

**République Algérienne Démocratique Et Populaire**  
**Ministère De L'enseignement Supérieure De La Recherche Scientifique**  
UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT ELECTROTECHNIQUE



**Mémoire de fin de cycle de Master en Génie Electrique**

**Options :** Commande électrique

Réseaux électriques

**Intitulé:**

**Contribution au dimensionnement d'un filtre à décharge  
couronne pour le traitement de l'air intérieur**

**Réalisé par :** Mlle : Saiche Nedjima

Mlle : Bounecer Warda

**Membre de jury ;**

Mr. Harzine. S

Examineur

Mme. Bendahmane.

Président

Mr. Sahli. Z

promoteur

**Promotion 2023/2024**

# Remerciements

*Notre gratitude à ALLAH qui nous a donné la patience et la volonté pour nous pour déterminer notre travail.*

*En guise de reconnaissance, nous tenons à témoigner Nos sincères gratitude à Notre encadrant " Mr. SAHLI Z", pour la qualité de son enseignement, sa disponibilité, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il a porté à tous nos efforts.*

*Pour sa confiance et ainsi de nous offrir la possibilité de vivre cette agréable expérience professionnelle. Nous adressons nos remerciements aussi toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Nous adressons nos remerciements aussi à :*

*Mme. "Bendahmane A" Professeur à l'université A. MIRA de Béjaïa pour avoir accepté d'être Le président du jury.*

*Monsieur Mr. Herzine S enseignant à l'université A.MIRA de Béjaïa pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles et tous nos proches qui nous ont accompagnés et nous ont encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*SAICHE Nedjima*

*BOUNECER Warda*

## *Dédicace*

*Louange à dieu seul,*

*Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour,  
sincérité, Et fierté*

*A mes chers parents, source de tendresse, de noblesse et  
d'affection.*

*Je les remercie pour leurs encouragements et leurs  
sacrifices.*

*Puisse cette étape constituer pour vous un motif de  
satisfaction.*

*Pour mes chères sœurs : Djamila, Habiba, Samira*

*Et à l'âme de ma chère sœur Fahima qu'Allah l'accueille  
avec sa miséricorde*

*A mes frères : Rabie, Adel, Salim et Toufik*

*A ma binôme : Warda*

*SAICHE Nedjima*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail, aux deux merveilleuses personnes qui m'ont aidé et guider vers la voie de la réussite : A mes Parents, Que DIEU m'aide à les honorer et exprimer ma profonde reconnaissance pour tout ce qu'ils m'ont offert d'encouragements et de soutien.*

*Je le dédie aussi a :*

- *mon frère.*
- *Mes oncles et toutes leurs petites familles.*
- *A tous mes proches.*
- *A tous mes ami(e)s : Sahara, Zahra, Sabrina, Tanina, avec qui j'ai passé un agréable cursus.*
- *A ma binôme Nedjima.*

*Bounecer warda*

# Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Etude bibliographique sur la qualité de l'air intérieur. ....	2
1 Introduction.....	3
1.1 Définition .....	4
1.2 QAI, un enjeu de santé publique.....	4
1.3 L'origine des contaminants.....	5
1.4 Agents polluants.....	5
1.4.1 Agents biologiques.....	5
1.4.1.1 Moisissures .....	5
1.4.1.2 Allergies .....	5
1.4.2 Agents physico-chimiques.....	6
1.4.2.1 Particules atmosphériques .....	6
1.4.2.2 Les composés organiques volatils et aldéhydes.....	8
1.4.2.3 L'ozone .....	9
1.4.2.4 Oxydes d'azote (NOX).....	10
1.4.2.5 Monoxyde de carbone (CO).....	12
1.4.2.6 Dioxyde de soufre <i>SO2</i> .....	12
1.5 Impact sanitaire de la qualité de l'air intérieur et des composés chimiques retrouvés à l'intérieur .....	13
Conclusion.....	15
Chapitre II : Aspect théorique du phénomène de la décharge couronne. ....	16
1 Introduction.....	17
1.1 Décharge électrique à pression atmosphérique .....	17
1.2 Mécanisme de formation et processus physique de la décharge couronne .....	17
1.3 La décharge couronne .....	19
1.4 Modes de décharge couronne .....	20
1.4.1 Décharge couronne positive.....	20
1.4.2 Décharge couronne négative.....	21
1.5 Caractéristiques électriques macroscopique.....	22
1.5.1 Champ électrique géométrique .....	22
1.5.1.1 Configuration fil-cylindre .....	22
1.5.1.2 Configuration pointe –plan.....	23
1.6 Description d'une décharge électrique .....	24
1.6.1 La décharge de Townsend .....	24

1.6.2	Loi de Paschen .....	25
1.6.3	Théorie des streamers .....	26
1.7	Mécanisme de formation d'une décharge couronne .....	26
1.7.1	Processus de production des espèces chargées .....	26
1.7.2	Seuil de déclenchement d'une couronne dans l'air .....	27
1.8	Les facteurs influençant la décharge couronne .....	28
1.8.1	Facteurs géométriques .....	28
1.8.1.1	Rayon de la courbure .....	28
1.8.1.2	Distance inter-électrodes .....	28
1.8.1.3	La nature des électrodes.....	28
1.8.2	Les facteurs physico-chimiques.....	29
1.8.2.1	La température .....	29
1.8.2.2	L'humidité.....	29
1.8.2.3	La pression .....	29
1.8.2.4	La densité de l'air .....	30
1.8.3	Facteurs électriques.....	30
1.9	Problèmes liés aux décharges couronne .....	30
1.10	Application utilisant la décharge couronne.....	31
1.10.1	Parafoudre .....	31
1.10.2	Neutralisation .....	31
1.10.3	Filtre électrostatique .....	31
1.10.4	Séparateur électrostatique.....	31
Conclusion.....		32
<b>Chapitre III : collecte et dégradation des particules et des composants organiques volatiles par plasma non thermique. ....</b>		
<b>1 Introduction.....</b>		<b>34</b>
1.1	Systèmes d'électrodes .....	34
1.1.1	Système fil-cylindre .....	34
1.1.2	Système pointe-plan .....	35
1.1.3	Système fil-plan .....	36
1.2	Paramètre d'influence sur la décharge couronne fil-plan .....	37
1.2.1	Influence de la forme de tension .....	37
1.2.2	Influence du diamètre du fil .....	37
1.2.3	Influence de la distance inter-électrodes :.....	39
1.3	Mesure du courant de la décharge .....	40

1.4	Mesure des paramètres de l'air .....	41
1.5	Mesure du champ électrique .....	41
1.6	Détermination des paramètres de la décharge couronne.....	41
1.6.1	Détermination de la densité de courant J : .....	41
1.6.2	Détermination du champ électrique E : .....	42
	Conclusion.....	43
	Chapitre IV : calcul d'un dispositif expérimental et technique pour la dégradation des COV par couplage d'une décharge couronne et d'un catalyseur.....	44
1	Introduction.....	45
1.1	Procèdes de dépoussiérage .....	45
1.1.1	L'étage de collecte des particules .....	45
1.1.2	L'étage d'ionisation.....	46
1.1.2.1	L'ioniseur fil-plaque .....	46
1.2	Dispositifs expérimentaux et techniques de caractérisation .....	47
1.3	Instrument d'analyse.....	49
1.3.1	Le monoxyde de carbone une molécule modèle.....	49
1.3.2	Les détecteurs électrochimiques : .....	49
1.3.3	Détection optique.....	50
1.3.4	Générateur de fumée.....	51
1.4	Résultats et discussions .....	51
1.4.1	Observation visuelle .....	51
	.....	52
1.4.2	Influence de la tension appliquée .....	52
	Conclusion.....	55
	Conclusion générale .....	56
	Bibliographique .....	57

### **Introduction générale**

On passe de 80 à 90 % de notre temps dans un espace clos : logement, bureau, transport, école, mais l'air intérieur peut être plus pollué que l'air extérieur, il peut même être la cause d'irritation de maux de tête d'asthme et même jouer un rôle de certaines maladies :

Concrètement, la qualité de l'air intérieur dépend de la concentration en polluants et du renouvellement d'air dans le logement.

L'air intérieur subit d'abord une pollution venant de l'extérieur, les champs au tour apportent des pesticides mais aussi des pollens , les usines et la circulation automobile influent sur la qualité de l'air respiré dans l'appartement et les mauvaises odeurs, mais y'a aussi une pollution de l'air qui provient de l'intérieur des logement, des acariens des poussières des fibres des moisissures lié à l'humidité , et aussi les composés organiques volatils ou COV qui viennent des vernis et des peintures.

La décharge couronne est un traitement de l'air intérieur qui vise à éliminer les polluants et les contaminants présents dans l'air. Ce processus utilise une technologie avancée pour créer une décharge électrique qui ionise les molécules d'air, les rendant ainsi plus faciles à capturer et à éliminer. Elle fonctionne en créant une décharge électrique à haute tension entre deux électrodes, ce qui génère des ions positifs et négatifs. Ces ions se lient ensuite aux particules en suspensions dans l'air, les chargeant électriquement et les faisant agglomérer.

Une fois que les particules sont chargées, elles sont attirées vers une plaque de collection chargée électriquement, où elles sont capturées et éliminer de l'air .Ce processus permet d'éliminer efficacement les contaminants de l'air intérieur, améliorant ainsi la qualité de l'air que nous respirons.

En plus de l'élimination des polluants la décharge couronne peut également aider à réduire les odeurs indésirables dans l'air intérieur. Les ions générés par le processus de décharge couronne peuvent réagir avec les molécules responsables des mauvaises odeurs, les neutralisant et améliorant ainsi l'odeur de l'air.

Le travail de notre mémoire a pour objectif l'étude de la décharge couronne en tant que traitement de l'air intérieur, d'éliminer les polluants, de réduire les odeurs, d'améliorer la qualité de l'air et de préserver la santé et le bien-être des occupants d'un bâtiment [5],[2],[13].



**Chapitre I : Etude bibliographique sur la qualité de l'air intérieur.**

### **1 Introduction**

La qualité de l'air intérieur est tout aussi importante que la qualité extérieure, car nous passons en moyenne plus 90 % de notre temps à l'intérieur. L'air intérieur peut être contaminé par une multitude de sources telles que les produits de nettoyage, les appareils de chauffage, les moisissures, les animaux domestiques, etc. Ces sources peuvent émettre des polluants tels que les composés organique volatils (COV), Les particules fines, le monoxyde de carbone, le radon, les allergènes, etc.

Une mauvaise qualité de l'air intérieure peut avoir des conséquences néfastes sur notre santé, en provoquant des allergies, des irritations respiratoires, des maux de tête, des troubles neurologique, voire des maladies plus grave comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires.

Il est donc essentiel de surveiller et d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans nos habitations, lieux de travail et autres espaces clos pour préserver notre santé et notre bien-être.

## 1.1 Définition

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de définition de la **qualité de l'air intérieur** ou d'une bonne qualité de l'air intérieur faisant consensus au niveau international. L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) estime que :

L'air et de qualité acceptable s'il ne contient aucun polluant connu des concentrations dangereuses et si une majorité des occupants n'exprime pas une insatisfaction ou des malaises durant les périodes d'occupation.

Cette considération est intéressante car elle place l'occupant au cœur de la notion de bonne qualité de l'air intérieur et la relie à la notion de confort. De plus, elle met en avant le fait que l'état de la connaissance est évolutif et qu'une définition d'une bonne qualité de l'air intérieur aujourd'hui pourra être différente de celle de demain.

La notion de polluant peut être définie par cette version de l'organisation mondiale de la santé (OMS) :

Un polluant est tout ce qui est susceptible d'altérer la qualité de l'air en nuisant au bien-être physique, moral et social, c'est-à-dire la santé.

Cette définition intègre dans la santé tous les types de bien-être, et pas uniquement le bien-être physique [1].



**Figure I.1** : qualité de l'air intérieur.

## 1.2 QAI, un enjeu de santé publique

Suite au développement économique et social et à l'amélioration du niveau de vie ces deux dernières décennies, la qualité de l'air intérieur (QAI) est devenue une préoccupation de santé publique. Une mauvaise QAI peut avoir des effets sur la santé et le bien-être, depuis la simple gêne jusqu'à l'apparition ou l'aggravation de pathologies aiguës ou chroniques. La QAI apparaît donc aujourd'hui comme un enjeu social majeur, car l'ensemble de la population est concerné,

et plus particulièrement les personnes sensibles et fragiles telles que les enfants et les personnes atteintes de maladies pulmonaires chroniques.

La QAI est devenue un objet de préoccupation depuis que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a décrit en 1986 le « syndrome du bâtiment malsain » (SBM). Le SBM est un état physique dans lequel les habitants sentent des effets aigus sur la santé (maux de tête, irritation des yeux, du nez ou de la peau, etc.) qui semblent être liés au temps passé dans le bâtiment, ce qui suggère que les symptômes du SBM sont principalement dus à une mauvaise QAI.

De ce fait, l'attention accordée à la surveillance des polluants intérieurs et à l'amélioration de la QAI est grandissante depuis le début des années 2000. La QAI est un problème techniquement complexe du fait du nombre important de polluants présents dans l'air intérieur

Dans une perspective de développement durable et dans le but de rendre notre environnement plus respectueux de notre santé en limitant les polluants et risques qu'ils véhiculent. Nous pouvons identifier les principales mesures préventives, par exemple : garantir un air et boire une eau de bonne qualité.

Ces campagnes de mesures visent à définir et proposer un cadre de référence destiné à préserver la population de tout effet néfaste lié à l'exposition à une substance via l'air intérieur. Il s'agit de contribuer à appuyer les pouvoirs publics dans l'élaboration de valeurs opérationnelles, qui permettent de mettre en place des actions réelles afin d'améliorer la QAI [2].

### **1.3 L'origine des contaminants**

La contamination intérieure a plusieurs origines: les occupants eux-mêmes; les matériaux de construction (s'ils sont inadaptés ou présentent des défauts techniques); les travaux effectués à l'intérieur du bâtiment; l'utilisation abusive ou inappropriée de certains produits (pesticides, désinfectants, produits de nettoyage et d'entretien); les gaz de combustion (cigarette, cuisines, cafétérias, laboratoires); la contamination accumulée dans des espaces mal ventilés qui se diffuse dans les zones voisines et les pollue à leur tour. Il ne faut pas oublier que les substances qui sont émises dans l'atmosphère intérieure ont beaucoup moins de chances de s'y diluer que celles produites à l'extérieur du fait de la très grande différence des volumes d'air [3].

## **1.4 Agents polluants**

### **1.4.1 Agents biologiques**

#### **1.4.1.1 Moisissures**

Sont des champignons microscopiques présents dans tous les environnements. Les microchampignons filamenteux se reproduisent par voie asexuée en formant des spores de taille microscopique (entre 2 et 20  $\mu\text{m}$ ) qui peuvent être disséminées dans l'air et pénétrer, grâce à leur petit diamètre, dans les voies respiratoires [4].

#### **1.4.1.2 Allergies**

Les allergènes sont des agents microscopiques qui provoquent des allergies. Ils peuvent provoquer des symptômes allergiques courants tels que des rhinites, de la gêne respiratoire, une infection des yeux [5].

## 1.4.2 Agents physico-chimiques

### 1.4.2.1 Particules atmosphériques

Les particules microscopiques sont omniprésentes dans notre environnement. Elles sont produites aussi bien par les processus naturels que par l'Homme et sont appelées aérosols. La définition scientifique du terme « aérosol » faisant référence aux particules atmosphériques et à leur environnement gazeux, est plutôt utilisée par la communauté des chercheurs qui s'intéressent au climat et aux phénomènes dynamiques dans l'atmosphère.

Les particules atmosphériques, dont la taille peut varier de quelques nanomètres à quelques micromètres, peuvent être classées en différentes catégories, selon leurs processus de formation ou leurs tailles.

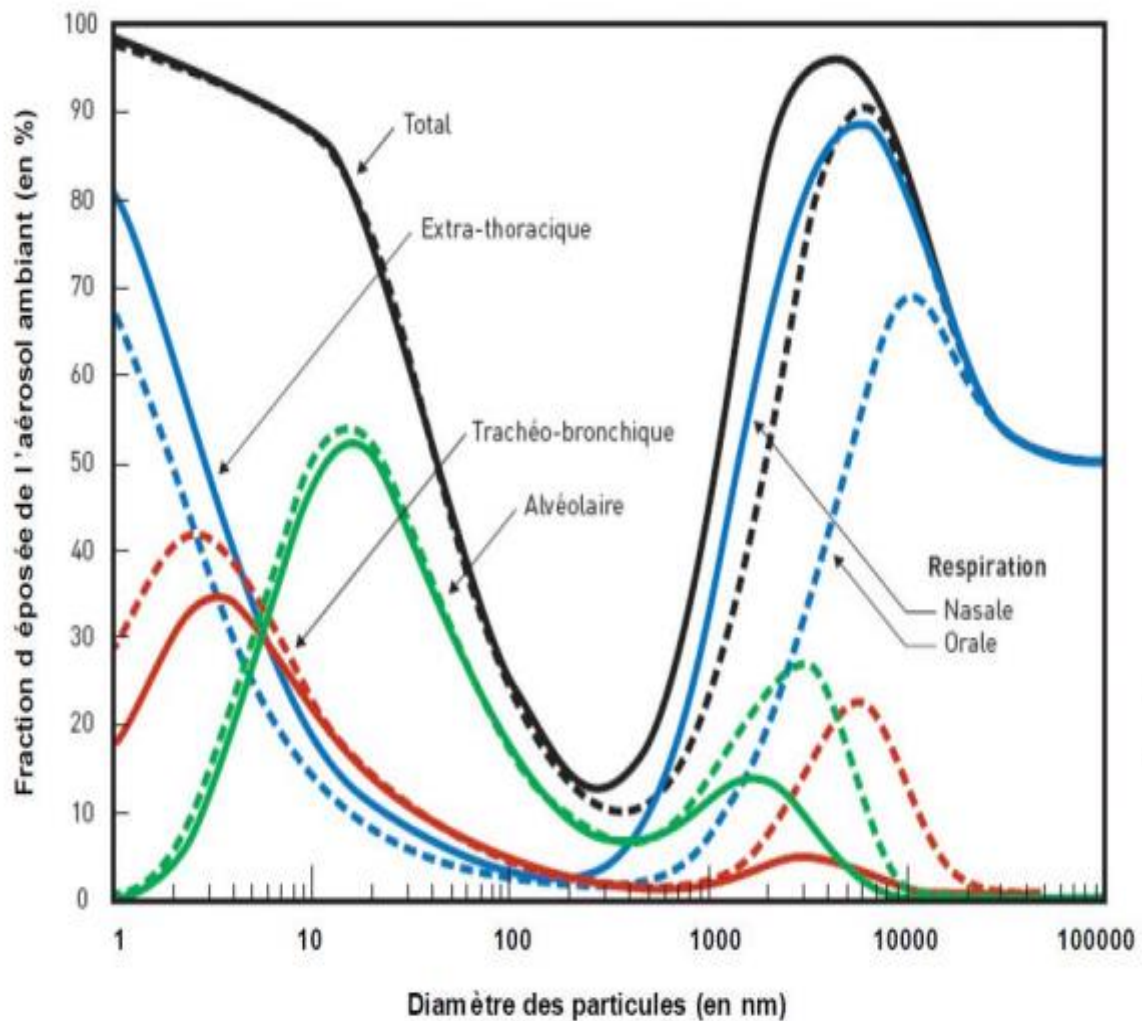
Les particules atmosphériques peuvent être classées en aérosols primaires ou secondaires. Les aérosols primaires sont émis directement dans l'atmosphère sous forme particulaire depuis les sources d'émission. Aérosols secondaires désignent les particules générées au sein même de l'atmosphère soit par le mode de conversion gaz-particules soit par l'évolution d'une particule primaire.

