à la terre. Dans ce cas, dans la zone de champ intense autour de la pointe, des électrons sont produits par photo-ionisation et sont accélérés vers l'anode (la pointe). Autour de celle-ci, se développe alors une région de forte ionisation : zone en pointillé à la figure (I.4). Les ions positifs ainsi créés sont repoussés par l'anode, sous l'effet des forces de Coulomb, jusqu'à une distance de la pointe (inférieur au millimètre) au de la de

laquelle le champ électrique trop faible ($< 30 \text{ kV/cm}$ dans l'air à pression atmosphérique) ne permet plus la création d'ions positive.

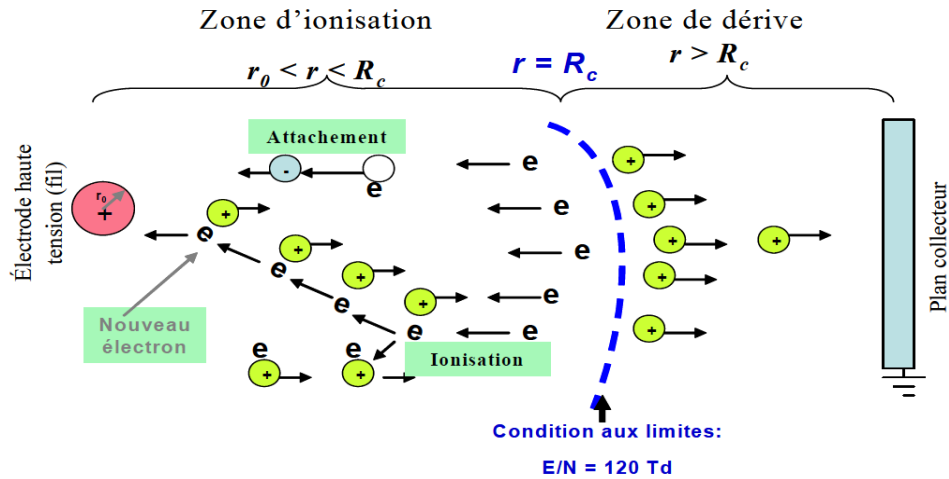


Figure I.5 : Descriptif de la décharge couronne positive [5]

Les ions positifs migrent donc vers la cathode (la plaque). Cette zone unipolaire, puisqu'il n'y a que des ions positifs, est appelée région de « dérive ». Pour cette décharge, il y a un avancement de streamers, qui se propage en quelque sorte comme une extension de l'anode. D'après les modélisations de Loiseau *et al.* [6], la décharge est composée d'une phase de propagation du streamer (durée de la propagation de 50 ns à la vitesse de 210 m/s) et d'une phase de restauration pendant laquelle les ions dérivent. Ces deux phases forment un cycle de fréquence de 10 kHz.

Le courant de décharge n'est donc pas continu, mais correspond à une succession de phénomènes transitoires.

Goldman *et al* en 1985 [7] indique qu'un courant positif de $50 \mu\text{A}$ se décomposerait en un courant unipolaire continu de $20 \mu\text{A}$, distribué uniformément à la surface de la cathode, et de streamers contribuant à $30 \mu\text{A}$ percutant la cathode à une fréquence de 10 kHz.

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 en 1982 [8] expliquent que les ions positifs alors créés reviennent rapidement à la cathode

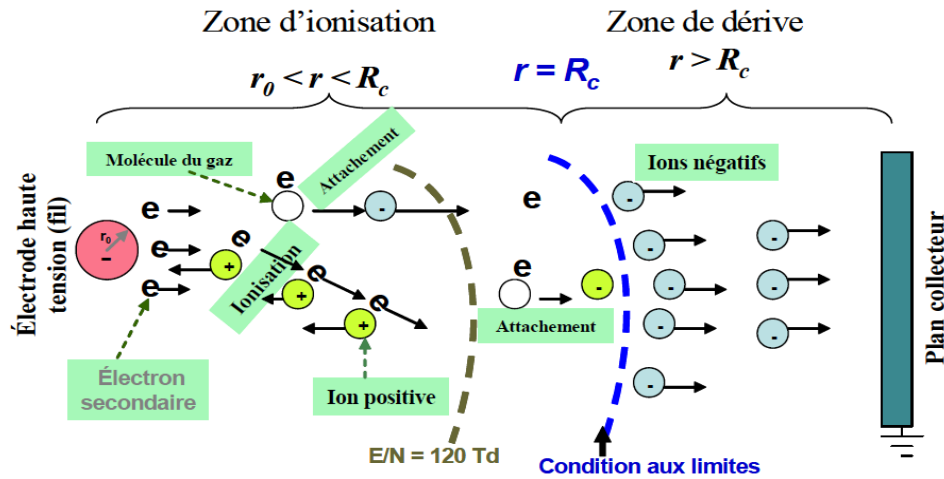


Figure I.6 : Descriptif de la décharge couronne négative [9]

Seuls les ions négatifs créés par attachement dans une zone où le champ est plus faible peuvent migrer vers la plaque. De plus, lorsque la haute tension dépasse un seuil, il y a passage à l'arc. Le courant de cette décharge est dû à des impulsions de Trichel où la fréquence qui dépend de la tension appliquée. Ces impulsions sont régulières et sont dues au champ électrique qui s'affaiblit au voisinage de la cathode. Les ions négatifs empêchent en effet la multiplication des avalanches électroniques.

Une fois ces ions migrés vers l'anode, de nouvelles avalanches apparaissent. L'intervalle entre deux pics de courant, impulsions de Trichel, dépend donc du temps nécessaire aux ions négatifs à atteindre l'anode.

Les mécanismes physico-chimiques au sein des décharges couronnes sont assez complexes et sont actuellement étudiés par les physiciens des plasmas, car ils ne sont pas encore totalement connus.

I.6 Approches théoriques de la décharge couronne pour la précipitation électrostatique :

On peut déterminer le champ seuil E_s de la décharge couronne à la surface de la nappe, où le système nappe de fils-deux plans est équivalent à un système cylindrique coaxiale (fil-cylindre) [10] :

$$E_s = \frac{U_s}{r_0 \cdot \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)} \left(\frac{KV}{cm}\right) \quad (I.3)$$

Avec : $R = \frac{a}{2\pi} \exp \frac{\pi d}{a}$

Ou :

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 fils voisins ;

d : distance nappe de fils-plan.

Pour un nombre important de fils de la nappe, la tension U_s et le champ seuil E_s deviennent indépendant de nombre de fils de la nappe. A une distance X_c de la surface de la nappe, le champ électrique est égal au champ critique du minimum d'ionisation E_c donné par :

$$E_c = \frac{U_s}{(r_0 + X_c) \ln \frac{R}{r_0}} \quad (I.4)$$

La longueur critique d'avalanche est égale à :

$$X_c = \left(\frac{E_s}{E_c} - 1\right) \cdot r_0 \quad (I.5)$$

En 1929, Peek a proposé une loi empirique pour déterminer le champ seuil de l'effet couronne d'un conducteur cylindrique en fonction du champ superficiel, du rayon du conducteur, et de la densité de l'air

Il l'a écrite sous la forme :

$$E_s = 31 \cdot \sigma \cdot \left(1 + \frac{0.308}{\sqrt{\sigma \cdot r_0}}\right) (KV/cm) \quad (I.6)$$

$$\delta = \frac{\rho}{76} \cdot \frac{298}{273+T} \quad (I.6.1)$$

La relation (I.6) n'est vérifiée que pour des surfaces parfaitement polies. La rugosité superficielle diminue le champ seuil ; on tient compte de cette influence en attribuant au conducteur un coefficient d'état de surface. Le champ seuil E d'un conducteur non poli s'exprime alors sous la forme [12] :

$$E = m.E_s$$

(I.7)

De nombreuses formules empiriques ont été proposées sous :

$$E_s = F. \left(1 + \frac{G}{r_0^B}\right) \quad (I.8)$$

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

Popkov [6] propose une forme d'équation pour la géométrie nappe de fils – deux plans :

$$E_s = \frac{U_s}{R_0 \left[\ln \left[\frac{a}{2\pi r_0} \right] + \pi \cdot \frac{d}{a} \right]} \quad (KV/cm) \quad (I.9)$$

I.7 Application utilisant la décharge couronne :

La décharge couronne est utilisée dans plusieurs domaines tel que :

I.7.1 Parafoudre :

L'effet couronne augmente la conductivité de l'air autour de la pointe ; le canal de la foudre qui opte pour le chemin le moins résistant est capté par le paratonnerre (Figure I.7). [1]

I.7.2 Neutralisation :

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

I.7.3 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]

I.7.4 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 e). [1]

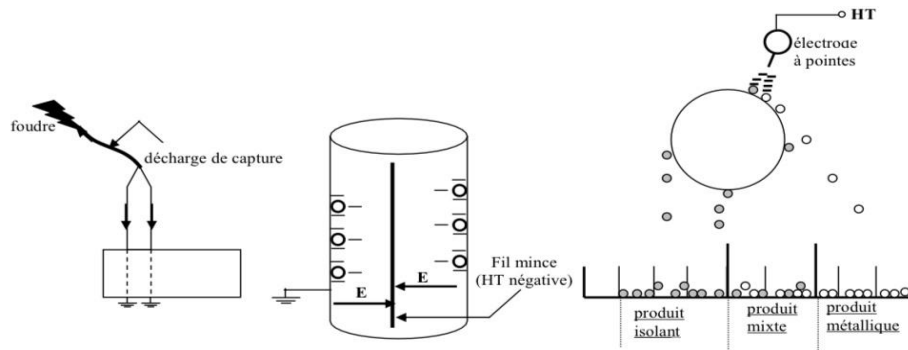


Figure I.7: Parafoudre

Figure I.8:EPS

Figure I.9:Séparateur électrostatique

I.8 Origine de la technologie des EPS :

La paternité du premier précipitateur électrostatique est souvent attribué à Frederick Gardner Cottell, sous la forme d'un brevet déposé en 1908 : "Art of séparation suspended particules from gaseous bodies". A l'origine, cette technologie fut mise au point afin de protéger les vignes californiennes des rejets industriels d'usines d'extraction de métaux et de production d'acides voisines. [13]



Figure I.10 : Tour de refroidissement et précipitateur électrostatique de l'incinérateur Basingstoke.

I.9 Description des PES :

Le filtre électrostatique est utilisé pour éliminer les particules nocives dans le gaz. Il élimine les particules fines, comme la poussière et la fumée, du gaz qui s'écoule en utilisant la force d'une charge électrostatique induite sans empêcher l'écoulement des gaz à travers l'unité.

Comme les filtres électrostatiques créent peu de perte de charge et sont extensibles, ils sont largement utilisés dans les grandes chaudières et les cimenteries. Ils peuvent traiter des gaz au-delà de 350°C et des gaz très humides. Il sert de filtre final permettant d'éliminer les particules d'environ 0,05 μm . [14]

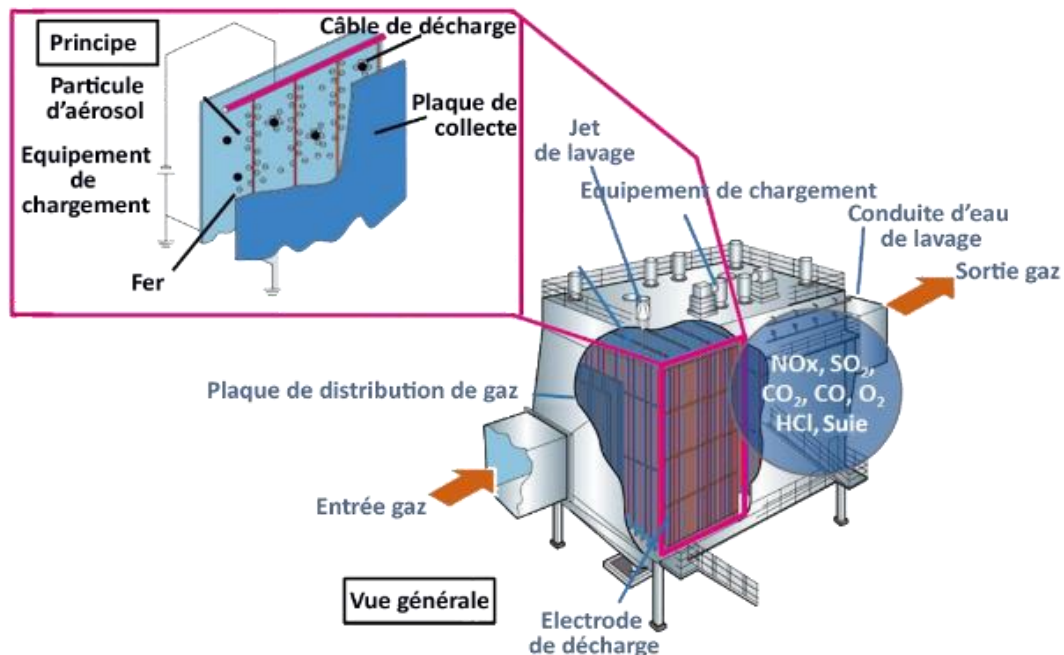


Figure I.11 : Instrumentation adaptée au filtre électrostatique. [3]

Ils sont composés de six éléments principaux [15] :

1. Une source de haute tension.
2. Des électrodes de décharge et électrodes de collecte.

3. Entrée et sortie pour le gaz.
4. Récipient pour l'élimination des substances collectées.
5. Un système électronique de nettoyage.
6. Un boîtier extérieur pour enfermer les électrodes (carcasse du précipitateur).

Le filtre électrostatique se décompose en deux parties essentielles : un système d'ionisation et un système de collecte.

Le filtre électrostatique contient une ligne des électrodes (fils) très fines devant une pile des plaques métalliques. L'air passe entre les fils, puis entre les plaques. L'air contaminé aspiré est chargé positivement en passant à proximité des fils dans la partie d'ionisation et lorsque ces particules ionisées arrivent entre les plaques (partie de collecteur) est chargées négativement, elles sont attirées par les plaques du fait du champ électrique. [15]

Les gaz peuvent être ou non prétraités avant d'entrer dans le précipitateur. Le prétraitement peut consister en l'enlèvement de grosses particules par des procédés mécaniques ou en additionnant des produits chimiques au gaz pour changer les propriétés physiques du gaz dans le but d'améliorer l'action du précipitateur. [25]

I.10 Description du fonctionnement d'un électrofiltre :

Le principe de fonctionnement d'un électrofiltre est basé sur trois principes :

1. Charger électriquement les particules en suspension dans les gaz à traiter ;
2. Collecter les particules chargées par l'intermédiaire d'un champ électrique ;
3. Enlever les poussières précipitées sur les plaques de collection. [16]

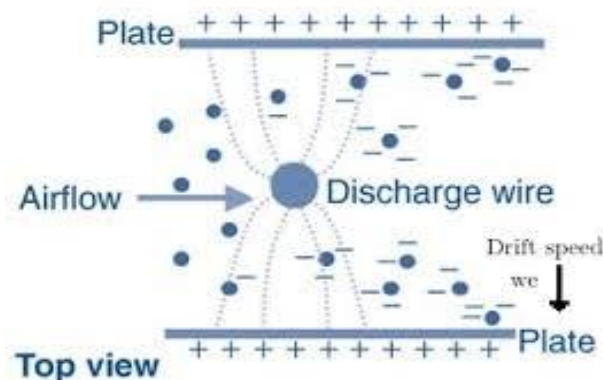


Figure I.12 : Vue schématique des poussières dans un ESP

Le fonctionnement d'un électrofiltre est relativement simple, mais la description et la compréhension de tous les phénomènes entrant en jeu dans la filtration est encore un sujet d'étude largement traité. Le principe des précipitateurs électrostatiques repose sur le passage du gaz porteur de particules entre deux électrodes (fil- cylindre, fil- plan, ...), où est appliquée une forte différence de potentiel. Due à la dissymétrie des électrodes, une décharge électrique est générée, utilisée comme source d'ions qui va permettre de charger les particules en suspension dans le gaz. Les particules chargées sont ensuite déviées par le champ électrique, et migrent vers la contre-électrode où elles sont collectées [19]

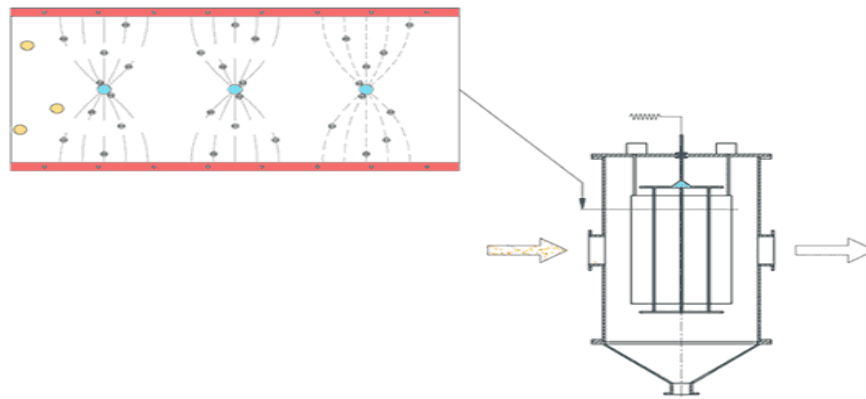


Figure I.13 : Schéma principal de fonctionnement d'un électrofiltre.

L'accumulation de particules sur l'électrode de collecte nuisant à l'efficacité du procédé, le nettoyage des plaques est effectué régulièrement. Si les particules sont liquides, le liquide tombe de l'électrode par gravitation. Si les particules sont solides, la couche de poussière collectée sur l'électrode est périodiquement enlevée en frappant les électrodes. La décharge électrique utilisée dans les installations industrielles est souvent négative et donc les particules sont chargées négativement. Ce choix est dû à la tension de passage à l'arc, plus grande, pour une géométrie donnée, en polarité négative qu'en polarité positive.

I.11 Différents types d'électrofiltres :

On distingue plusieurs types de précipitateurs :

- les électrofiltres à un seul étage,
- les électrofiltres à double étage,

- les électrofiltres humides.

I.11.1 Les électrofiltres à un seul étage :

Les électrofiltres à un seul étage sont les plus utilisés dans les applications industrielles à cause de leur construction plus simple et de leur robustesse en fonctionnement, L'ionisation et la collecte des particules sont réalisées simultanément tout au long de l'électrofiltre.

Les électrofiltres à un seul étage n'occasionnent que de faibles pertes de charge et sont donc recommandés pour traiter les grands débits gazeux. [17]

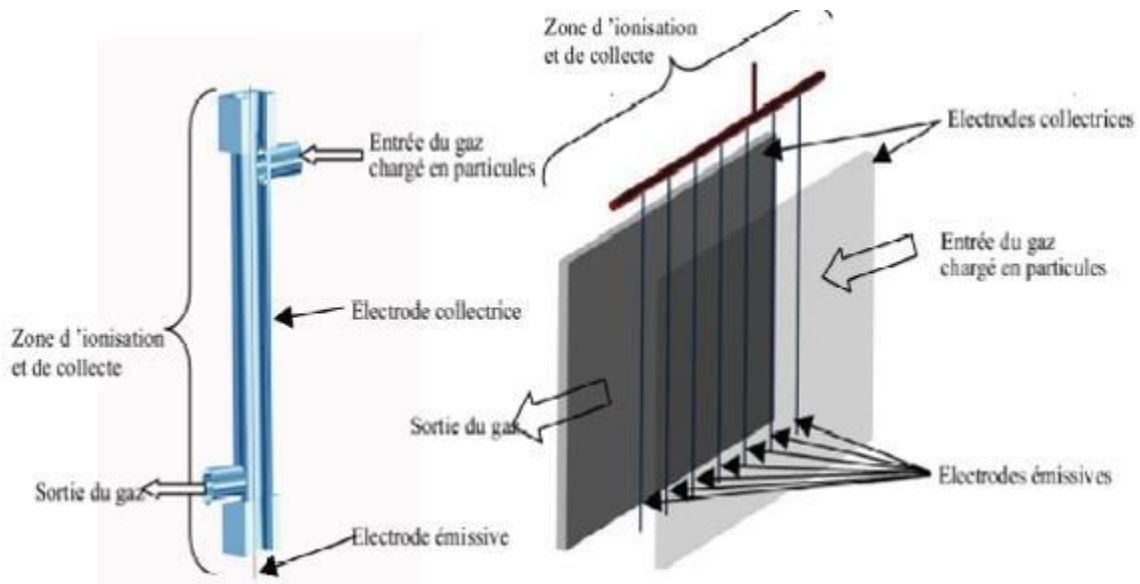


Figure I.14 : Electrofiltre a un seul étage fil-cylindre à gauche, fil-plaque à droite]

Le rendement d'épuration peut atteindre 99 % pour des particules fines de l'ordre du micromètre. Le minimum d'efficacité apparaît pour des poussières de diamètre ϵ Cependant le coût d'investissement est très élevé et la dépense électrique est de l'ordre de 1 Wh/m³ traité [18].

Un précipitateur électrostatique peut être alimenté par une haute tension de polarité positive ou négative. Cependant, pour une configuration d'électrofiltre donnée, la valeur électrique de l'amorçage de la décharge couronne, ainsi que celle de claquage entre les

électrodes sont plus grandes en polarité négative qu'en polarité positive. Afin d'obtenir un maximum de l'intensité du champ électrique et d'efficacité de collection, les électrodes d'ionisation des filtres industriels sont portées à un potentiel négatif et les plaques collectrices sont reliées à la terre. [19]

I.11.2 Les électrofiltres à deux étages :

Les filtres électrostatiques à double étage ont une construction plus compliquée ce qui conduit à des coûts de fabrication plus élevés. Les filtres électrostatiques à double étage sont équipés d'un premier étage ionisant dans lequel les particules sont chargées suivi d'un filtre électrostatique proprement dit. Les deux étages d'un tel filtre sont alimentés séparément en tension ce qui nécessite en général une double source de haute tension.

La **figure I.15** présente une vue schématique d'un précipitateur à deux étages ayant des électrodes de collecte sous forme de plaques.

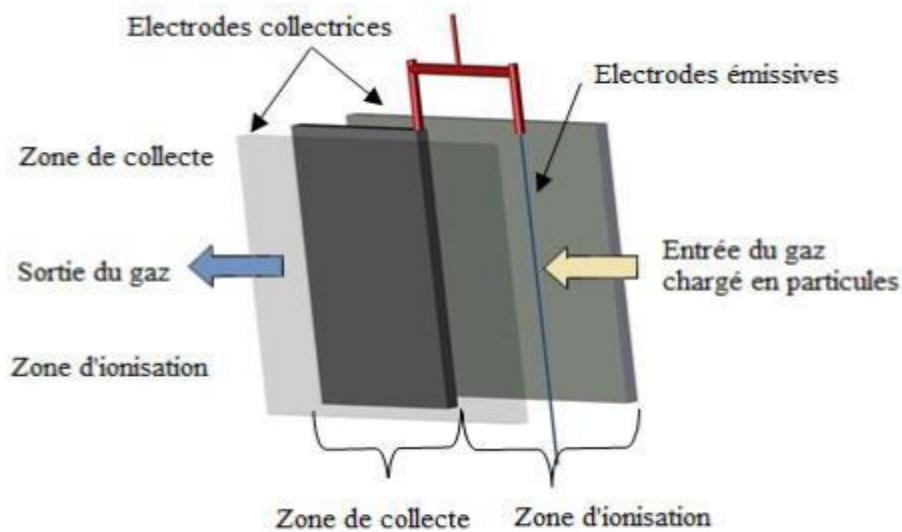


Figure I.15: Electrofiltre à deux étages fil-plaque

Ce type de précipitateur ne dispose pas de système de battage par frappe car le risque de renvoi des poussières est trop important. La récupération des particules se fait souvent par lavage des électrodes.