Une autre classification fréquemment utilisée s'appuie sur la distribution granulométrique des particules et donc sur leur diamètre (Whitby, 1977). Ce paramètre est important pour caractériser le pouvoir de pénétration des particules dans l'appareil respiratoire.

On ne peut pas aisément attribuer un diamètre géométrique aux particules car elles ont des formes et des densités variées. C'est la raison du concept de la forme sphérique équivalente. Cependant, le diamètre aérodynamique équivalent ( $d_{ae}$ ) des particules, le plus utilisé dans les études environnementales, correspond au diamètre d'une particule sphérique et de densité  $1 \text{ g/cm}^3$ , ayant la même vitesse de chute dans l'air que la particule concernée.

Selon leur granulométrie, Whitby (1977) a réparti les particules en deux groupe :

- **les grosses particules** ( $d_{ae} > 2,5 \text{ }\mu\text{m}$ ) : ce sont des particules générées par des procédés mécaniques. Elles proviennent de façon naturelle de l'érosion des sols, du pétillage de la mer, des volcans ou sont introduites dans l'atmosphère de façon artificielle.
- **les particules fines** ( $d_{ae} < 2,5 \text{ }\mu\text{m}$ ) : elles sont constituées de particules générées par l'activité industrielle et urbaine mais aussi de particules biogéniques. Cette classe de particules peut être divisée en un mode d'accumulation ( $0,1 < d_{ae} < 2,5 \text{ }\mu\text{m}$ ) et un mode de nucléation ( $d_{ae} < 0,1 \text{ }\mu\text{m}$ ), qualifiés respectivement de grandes particules et de noyaux d'Aitken (particules ultrafines) [6].



**Figure I.2** : Prédiction du dépôt total et régional des particules dans les voies respiratoires chez l'homme en fonction de la taille des particules [2].

Le Tableau 1 regroupe les dénominations des particules atmosphériques (selon leurs tailles) les plus fréquemment utilisées ainsi que leurs définitions correspondantes.

Dénominations	Définitions
TSP	Total Suspended Particulate ou particules totales en suspension = particules ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 100 $\mu\text{m}$
$PM_{10}$	Grosses particules = particules atmosphériques ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 10 $\mu\text{m}$
$PM_{10-2.5}$	Particules atmosphériques ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 10 $\mu\text{m}$ et supérieur à 2,5 $\mu\text{m}$

$PM_{2.5}$	Particules fines = particules atmosphériques ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 $\mu\text{m}$
$PM_{2.5-0.1}$	Particules atmosphériques ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 $\mu\text{m}$ et supérieur à 0,1 $\mu\text{m}$
$PM_{0.1}$	Particules ultrafines = particules atmosphériques ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 0,1 $\mu\text{m}$

**Tableau 1** : Classification des particules atmosphériques selon leur taille : dénominations et définitions correspondantes [6].

### 1.4.2.2 Les composés organiques volatils et aldéhydes

#### Définitions hétérogènes

Le vocable COV recouvre un grand nombre de molécules qui sont généralement définies par leurs propriétés physiques et chimiques et qui ont comme point commun d'être des composés organiques et volatils. Les composés organiques sont des composés contenant au moins l'élément carbone et un ou plusieurs autres éléments tels que l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le soufre, le phosphore, le silicium ou encore les halogènes (fluor, chlore, brome ou iode).

Ces composés organiques se caractérisent aussi par leur volatilité, c'est-à-dire qu'ils se trouvent à l'état de gaz dans les conditions normales de température et de pression. Plusieurs définitions sont à l'heure actuelle utilisées pour définir un COV. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit un COV comme un composé ayant un point d'ébullition compris entre 50 et 260 °C. L'OMS a établi une classification de composés, reprise dans la norme NF ISO 16000-6 :





- **composé organique volatil (COV)** : composé organique dont le point d'ébullition se situe entre (50 à 100 °C) et (240 à 260 °C), par exemple le benzène, dont la température d'ébullition est de 80,1 °C.
- **composé organique semi-volatil (COsV)** : composé organique dont le point d'ébullition se situe entre (240 à 260 °C) et (380 à 400 °C). Les COsV sont des composés plus lourds, non volatils à température ambiante, mais volatils au contact d'une source chaude.
- **Composé organique très volatil** : composé organique dont le point d'ébullition se situe entre  $< 0$  °C

#### Familles chimiques multiples

Dans l'air intérieur, une centaine de COV ont été dénombrés, appartenant à des familles chimiques différentes (Figure 3) :

- **hydrocarbures aliphatiques**, caractérisés par la présence d'une chaîne carbonée ouverte (ex : n-undécane).

- **hydrocarbures alicycliques**, hydrocarbures cycliques dérivés des aliphatiques (ex : cyclohexane).
- **hydrocarbures aromatiques**, composés d'au moins un cycle de six atomes de carbone appelé « noyau aromatique » (ex : benzène).
- **hydrocarbures substitués**, constitués d'un atome autre que du carbone et de l'hydrogène. Cette famille regroupe les aldéhydes, les cétones, les halogénés, les alcools, les éthers, les esters, les acides, les amines, les amides et les nitriles.

			
<p>Hydrocarbure aliphatique n-undécane</p>	<p>Hydrocarbure alicyclique Cyclohexane</p>	<p>Hydrocarbure aromatique Benzène</p>	<p>Hydrocarbure substitué Tétrachloroéthylène</p>

**Figure I.3** : Formules chimiques de composés appartenant à chacune des familles des composés organiques volatils.

Les aldéhydes sont une sous-famille des COV mais selon la définition employée pour définir un COV, certains d'entre eux, d'après leurs propriétés physico-chimiques, ne rentrent pas dans cette catégorie (Tableau 3) [7].

### 1.4.2.3 L'ozone

#### a- Origine :

L'ozone n'est pas un polluant primaire mais à la fois un composant normal de l'atmosphère et un polluant secondaire quand sa concentration dépasse la normale.

#### b-Effet sur la santé humaine :

Des études ont montré qu'il peut entraîner une irritation des yeux et des voies aériennes supérieures, provoquant toux et maux de tête. Les effets varient en fonction de la concentration :

- Rhumes, maux de tête possibles, irritation des yeux : 160 à 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant 1 heure.
- Déclenchement de crises d'asthme et symptômes respiratoires autour de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant 1 heure.

#### c-Effet de serre :

L'ozone est un gaz à effet de serre, tout comme le dioxyde de carbone. Il est susceptible de bloquer une partie du rayonnement tellurique et de le renvoyer vers le sol. On estime actuellement que la part relative de l'ozone dans l'effet de serre additionnel pourrait être comprise entre 10 et 20 % [8].



#### 1.4.2.4 Oxydes d'azote ( $NO_x$ )

Les oxydes d'azote sont classés parmi les polluants primaires, ils comprennent plusieurs formes.

Le tableau (2) représente quelques caractéristiques physiques des différentes espèces des  $NO_x$ :

Composé $NO_x$	Nom(s)	Masse molaire (g/mol)	Pression de vapeur à 20 °C (kPa)	Caractéristiques physiques/stabilité	Pouvoir d'oxydation et réactivité
$N_2O$	Protoxyde d'azote Monoxyde de diazote Oxyde nitreux	44	5850	Gaz incolore, d'odeur et de saveur légèrement sucrées	Oxydant puissant pouvant être à l'origine de réactions parfois violentes au contact de matériaux combustibles, de Gaz combustible.

<b>NO</b>	Monoxyde d'azote ou Oxyde nitrique	30	3464	Gaz inodore et sans couleur le plus thermiquement stable.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Agit à température élevée comme oxydant sur un grand nombre de produits</li> <li>➤ Peut jouer le rôle de Réducteur à des températures plus basses</li> </ul>
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dioxyde d'azote Peroxyde d'azote	46	96	Gaz de couleur brun rougeâtre et d'odeur piquante A température croissante.	Corrosif et irritant et Oxydant et comburant de très nombreux composés peuvent réagir de manière explosive avec lui.
<b>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	Tétraoxyde de (di) azote	92	/	Gaz de couleur brun orange et d'odeur piquante à température croissante. le monomère <b>NO<sub>2</sub></b> redevient Prédominant vis à vis	/

$N_2O_3$	Trioxycide de (di) azote	76	/	Instable à température ordinaire, il se décompose en $NO+NO_2$ si la température accrois.	Assez réactif et explosif
$N_2O_5$	Pentoxycide de (di) azote	108.1	/	/	/

**Tableau 2:** Caractéristiques physiques des NOx [9].

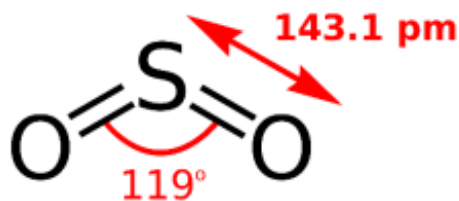
#### 1.4.2.5 Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore et insipide produit par la combustion incomplète de toute matière organique, incluant les carburants fossiles (dérivés du pétrole), les déchets et le bois. Les principales sources anthropiques de monoxyde de carbone sont de loin le transport (véhicules diesels), mais aussi le secteur industriel et le chauffage au bois. Une fois dans l'atmosphère, il se transforme éventuellement en dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), un des plus importants gaz à effet de serre [10].

#### 1.4.2.6 Dioxyde de soufre $SO_2$

Le dioxyde de soufre  $SO_2$  est un gaz incolore, à l'odeur âcre, non combustible, corrosif et toxique. C'est une molécule plane et coudée (formule VSEPR :  $AX_2E_1$  angle de  $119^\circ$  à l'état gazeux), appartenant au groupe ponctuel de symétrie  $C_{2v}$  (Figure 4). La longueur des liaisons soufre–oxygène est de 143,1 pm [11].

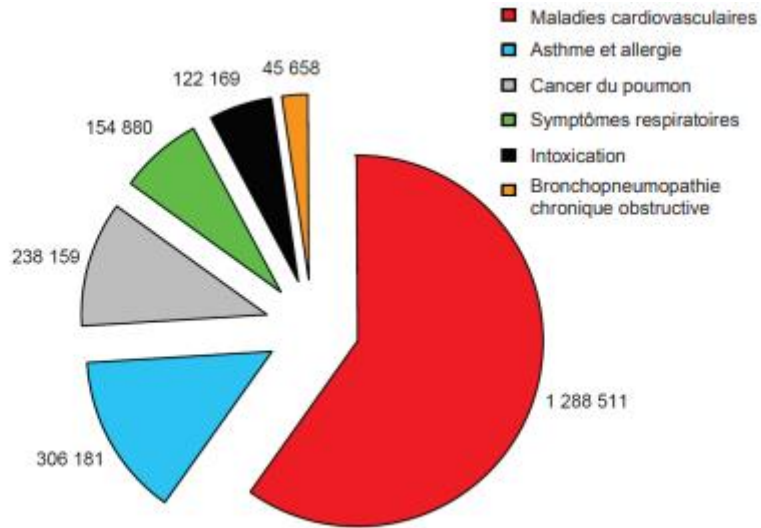
Il provient principalement de procédés industriels (production d'acide sulfurique, production de pâte à papier, raffinage du pétrole, etc.) et de la combustion de carburants fossiles contenant du soufre. Des concentrations élevées de ce polluant peuvent être observées à proximité de sources industrielles. À la suite de réactions chimiques dans l'atmosphère, le  $SO_2$  se transforme en sulfates (sous forme liquide ou solide). [10] Dans la nature, les volcans sont responsables de la majeure partie des émissions de produits soufrés. Ce polluant provoque une irritation des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires (toux, gêne respiratoire, troubles asthmatiques).



**Figure I.4 :** Géométrie de la molécule de  $SO_2$  [10].

**1.5 Impact sanitaire de la qualité de l’air intérieur et des composés chimiques retrouvés à l’intérieur**

Dès le début des années 1980, En Europe, deux millions d’années de vie en bonne santé seraient perdues chaque année en raison d’une médiocre qualité de l’air intérieur.



**Figure I.5 :** Part attribuable à la qualité de l’air intérieur dans différentes pathologies et symptômes (DALY/an), en Europe, d’après JENANTUN et coll.

Composé chimique	Formule brute	N° cas	Masse molaire (g.mol <sup>-1</sup> )	Point d'ébullition (c°)	Pression de vapeur (kPa à 20°C°)	Facteur de conversion (ppb ⇒ µg.m <sup>3</sup> )
Dioxyde d'azote	<i>NO<sub>2</sub></i>	10102-44-0	46.0	21.2	96.0	1.88
<b>Aldéhydes</b>						
Formaldéhyde	<i>CH<sub>2</sub>O</i>	50-00-0	30.0	-19.5	440.0	1.23
Acétaldéhyde	<i>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O</i>	75-07-0	44.1	20.1	101.0	1.80
Propionaldéhyde	<i>C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O</i>	123-38-6	58.1	48.0	31.3	2.38
Butyraldéhyde	<i>C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O</i>	123-72-8	72.1	74.8	12.2	2.95
Pentanal	<i>C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O</i>	110-62-3	86.1	103.0	3.4	3.52
Hexanal	<i>C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O</i>	66-25-1	100.2	131.0	1.4	4.10
Benzaldéhyde	<i>C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O</i>	100-52-7	106.2	179.0	133.0	4.35
Acroléine	<i>C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O</i>	107-02-8	56.1	52.6	29.0	2.29
<b>Composés organiques volatils</b>						
Hydrocarbures aromatique						
Benzène	<i>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></i>	71-43-2	78.1	80.1	10.0	3.20
Ethylbenzène	<i>C<sub>8</sub>H<sub>10</sub></i>	100-41-4	106.2	136.0	0.9	4.30
1,2,4 triméthylbenzène	<i>C<sub>9</sub>H<sub>12</sub></i>	95-63-6	120.2	169.3	0.2	4.92
Toluène	<i>C<sub>7</sub>H<sub>8</sub></i>	108-88-3	92.2	110.6	2.9	3.77
m-xylène	<i>C<sub>8</sub>H<sub>10</sub></i>	108-38-3	106.2	139.1	0.8	4.34
p- xylène	<i>C<sub>8</sub>H<sub>10</sub></i>	106-42-3	106.2	138.4	0.9	4.34
o- xylène	<i>C<sub>8</sub>H<sub>10</sub></i>	95-47-6	106.2	144.5	0.7	4.34
Styrène	<i>C<sub>8</sub>H<sub>8</sub></i>	100-42-5	104.2	145.0	0.7	4.26
Hydrocarbures chlorés						
p-di chlorobenzène	<i>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Cl</i>	106-46-7	147.0	174.1	0.2	6.01
Trichloréthylène	<i>C<sub>2</sub>HCl<sub>2</sub></i>	79-01-6	131.4	86.9	7.8	5.37
Tétrachloroéthylène	<i>C<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub></i>	127-18-4	165.8	121.2	1.9	6.78
Hydrocarbures aliphatiques						
n-décane	<i>C<sub>10</sub>H<sub>22</sub></i>	124-18-5	142.3	174.1	0.2	5.82
n-undécane	<i>C<sub>11</sub>H<sub>24</sub></i>	1120-21-4	156.4	195.9	0.1	6.40

**Tableau 3** : propriétés physique-chimique de composés chimique retrouvés dans l'air intérieur et potentiellement impliqués dans les manifestations respiratoires ou allergique [7].

### **Conclusion**

Au terme de ce chapitre nous avons réalisé une synthèse bibliographique sur la qualité de l'air intérieur.

D'abord, nous avons commencé par la qualité d'air intérieur, un enjeux de santé publique, puis l'origine des contaminants, nous avons aussi déterminé les agents polluants ,biologique, physique et chimique. Comme un dernier élément nous avons cité l'impact sanitaire de la qualité de l'air intérieur et des composés chimique retrouvés à l'intérieur.

Enfin, une bonne qualité de l'air intérieur peut réduire les risques de problème de santé tels que les allergies, les maladies respiratoires et les maux de tête.

## **Chapitre II: Aspect théorique du phénomène de la décharge couronne.**

## 1 Introduction

Les décharges électriques sont des phénomènes créés dans les gaz suite à une application d'une tension capable à rendre ce dernier conducteur. Selon le niveau de cette tension, le courant traversant ce milieu gazeux peut varier. Les décharges électriques peuvent être classées en trois catégories :

- **Les décharges naturelles** si elles sont créées spontanément dans la nature telles que la foudre avec distance de rupture de l'ordre de quelques kilomètres.
- **Les décharges artificielles non contrôlées** observées par exemple dans les postes de transformation sur les dispositifs de coupure, avec des distances de quelques mètres. Ce type de décharges sont dues généralement à des défauts d'isolement
- **Les décharges artificielles contrôlées** concernent les différentes applications telles que les décharges luminescentes (tube à néon) et les arcs à souder.

Le développement de la décharge est fortement lié à la forme des électrodes soumises à la haute tension. Particulièrement, les électrodes pointues ont le pouvoir d'augmenter le champ électrique à leurs surfaces grâce à ce qui est connu comme l'effet de pointe. Ainsi, l'application d'une tension suffisamment élevée sur une électrode pointue (faible rayon) entraîne d'abord l'ionisation du gaz autour de la pointe. Plus la tension augmente plus la zone ionisée s'élargie jusqu'à couvrir toute la distance entre l'électrode HT et celle de la masse. Dans ce dernier cas, la décharge est dite complète qui n'est autre que la dernière phase qui mène à l'arc électrique. La décharge de type couronne a été l'objet de beaucoup d'études relatives notamment aux réseaux électriques et au chargement des diélectriques.

### 1.1 Décharge électrique à pression atmosphérique

Les décharges électriques atmosphériques sont des plasmas froids. Elles sont généralement créées entre deux électrodes par l'application d'une différence de potentiel (continue, alternative ou pulsée) qui génère ensuite des paires électrons-ions et une décharge électrique, les électrons énergétiques sont créés lors de leur accélération par le champ électrique au sein même du milieu gazeux contrairement aux procédés à faisceaux d'électrons, où les électrons énergétiques sont injectés dans le milieu à partir d'une source externe. Lorsque l'énergie gagnée par les électrons est suffisante des collisions inélastiques ont lieu, ce qui permet la formation d'un plasma. A la pression atmosphérique. La décharge électrique possède généralement une structure filamentaire. Le plasma est donc spatialement inhomogène et se compose de décharge filamentaire lumineuse très fines de quelque dizaine de micromètres de diamètre. Ces décharges traversent le gaz en quelques dizaines de nanosecondes. La décharge couronne et la décharge à barrières diélectrique DBD sont les deux décharges électriques les plus souvent rencontrées du fait de leurs simplicités de mise en œuvre [9].

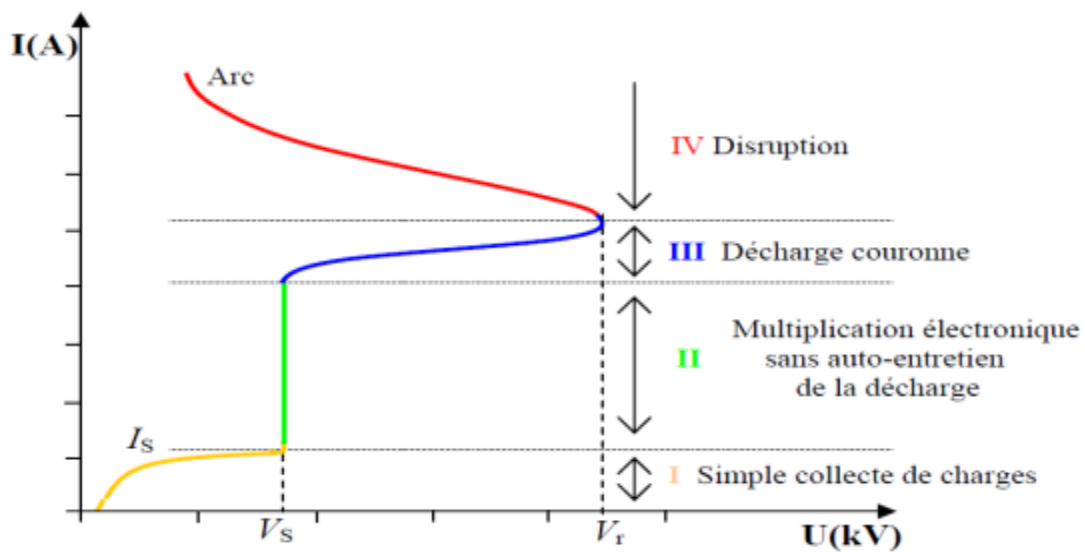
### 1.2 Mécanisme de formation et processus physique de la décharge couronne

Mécanisme d'ionisation successif est connu sous le nom « d'avalanche électronique » ou « décharge de Townsend ».



Quand un électron est placé dans un champ électrique uniforme accéléré et peut ioniser des atomes ou des molécules. L'ionisation d'une espèce provoque la formation d'une particule chargée et à la libération d'un électron supplémentaire, qui sera accéléré et acquiert une énergie suffisante pour ioniser une deuxième particule.

Chaque électron qui quitte la zone d'ionisation doit être remplacé Afin que la décharge soit auto-entretenu. , tout électron doit créer suffisamment d'ions positifs, de photons et d'espèces instables pour qu'au moins l'un d'eux puisse produire un nouvel électron. On représente sur la figure II.1 une caractéristique courant-tension pour les décharges en champs inhomogènes.



**Figure II.1:** Caractéristique courant-tension des décharges à pression atmosphérique.

La figure II.1 décrit le comportement du courant en fonction de la valeur de la tension appliquée. La courbe permet de distinguer quatre régimes régissant la décharge électrique :

- **Régime I- Collecte de charge**

Dans ce cas le champ électrique est trop faible pour assurer l'avalanche électronique. Le courant est très faible cela conduit à la présence d'ions issus de la radioactivité naturelle ou rayonnement cosmique.

- **Régime II-Régime impulsionnel**

Lorsque la tension atteint une valeur seuil  $V_0$ , le champ est assez intense pour qu'un électron puisse ioniser une particule environnante. Le processus d'avalanche se déclenche alors sans que le critère d'auto-entretien soit pour autant satisfait. La décharge a besoin d'une source externe complémentaire. Car le courant reste faible.

- **Régime III-Régime luminescent « décharge couronne »**

Les courants de décharges deviennent très importants car toute l'énergie passe par un même canal préférentiel dans l'espace inter-électrodes.

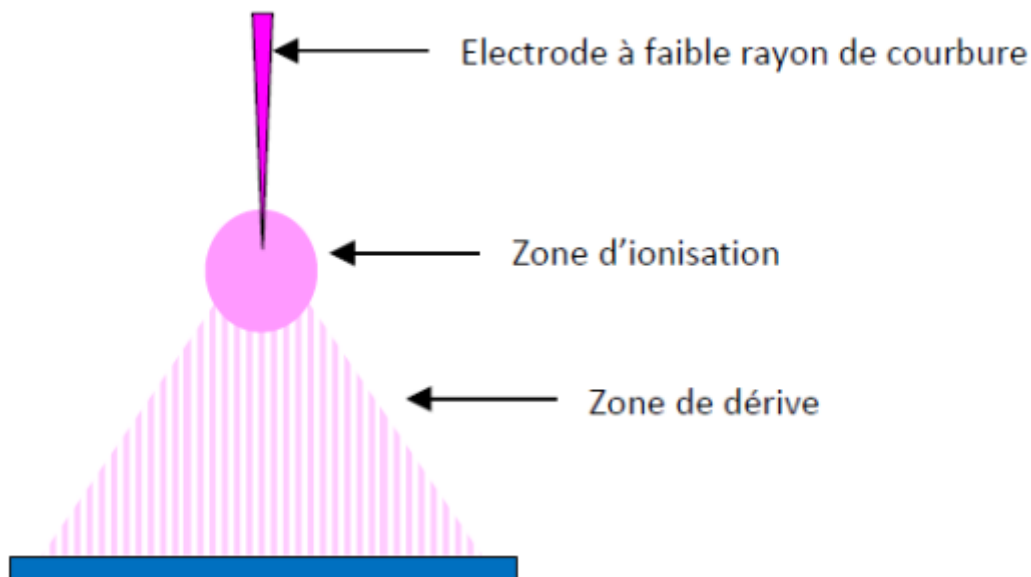
- **Régime IV- Régime disruptif**

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

### 1.3 La décharge couronne

Le décharge couronne, également appelée décharge à effet corona, apparaît généralement à pression atmosphérique. On définit la décharge couronne comme une décharge électrique autoentretenue non destructive dans un gaz, qui peut apparaître entre deux électrodes asymétriques, dont l'une à un faible rayon de courbure reliée à une haute tension, appelée «électrode active », et l'autre électrode, généralement plane, et reliée à la terre, appelée «électrode passive ».

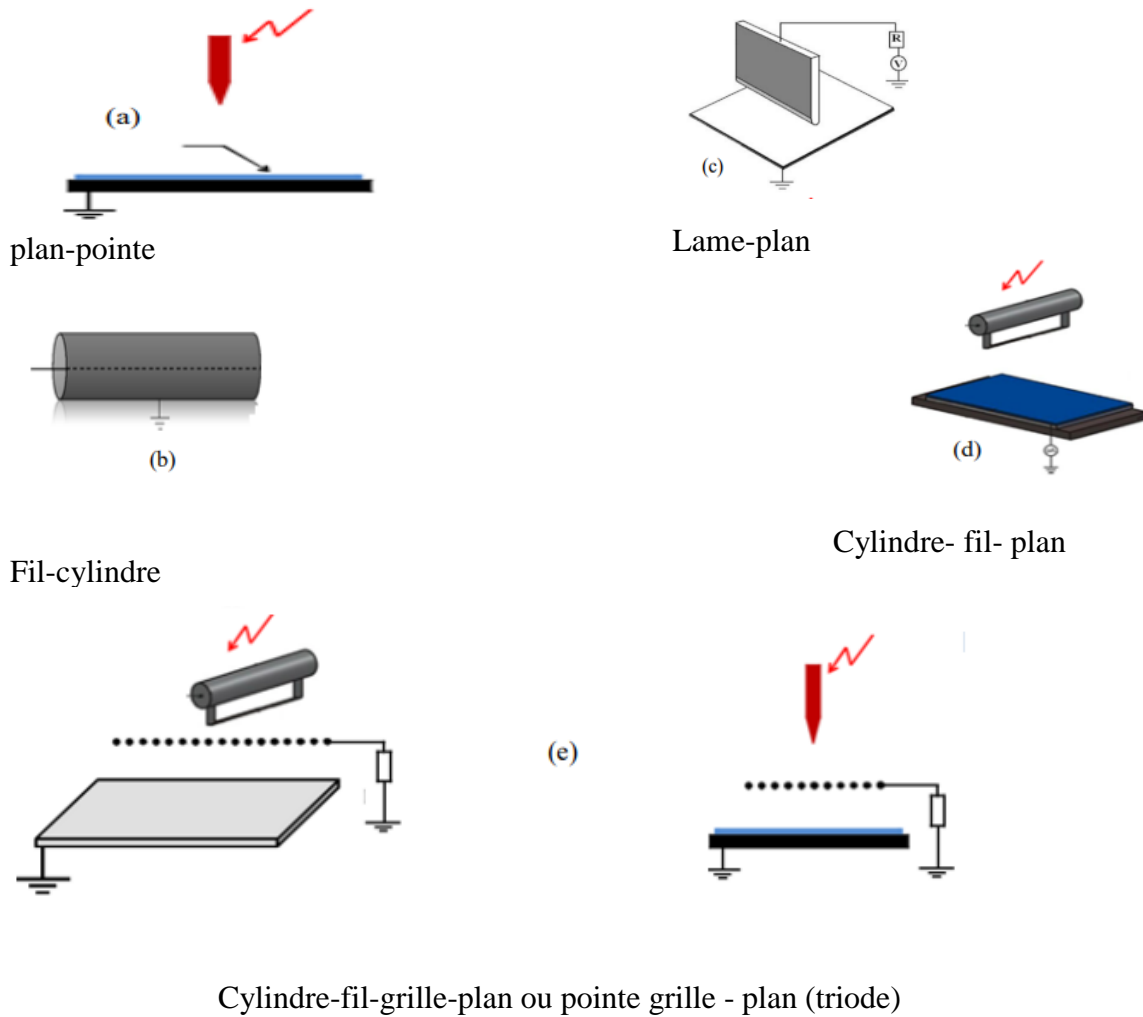
La dissymétrie des électrodes conduit à un champ électrique inhomogène dans l'espace inter-électrodes qui comporte deux zones : une zone active (zone d'ionisation) et une zone de dérivé (Figure II.2) au voisinage de l'électrode à faible rayon de courbure (zone active ou zone ionisée) le champ est suffisamment élevé, ainsi une ionisation du gaz se produit et les phénomènes d'avalanche sont limités dans l'espace par la décroissance du champ électrique. Autour de cette zone on retrouve la zone de dérivé ou unipolaire, où les ions du même signe que l'électrode à faible rayon de courbure dérivent jusqu'à l'autre électrode [13].



**Figure II. 2 :** Zones d'ionisation et de dérive dans la décharge couronne électrode.

On peut générer la décharge couronne à partir de différentes configurations d'électrodes.

Des schémas descriptifs de ces configurations sont présentés sur la figure II.3 [14].



**Figure II.3 :** Différentes géométries produisant la décharge couronne.

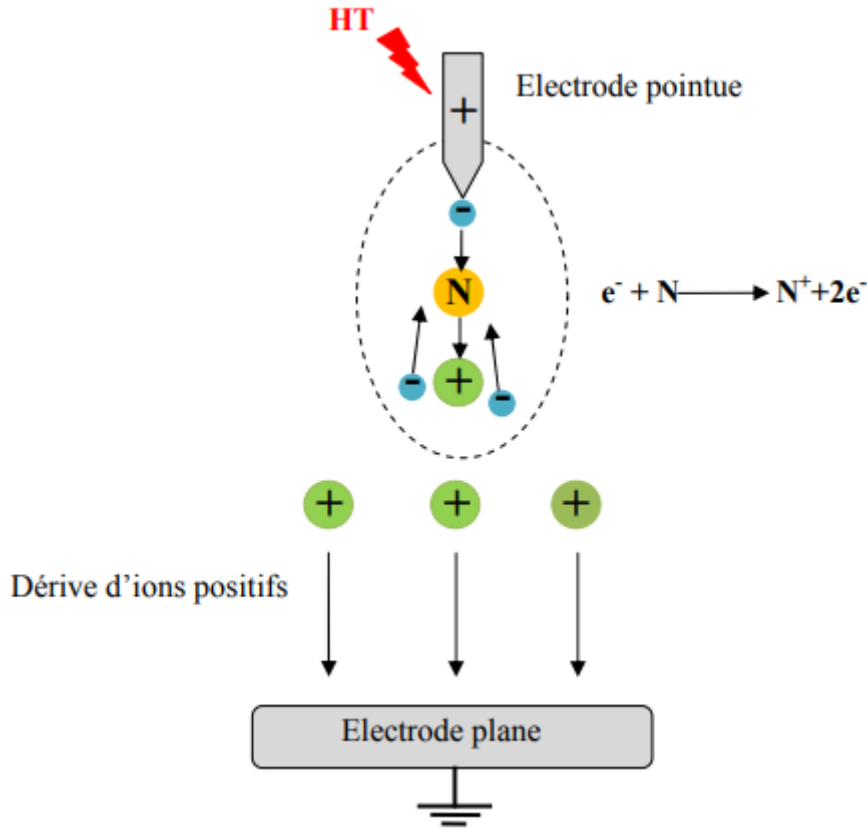
#### 1.4 Modes de décharge couronne

La décharge couronne peut être positive ou négative Selon la polarité de l'électrode et l'intensité du champ électrique. En effet, on distingue plusieurs modes de la décharge couronne [13].

##### 1.4.1 Décharge couronne positive

La décharge couronne positive émerge quand l'électrode pointue est portée à un potentiel positif et la plaque reliée à la terre (Figure II.4). Dans ce cas, des électrons sont produits par photo-ionisation auprès de la pointe où le champ est intense et sont accélérés du côté de l'anode (l'électrode de petit rayon de courbure). Auprès de celle-ci, 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-delà de laquelle le champ électrique ne permet plus la création d'ions positifs. Les ions positifs migrent donc vers la cathode (la plaque).

Avec l'accroissement de la tension, la décharge couronne positive devient une décharge luminescente continue, cette décharge se transforme en claquage si la tension est supérieure. Lorsque le champ électrique est augmenté, une fine couche d'air ionisé parmi les deux électrodes peut être observée. Ce régime s'appelle la décharge de type « streamer ». [15]



**FigureII.4** : Description de la décharge couronne positive.

### 1.4.2 Décharge couronne négative

La décharge couronne négative émerge quand l'électrode pointue est portée à un potentiel négatif. Quelle que soit la polarité, il y a toujours création d'électrons. Dans ce cas, les ions positifs créés (dans la zone d'ionisation auprès de la pointe) reviennent activement à la cathode (Figure II.5). Alors que, les ions négatifs sont repoussés par l'électrode sous tension vers la zone où le champ est plus faible (zone de dérive) et peuvent être déplacés vers la plaque relié à la masse. Avec l'accroissement de la tension, la décharge couronne négative atteint le régime d'impulsions de Trichel à une fréquence qui dépend du courant moyen. 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 [15].

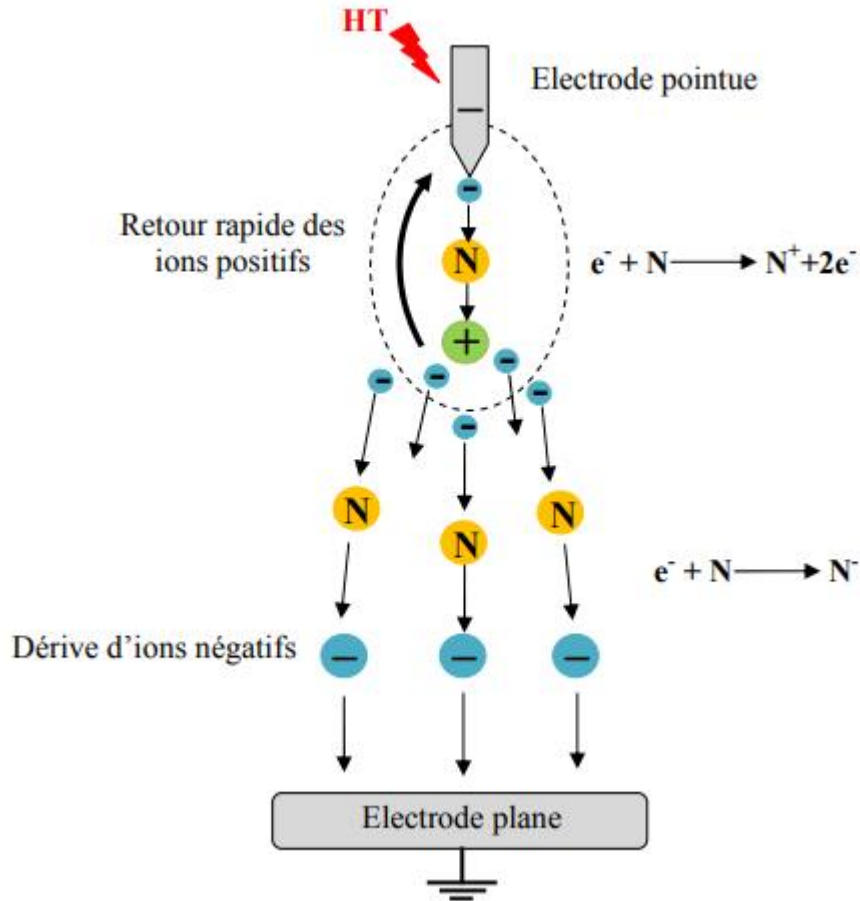


Figure II.5 : Description de la décharge couronne négative.

## 1.5 Caractéristiques électriques macroscopique

### 1.5.1 Champ électrique géométrique

#### 1.5.1.1 Configuration fil-cylindre

Le champ électrique créé par une décharge fil-cylindre (Figure II.6) qui est dû à l'application d'une différence de potentiel et en l'absence d'ions gazeux dans l'espace inter-électrodes à une distance  $r$  (en mètre) de l'axe du fil est donné par [16] :

$$E(r) = \frac{V}{r * \ln\left(\frac{R2}{R1}\right)} \text{ V * m}^{-1} \quad (II.1)$$

Où  $V$  est le potentiel appliqué au fil (V),  $R1$  le rayon inter (m) et  $R2$  le rayon du cylindre (m).

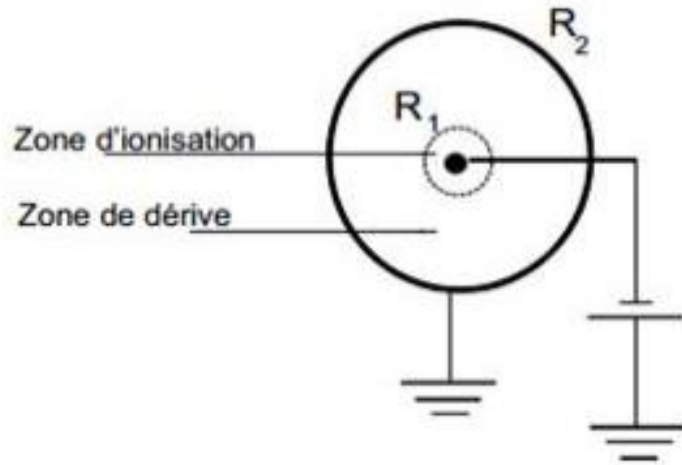


Figure II.6: Système en configuration fil-cylindre.

1.5.1.2 Configuration pointe –plan

Le profil du champ électrique géométrique entre une pointe parabololoïde et un plan, en l'absence de charge d'espace, dépend des caractéristiques électriques et géométriques de la pointe métallique. Il est décrit en fonction du potentiel imposé à l'électrode active le long de l'axe de symétrie du système, en configuration pointe-plan par la formule de Hartmann [16] :

$$E(r) = \frac{2V}{\left(r + \frac{R_c}{2}\right) \ln\left(\frac{2d+R_c}{R_c}\right)} \quad (II.2)$$

Avec V le potentiel appliqué à la pointe, Rc le rayon de courbure de la pointe, d la distance inter-électrodes, et r l'abscisse du point considéré par rapport à l'extrémité de la pointe prise comme origine.