La polarité négative, utilisée dans les précipitateurs électrostatiques industriels, présente une tension d'allumage plus faible et une tension d'amorçage plus élevée, beaucoup plus stable que la polarité positive. Cette dernière, a la caractéristique d'avoir une réactivité chimique négligeable qui a pour conséquence de produire moins d'ozone [20].

Ce type de filtre est principalement pour la filtration de l'air ambiant dans certains bâtiments et halles de production.

I.11.3 Les électrofiltres humides :

Les électrofiltres peuvent être classifiés, selon le procédé qu'ils utilisent, en précipitateurs à sec et précipitateurs à liquide. Si les fines particules sont enlevées des électrodes de collecte seulement par grattage ou par vibration, on parle de précipitateur à sec. Si de l'eau ou un autre fluide est utilisé pour leur élimination, on parle de précipitateur à liquide. Le principe de base est montré sur la **figure I.16**.

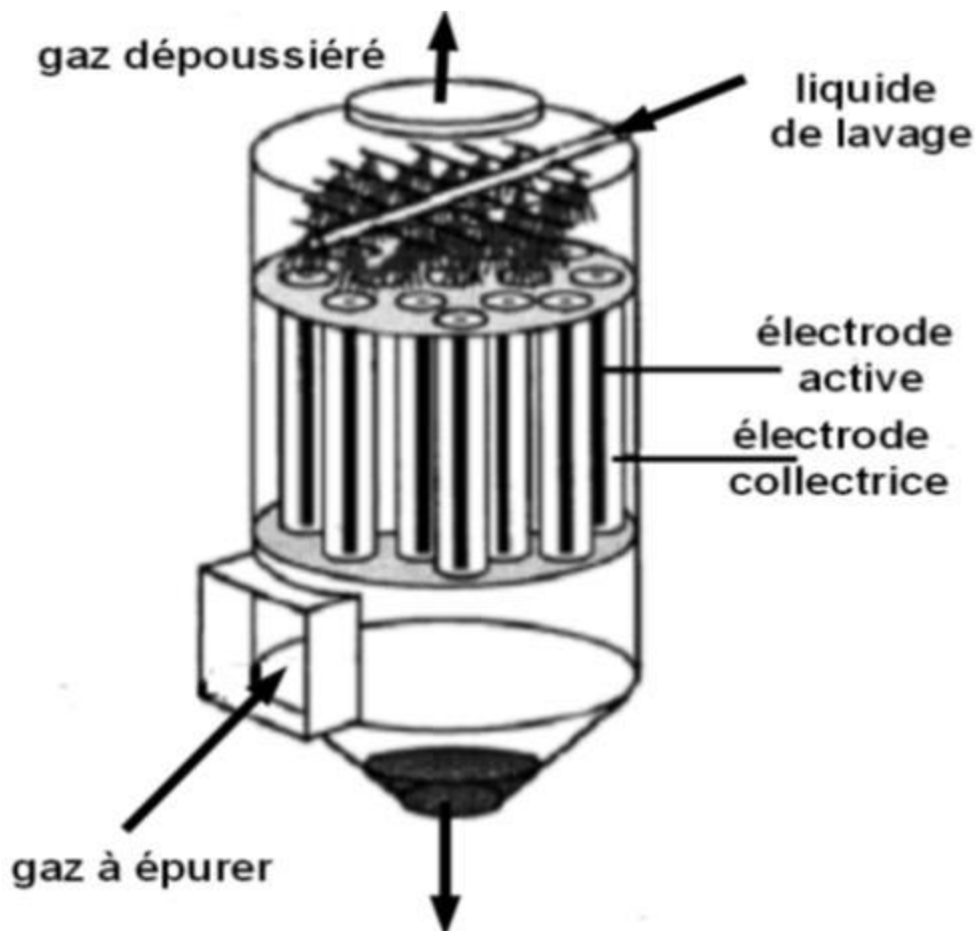


Figure I.16: électrofiltres humide

La réalisation technique d'un électrofiltre humide est beaucoup plus compliquée car, dans ce cas, il est nécessaire d'ajouter un système de pompage et de distribution d'eau sur les électrodes de dépôt. En plus, l'effluent à traiter est au préalable saturé en vapeur d'eau ce qui demande une très bonne régulation du courant à travers l'espace inter-électrodes afin d'éviter des courts circuits. Tout ceci conduit à des coûts d'investissement et à des dépenses d'énergie très élevés par rapport aux filtres secs.

Malgré tous les difficultés de construction, l'électrofiltre possède énormément d'avantage dans les applications industrielles parmi lesquels les plus importantes sont :

- ❖ Les rendements de filtration sont supérieurs à ceux des électrofiltres secs;
- ❖ Le réentraînement des particules collectées est inexistant;
- ❖ Les performances de séparation sont indépendantes de la résistivité des poussières. [21]

I.12 Les avantages et les inconvénients d'un précipitateur électrostatique :

I.12.1 Les avantages :

- Résistance au gaz chaud (jusqu'à 300 ° C),
- Capacité de séparation élevée (degré de séparation supérieur à 99 %)
- Frais de fonctionnement réduits en raison de la faible perte de pression
- Frais d'entretien réduits (pas de manches filtrants de remplacement nécessaire),
- Grande durée de fonctionnement et grande disponibilité,
- pas de perte de pression [22]

I.12.2 Les inconvénients :

- Encombrement (vitesse d'écoulement des gaz faible donc volume élevé),
- Coût de génie civil élevé, lorsque le filtre est placé en intérieur,
- Coût d'investissement minimal incompressible quel que soit la puissance de la chaudière
- Habilitation électrique nécessaire pour la maintenance (haute tension). [22]

I.13 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.

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 de haute tension du Centre Universitaire Belhadj BOUCHAIB Ain Temouchent, dont le dispositif principal étant le fil-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. Un encadreur a accompagné l'équipe du projet pour une meilleure utilisation, 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 :

Glassman High Voltage DC séries LT, ce modèle génère un courant variable entre 0 et 30 mA et de tension variable entre 0 et 80 kV et supporte le court-circuit en cas de décharge du courant (tension de claquage) dans l'expérience. [23]



Figure II.1 : Source de Haute Tension modèle Glassman, séries LT. [23]

II.2.2 Multimètre numérique :

Multimètre numérique MCP, ce modèle permet à l'utilisateur de tester, mesurer et de lire à plusieurs échelles, les unités les plus importantes qui ont été mesurées sont : la continuité, la densité de courant et la tension.

Il s'agit d'un outil standard de diagnostic pour les techniciens des domaines de l'électricité et de l'électronique.



Figure II.2 : Multimètre numérique de table MCP. [24]

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 minimum de temps, sa gamme de mesure : 0.3...20 m/s, avec précision : ± 0.1 m/s ou ± 1.5 % vm. [25]



Figure II.3 : Anémomètre thermique à hélice - Sonde à hélice de précision. [25]

II.2.4 Thermo-hygromètre de précision :

Appareil compact pour la mesure de l'Humidité relative et de la Température. Le capteur est mobile (Wireless) il peut être déporté de l'appareil en insérant un cordon de liaison intermédiaire. L'humidité et la température.



Figure II.4 : Thermo-hygromètre de précision modèle Testo. [26]

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 : 24000g, Min : 240g.



Figure II.5 : Balance de laboratoire électronique. [27]

II.2.6 Autotransformateur :

Les autotransformateurs sont une sorte de transformateur électrique a un enroulement qui délivre une tension variable, il est également utilisé comme un régulateur de vitesse de notre souffleur.



Figure II.6 : Autotransformateur.

II.2.7 Transformateur numérique :

C'est un dispositif électronique utilisant un éventuel redressement à l'aide d'une diode suivi par un filtre capacitif qui permettent le réglage de la tension.



Figure II.7 : Transformateur numérique. [28]

II.2.8 Souffleur aspirateur électrique :

L'outil suivant est utilisé pour créer un flux d'air et souffler la poussière. Pression d'air 560mm, volume d'air 2.8m³ / min, puissance 600W 220V-50/60Hz.



Figure II.8 : Un Souffleur-Aspirateur électrique. [29]

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.

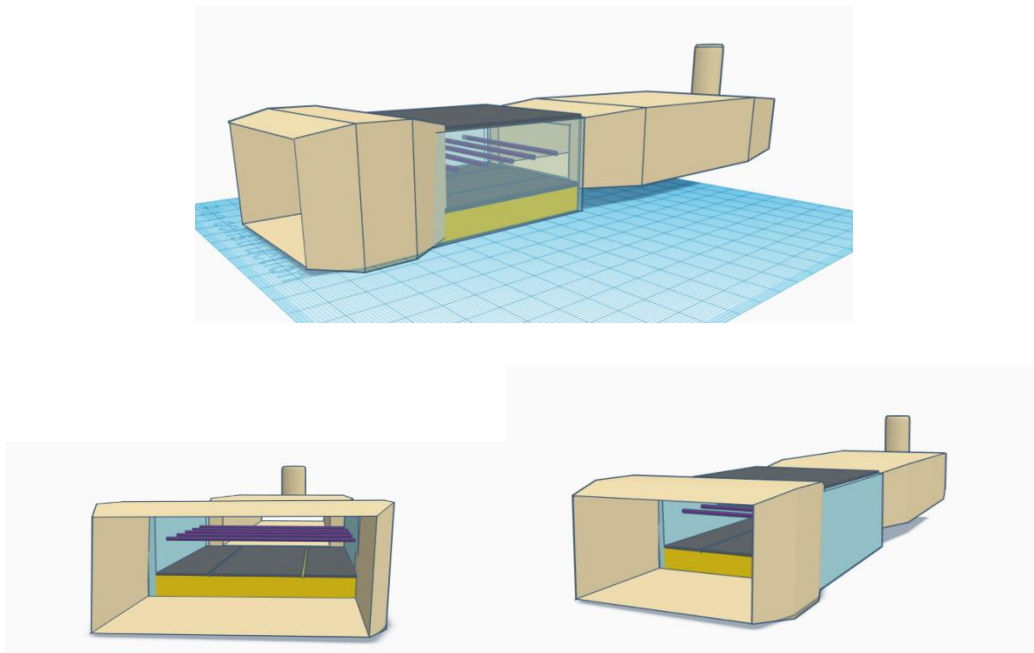


Figure II.9: Constitution du dispositif expérimental. [30]

II.3.1 Système d'injection :

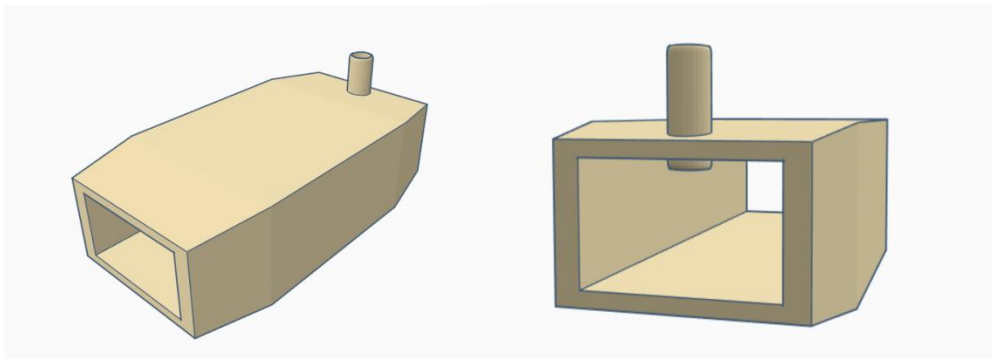


Figure II.10 : Le système d'injection. [29]

Le système d'injection est composé de :

- Un autotransformateur.
- Un souffleur.
- Une entrée de poussière
- Un circuit rectangulaire en PVC de longueur de 20cm pour le passage de poussière.

Le système d'injection utilisé dans cette expérience est celui de l'ensemble des matériaux décrit précédemment.