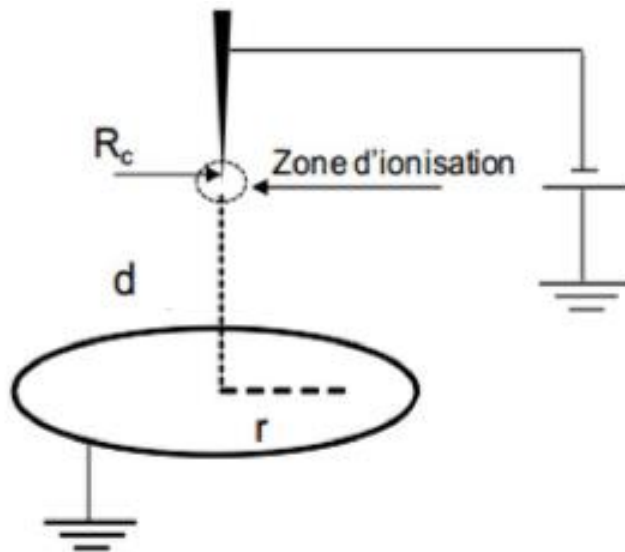


Figure II.7: Système en configuration pointe-plan.

## 1.6 Description d'une décharge électrique

### 1.6.1 La décharge de Townsend

Townsend a développé une théorie dans laquelle il explique le phénomène de décharge à partir des observations des courants de conduction dans l'air, l'oxygène et l'hydrogène. Après l'apparition du premier électron libre produit au niveau de la cathode ou dans le gaz par un agent ionisant (Rayons UV, chaleur, etc.), une avalanche électronique peut se développer sous l'action du champ électrique. L'accroissement d'une quantité  $dn$  d'un nombre initial  $n$  d'électrons libres qui dérivent d'une longueur  $dx$  dans un gaz à pression  $p$  sous l'effet d'un champ uniforme  $E$ , est donné par le coefficient [17].

$$\alpha = \frac{1}{n} \frac{dn}{dx} \quad (II.3)$$

Ce coefficient  $\alpha$ , est appelé premier coefficient de Townsend. Il dépend du champ électrique, de la pression et de la nature du gaz ( $\frac{\alpha}{p}$  croît avec  $\frac{E}{p}$  avec une influence de la nature du gaz).

Chaque ionisation d'un neutre du gaz donne naissance à un électron libre et un ion positif qui se dirige vers la cathode où il donnera à son tour naissance à un nombre  $\gamma$  de nouveaux électrons, Le coefficient  $\gamma$ , est appelé deuxième coefficient de Townsend. Caractérisant l'ionisation en surface au niveau de la cathode.

Si  $i_0$  représente un courant dû aux électrons produits par l'agent ionisant extérieur, le courant  $i$  d'une décharge qui s'établit entre les électrodes distantes de  $d$  est représenté par la relation classique :

$$i = i_0 \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \quad (II.4)$$

Pour  $\gamma(e^{\alpha d} - 1) = 1$  le courant du système devient infini, ce qui signifie que le courant  $i_0$  n'est plus nécessaire à l'entretien de l'ionisation. La décharge est alors dite autonome.

Quand le champ électrique n'est pas semblable, ce qui peut se produire avec l'accumulation localement des ions positifs dans l'intervalle inter électrodes, le foisonnement des électrons s'arrête dans les endroits où le champ électrique est faible. Les électrons autonomes s'attachent alors à des atomes neutres du gaz. Afin de mieux décrire le foisonnement électronique dans les régions à faible champ où l'attachement ne peut plus être négligé, on est amené à écrire

$\alpha = (\alpha' - \eta)$  Où  $\eta$  est le coefficient d'attachement qui dessiner nombre d'électrons qui s'attachent par unité de longueur et  $\alpha'$  le coefficient d'ionisation globale. Dans le cas où le champ n'est plus autonome, le critère de Townsend s'écrira :

$$\gamma \exp\left(\int_0^d \alpha dx - 1\right) = 1 \quad (II.5)$$

Pour que la décharge soit uniforme, il est essentiel que les ions positifs, les photons et les métastables qui apparaissent dans l'espace inter-électrodes produisent au moins un électron

pour remplacer tout électron qui quittera la région d'ionisation. Pour Townsend, le chemin à la décharge autonome est dû à l'effet  $\gamma$  (émission d'électrons secondaires par les ions positifs qui tombent sur la cathode) [17].

### 1.6.2 Loi de Paschen

Paschen a établi une loi empirique de comportement des gaz, connue sous le nom de loi de Paschen. Cette dernière, énonce que la tension disruptive d'un gaz qui représente la tension à partir de laquelle une décharge est observée, entre deux électrodes parallèles, dépend de la valeur du produit de la pression du gaz avec la distance inter-électrodes (figure II.8) ; la relation s'écrit :

$$V_s = f(p.d) \quad (II.6)$$

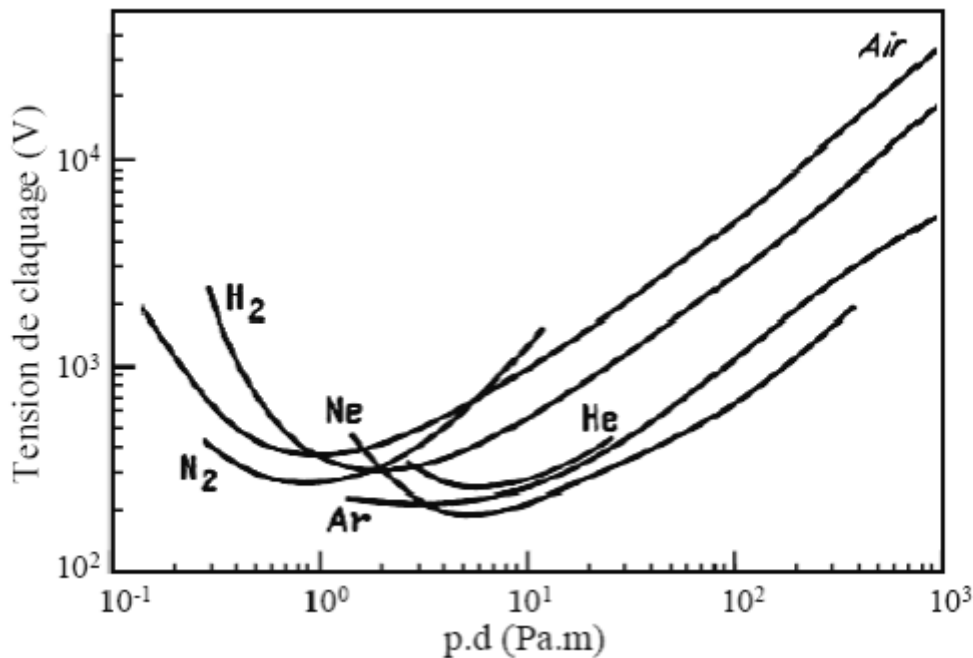


Figure II.7 : Loi de Paschen pour différents gaz.

Le mécanisme proposé par Townsend permet d'expliquer de manière théorique la loi empirique de Paschen décrivant la tension nécessaire à l'apparition d'une décharge disruptive en fonction du produit « p.d » équation [18]:

$$V = \frac{B \cdot p \cdot d}{\ln(A \cdot p \cdot d) - \ln\left(\ln\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)\right)} \quad (II.7)$$

Les constantes A et B, qui dépendent du gaz, peuvent être déterminées à partir du premier coefficient d'ionisation « $\alpha$ ».

Avec :

$$\alpha = A \cdot \exp\left(-B \cdot \frac{E}{p}\right) \quad (II.8)$$



Les travaux de Coliatene montrent que la tension minimale (minimum de Paschen) d'initiation d'une décharge dans l'air en champ uniforme reste inchangée ( $\approx 320$  V) quelle que soit l'augmentation de la température. Cela signifie que ce minimum est universel [18].

### 1.6.3 Théorie des streamers

Un "streamer" ou "dard" est un fin canal partiellement ionisé qui se forme à partir de l'avalanche primaire dans lequel coexistent des charges positives et négatives, qui va croître en direction des deux électrodes. Si le streamer se dirige vers la cathode, il est dit "positif". Dans le cas contraire, correspondant à de très fortes tensions et de grandes distances inter-électrodes on parle du streamer "négatif". La situation intermédiaire restant possible [19].

L'instruction d'un streamer s'explique par les mécanismes de photo ionisation se produisant à l'intérieur de l'avalanche primaire. Les électrons activés par le champ électrique excitent par collision des atomes du gaz environnant qui reviennent à leur état cardinal avec émission des photons. Si ces photons ont une énergie inférieure à l'énergie d'ionisation des atomes du gaz environnant, ils peuvent être absorbés par ces atomes avant d'être émis de nouveau. Si leur énergie est supérieure à l'énergie d'ionisation des atomes du gaz, de nouveaux des électrons peuvent être libérés. Si les électrons ainsi produits sont situés au voisinage de l'avalanche primaire, ils vont créer de nouvelles avalanches dites secondaires.

Ainsi le streamer consiste en [19] :

- Une région ionisée, légèrement conductrice (5kV/cm) composée d'ions positifs et d'électrons.
- Une région "active" composée d'ions positifs qui favorisent le développement d'avalanches.

## 1.7 Mécanisme de formation d'une décharge couronne

Les processus microscopiques présents dans la décharge couronne sont variés et très complexes. Ils conduisent à un étalage de régimes distincts du comportement de la décharge. Le comportement d'une décharge dépend de plusieurs paramètres pouvant influencer le seuil et les caractéristiques de la décharge couronne[20].

- Paramètres électriques telles que la nature et la polarité de la tension appliquée à l'électrode active (tension continue ou alternative).
- Paramètres géométriques telles que la forme et les dimensions des électrodes ainsi que la distance inter-électrodes.
- Paramètres physiques, liés à la nature du gaz inter-électrodes, à sa densité, à sa pression, à sa température et à sa teneur en vapeur d'eau et impureté.

L'existence d'une décharge électrique dépend de la possibilité de créer des particules chargées à partir des atomes ou molécules neutres constituant ces gaz.

### 1.7.1 Processus de production des espèces chargées

L'amorçage de la décharge couronne dans un espace gazeux commence par une série d'avalanches électroniques au voisinage de la pointe. La condition d'existence d'une décharge

est la présence des particules chargées (électrons germes) dans le gaz et l'application d'une tension suffisamment élevée entre les électrodes. Ces électrons germes présents dans le milieu gazeux sont générés principalement par l'irradiation par rayonnements cosmiques ou par les processus de radioactivité naturelle (7 à 20 électrons par  $cm^3/s$  sont produits dans l'air à la pression atmosphérique).

La présence des particules chargées au sein d'un espace gazeux entraîne une augmentation des interactions que peut subir une particule. Lors de leur mouvement, qu'il soit à leur agitation thermique ou à un phénomène de transport tel que la convection ou la dérive dans un champ électrique, les interactions peuvent les amener à collisionner avec des particules avoisinantes. Deux types de collisions sont distingués : élastiques ou inélastiques. Dans les chocs élastiques, les particules sont simplement déviées avec échange de quantité de mouvement et d'énergie cinétique. Par contre, dans les chocs inélastiques ou plastiques, l'énergie interne des particules change [20].

Les divers types d'évènements qui modifient l'énergie interne des particules font tous intervenir leurs charges électriques. On distingue :

**Ionisation** : Dans leur état normal, les gaz sont des isolants électriques. En effet, ils ne contiennent que des molécules neutres. Cependant, lorsqu'ils sont soumis à un champ électrique assez fort, ils deviennent conducteurs. Il se produit des décharges électriques, avec apparition d'électrons et d'ions libres. L'ionisation d'un atome peut se produire selon plusieurs processus :

- collision inélastique
- Photo ionisation à partir de l'UV profond
- Effet Penning par collision des métastables

**Attachement d'électrons** : Le phénomène d'attachement se produit quand un électron entre en collision avec un atome ou une molécule neutre du gaz pour former un ion négatif.

**Recombinaison** : C'est la neutralisation d'un ion positif par capture d'un ion négatif.

### 1.7.2 Seuil de déclenchement d'une décharge couronne dans l'air

Les décharges couronnes ne peuvent s'établir que si le champ électrique  $E_0$  créé par le dispositif est suffisant près de l'électrode active. Au-delà d'une certaine valeur critique du potentiel appliqué, la décharge ne se produit pas. En 1929, Peek a découvert la formule empirique donnant la valeur seuil du champ électrique permettant le déclenchement d'une couronne dans l'air [20] :

$$E_0 = 318 \left( 1 + \frac{0.308}{\sqrt{\delta r}} \right) kv/cm \quad (II.9)$$

Où  $\delta$  est le rapport de la masse volumique de l'air par rapport à celle obtenue dans les conditions  $P = 760$  Torr et  $T = 300$  K,  $r$  est le rayon de courbure de l'électrode active exprimé en cm [20].

## 1.8 Les facteurs influençant la décharge couronne

Plusieurs facteurs peuvent influencer le seuil et les caractéristiques de la décharge couronne, on distingue trois facteurs essentiels :

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

### 1.8.1 Facteurs géométriques

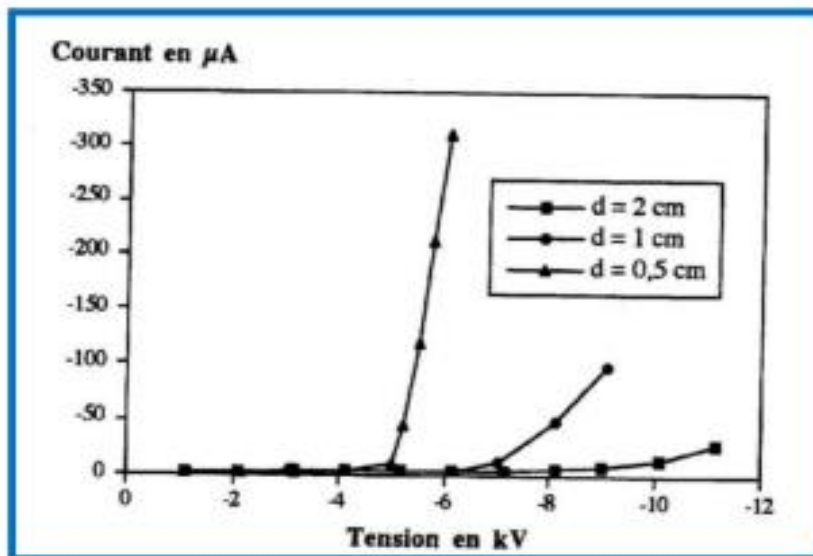
#### 1.8.1.1 Rayon de la courbure

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

#### 1.8.1.2 Distance inter-électrodes

L'influence de la distance inter-électrodes sur les paramètres de la décharge est montrée sur la figure (II.8).

Il apparait clairement que le courant est plus important et croit plus rapidement avec la tension appliquée pour de faibles distances inter-électrodes. De plus, les seuils de décharge couronne apparaissent pour des valeurs de tension inférieures dans le cas de faibles distances inter-électrodes [21].



**Figure II.8 :** Influence de la distance inter-électrodes

Sur le courant de la décharge couronne.

#### 1.8.1.3 La nature des électrodes

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

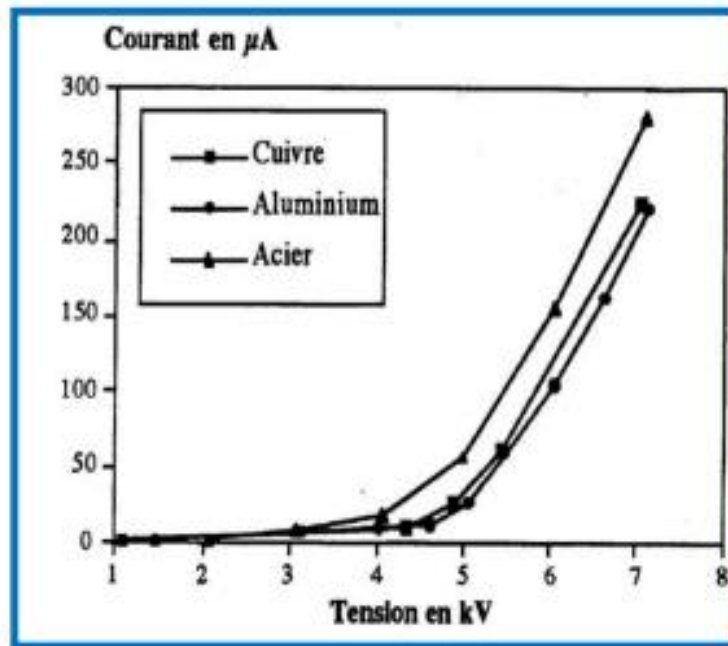


Figure II.9 : Caractéristique courant-tension selon la nature des électrodes.

## 1.8.2 Les facteurs physico-chimiques

### 1.8.2.1 La température

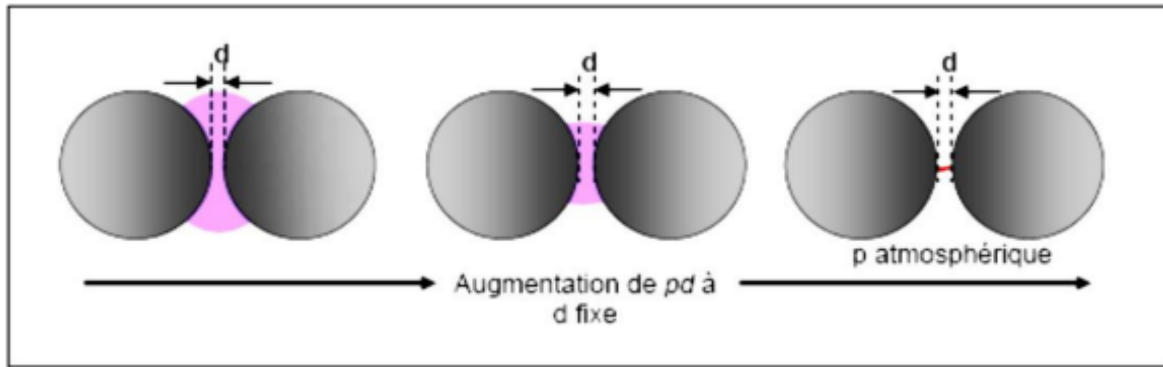
Avec l'augmentation de la température, à la pression normale, la rigidité diélectrique de l'air diminue, ce qui favorise la décharge couronne. Cela est dû au fait que dans ce cas le libre parcours moyen augmente.

### 1.8.2.2 L'humidité

L'influence de l'humidité sur la rigidité diélectrique de l'air est très importante surtout dans le cas où le champ électrique est non uniforme. Ce phénomène serait lié d'une part à l'accroissement de l'attachement des électrons libres, du fait de la présence de vapeur d'eau dans l'air (grande électronégativité) et d'autre part à la plus grande absorption des photons en tête des streamers, dans la région où se produisent les avalanches secondaires par photo-ionisation. Le seuil d'apparition de la décharge couronne survient à des tensions toujours plus basses pour 90% que pour 5% d'humidité relative. Cette différence pourrait s'expliquer par l'augmentation de la conductivité de l'air lorsque l'humidité relative de la cellule de décharge augmente [21].

### 1.8.2.3 La pression

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



**Figure II.10 :** Schéma d'évolution de la décharge observée en fonction de la pression.

#### 1.8.2.4 La densité de l'air

Les paramètres climatiques et particulièrement la densité de l'air influencent la tension d'amorçage des intervalles d'air. La tension « $U_d$ » est proportionnelle à la densité de l'air :

$$U_{dn} = \frac{U_d K_n}{\delta} \quad (II.10)$$

Avec :

$U_{dn}$ : Tension de claquage dans les conditions normales.

$\frac{K_n}{\delta}$  : Correction à apporter pour avoir les conditions normales.

#### 1.8.3 Facteurs électriques

L'effet couronne diffère selon qu'on applique à un système d'électrodes une tension continue ou alternative.

Les différents modes d'émission de charges qui ont été décrits en tension alternative sont observés également en tension continue, la seule différence est que l'effet couronne en tension alternative implique que la concentration des émissions de charges correspond à la crête de la sinusoïde du courant, tandis qu'en continu l'émission de charges est permanente [21].

#### 1.9 Problèmes liés aux décharges couronne

Les décharges couronnes peuvent produire des bruits audibles et des perturbations sur les fréquences radio, en particulier à proximité des lignes à haute tension. Elles représentent également une perte de puissance. Enfin, les réactions qu'elles provoquent dans l'atmosphère pourraient avoir un impact sur la santé. C'est pourquoi les installations de transport d'énergie sont conçues pour minimiser la formation des décharges couronne.

Les décharges de couronne sont particulièrement à éviter dans :

- Les installations de transmission électrique où elles provoquent une perte d'énergie et du bruit.

- La plupart des équipements électriques : transformateurs, machines électriques (aussi bien générateurs que moteurs), etc. où elles endommagent progressivement les isolants amenant à une détérioration prématurée dans équipements.
- Toutes les situations nécessitant une tension importante mais où la production d'ozone doit être minimale [22].

### **1.10 Application utilisant la décharge couronne**

#### **1.10.1 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.

#### **1.10.2 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 surfacique

#### **1.10.3 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 II.11).

#### **1.10.4 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(II.12) [23].

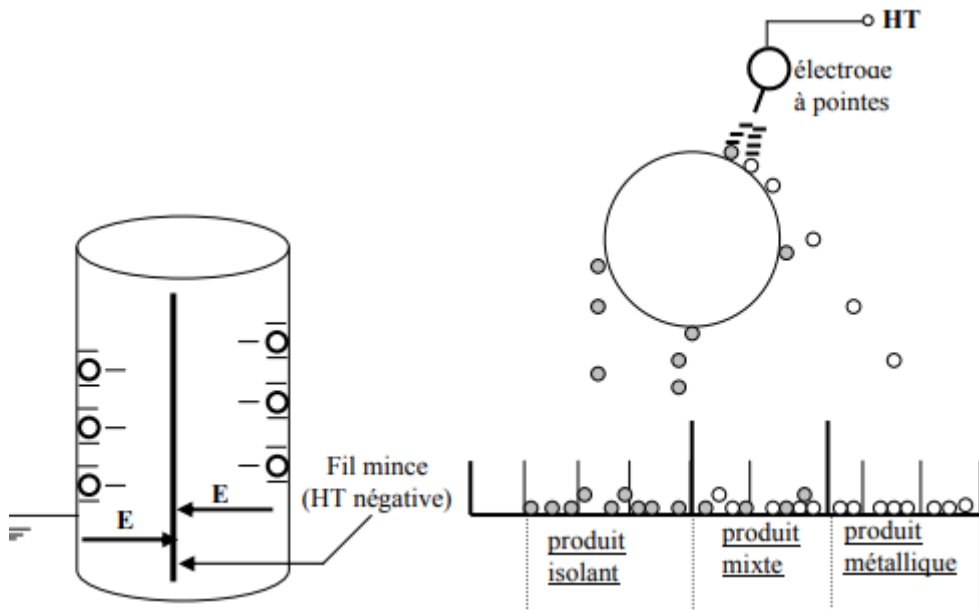


Figure II.11

Figure II.12

**Conclusion**

Dans chapitre on a présenté de manière bibliographique les différents phénomènes associés à la décharge couronne, comme les mécanismes de la décharge, Les paramètres influençant sur ce dernier et ses domaines application.

**Chapitre III : collecte et dégradation des particules et des composants organiques volatiles par plasma non thermique.**



### 1 Introduction

Dans la plupart des secteurs de production, la filtration d'air industriel vise à traiter les différents rejets parmi lesquelles les brouillards d'huile et les poussières, même très fines, qui sont émises lors de différents procédés.

La filtration de l'air dépend de trois objectifs :

Assurer la protection des personnes et de l'environnement ;

Obtenir des environnements de propriété spécifique ;

Réduire les coûts d'exploitation des équipements de climatisation.

Le rôle d'un filtre à air est d'emprisonner le débit des particules poussiéreuses contenues dans l'air, sans autant diminuer le débit d'air, piégeage des pollens et des particules fines dommageables pour la santé, amélioration de la qualité sanitaire de l'air intérieur et l'élimination des odeurs ou des poussières industrielles ...

La qualité de l'air intérieur revêt une importance cruciale, aussi bien pour la protection des personnes que pour le bon fonctionnement de nombreux procédés industrielles.

A noter que la nature chimique des particules n'est pas leur seul facteur de nocivité. : Plus les particules sont fines, plus les risques sur la santé sont élevés, car elles peuvent pénétrer profondément dans les voies respiratoires et atteindre les alvéoles pulmonaires ; plus les particules sont légères, plus elles restent longtemps en suspension dans l'air, avec à la clef un temps d'exposition plus long pour les opérateurs.

L'objectif de cette étude est le dimensionnement et la construction d'un filtre à effet couronne et d'analyser l'influence de la forme de la tension sur tous ces paramètres.

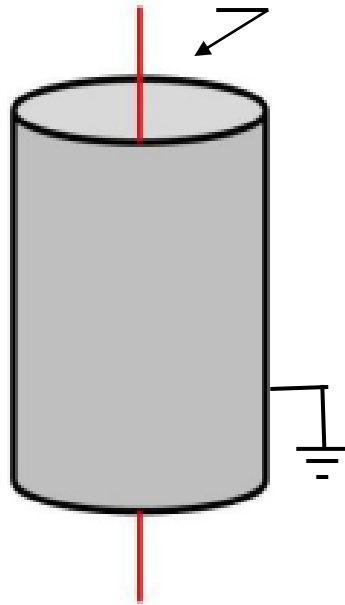
#### 1.1 Systèmes d'électrodes

Une électrode est un conducteur électrique captant ou libérant des électrons.

Il existe plusieurs systèmes d'électrodes (fil- cylindre ; pointe-plan ; fil-plan...)

##### 1.1.1 Système fil-cylindre

Ce système contenant l'électrode active se compose principalement d'un fil très fin et d'un cylindre. Ce dernier a pour but d'orienter les lignes de champs vers le plan masse. [24]

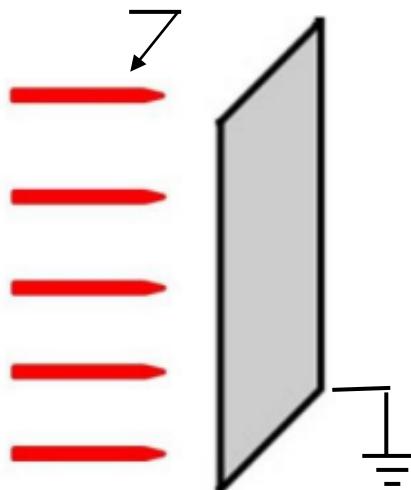


**Figure III. 1 :** système électrodes configuration (fil-cylindre).

### 1.1.2 Système pointe-plan

La décharge d'air est générée par deux électrodes en configuration pointe plan figure (III.2) le rayon de courbure de la pointe est de l'ordre de  $100 \mu\text{m}$ .

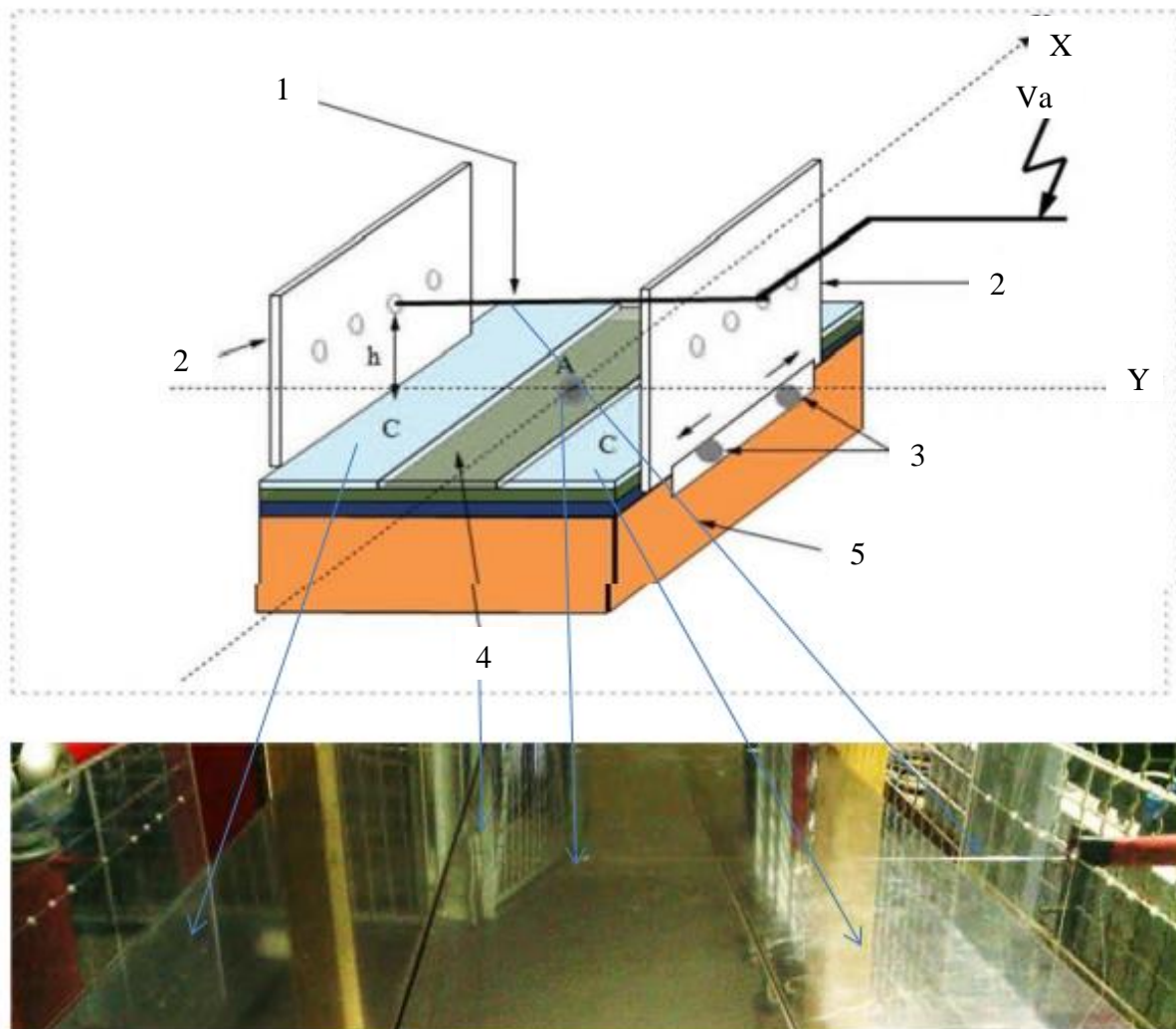
L'obtention d'une décharge non-ramifiée est essentielle pour permettre des mesures moyennes phasées. Cette stabilité est obtenue grâce au rayon de courbure de la pointe et au fait que la tension d'amorçage est nettement inférieure à la tension de claquage usuelle, condition nécessaire pour obtenir ce type de décharge [25].



**Figure III.2 :** système d'électrodes points-plan.

### 1.1.3 Système fil-plan

Il est composé de deux électrodes principales. L'une constitue le fil qui est l'électrode active (1) à faible rayon de courbure et l'autre est plane qui représente le plan de polarisation ou de mesure (4). Et d'un ensemble de surfaces côtières qui représentent les plans de garde (C) qui sont mis à la terre figure (II.3). L'électrode active est tendue parallèlement par deux supports en plexiglas (2) à une hauteur  $h$  du plan de mesure. L'une des électrodes (fil) est portée au potentiel  $V_a$ . Les plans de mesure (C) entourent la plaque de polarisation (4) formant avec celle-ci des intervalles d'air très réduits pour assurer la continuité de la distribution du champ aux bords de la sonde. Cette dernière étant fixe, la mesure du champ en différents points du plan se fait par le déplacement des électrodes actives fixées sur des supports coulissants [26].



**Figure III.3** : Système d'électrodes fil-plan.

Dispositif expérimental pour l'étude des paramètres d'influence de la décharge couronne en configuration fil-plan.

## 1.2 Paramètre d'influence sur la décharge couronne fil-plan

Dans ce qui suit nous passerons en revue les paramètres influençant la décharge couronne en configuration d'électrodes fil-plan parce que c'est cette configuration qui sera retenue dans l'étage l'ionisation de notre système de filtration.

### 1.2.1 Influence de la forme de tension

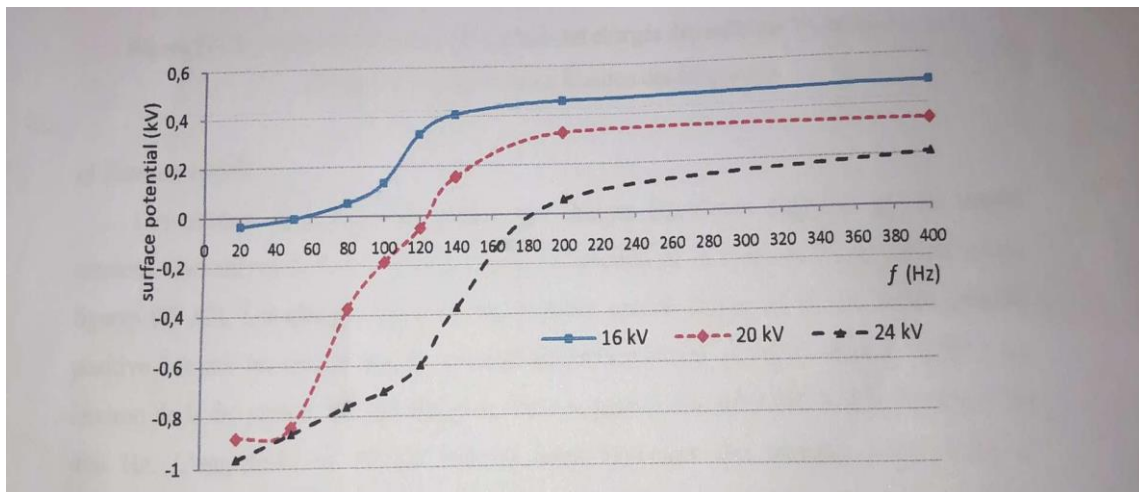
En pratique, La forme de tension sinusoïdale est parmi les formes les plus étudiées pour faire ressortir l'influence de la forme d'ondes sur la quantité des ions générés dans chaque demi-période, ainsi la possibilité que ces ions puissent atteindre la surface des électrodes des avant l'inversion de la polarité du champ électrique [27].

#### Tension sinusoïdale

D'après les données du Dr. Yahiaoui Belkacem [27], On constate deux phénomènes: Aux faibles fréquences les charges déposées sont proportionnelles aux fréquences et aux amplitudes de la tension sinusoïdale.

Par contre, elles sont inversement proportionnelles aux amplitudes lorsque les charges déposées sont positives, aux hautes fréquences.

A une fréquence  $f_0$ , les charges générées par la première demi-alternance seront neutralisées par la deuxième demi alternance [27].



**Figure III.4 :** courbes du potentiel de surface des charges déposées par la haute tension alternatives sinusoïdales en fonction des fréquences.

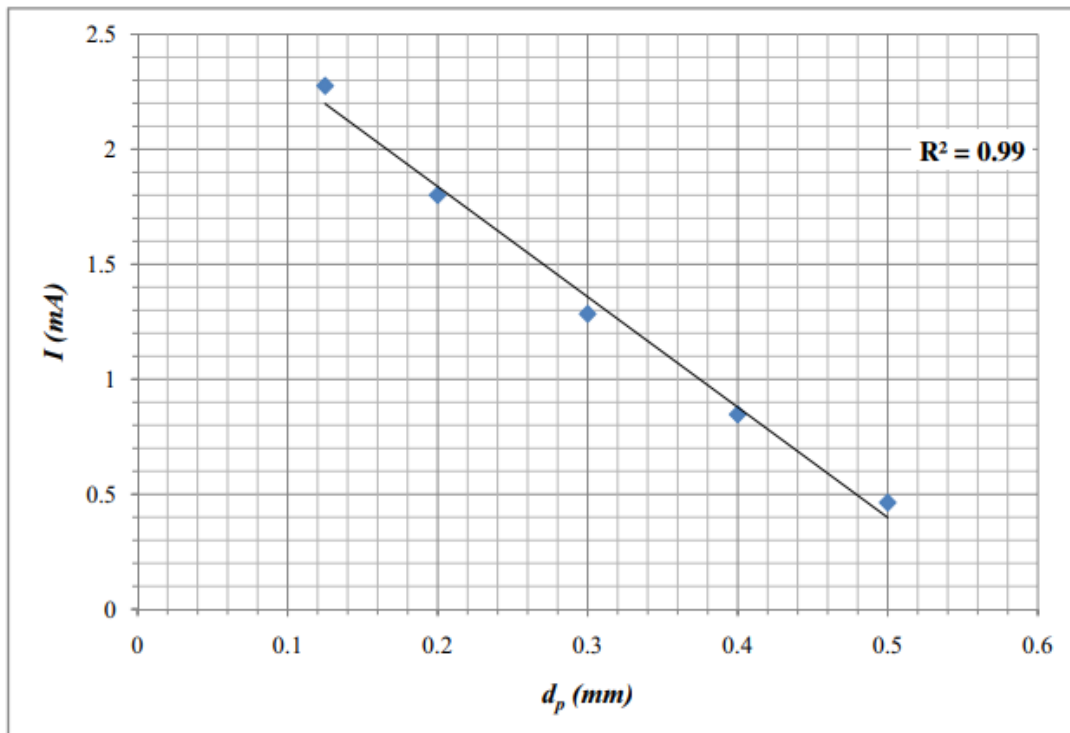
### 1.2.2 Influence du diamètre du fil

Pour différents diamètres de l'électrode émettrice ou fil, l'efficacité de collecte est mesurée (Figure III.6). Plus le diamètre du fil diminue, plus l'efficacité de l'étage de collecte augmente. Ceci s'explique par le fait que la densité de charges inter-électrodes et le courant produit sont plus importants lorsque le rayon de courbure du fil ionisant est petit (Tableau 1, figure III.5, figure III.6).