Il est composé de deux paramètres physiques principaux, le vent et la poussière, ces paramètres et vont créer un écoulement de vents poussiéreux dans le circuit rectangulaire qui le vent affecté.

Un flux d'air pollué a été créé pour atteindre la zone d'ionisation

II.3.2 Système d'ionisation et de collection :

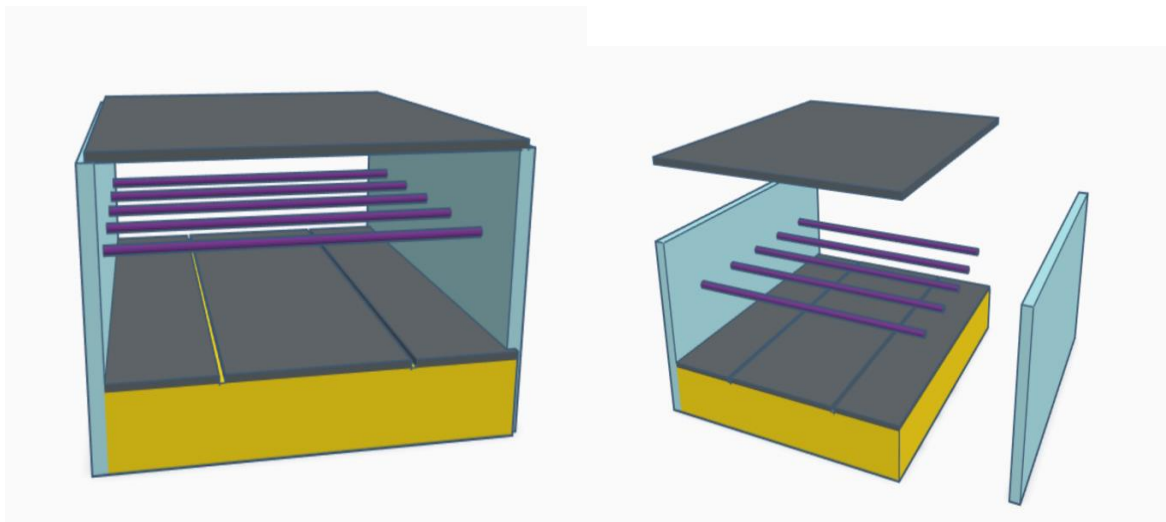


Figure II.11 : Le system d'ionisation. [30]

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

- Enceinte en plexiglas d'épaisseur 5mm.
- Fils en Nickel de Diamètre 0.4mm.
- 2 Plans rectangulaire en acier inoxydable de longueur 23cm et de largeur 30cm.

Le système d'ionisation utilisé est celui l'ensemble des matériaux décrit précédemment pour la performance de cette expérience et afin d'obtenir des résultats satisfaisants, les matériaux utilisés sont résistants à plusieurs influences extérieures telles que : la corrosion, claquage effet couronne, ces ensembles de matériaux se compose de :

II.3.2.1 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. [31]

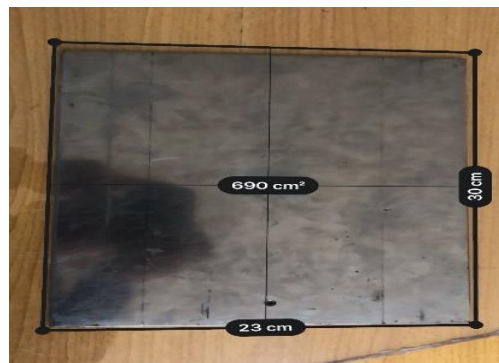


Figure II.12 : Photo du plan INOX qui a été utilisé dans l'expérience.

II.3.2.2 Le Nickel :

Le Nickel est aussi un élément présent dans de nombreux alliages, tels que : la composition des bijoux. Se présentant sous la forme d'un métal blanc ou argenté, le

Nickel est un métal ductile. Il possède une bonne résistance à l'oxydation et à la corrosion et est ferromagnétique. [32]



Figure II.13 : Une bobine de fil en Nickel. [33]

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 Le ciment :

La composition classique du ciment est de 80 % de calcaire et 20 % d'argile. La composition de base des ciments actuels est un mélange de silicates et d'aluminates de calcium, résultant de la combinaison de la chaux (CaO) avec de la silice (SiO₂), de l'alumine (Al₂O₃), et de l'oxyde de fer (Fe₂O₃). [32]

II.4.2 La sciure de bois :

Le bois proprement dit est un mélange de trois polymères naturels : cellulose, lignine et hémicelluloses, dans la proportion approximative de 50%, 25%, 25%, en fonction de l'espèce. [32]

II.5 Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement de ce système est soumis à un protocole spécifique :

D'abord, l'assemblage de deux systèmes « Ionisation, Injection » (voir Figure II.14.15) il donne un prototype qui permet de filtrer l'air pollué qui le traverse, Le système d'ionisation composé de fils à faible rayon de courbure entre deux plans avec une hauteur bien défini et avec des supports isolants en plexiglas, ce mode permet la création du champ magnétique, après l'alimentation des fils par une source haute tension continue délivrant une tension allant de 0 à 80 kV, ces fils sont désignés autant que des électrodes actives ou appelés aussi l'électrode émetteur, ce phénomène définit **l'effet couronne**.

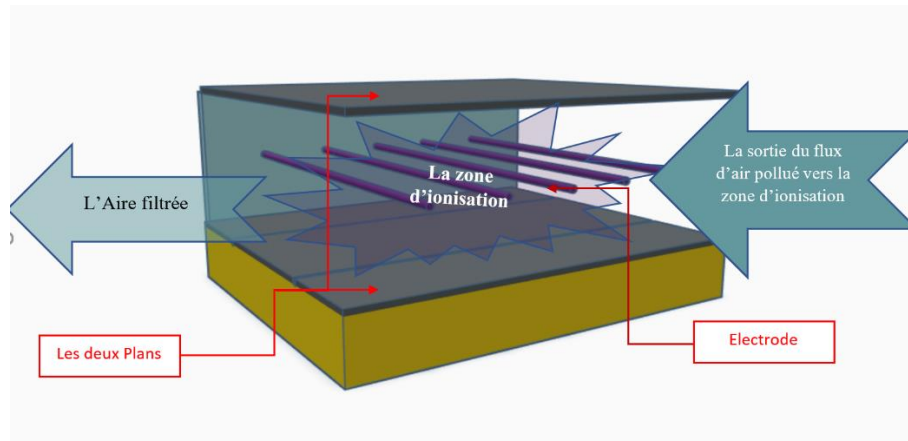


Figure II.14 : Le system d'ionisation.

Les deux plans qui sont mis à la terre, et ionisés par le courant de décharge (ou le champ électrique) qui est distribué par les électrodes sur la surface des plans, ce dernier sera mesuré par un ampèremètre relié en série avec la surface de ces deux plans.

Le système d'injection 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.

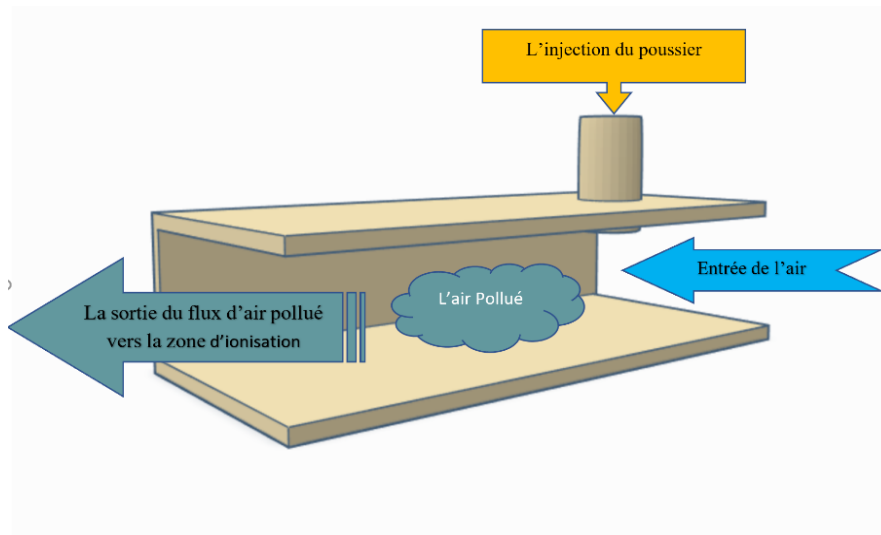


Figure II.15 : Le système d'Injection.

Le passage de la poussière injectée est assuré par un souffleur de vitesse variable à l'aide d'un autotransformateur.

La poussière pénètre à l'intérieur de l'espace entre les électrodes par effet couronne, par conséquent une ionisation du gaz autour du fil métallique, ce qui résulte la création des ions et des électrons. Ces particules micro-niques vont bombarder les molécules de poussière qui se chargent d'électricité et vont être dérivées vers la surface des plaques sous l'effet du champ électrique. En outre, la poussière non collectée va être récupérée dans une enceinte de récupération.

II.6 Conclusion :

La partie expérimentale est une suite des observations et de différentes investigations, car elle constitue la phase principale de vérification des hypothèses retenues aux moyens des outils appropriés toutes en vulgarisant à l'aide de plusieurs manipulations au niveau de laboratoire.

L'efficacité de ces équipements qui sont détaillés ci haut, est la principale source de la VALIDITE ou NON des hypothèses retenues pour ce projet.

Dans ce chapitre nous avons présenté une description détaillée du dispositif expérimentale et aussi tous les moyens expérimentaux mis en œuvre lors de ce travail et les

différents types des particules utilisées, ainsi le principe de fonctionnement de notre prototype réalisé.

Nous allons procéder au chapitre suivant à une étude d'analyse ET d'interprétation en fonction des différents résultats obtenus au niveau de laboration, au but de prouver la conformité de notre précipitateur électrostatique "en nappe de fils deux plans" aux contraintes posées.



Chapitre III
Résultats et discussion

III.1 Introduction :

Une expérience scientifique repose en premier lieu sur des observations, suivies d'une ou des hypothèses. Elle consiste donc à examiner, tester, vérifier et contrôler la VALIDITE ou NON de ces hypothèses retenues, tout en modifiant des paramètres qui sont les variables et ce au moyen d'un dispositif expérimental appropriés pour permettre le contrôle de ces paramètres et par conséquent mesurer leurs impacts. Pour cela, nous avons consacré le dernier chapitre pour l'analyse et la discussion des résultats obtenus de la précipitation électrostatique dans l'électrofiltre en configuration « fils –plan ».

Le but de ce travail est d'étudier un ensemble de facteurs qui peuvent influencer sur le processus de la filtration, cette étude sera divisée en deux parties essentielles.

Le premier volet est consacré au traitement de la caractéristique **courant- tension** dans plusieurs configurations. En traçant les graphes des caractéristiques courant-tension pour différents paramètres (polarité, distances inter-électrodes, etc...).

Le principe des essais consiste à mesurer le courant collecté par les deux plans pour différentes tensions de polarisation à l'aide d'un multimètre numérique.

Le deuxième volet est consacré à l'étude des différents facteurs qui influent sur l'efficacité de l'électrofiltre.

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 couronné et par conséquent un moyen de protection de l'environnement contre la poussière,

III.3 Les Etapes de l'expérience :

III.3.1 Observations : Un précipitateur à effet couronne « PES » a été mentionné comme un moyen simple de captage de poussière.

III.3.2 Hypothèse : Le filtre des poussières de la cimenterie de Bénisaf désigne le principal obstacle dans la bonne conduite des opérations de production, la santé des employés et l'environnement des riverains.

III.3.3 Expérience : C'est là où on réalise les différents essais

III.3.4 Préparation :

Avant d'entamer les différentes étapes de ce projet, une réunion de démarrage des travaux avec l'ensemble du groupe. Cette réunion a pour objet de finir les modalités, mode opératoire à suivre pour mettre tous les intervenants au même niveau d'information.

Une séance de vulgarisation de l'aspect Sécurité sur l'utilisation et la manipulation des équipements a été formalisé, elle consiste la lecture des fiches techniques et la plaque signalétique des outils pour connaître leurs limites d'utilisation et le contrôle des branchements, les valeurs, d'ampérage la présence des équipements inutiles et la propreté des coins.

En plus, d'une séance d'encadrement au quelle, notre professeur nous a expliqué le mode opératoire approprié et les limites d'utilisation des équipements.

Puis, le groupe a basculé vers la revue de plan de notre projet en expliquant tous les éléments de déroulement tout en mettant l'accent sur le respect des délais et les tâches assignées.

En fin de cette période de préparation, le groupe a examiné tous les documents des informations et des données liés à notre projet, en s'inspirant des expériences ultérieures dans des autres activités (Menuiseries, tanneries) et d'autre pays (USA, Allemagne....).

III.4 Mode opératoire :

Il a été initié par :

- Les branchements de tous les équipements nécessaires
- Essais et Test de bon fonctionnement,
- Etalonnage de tous ces appareils en fonction des leurs utilisation
- Paramétrage.

Le montage de ce projet comporte deux (2) éléments fondamentaux

- **Une Chambre d'Ionisation** : avec un toit et une base en plaque INOX et des parois latéraux en plexiglas, muni d'un nombre variable des Fils
- **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 Essais sur la chambre d'ionisation

Essais de décharge : Un fil-plan a été mis en place au milieu d'une plaque INOX à une hauteur de 5cm pour avoir un temps suffisant d'ionisation de la zone entre fil-plan afin d'éviter la saturation du champ électrique qui va créer un claquage peut être de l'endommagement des équipements utilisés. Cet essai a fourni des valeurs de Courant-Tension (+ et -) et répertoriées selon les graphes ci-joints :

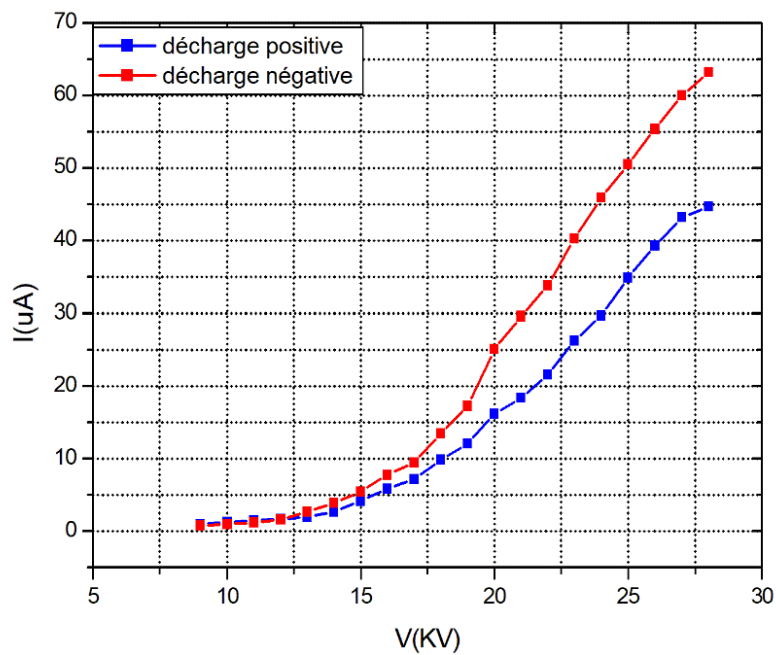


Figure III.1 : Caractéristique Courant-Tension pour un fil-plan $H = 5\text{cm}$

Pour capter le max de champs magnétique et une bonne Ionisation on a ajouté un autre plan INOX d'une hauteur de 5cm à partir du fil et cette structure ça donné les résultats suivants :

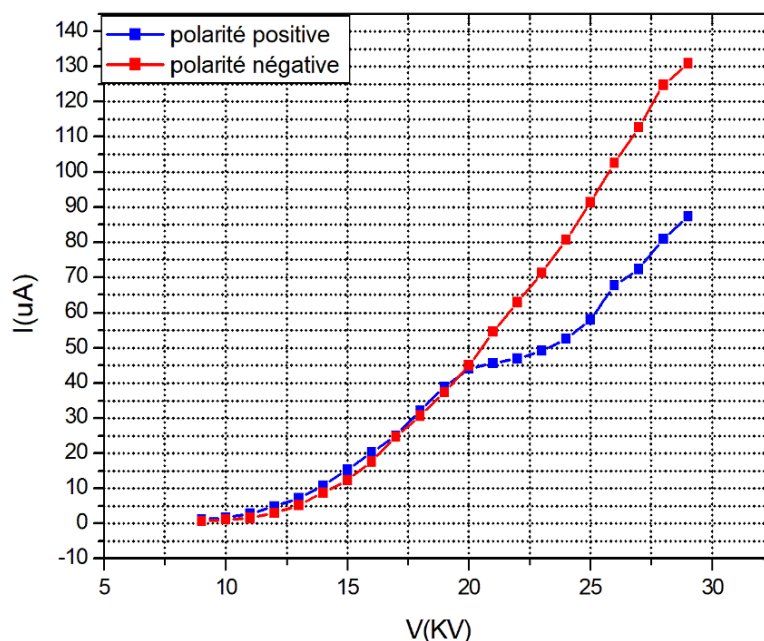


Figure III.2 : Caractéristique Courant-Tension pour un fil-2plans, H= 5cm.

Les deux graphes qui sont en haut, représentent les caractéristiques Courant-Tension, qui nous les obtenions par deux essais, Un fil-Plan et Un fil-Deux Plans, pour les deux polarités de la Tension appliquée sont représentées sur les figures (III.3.1 et III.3.2).

On remarque que le Courant de Décharge augmente graduellement avec l'augmentation de la Tension appliquée, en même temps que le Courant de décharge est plus élevé avec la polarité négative par rapport au courant de décharge avec la polarité positive, cela est dû à la mobilité des porteurs de charge.

Ce phénomène maintient sa tendance d'accroissement graduellement avec la Tension appliquée lorsqu'elle passe une certaine valeur (V_0) jusqu'au en entendant un bruit dont on observant le claquage du la zone d'ionisation.

Remarques :

*La manipulation était appliquée pour une pression atmosphérique à l'air libre

*Le rayon reste fixe pour toutes les étapes de la manipulation, tel qu'il est égale à « 0.2mm »

Pour améliorer et avancer dans les travaux de ce projet, on a ajouté une deuxième expérience qui nous a permis de choisir la bonne position d'emplacement des fils au niveau du dispositif pour les dimensions suivantes :

- Une hauteur entre plans de 10cm.
- Une largeur de 23cm sur 30cm.
- Un volume de 6900cm^3 .

Les deux plans qui séparent sont liés par deux plaques adjacentes de type Plexiglas sur les deux côtés, la figure (III.3.3) représente la partie d'Ionisation de ce projet.

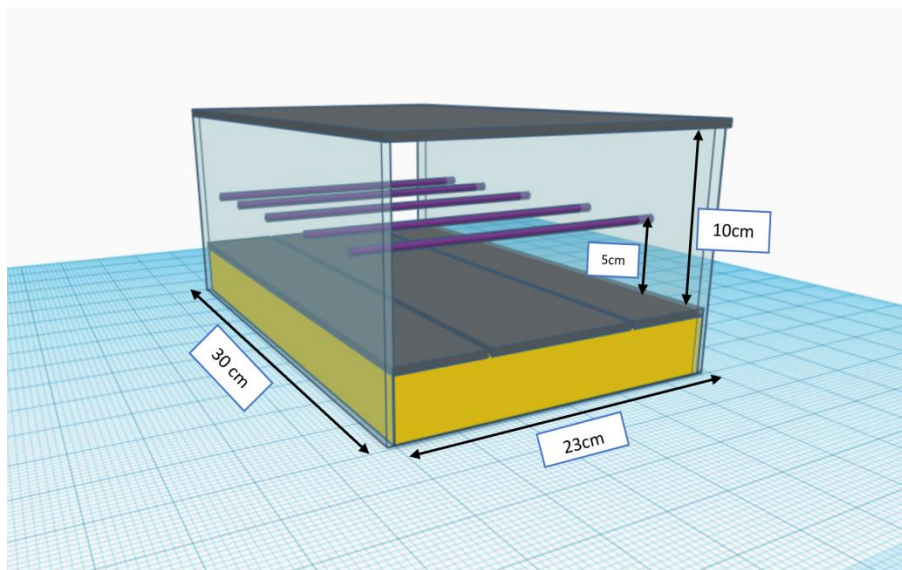


Figure III.3 : Les dimensions de la zone d'Ionisation.

Pour passer à l'étape des essais sur la sélection de la hauteur ainsi de comprendre leurs influences sur le Courant de décharge dans les deux polarités, « Positive et Négative » :

On a fixé un nombre de fils (5) d'après les informations qu'on a inspiré par la documentation, puis on passe à la phase des essais. Nous avons obtenus les résultats suivants représentés par les graphes ci-joints :

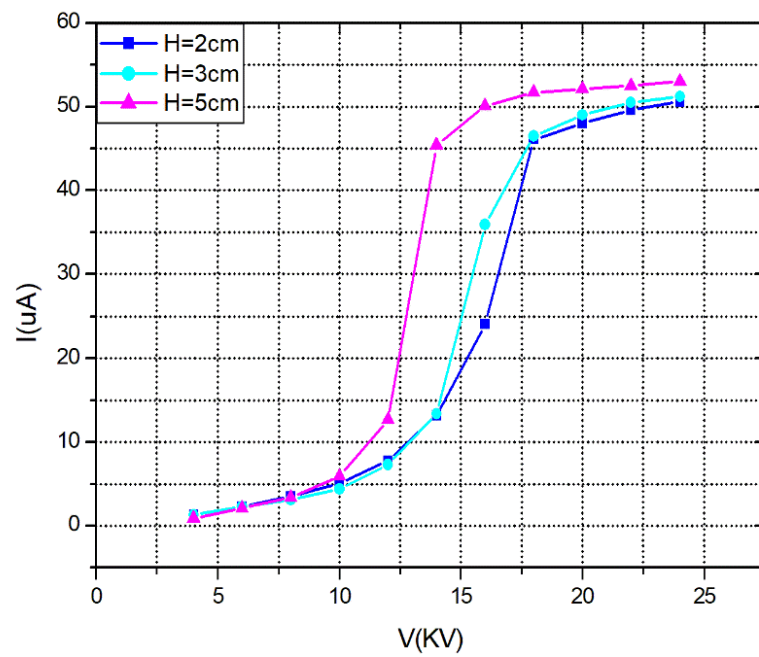


Figure III.4: Caractéristique Courant-Tension pour 5 fils -2plans, « Décharge positive »

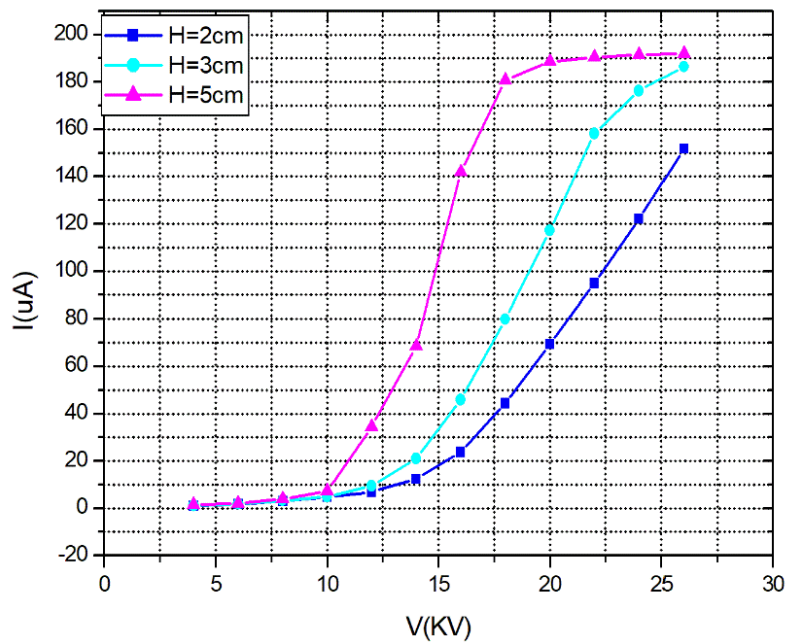


Figure III.5: Caractéristique Courant-Tension pour 5 fils -2plans, « Décharge négative »

Cette deuxième étape ou série des expériences a été entamé en premier temps, avec la mise en place d'une hauteur de 2cm ($H=2\text{cm}$) avec un seul plan, puis les deux plans, en se basant sur les résultats obtenus plus haut (dans la première série des expériences).