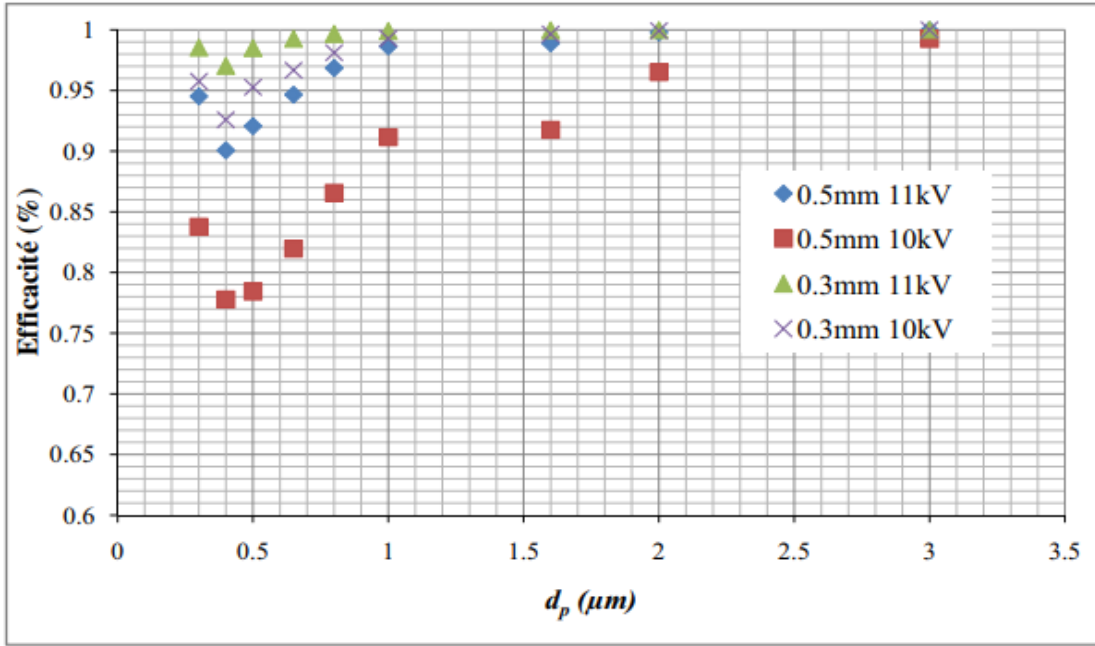
Remarquons aussi que plus le diamètre du fil est petit plus la tension seuil d'ionisation est petite conformément aux résultats de la littérature [28].

		Tension appliquée (kV)			Tension de seuil (kV)
		11kV	10kV	9kV	
Diamètre du fil (mm)	0.125mm	764.58	632.87	503.86	4.84
	0.2mm	606.51	482.01	359.98	5.95
	0.3mm	455.81	336.8	219.74	7.13
	0.4mm	338.32	222.23	106.95	8.10
	0.5mm	239.24	124.11	6.68	8.85

**Tableau 1** : Densité de charge moyenne ( $\mu C/m^3$ ) en fonction de la tension appliquée et de diamètre du fil ionisant.



**Figure III.5** : courant total en fonction du diamètre du fil ionisant.

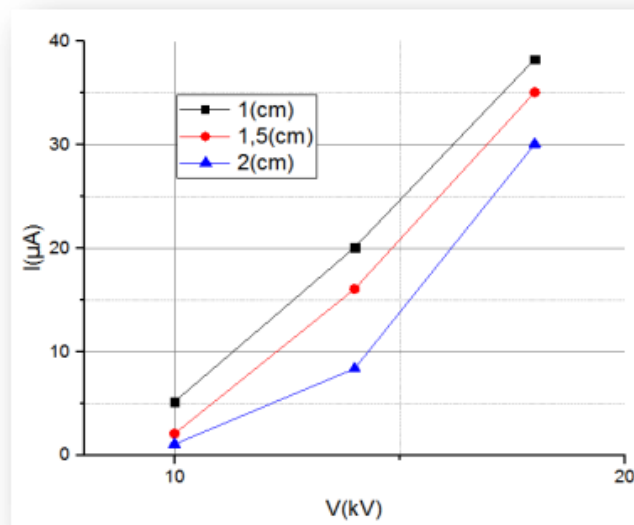


**Figure III.6 :** Efficacité mesurée en fonction du diamètre de particule pour différents diamètres du fil ionisation.

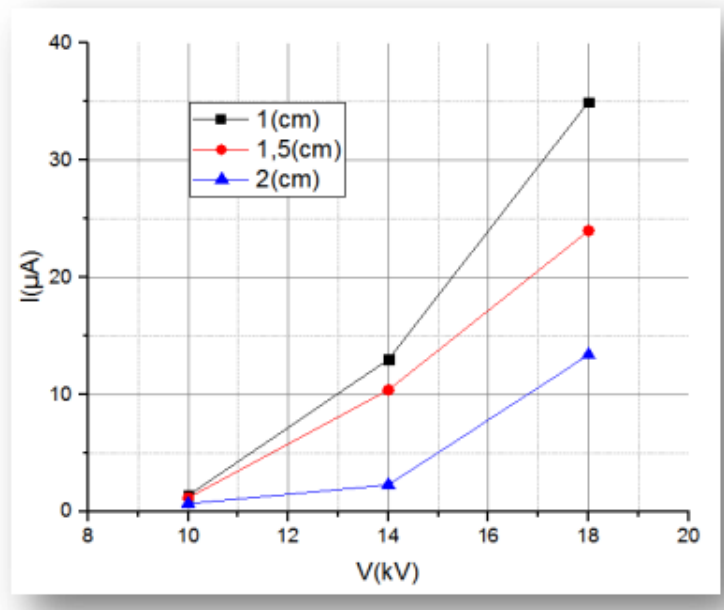
### 1.2.3 Influence de la distance inter-électrodes :

Les auteurs ont étudiés la variation du courant en fonction de la distance inter-électrodes, ils ont utilisé 3 fils de diamètre différents (0.5mm, 1mm, 1.5mm) pour des distance inter-électrodes variables (1cm, 1.5cm et 2cm).

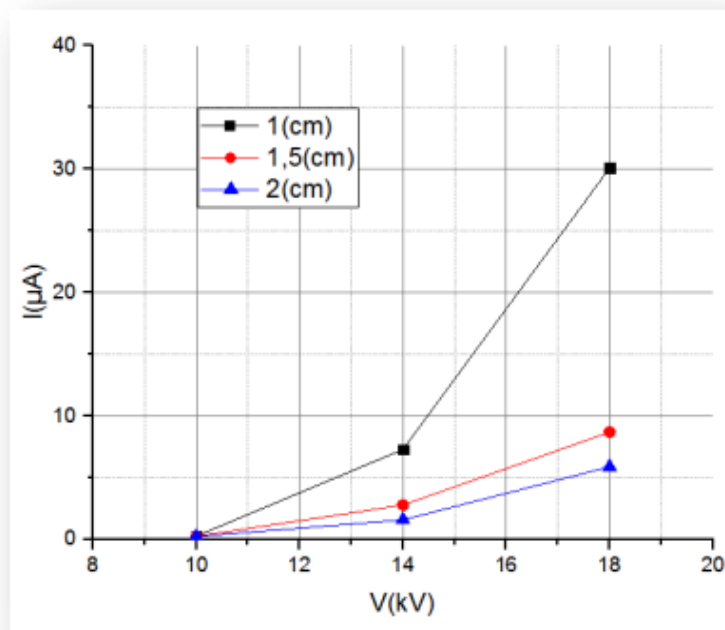
Les résultats obtenus concernant la variation du courant en fonction de la distance inter-électrodes sont représentés dans les figures III.7, III.8, et III.9. On constate, une augmentation de la tension seuil avec l'augmentation de la distance inter-électrodes [29].



**Figure III.7 :** Caractéristique  $I = f(V)$  pour un fil du diamètre  $d=0.5$ mm.



**Figure III.8:** Caractéristique  $I = f(V)$  pour un fil du diamètre  $d=1\text{mm}$



**Figure III.9:** Caractéristique  $I = f(V)$  pour un fil du diamètre  $d=1.5\text{mm}$ .

### 1.3 Mesure du courant de la décharge

Le courant de la décharge ( $I$ ) traversant la sonde ( $S$ ) est mesuré à l'aide d'un pico ampèremètre relié par intermédiaire d'un câble coaxial blindé. La précision des mesures dépend du bon ajustement des fils et de la vérification de la distance inter-électrode ( $H$ ) entre les fils et le plan, et aussi dépend du bon centrage de la sonde et du courant de fuite causé par

l'accumulation de poussière entre la sonde et l'électrode active. Il est recommandé de nettoyer régulièrement la sonde et la position des fils par rapport à la sonde.

La mesure du courant de la décharge couronne (I) ainsi que la densité du courant collecté en fonction des tensions appliquées  $V_{app}$  sur l'électrode active, est effectuée à l'aide d'un Pico-Ampèremètre (pA) [30].

#### 1.4 Mesure des paramètres de l'air

Comme la décharge couronne est très influencée par les paramètres physiques de l'air, il est alors nécessaire de tenir compte des conditions atmosphérique pendant lesquelles les mesures expérimentales ont été prises. Et durant l'étude expérimentale, des relevés de la pression à l'aide d'un baromètre à mercure, de la température à l'aide d'un thermomètre à mercure et de l'humidité à l'aide d'un hygromètre à cheveux sont effectués. [31].

#### 1.5 Mesure du champ électrique

La mesure du champ électrique a été faite par une sonde circulaire polarisée dite sonde de Tassicker. Le principe de fonctionnement de la sonde polarisée de Tassicker est basé sur la mesure du courant collecté par la surface de la sonde, pour ensuite déduire le champ électrique à sa surface. En partant de ce principe, il considère que la sonde est un plan circulaire ( $s_s$ ) de rayon  $r_s$ , centré au milieu d'une électrode (E) de rayons intérieur et extérieur respectivement  $r_e$  et  $R_e$ . Les surfaces  $S_s$  et  $SE$  des deux parties ainsi formées au même niveau et forment un intervalle d'air annulaire de largeur  $g = r_e - r_s$ , figure (III.5) [26].

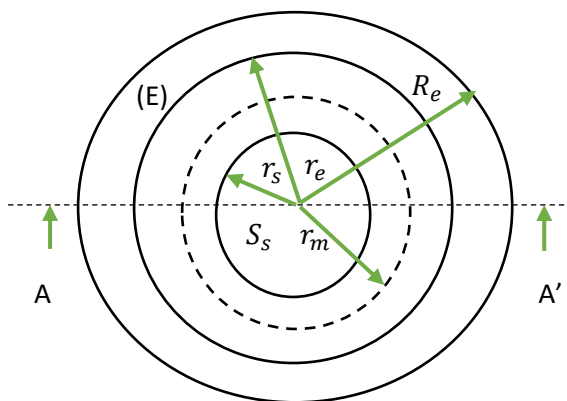


Figure (III.10) : Sonde circulaire de Tassicker.

#### 1.6 Détermination des paramètres de la décharge couronne

##### 1.6.1 Détermination de la densité de courant J :

La valeur de la densité du courant (J) est définie comme étant le courant par unité de surface, elle est calculée par l'équation (III.1) qui donne la densité du courant en fonction du courant collecté par la sonde circulaire et de la surface moyenne :

$$J = \frac{I}{s_m} \quad (III.1)$$

I : Le courant de décharge collecté par la sonde.

$s_m$ : La surface effective de la sonde.



La figure (III.11) expose la distribution de la densité de courant dans la géométrie fil-plan, pour un rayon de 0.2 mm et pour trois piques de tensions appliquées  $V_a$  de 20, 23 et 26 kV. Dans ces graphes, on remarque la diminution de l'amplitude de manière similaire à celle du champ électrique en s'éloignant du centre  $x=0$  et allant vers les extrémités [26].

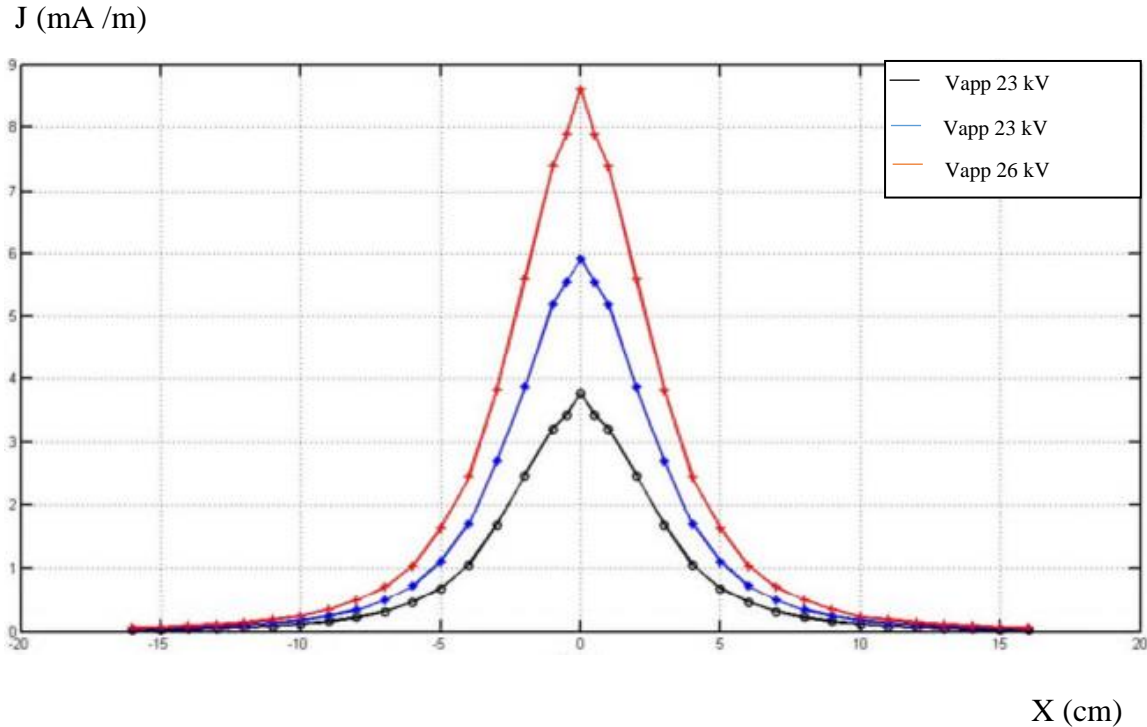


Figure (III.11) : Distribution de la densité de courant.

### 1.6.2 Détermination du champ électrique E :

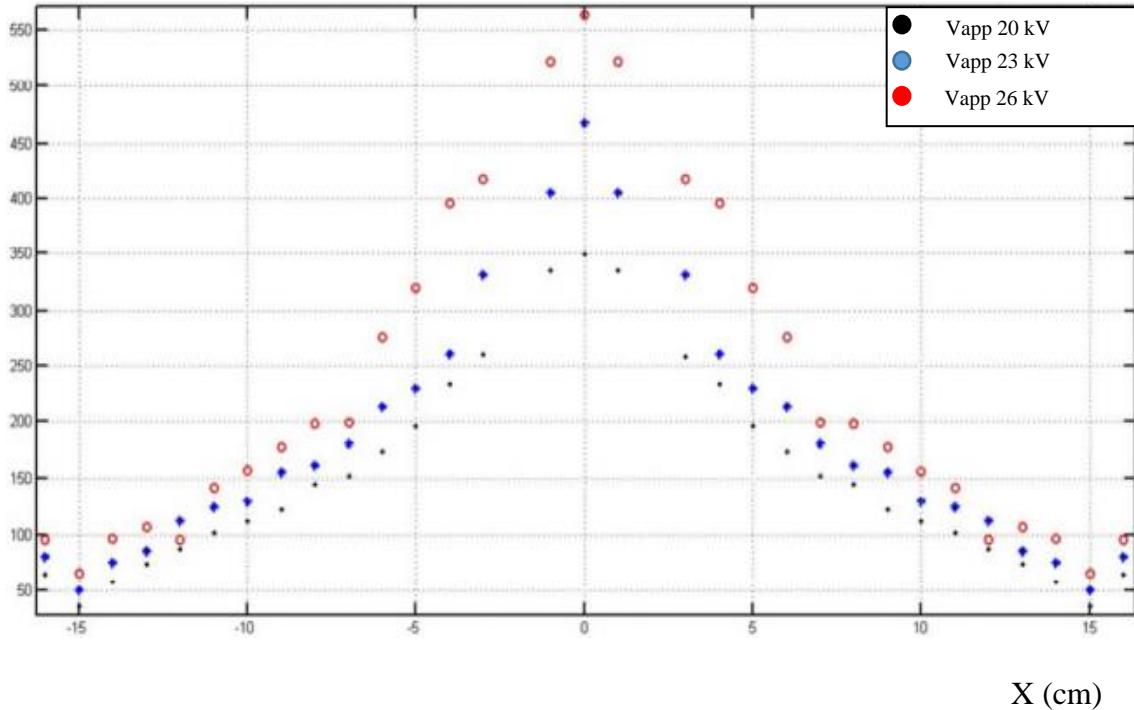
La figure (II.12) donne les valeurs moyennes du champ électrique pour différentes valeurs de la tension appliquée (20-23-26 kV). L'équation qui permet de calculer ce champ est l'équation (III.2) :

$$E_{moy} = \frac{c_0 \cdot V_b}{\left(\frac{I_s}{I_{s0}} - 1\right) \cdot sm \cdot \epsilon_0} \quad (III.2)$$

Ceci promulgue que le champ électrique est proportionnel aux tensions de polarisations appliquées sur l'électrode passive, et c'est ce que confirme notre courbe.

Les courbes de la figure (III.12) montrent aussi que le champ ne dépend pas uniquement de la tension  $V_b$ , mais aussi de la distance inter-électrode. Et de par-là, on résume que le champ électrique présente une valeur maximale au-dessous du voisinage proche de l'électrode active ( $x=0$ ), et diminue progressivement en s'éloignant du centre jusqu'à ce qu'il présente ses valeurs les plus faibles aux extrémités ( $x=\pm 16$  cm) [26].

Emoy (KV/cm)



**Figure (III.12) :** Intensité du champ moyen au plan pour  $r=0.2\text{mm}$  dans l'air à la pression atmosphérique pour différentes tension appliquées.

### Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté plusieurs paramètres qui caractérisent la décharge couronne pour la configuration fil plan ; la tension seuil de la décharge, la caractéristique courant – tension, la densité de courant et champ électrique. Après l'étude et l'analyse des paramètres de l'influence on conclue que :

Le champ électrique présente une valeur maximale au-dessous du voisinage proche de l'électrode active et diminue progressivement en s'éloignant du centre jusqu'à ce qu'il présente ses valeurs les plus minimales.

Plus le diamètre du fil est petit plus la tension seuil d'ionisation est petite.

L'augmentation de la tension seuil avec l'augmentation de la distance inter-électrodes.

**Chapitre IV : calcul d'un dispositif expérimental et technique pour la dégradation des COV par couplage d'une décharge couronne et d'un catalyseur.**

### **1 Introduction**

L'objectif est de concevoir un procédé de dépoussiérage innovant, qui pourra être introduit dans le système de ventilation d'un bâtiment ou en tant que système autonome. Ce procédé est constitué d'un premier étage d'ionisation et d'un deuxième étage de collecte sous forme de collecteur à plaques parallèles. Les dispositifs ont été caractérisés d'un point de vue électrique. Différentes expériences ont ensuite été effectuées afin d'explorer l'influence des paramètres opératoires et environnementaux, tels que la tension d'ionisation, la tension et la polarité de collecte, la longueur des plaques, de l'électrode d'ionisation, l'humidité, etc., sur l'efficacité de collecte des particules. Le but final est de concilier les différents paramètres pour créer un procédé qui présente le meilleur comportement visant au dépoussiérage de l'air intérieur.