Le courant de décharge avec la polarité négative dans l'essai d'un et deux plans sont à proximité est plus élevés par rapport au courant de décharge avec la polarité positive quel que soit avec un ou deux plans, le courant de décharge dans la polarité positive est aussi à proximité sauf la période de claquage avec les deux plans relativement rapide en comparaison à un seul plan, car la quantité du champ électrique qui est confinée dans le volume entre les deux plans, la courbe de la caractéristique Courant-Tension a démontré que le flux du champ électrique est concentré dans un côté le plus proche aux fils.

*L'application de tension sur les électrodes pour avoir le courant de décharge, et il va générer et distribuer un champ électrique dans la zone d'ionisation.

*Ensuite une autre hauteur de ($H= 3\text{cm}$ par rapport au plan inférieur) a été mise en place pour mieux visualiser l'impact ou l'influence de la hauteur des fils par rapport aux plans.

Dans ce cas le courant de décharge maintient la même tendance d'accroissement et avec un changement dans l'amplitude et la tension de seuil avec la polarité négative est légèrement supérieure de la polarité positive avec deux plans de mesure, la polarité positive donne un courant de décharge inférieur par rapport ou polarité négative mais avec deux plans en observant le claquage un peu prématuré par rapport un seul plan du la zone d'ionisation.

Ce résultat nous a orienté d'envisager la position la plus appropriée des fils pour la bonne distribution du champ électrique dans la zone d'ionisation.

Une troisième étape a été conduite avec la mise en place d'une hauteur de 5 cm ($H= 5\text{cm}$) qui sépare les fils aux deux plans.

Il a été constaté que cet emplacement a démontré une nette progression et amélioration des caractéristiques de la décharge, la polarité négative a été influencée sur le courant de décharge à travers la tension appliquée avec une supériorité de tension de seuil.

Cet emplacement des fils-plan avec une hauteur de 5cm ($H=5\text{cm}$), a montré également des résultats plus clairs et précis par rapport aux deux étapes précédentes de $H=2$ cm ainsi, $H=3\text{cm}$, sur l'impact de la distance de séparations des fils par rapport.

Il a été constaté que plus on s'éloigne du plan inférieur et s'approche du milieu entre les deux plans (5cm et la distance entre les 2 plans : 10cm), mieux sera la répartition du courant de décharge par rapport aux deux plans.

Avec cette nouvelle schématisation de la hauteur de 5cm, Il a été constaté également que :

- ✓ Toutes les courbes ont la même tendance.
- ✓ Meilleurs résultats.
- ✓ Des visualisations plus nettes et précises des valeurs obtenues.
- ✓ Plus de séparation entre les courbes avec plus accroissement des valeurs de courant de décharge.
- ✓ Retard dans la valeur nécessaire pour le Claquage, il permet un temps d'ionisation plus important et une quantité de courant plus importante.

Afin d'identifier les d'autres influences sur la décharge couronne, on s'est dirigé vers la compréhension de l'influence de nombres des fils de l'électrode active sur la décharge couronne dans un précipitateur électrostatique (EPS), après d'avoir fixé la hauteur ($H=5\text{cm}$) et les deux plans pour améliorer les performances de dispositif, le changement du nombre de fils est passé par trois étapes, Il a été commencé par un nombre de fils de 5, 7 puis 9 fils.

Les résultats de ces dispositions ont été représentés dans le graphe ci-après :

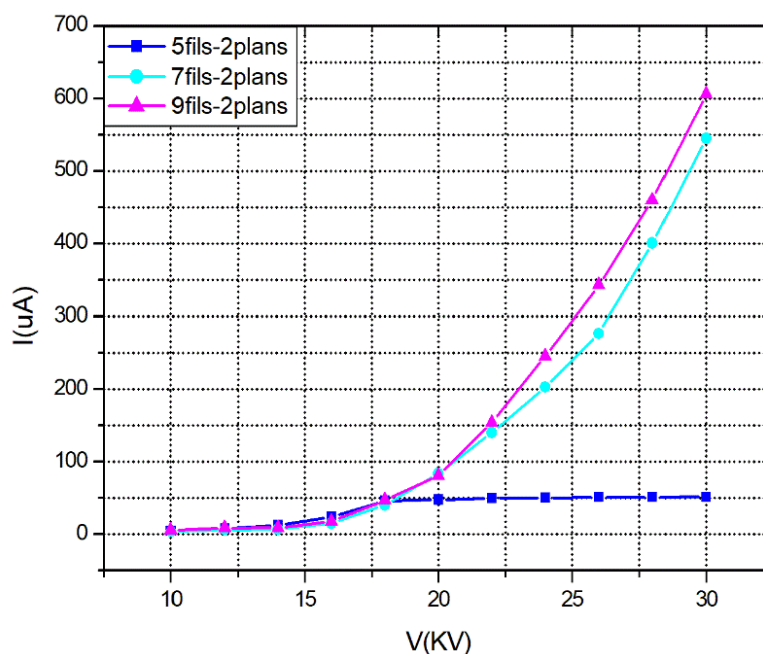


Figure III.6: Caractéristique Courant-Tension « Décharge positive »

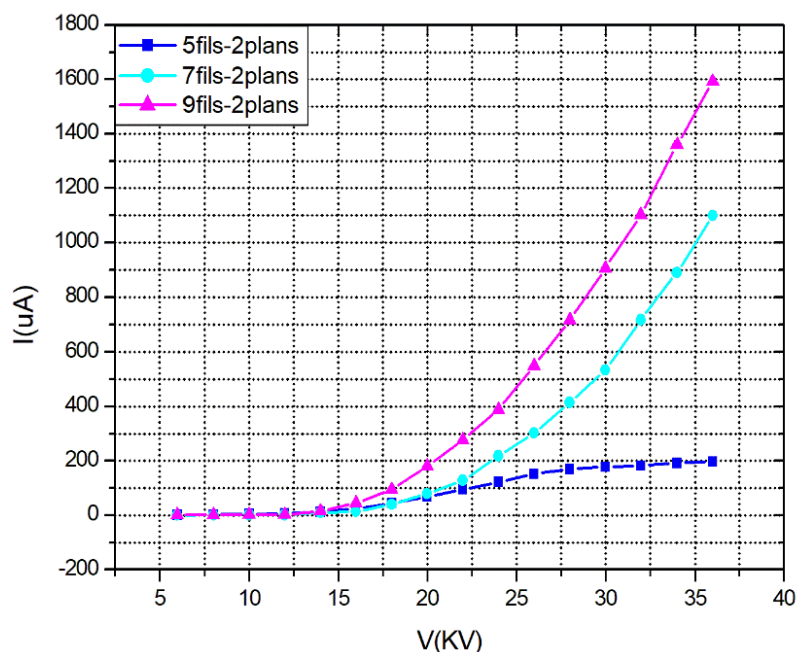


Figure III.7: Caractéristique Courant-Tension « une décharge négative »

Le changement des nombres des fils n'a pas influencé les caractéristiques de la décharge couronne et il a augmenté et amélioré de manière très sensible la quantité de courant de décharge dans la zone d'ionisation.

Les valeurs négatives du courant sont supérieures à celles de positives presque, quel que soit le nombre des fils placés et pour la même tension appliquée sur les électrodes active. Suite aux résultats obtenus dans cette étape de l'expérience, il est tout à fait clair que le nombre de fils augmente la création la quantité du champ électrique dans la zone d'ionisation et il permettra d'aller continuer vers la dernière étape de ce projet qui est l'opération de filtration d'une quantité de l'air pollué qui traverse cette zone.

III.6 Essai système d'injection :

Ce montage comporte une enceinte Parallélépipède un peu élancée 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.

Pour ce faire, ce système d'injection de l'air pollué (Air et poussière produite de l'industrie) a été développé et installé en amont du Box d'ionisation (Voir Schéma).

Cette installation permet de créer un flux d'air pollué (Air et poussière) et le diriger vers la zone d'ionisation pour son filtrage.

Cette installation a été configurée avec les dispositions avec des dimensions suivantes. Voir (Figure III.3.8).

- Une hauteur entre plans de 10cm.
- Une largeur de 23cm sur 44cm.
- Un volume de 10120cm³.

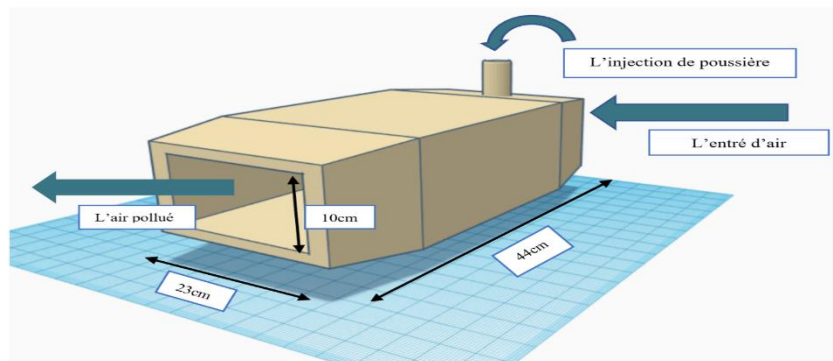


Figure III.8 : Les dimensions de la zone d'injection.

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 : 1,8 m/s .

Cette manipulation a été entamée par l'injection de l'air seul à une vitesse de 184m/s qui s'est avérée trop forte (exagérée), puis en continuant le réajustement de cette valeur en diminuant en quatre étapes 94, 78 et enfin 68 m/sec qui s'est avérée une valeur optimale pour la suite de la manipulation

Puis, une injection deux catégories de poussière, Sciure de bois en premier temps, puis le ciment en deuxième expérience.

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

Le régime turbulent est un écoulement n'est pas unidirectionnel, ce mécanisme va conduire de mouvement aléatoire de la poussière, l'écoulement turbulent est caractérisé par le

mouvement irrégulier des particules dans toutes les directions (on peut dire chaotique) du fluide, et dans l'écoulement turbulent la vitesse du fluide en un point subit continuellement des changements d'amplitude et de direction, la figure III.3.7 démontre l'écoulement turbulent dans l'expirante.

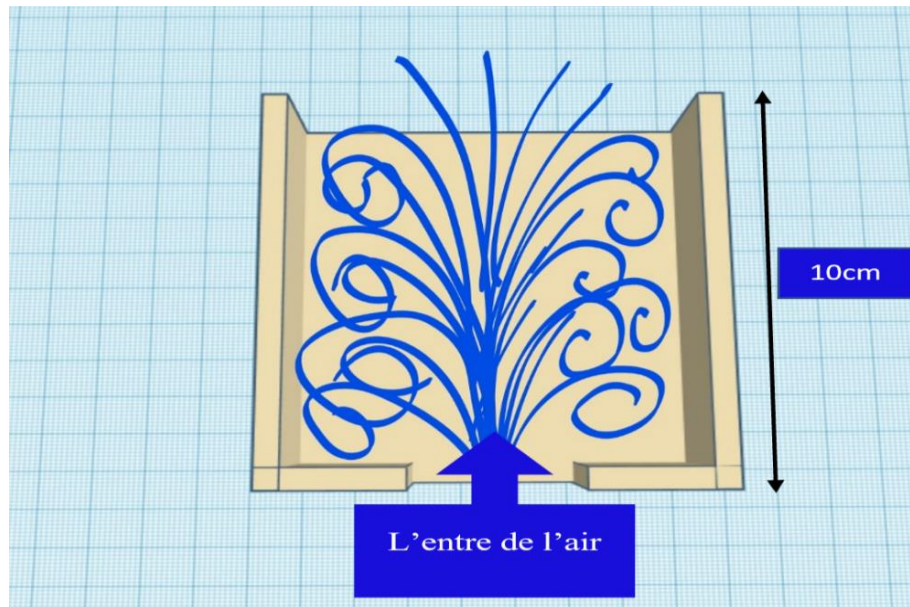


Figure III.9 : L'écoulement turbulent dans l'expirante.

Afin d'éviter ce phénomène, des variations des deux paramètres essentiels sont imposées : augmentation de la longueur de l'enceinte et la réduction de vitesse de vent qui s'est traduit par la diminution sur l'influence d'écoulement turbulent dans la zone d'injection, voir (**Figure III.3.10**) représente la modification de la zone.

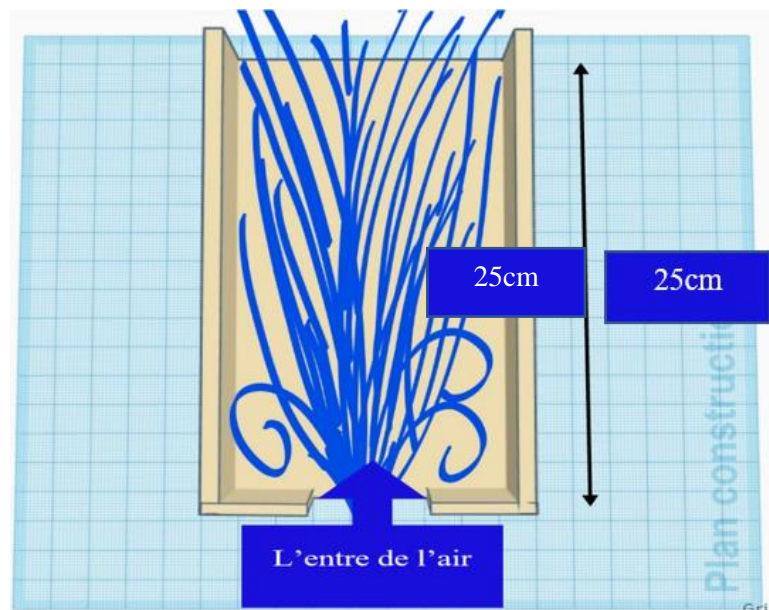


Figure III.10 : L'amélioration de la zone déjection.

La longueur de cette enceinte d'injection a été allongée et passée de 10cm à 25cm, Tandis que la vitesse de l'air le dispositif assemblé a été réduite.

Cette variation a affaibli l'écoulement turbulent et crée un écoulement et une transition douce de fluide, la vitesse de l'air injecté a été variée par rapport à la longueur de dispositif, cette dernière permet de transférer la majorité de quantité de poussière vers la zone d'ionisation.

Après une série des essais avec une vitesse de l'air variable dans cette enceinte d'injection (La zone d'injection et l'ionisation), la valeur de **1.8 m/s** qui est mesurée par un Anémomètres thermique à hélice. Cette dernière s'avère que la valeur optimale de la vitesse et elle a été gardée le long de nos manipulations avec l'injection de la sciure de bois ou le ciment.

Une fois que tous les essais (caractéristique Courant-Tension pour plusieurs niveaux et éléments d'influences), et toutes les opérations d'amélioration de notre modèle de précipitation ont été terminés.

La partie fondamentale et essentielle du projet a été enfin entamée, cette phase finale demeure en fait la filtration de poussière par la décharge Couronnée avec deux matériaux qui sont largement utilisés dans l'industrie (La sciure de bois et le ciment), qui élimine les

particules fines de la poussière, d'un gaz en circulation en utilisant la force d'une charge électrostatique induite empêchant de manière minimale l'écoulement des gaz à travers l'unité. Le filtre électrostatique comporte deux (2) zones opérationnelles : ionisation et zone collectrice.

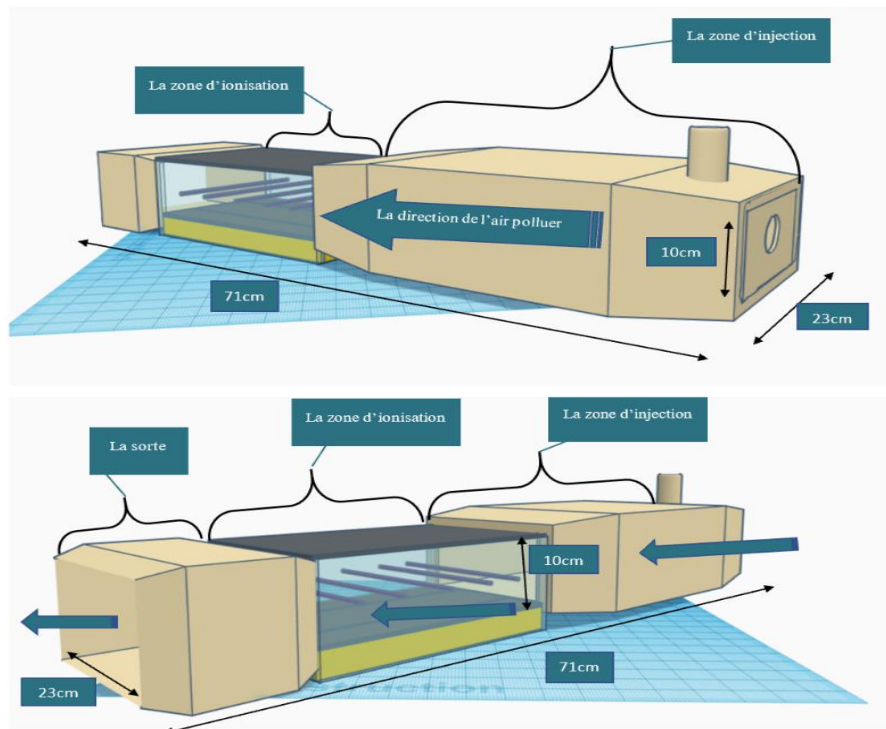


Figure III.11 : Démonstration de la taille de dispositif.

L'ionisation des particules de poussière se charge négativement en passant à proximité des fils qui ont été alimentés par une tension DC négative (Polarité négative), lorsque ces particules ionisées arrivent aux collecteurs vers les deux plans qui sont chargés positivement et mis à la terre, elles sont attirées par elles du fait du champ électrique puis les particules adhèrent aux deux plaques, ce phénomène explique que l'efficacité de collecteur est meilleure dans la décharge couronne négative, le gaz traité est couramment débarrassé de 70% à 85 % des particules solides qu'il contenait.

Un protocole d'essais a été mis œuvre pour encadrer notre travail, Il est composé de trois nombres de fils (5,7,9), et six capsules d'une quantité de trois (3g) chacune des matériaux polluants (La sciure de bois et le ciment), le nombre de fils est suffisant pour

générer un champ électrique pour la bonne ionisation des particules, et la quantité de 3g de la matière polluant est convient par l'observation.

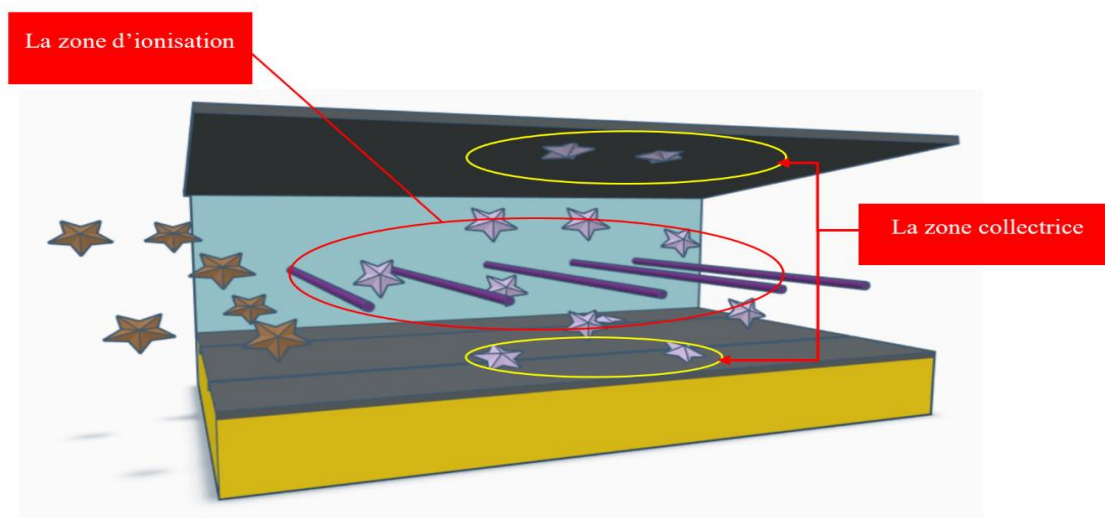


Figure III.12: Illustration des deux zones, « ionisation et zone collectrice ».

L'opération de filtration a été entamée avec de la sciure de bois en premier temps au moyen de l'alimentation et le réglage de souffleur avec une vitesse de 1.8m/s et injection de poussière (La sciure de bois) vers la zone d'ionisation et collectrice a différents nombres de fils 5,7 et 9 et trois tensions appliquées de polarité négative (22kV, 30kV et 36kV).

D'abord pour **5 fils**, vitesse de 1.8m/s et 3g de la sciure de bois avec température de 24°C, 60% d'humidité à la pression atmosphérique, et on a obtenu les tableaux suivants :

Tension appliquée	22kV	30kV	36kV
Poussière injectée	3g	3g	3g
Poussière non captée	0.367g	0.0974g	0.0420g

Tableau III.1 : résultats de filtration pour 5fils-2plan (sciure de bois)

Pour **7 fils**, vitesse de 1.8m/s et 3g de la sciure de bois avec température de 26°C, 66% d'humidité à la pression atmosphérique, les résultats de filtration sont représentés dans le tableau suivant :

Tension appliquée	22kV	30kV	36kV
Poussière injectée	3g	3g	3g
Poussière non captée	0.252g	0.0727g	0.0119g

Tableau III.2 : résultats de filtration pour 7fils-2plan (sciure de bois)

Pour 9 fils, vitesse de 1.8m/s et 3g de la sciure de bois avec température de 27°C, 70% d'humidité à la pression atmosphérique, les résultats de filtration sont représentés dans le tableau suivant :

Tension appliquée	22kV	30kV	36kV
Poussière injectée	3g	3g	3g
Poussière non captée	0.165g	0.0325g	0.0120g

Tableau III.3 : résultats de filtration pour 9fils-2plan (sciure de bois)

On a constaté que la quantité sortante avec le nombre des fils (5, 7 et 9) et dans les trois tensions appliquées est négligeable par rapport à la quantité injectée et captée dans les deux plans, le nombre de fils a influencé sur quantité sortantes de la poussière. Plus le nombre augmente plus il y a une petite quantité sortante avec un rendement s'approche de 80%.

Puis, et de la même que la précédente de la Cirure de bois, c'est au tour de l'injection de la poudre de ciment pour mesurer la filtration au moyen de l'alimentation et le réglage de souffleur pour une vitesse de 1.8m/s et injection de poudre de Ciment vers la zone d'ionisation et collectrice a différents nombres de fils 5,7et9 et trois tensions applique de polarité négative (22kV,30kV,36kV).