#### **1.1 Procèdes de dépoussiérage**

##### **1.1.1 L'étage de collecte des particules**

L'étage de collecte des particules est de section rectangulaire de 10\* 15 cm. Il est constitué de 15 plaques en acier inoxydable 1 mm d'épaisseur ; 7 plaques sont reliées à la haute tension et les 8 autres à la masse. La distance entre 2 plaques est de 7mm. Les tests ont été réalisés avec différentes tensions comprises entre 1,5 et 9 kV.

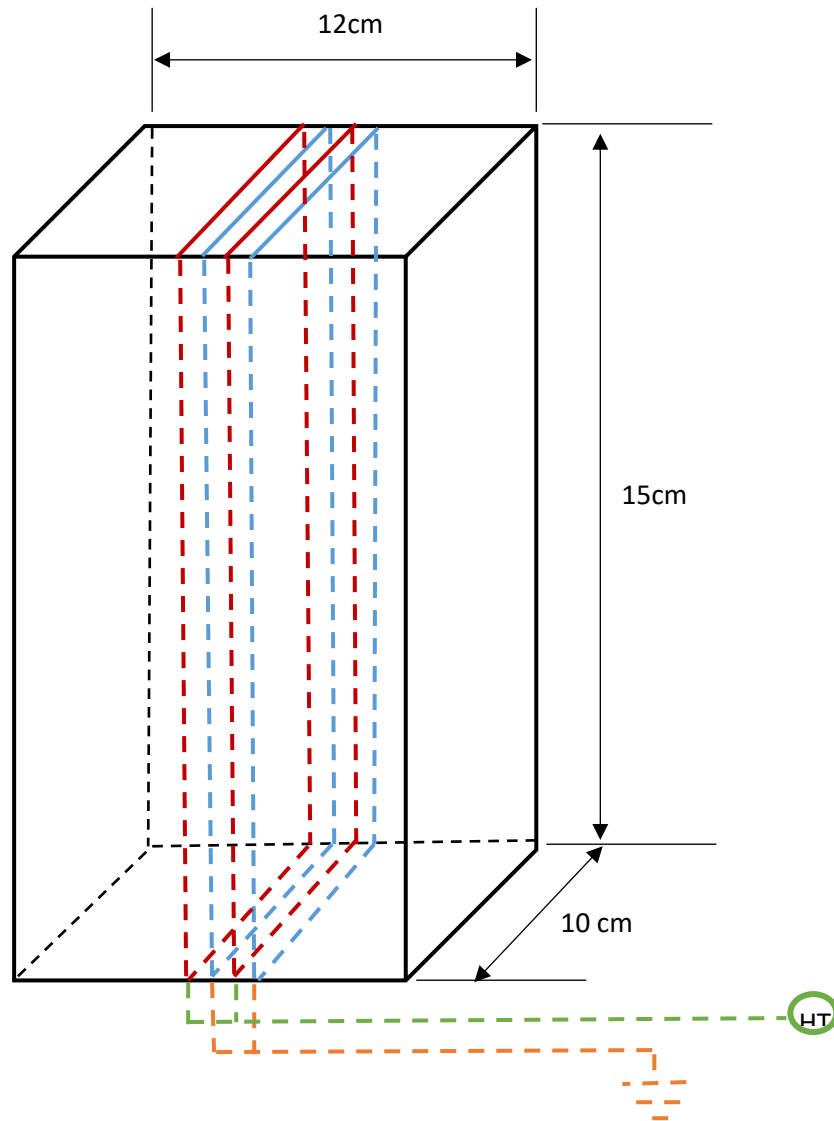
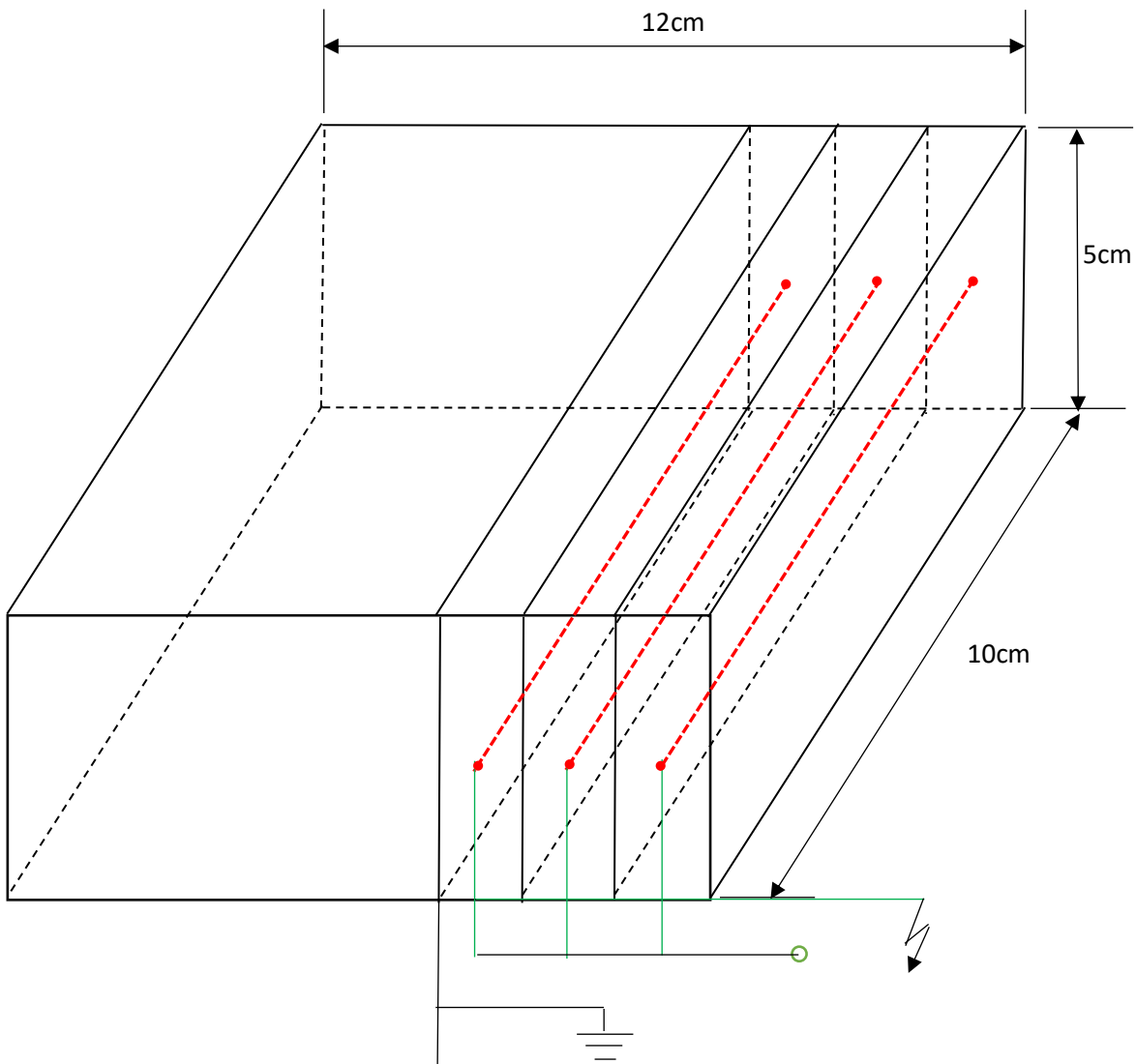


Figure IV.1 : Schéma du collecteur de 15 cm de long.

## 1.1.2 L'étage d'ionisation

### 1.1.2.1 L'ioniseur fil-plaque

L'ioniseur fil-deux plaques à une section rectangulaire de 10\*5cm figure IV .2. Il comprend 7 électrodes émissives (fil en acier inoxydable de 0.35 mm de diamètre) et 8 contre-électrodes en acier inoxydable rectangulaire (de 10\*5cm) et de 0.5 mm d'épaisseur de 1 mm d'épaisseur. La distance entre un fil et une plaque est de 8mm. La figure IV .3 schématise son couplage avec l'étape de collecte ; dans cette configuration le procédé est un précipitateur électrostatique à double étage classique qui sera noté par la suite « ESP ». C'est le même générateur de haute tension qui alimente les deux étages ; c'est donc la même tension qui est appliquée. En variant la tension appliquée et le diamètre.



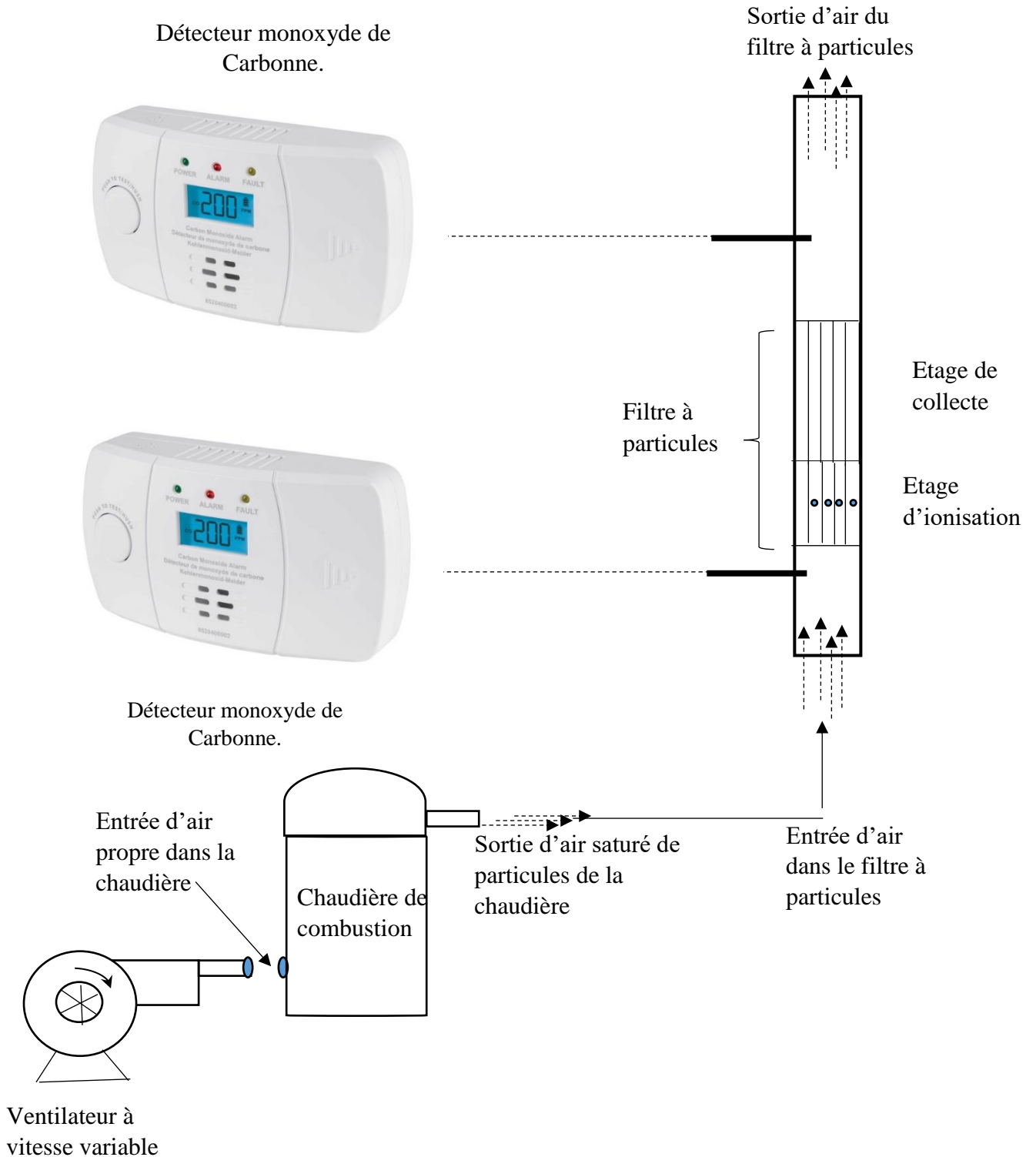
**Figure IV .2 :** Schéma de l'ioniseur fil deux plaques.

### 1.2 Dispositifs expérimentaux et techniques de caractérisation

L'ensemble du dispositif expérimental pour la géométrie fil-plan réalisé est représenté sur la figure (VI.3). Le système d'électrodes et les éléments mis sous haute tension sont isolés par rapport aux autres appareils de mesure basse tension. L'électrode active (1), tendue à une hauteur par des supports isolants et reliée à l'installation haute tension (des essais ont été réalisés sous tension alternative et continue positive et négative).

Le pilote utilisé permet de mesurer l'efficacité de nos procédés de dépolluage dans des conditions contrôlées de débit, de concentration en particules. Il se compose de trois parties : la génération des particules, l'introduction et l'homogénéisation des particules et le procédé de dépolluage.

Le pilote est équipé de la métrologie nécessaire au suivi des paramètres et à la mesure de l'efficacité de collecte des particules.



**Figure IV.3:** schéma de l'installation expérimentale

### 1.3 Instrument d'analyse

#### 1.3.1 Le monoxyde de carbone une molécule modèle

Du fait de sa toxicité et de sa présence dans les bâtiments le monoxyde de carbone (CO) est utilisé comme molécule modèle pour l'évaluation de l'efficacité de notre procédé d'évacuation de l'air intérieur. L'intoxication par le monoxyde du carbone est une intoxication fatale les plus fréquentes qui survient par inhalation. Le (CO) est un gaz incolore et une odeur libéré par la combustion incomplète d'hydrocarbure. Les principales sources d'intoxication par le CO sont les incendies, les voitures mal ventilé, le chauffage au gaz, les fours, les chauffe-eau du bois et au charbon.

L'intoxication par le monoxyde de carbone est à l'origine des symptômes tels que céphalées. Nausée. Sensation de malaise. Angor. Dyspnée, trouble de conscience ; convulsions et Coma. Des symptômes neuropsychiatriques peuvent se développer plusieurs semaines plus tard.

La demi-vie du monoxyde de carbone est d'environ 4,5 heures lors d'une respiration en l'air libre et de 1,5 heures 60 % d'oxygène et 20 minutes à 30 atm de pression d'oxygène.

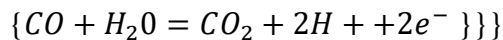
Il existe trois technologies de détecteurs de monoxyde de carbone disponibles sur le marché sont :

- Les détecteurs électrochimiques
- Les détecteurs à semi-conducteur en oxyde métallique
- Les détecteurs à disque enduit de gel (détection optique)

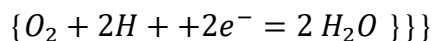
#### 1.3.2 Les détecteurs électrochimiques :

Ils se basent sur une pile à combustible monoxyde de carbone-dioxygène. La pile est constitué d'un conteneur avec deux électrodes séparées par un électrolyte acide. Le courant fourni par cette pile est reliée de manière précise à la quantité de monoxyde de carbone dans l'air à proximité du détecteur.

Le monoxyde de carbone est oxydé au niveau de l'anode et forme du dioxyde de carbone d'après la demi-équation d'oxydo-réduction suivante (potentiel  $E^\circ = -0.11$  V/ESH).



A la cathode, c'est l'oxygène qui est réduit en eau (potentiel standard  $E^\circ = 1.23$  V/ESH).



La réaction globale  $2CO + O_2 = 2 CO_2$  est très favorisée elle se produit donc spontanément. Le courant électrique produit par cette pile est proportionnelle à la concentration en monoxyde de carbone dans l'air au niveau de détecteur, ce qui permet de déclencher un alarme sonore lorsque ce taux atteint une valeur critique.

Cette méthode de détection présente l'avantage de mesure avec une haute précision le taux de monoxyde de carbone, de fonctionner à température ambiante et de ne nécessiter qu'une faible source d'énergie, lui assurant une autonomie de 5 à 10 ans.



### 1.3.3 Détection optique

Cette méthode de détection optique s'appuie sur le changement de couleur d'un gel ou d'une solution en fonction de la présence ou l'absence de monoxyde de carbone. Ces détecteurs disposent d'un système de mesure d'alerte de base de charge de la batterie.

La couleur est suivie à l'aide d'une photodiode. Des piles alcalines permettent d'alimenter ce type d'appareil environ 2-3 ans. Elles doivent donc être changées au cours de la vie de l'appareil. Ces détecteurs disposent donc d'un système de mesure et l'alerte en cas de baisse de charge de la batterie.

#### Capteur infra-rouge

Le capteur émet un faisceau infrarouge, dont la longueur d'onde est définie en fonction du gaz ciblé.

Lorsque ce gaz passe devant le faisceau, il va absorber une partie de son rayonnement. L'intensité mesurée va baisser. Celle-ci est comparée à une intensité de référence pour permettre d'établir une concentration.

Comme aucune réaction chimique n'entre en jeu, les capteurs infrarouges ne connaissent pas de problèmes de saturation et ne sont pas influencés par la concentration de l'oxygène.

En cas de dysfonctionnement, l'intensité de faisceau diminue, ce qui est interprété par le détecteur comme une présence de gaz.

**Capteur catalytique :** le capteur catalytique est utilisé pour les gaz explosifs. La cellule de capteur catalytique comporte deux filaments enduits d'un catalyseur, dans l'un est isolé et rendu inactif vis-à-vis de gaz. Il sert de référence. Ces deux filaments sont portés à la même température. La présence d'un gaz combustible va provoquer une réaction d'oxydation catalytique au niveau du filament actif.

Celui-ci va monter en température, quand celle du filament isolé ne change pas. La différence de température entre les deux filaments va provoquer un déséquilibre de tension proportionnelle à la concentration en gaz explosifs.

Dans le cadre de notre investigation nous avons utilisé des détecteurs de monoxyde de carbone utilisant une pile à combustible monoxyde de carbone désoxygène du paragraphe 1.3.2 dont les caractéristiques sont représentées dans le tableau suivant :

On a utilisé deux détecteurs de monoxyde de carbone

Concentration ppm	Temps de réponse
30 ppm	120 minutes
60 ppm	60~ 90 minutes
100 ppm	10 ~24 minutes
300 ppm	3 minutes

**Tableau1 :** Représentant la concentration et le temps de réponse du détecteur de monoxyde de carbone utilisé. Temps de réponse des détecteurs de monoxyde de carbone en fonction de la concentration en ppm.

### 1.3.4 Générateur de fumée

Le générateur de fumée est constitué d'une chaudière où on place le combustible (cellulose), on injecte de l'air à l'aide d'un soufflet de la fumée claire s'échappe d'une cheminée conique qui sera dirigé vers l'entrée du filtre à décharge couronne.

## 1.4 Résultats et discussions

### 1.4.1 Observation visuelle

Les images de la figure IV.4 représente le suivi de la fumée à la sortie du filtre en fonction du niveau de tension appliquée.

Fig. IV.4.a : fumée dense pour une tension appliquée de 0 kV.

Fig. IV.4.b : fumée moins dense pour une tension continue négative appliquée de 3,8 kV.

Fig. IV.4.c : fumée claire pour une tension continue négative appliquée de 5,8 kV

Fig. IV.4.d : absence de complète de fumée pour une tension continue négative appliquée de 8,1 kV.