D'abord, pour **5 fils**, vitesse de 1.8m/s et 3g de poudre de ciment à une température de 25°C, 60% d'humidité à la pression atmosphérique, les résultats de filtration sont représentés dans le tableau suivant :

Tension appliquée	22kV	30kV	36Kv
Poussière injectée	3g	3g	3g
Poussière non captée	1.267g	0.987g	0.627g

Tableau III.4 : résultats de filtration pour 5fils-2plan (ciment)

Pour **7 fils**, vitesse de 1.8m/s et 3g de ciment avec température de 23°C, 55% d'humidité à la pression atmosphérique, les résultats de filtration sont représentés dans le tableau suivant :

Tension appliquée	22kV	30kV	36kV
Poussière injectée	3g	3g	3g
Poussière non captée	0.902g	0.563g	0.394g

Tableau III.5 : résultats de filtration pour 7fils-2plan (ciment)

Et pour **9 fils**, vitesse de 1.8m/s et 3g de poudre de ciment à une température de 25°C, 62% d'humidité, les résultats de filtration sont représentés dans le tableau suivant :

Tension appliquée	22kV	30kV	36kV
Poussière injectée	3g	3g	3g
Poussière non captée	0.668g	0.232g	0.176g

Tableau III.6 : résultats de filtration pour 9fils-2plan (ciment)

Les quantités sortantes de la poudre de ciment (Poussière) avec le nombre des fils (5, 7et 9) et dans les trois tensions appliquées ont été réduites par rapport à la quantité injectée et captée dans les deux plans, Il est tout à fait clair que le nombre de fils avait un impact sur la quantité sortante plus le nombre est important, mais il y'a de la poudre (Poussière) récupérée à la sortie un pourcentage de captage d'environ 70%.

III.6.1 Evaluation :

La quantité sortante de la sciure de bois est presque immesurable et surtout avec 9 fils par rapport à la quantité sortante de Ciment, cette différence émane de la nature différente des deux (2) produits , de part de leurs tailles différentes des particules et la différence également de leurs poids spécifiques des molécules des marteaux utilisé (La sciure de bois et le ciment), parce que le poids affecte négativement sur la mobilité des particules ainsi que le nombre des fils et la tension appliquée qui impacte d'une façon directe sur le rendement.

Les rendements de filtration de la poussière obtenu des deux produits (Sciure de bois et le ciment) s'avère très important et s'approche de à 80% et donc un résultat très satisfaisant et prometteur.

III.7 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre 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.

Cette expérience que nous avons développée, a permis de mettre en évidence :

*L'influence de plusieurs paramètres sur la décharge couronne dans un dispositif de fils-deux plans. La variation de la hauteur et le nombre des fils sont influencé sur le courant de décharge et la quantité de champ électrique, 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.

*La vitesse de l'air et l'écoulement turbulent qu'a affecté la transition de la poussière utiliser dans la filtration par notre prototype.

*Les opérations de filtration nous a montré la performance de ce filtre.

Conclusion générale

La filtration des particules et des fumées 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 électrofiltres permet d'obtenir des résultats très satisfaisants en matière de filtration des poussières et des suies car ils sont capables d'atteindre un rendement supérieur à 95% 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 **fil-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 fils-plan.

Le travail expérimental compose de deux parties essentielles, qui sont : l'étude du caractéristique courant-tension à des différentes configurations géométriques ; et la 2^{ème} partie est consacrée à l'étude de l'efficacité de l'électrofiltre

Les résultats obtenus lors de la 1^{ère} partie nous permettent d'exposer les conclusions suivantes:

- ✓ le courant de décharge pour la configuration de deux plans est beaucoup plus grand au celle d'un seul plan ce la du a la quantité de champs capte par le deux plans.
- ✓ La tension d'apparition de la décharge couronne négative est généralement plus faible comparée à la décharge positive ($V_{0-} < V_{0+}$). De plus, le courant de polarité négative est supérieur à celui généré en polarité positive, cela est dû à une mobilité des porteurs de charge plus importante en polarité négative ($C^- > C^+$).
- ✓ l'augmentation de courant de décharge est proportionnel au nombre des fils pour des tensions appliquées très élevées, cette augmentation est dus à l'augmentation de champ électrique inter-électrodes qu'est très intense aux voisinages des fils (émissives).

- ✓ 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.
- ✓ le courant mesuré est inversement proportionnel à la distance entre fils-plans (H).
- ✓ que la décharge courant sans poussier atteint des valeurs plus grandes que les valeurs avec poussier car parce que l'ionisation du gaz entre électrodes pour le cas avec poussier est plus rapide que sans poussier donc on atteint la tension du claquage rapidement.

L'étude de l'efficacité de l'électrofiltre permet de formuler les conclusions suivantes :

- ✓ La propriété des particules telle que la résistivité, la densité et la taille de chaque particule influe sur l'efficacité de l'électrofiltre car elle influe sur la vitesse de la migration de la particule et à la collection.
- ✓ On conclure une relation proportionnelle entre la tension d'ionisation et l'efficacité d'électrofiltre. cela du à le chargement fort des particules lors des tensions plus grandes qui facilite l'attachement de ces dernières dans les deux plans de collectes.

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

**Références
Citographiques**

- [1] Dr. Tilmatine Amar « TECHNIQUES DE LA HAUTE TENSION » Université de Sidi-Bel-Abbès [2] : F. W. Peek, « Dielectric phenomena in high-voltage engineering », 3rd, McGraw-hill, New York, 1929.
- [3] FujiElectric, « Industries extractives » Optimisation des procédés pour l'industrie extractive : les cimenteries.
- [4] Schütze A. et al. (1998) the atmospheric-pressure jet: a review and comparison to other plasma sources. IEEE Trans. Plasma Sc., Vol. 26, No. 6, pp. 1685-1694.
- [5] Junhong C. (2002) Direct curent corona-enhanced chemical reactions. Thèse de doctorat de l'université Minnesota, Etats-Unis.
- [6] Loiseau J.F., Batina J., Noël F., Peyrous R. (2002) Hydro dynamical simulation of the electric wind generated by successive streamers in a point-to-plane reactor. J. Phys. D: ApplPhys. Vol. 35, pp. 1020-1031.
- [7] Goldman M, Goldman A., Sigmond R.S. (1985) the corona discharge, its properties and specific uses. Pure and Appl. Chem. 57, n°9, p. 1353-1362.
- [8] Goldman M., Sigmond R.S. (1982) Corona insulation. IEEE Trans. Elec. Ins., EI. 12/2, pp.90-105
- [9] Junhong C. (2002) Direct curent corona-enhanced chemical reactions. Thèse de doctorat de l'université Minnesota, Etats-Unis.
- [10] Benamar B., La faisabilité de l'électrofiltration d'une atmosphère chargée en poussières de bois : étude expérimentale et numérique, Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy 1, France, 2008.
- [11] G. Cooperman, « A theory for space-charge-limited current with application to electrical precipitation », IEEE Trans. Ind. Appl. 17, pp., 236 – 239, 1981

- [12] P. Cooperman, « A new technique for the measurement of corona field strength and current density in electrical precipitation », Trans. Amer. Inst. Elec. Eng. Part 1, pp. 75, 64 – 67, 1956.
- [13] F.G. Cottrell, Art of separating suspended particles from gaseous bodies, 1908, US 895729
- [14] A. Lacoste, D. Pai, C. Laux, « Ion wind effect in a positive DC corona discharge in atmospheric pressure air », AIAA, PP, 354, Reno, 2004.
- [15] B. Dramane, « Précipitation électrostatique de particules submicroniques par décharge abarrière diélectrique – étude électrique, granulométrique et aérodynamique », Thèse de doctorat, Université de Poitiers, 2006
- [16] James H. Turner, Phil A. Lawless, Toshiaki Yamamoto, David W. Coy, 68pages, September 1999
- [17] B. Dramane, « Précipitation électrostatique de particules submicroniques par décharge abarrière diélectrique – étude électrique, granulométrique et aérodynamique », Thèse de doctorat, Université de Poitiers, 2006
- [18] KHALIJ M. - Caractérisation et modélisation de l'efficacité de filtration d'un électrofiltre de type Cottrell - Thèse de Doctorat de l'université Henri Poincaré, Nancy, 2001.
- [19] H. J. WHITE, « Industrial electrostatic precipitation », Addison Wesley Publishing Company, New York, 1963.
- [20] P.A. Lawless & R.F Altman 'ESPM: an advanced electrostatic precipitator model' IEEE Ind. Appl.Conf.29th IAS Annual Meeting Denver, PP.1519-1526, 2-5Oct, 1994
- [21] STRAUSS W. - Industrial gas cleaning - Pergamon Press, Paris, 1976.
- [22] Mr AMAR BENABDELLAH Fouad<< Etude et maintenance d'un filtre à manches cas de cimenterie de Beni-Saf>>

- [23] Glassmanhv.com/ Regulated High Voltage DC Power Supplies GLASSMAN HIGH VOLTAGE INC. Designing Solutions for High Voltage Power Supply Applications.
- [24] manomano.fr/ Multimètre numérique de table MCP.
- [25] Laboandco.com/anemometre-a-helice-testo-417-TES-05604170.
- [26] Grosseron.com/thermohygrometrs-testo-html.
- [27] Kem-sohn.com/KERN.WAAGEN.GEWICHTE.BLANCES.WEIGHTS.
- [28] Amazon.fr/Transformateur-num%C3%A9rique-3010D.
- [29] [Abidjan Deal.net/aspirateurs/souffleur-électrique](http://AbidjanDeal.net/aspirateurs/souffleur-électrique).
- [30] [Tinkercad.com/Autodesk Fusion 360](http://Tinkercad.com/AutodeskFusion360).
- [31] Futura-sciences.com/Chimie-acier-inoxydable.
- [32] Futura-sciences.com/Chimie-nickel.
- [33] Fr.dhgate.com/product/high-quality-shape-memory-nitinol-wire-nickel.



Formulaire de déclaration sur l'honneur Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche

(Annexe de l'arrêté n°933 du 28 juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat)

Je soussigne, l'étudiant (e),

Boulefdaoui Mohamed Oussama

Détenteur d'une carte d'étudiant N° *10391-T-15* délivrée le *13/10/2015*

Inscrit à l'institut de Technologie au niveau du département Génie Electrique.

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'étude en Master 2.

Intitulé : *Caractérisation de la décharge couronne dans le précipitateur électrostatique (EPS) en différentes configurations.*

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise dans l'élaboration du projet de recherche suscité.

À *Ain Temouchent*, le *23/09/2020*

Signature de l'étudiant :

Boulefdaoui Mohamed Oussama



Formulaire de déclaration sur l'honneur Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche

(Annexe de l'arrêté n°933 du 28 juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat)

Je soussigne, l'étudiant (e),

.....*belakri yasmine*.....

Détenteur d'une carte d'étudiant N° *10.326-T.15* délivrée le *13.10.2017*

Inscrit à l'institut de Technologie au niveau du département Génie Electrique.

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'étude en Master 2.

Intitulé : *Caractérisation de la décharge couronne dans les
..... précipitateur électrostatique (Eps) en différents
..... configurations :*

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise dans l'élaboration du projet de recherche suscité.

À *ain Temouchent*, le *30.09.2020*

Signature de l'étudiant :



المديرية
المديرية للدراسات في التدرج
تكوين المتواصل والشهادات

ترخيص إيداع مذكرة التخرج بالمكتبة المركزية

عن الأمتاظ: صحة وعلوم الحياة

من لجنة مناقشة مذكرة نهاية الدراسات للحصول على شهادة الماستر تحت عنوان:

Caractérisation de la décharge, l'émission dans le précipitateur électrostatique (EPS) en différentes configurations
إعداد الطالب:

اللقب: برافضاري

معد أسامة

اللقب: بالعربي

ياسين

الميدان: الكهروتقني

التسجيل: 10386-T-16 / 10391-T-16

التخصص: الكهروتقني

عبد: الكهروتقني

إشراف الأمتاظ: عيسو حاسين

نرخ للطلاب المذكور أعلاه بإيداع نسختين (02) من مذكرة نهاية الدراسات للحصول على
أداة الماستر بالمكتبة المركزية مرفوق بقرص مضغوط واحد وذلك بعد رفع جميع التحفظات.

رئيس القسم

رئيس لجنة مناقشة المذكرة

موسات شمس الدين

رئيس قسم الهندسة الكهربائية
معهد التكنولوجيا