(a)



(b)



(c)



(d)

### 1.4.2 Influence de la tension appliquée

Les expériences ont été menées en mode continu. Un flux d'air propre dont la vitesse est contrôlée à l'aide d'un ventilateur à vitesse variable, entre dans la chaudière de combustion et ressort par le cheminé d'évacuation saturé en CO. Le flux d'air est utilisé comme gaz porteur entraînant le CO vers l'entrée du filtre. Un premier compteur de nombre de particule de CO est placé à l'entrée du filtre et un deuxième à la sortie. Ils indiquent le nombre de particule de CO en PPM.

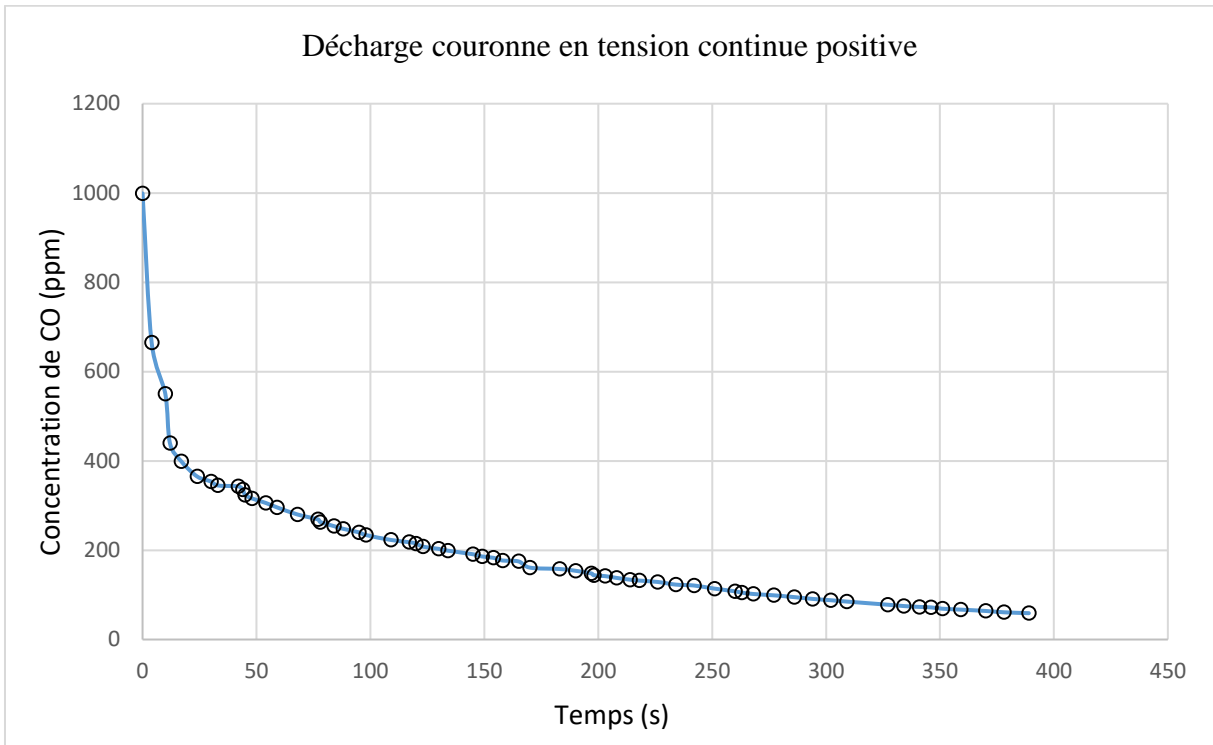
Après chaque essai les électrodes sont nettoyées des dépôts de goudron déposés sur les électrodes (figure IV.5).



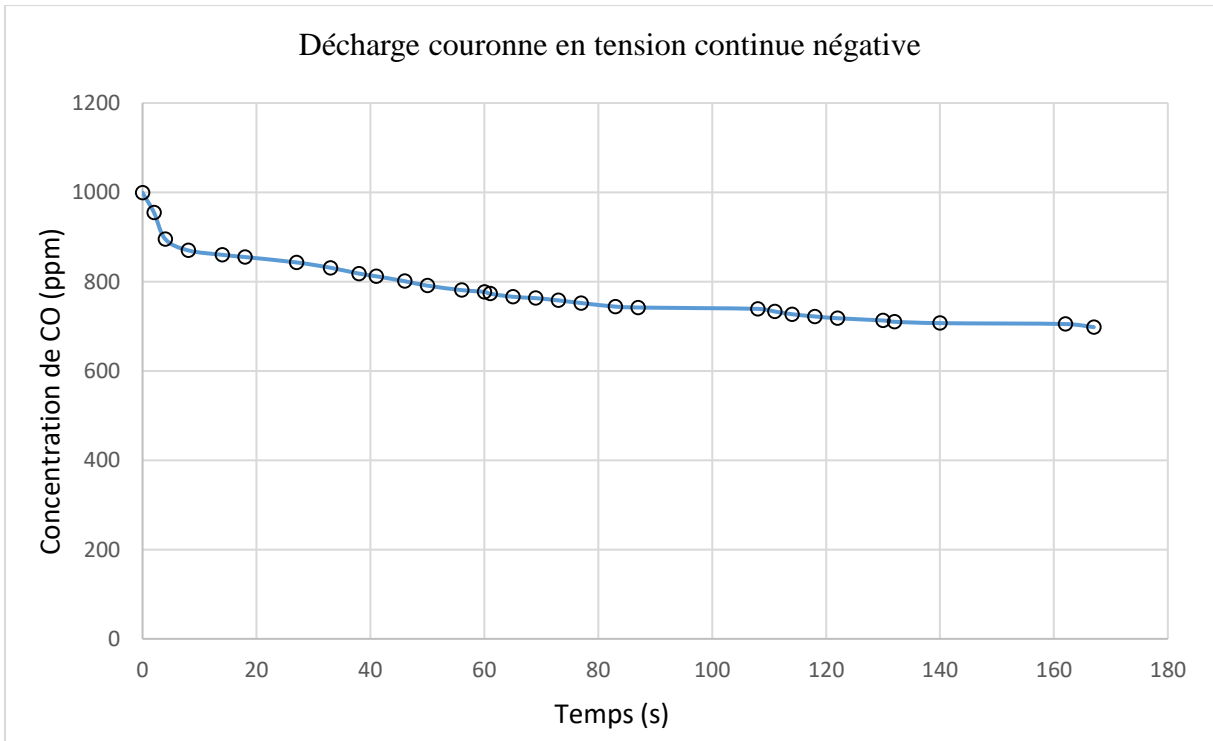
**Figure IV.5 :** dépôt de goudron sur les électrodes.

Les résultats des figures IV.6 IV.7et IV.8 représentent l'efficacité du filtre respectivement pour des décharges couronnes développées en tension continue positive, négative et en tension alternative. Durant ces essais la concentration en CO à l'entrée du filtre est maintenue constante à un niveau égal à 999 PPM. Et nous suivons la variation de la concentration en CO à la sortie du filtre après que le compteur a atteint la saturation (une concentration de 999 PPM) et en appliquant une tension de 9kVpour les deux étages du filtre.

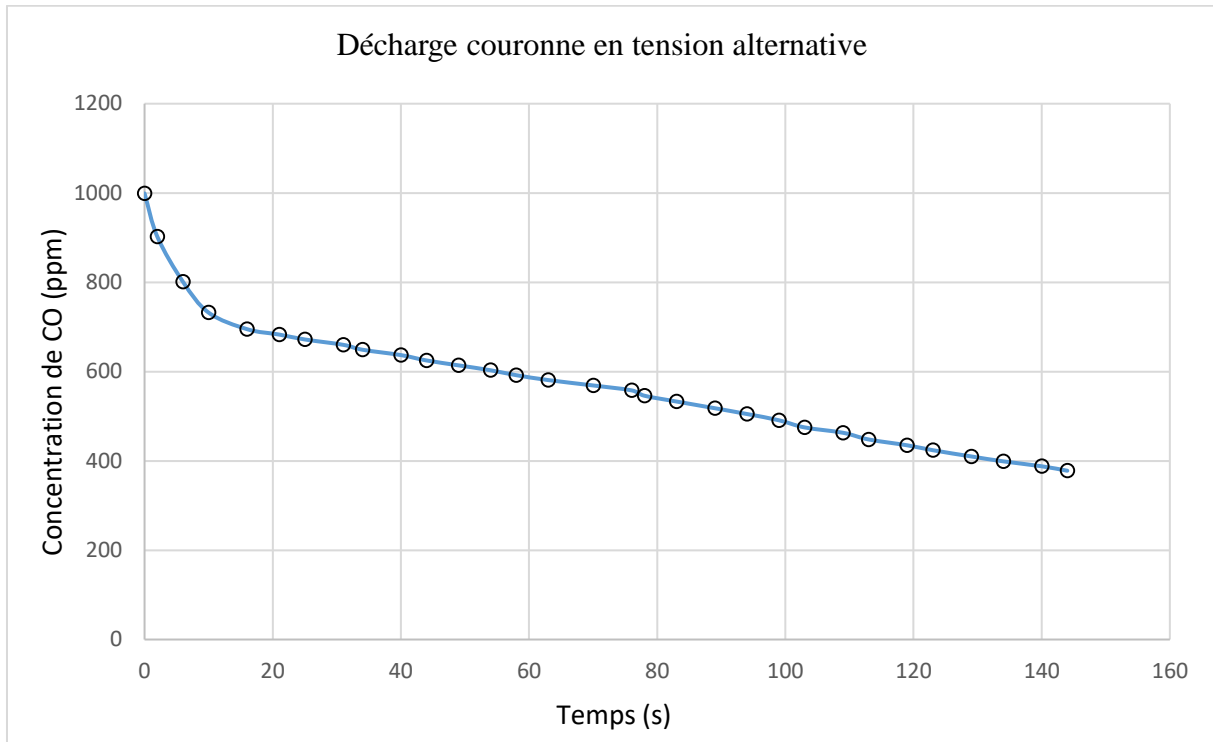
On remarque que la décharge développée en tension positive révèle une efficacité de dégradation du CO nettement supérieure à la décharge négative et à la décharge développée en tension alternative.



**Figure IV.6 :** Variation de la concentration de CO en ppm à la sortie du filtre en fonction du temps (avec saturation en CO à l'entrée du filtre)



**Figure IV.7 :** Variation de la concentration de CO en ppm à la sortie du filtre en fonction du temps (avec saturation en CO à l'entrée du filtre)



**Figure IV.8 :** Variation de la concentration de CO en ppm à la sortie du filtre en fonction du temps (avec saturation en CO à l'entrée du filtre)

### Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la description du dispositif expérimental que nous avons réalisé. L'objectif de cette étude paramétrique est d'analyser l'influence de la forme de la tension (Alternative, Continue positive et Continue négative) sur l'efficacité de la décharge couronne en configuration fil plan dans la dégradation des composés organiques volatils en général et le monoxyde de carbone en particulier. On constate que la décharge en tension positive présente une efficacité de dégradation de la molécule modèle considérée dans notre étude (le CO) plus élevée par rapport à la décharge négative et à la décharge développée en tension alternative.



### Conclusion générale

Le travail que nous avons réalisé a été consacré à l'étude de la décharge couronne dans l'air pour la configuration fil-plan sous trois forme de tension différentes et son efficacité dans le traitement de l'air intérieur.

Ce travail est constitué principalement de trois chapitres : Le premier chapitre s'appuie sur la qualité de l'air intérieur et son impact sur la santé et l'origine des contaminants. Ensuite, nous avons cité les agents polluants puis l'impact sanitaire de la qualité de l'air intérieur et des composés chimiques retrouvés à l'intérieur des milieux fermés.

Dans le deuxième chapitre, on a mis en évidence l'aspect théorique du phénomène de la décharge couronne.

Le chapitre trois avait pour objectif l'étude de la collecte et de la dégradation des particules et des composants organiques volatiles par plasma non thermique en analysant les résultats des recherches réalisées à ce jour.

Le dernier et quatrième chapitre a été consacré à l'étude expérimentale de la décharge couronne en appliquant trois forme de tension différentes et aux interprétations des résultats obtenue lors des essais expérimentaux.

L'étude expérimentale a été menée au laboratoire de la haute tension de l'université de Bejaia. En utilisant un dispositif de collecte et de dégradation basé sur la décharge couronne en configuration fil-plan construit dans le cadre de notre projet de fin d'étude. Les mesures que nous avons effectuées pour juger l'efficacité de notre dispositif sur la collecte et la dégradation des COV sont le dosage de la teneur en CO exprimée en ppm, en utilisant deux détecteurs de monoxyde de carbone à l'entrée et à la sortie du filtre.

Les résultats obtenus sont présentés sous formes des graphes grâce au logiciel Excel. En conclu que la décharge développée en tension positive révèle une efficacité de dégradation du CO nettement supérieure par rapport à la décharge négative et à la décharge développée en tension alternative.

En perspectives, il serait intéressant d'améliorer l'étude de ce phénomène en prospectant l'influence de la variation d'autres paramètres tel que la forme des électrodes, l'influence du débit d'air et la concentration en COV, et l'influence des condition météo (température et humidité) ainsi que d'étudier d'autres applications de la décharge couronne dans le domaine industriel.

## Bibliographique

- [1] Techniques de l'Ingénieur, <https://www.techniques-ingenieur.fr> , Définitions et ressources Qualité de l'air intérieur.
- [2] Longwen CHEN, Etude Expérimentale de la Décharge Couronne pour le Traitement de l'Air Intérieur : COV et Particules, 2018.
- [3] ilocis.org, <https://www.ilocis.org> > documents > ilo044, Chapitre 44 - La qualité de l'air intérieur.
- [4] De : [www.asef-asso.fr](http://www.asef-asso.fr), 1141\_Guide\_air intérieure.pdf.
- [5] De : [sante.gouv.fr](http://sante.gouv.fr), Guide\_INPES\_ Pollution de l'air intérieur.pdf.
- [6] Mireille BORGIE, « Etude des particules fines et ultrafines en suspension dans l'air au Liban caractérisation physicochimique et évaluation des effets toxicologiques sur des cellules pulmonaires humaines beas-2b », thèse en cotutelle, l'université du littoral côte d'opale, 2014.
- [7] Céline Roda, « Exposition domestique à des polluants chimiques de l'air intérieur : modélisation et évaluation de l'impact sur la santé respiratoire chez le jeune enfant, thèse pour l'obtention du Doctorat de l'Université Paris Descartes, 2012.
- [8] Stéphane François, « Méthodologie d'établissement de cadastres d'émissions a l'échelle régionale: application au cadastre escompte et a son extension a la région Paca, thèse présentée pour obtenir le grade de docteur de l'université louis pasteur - Strasbourg 1, thèse soutenue publiquement 2004.
- [9] BOUHADBA Amel El Hayet, « Production de l'ozone et traitement des molécules Nox par décharge électrique pulsée. Contribution à l'étude de l'influence du chauffage du gaz, thèse doctorat, Université d'Oran des Sciences et de la Technologie, 2021.
- [10] Awa Ndong, « Pollution de l'air extérieur et intérieur a Dakar (Sénégal) : caractérisation de la pollution, impact toxicologique et évaluation épidémiologique des effets sanitaires, thèse en cotutelle entre l'université cheikh Anta Diop de Dakar, 2019.
- [11] Aurélien ADENOT, « Activation et transformation catalytique de SO<sub>2</sub> par des composés organométalliques et organiques, Thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay, présentée et soutenue à Gif-sur-Yvette, 2020.
- [12] ABDALI Sabrina, AIANE Cherif, « L'effet de la température sur les paramètres de la décharge couronne, Mémoire de Fin d'études, 2018.
- [13] MIHOUBI Soumia et KERDOUSSI Hakima, « Décharge Couronne en Configuration Coaxiale : Application à la neutralisation des charges, mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER Académique, 2020.
- [14] BENDAHMANE Née MESSAOUDENE Akila, « Caractérisation Expérimentale de la Neutralisation Electrostatique Active par la Méthodologie des Plans d'Expérience, thèse doctorat, Université Mohammed Seddik BENYAHIA – Jijel, 2021.
- [15] NADJEM Abdelkader, « Etude et exploitation des charges électriques dans les procédés électrostatiques, thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat, Faculté des Sciences et de



la Technologie Département de Génie Electrotechnique et Automatique Laboratoire de Génie Electrique de Guelma – LGEG,: 2018.

[16] AHMERLAINE Selma BENDJAKHNOUNE Hassina, « Etude de la décharge couronne en configurations multipointes-plan et Fil-Cylindre », MEMOIRE Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER Académique, R Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université 8Mai 1945 – Guelma Faculté des Sciences et de la Technologie Département de Génie Electrotechnique et Automatique, 2021.

[17] HANDALA Mohand Amokrane, « Etude de la décharge de surface sous tension alternative 50 Hz - Effets sur une interface isolante air/solide », thèse de doctorat d'état, université mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 2007.

[18] Hamou SADOUD « Dépôt de charges électriques sur la surface d'un diélectrique fibreux » Mémoire de fin d'étude, Université A. Mira - Bejaia, 2015.

[19] BOUREK Yacine, « Etude de la décharge électrique par l'intelligence artificielle », thèse présentée pour l'obtention du diplôme de doctorat en sciences en électrotechnique, université de batna2, 2016.

[20] Mohamed Sofiane BENDILMI, « Etude expérimentale de la décharge couronne multipointes pour applications a la modification de surfaces des matériaux diélectriques et a la séparation électrostatique », thèse doctorat, l'universite frères Mentouri Constantine 1, 2022.

[21] Mademoiselle SAAD Djedjiga, « Effet de la décharge couronne sur les surfaces isolantes et les surfaces métalliques, magister en Electrotechnique », Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2011.

[22] TIFAOUI Djilali, LADJEL Amine, Etude de la décharge couronne en géométrie pointe-plan sous tension continue, Mémoire de Fin d'Etudes, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2016.

[23] Chapitre 4 : « Décharge Couronne », Cours de A Tilmatine.

[24] HAMMICHE Koceila, CHOULAK Mohamed, « Caractérisation de la décharge couronne en géométrie Fil-Cylindre-Grille », mémoire de fin d'étude, université A.mira Bejaïa, 2022.

[25] Analyse par diffusion Raman spontanée 1D d'une décharge nanoseconde : évolution spatio-temporelle des températures dans la post-décharge, Congrès Francophone de Techniques Laser, CFTL 2010, Vandœuvre-lès-Nancy, 2010.

[26] BACHA Mohand Arezki, « Etude de la décharge couronne en géométrie fil-plan », Mémoire de fin d'étude, Université Abderrahmane Mira –Bejaia.

[27] YAHIAOUI BELKACEM, « Dépôt et neutralisation par décharge couronne des charges électriques sur la surface d'un diélectrique fibreux », thèse doctorat, université A.mira Bejaia, 2016.

[28] Brahim BENAMAR, « La faisabilité de l'électrofiltration d'une atmosphère chargée en poussières de bois : étude expérimentale et numérique », thèse doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy 1, 2008.

- [29] BENAMAR Khaldia, KHELIL Zohra, « Modèle dimensionnel de la caractéristique courant tension en géométrie fil-plan », mémoire de fin d'études, université Ibn-Khaldoun de Tiaret, 2016.
- [30] HADDAD Lyamine, KITOUNE Nacir, « Caractérisation expérimentale de l'électrode couronne nappe de fils », Mémoire de fin d'étude, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2021.
- [31] Imed Eddine ACHOURI, Modélisation du fonctionnement optimal des filtres et séparateurs électrostatiques des matériaux poudreux, thèse doctorat, université Ferhat Abbas - setif1, 2019.