

**Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique**

**Département de Physique**

**Filière : Physique**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Physique.

Option : **Physique des matériaux**

Présenté par :

**BELMEHDI Naima**

THEME :

**Effet capacitif d'une lampe à xénon.**

Devant le jury composé de :

Mr. TERKI HASSAINE Mounir      MCA      Université de Mostaganem      Président

Mr. BOUATTOU Bezine      MAA      Université de Mostaganem      Examineur

Mme BENSTAALI Wafà      MCB      Université de Mostaganem      Encadreur

Année Universitaire 2020-2021

## **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents*

*Mes frères*

*Ma sœur*

*Mon ami, Karim*

*Mes amis et ma promotion*

 **Naima**

## **Remerciements**

*Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donnée patience en force durant toutes ces années d'étude.*

*Je suis très heureuse de témoigner de ma profonde estime à mon encadreur Mme Benstaali wafà, je lui suis très reconnaissante de m'avoir fait bénéficier des ces compétences scientifiques et d'avoir proposé et dirigé ce travail je tiens à lui exprimer mon grand respect et mon admiration pour sa générosité et je la remercie de m'avoir orientée pour la réalisation de ce travail.*

*J'exprime bien évidemment toute la gratitude à tous mes enseignants.*

*Je voudrais également remercier les membres du jury : Messieurs : TERKI HASSAINE Mounir et BOUATTOU Bezine.*

*Je n'oublie pas à remercier la lumière de ma vie, mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience, et tout ma famille du grand au petit.*

*J'adresse mes plus sincères remerciements à mes proches, qui m'ont toujours soutenu et encouragé.*

*Enfin, merci à tous ceux qui aidé et encouragé de près ou de loin.*

## **Résumé :**

Les lampes à plasma sont l'une des sources UV les plus prometteuses. Les photons ultraviolets qu'elles émettent couvrent une large bande à cause des mélanges de gaz utilisés. Le principe des lampes à plasma est que lorsque l'on applique une tension entre les électrodes, les particules chargées se déplacent sous l'effet du champ électrique. Lors de leur déplacement ces particules vont entrer en collisions avec les atomes de gaz présents. L'excitation est la réaction qui cause l'émission UV des lampes ; lorsque l'atome excité retourne à son état fondamental, il émet un photon UV. Chaque gaz est caractérisé par une longueur d'onde. C'est la raison pour laquelle les applications des lampes sont multiples ; industriels, chimique, médicales, environnementales, et dans l'éclairage. Différents gaz sont donc utilisés : le xénon, le krypton, l'hélium,...

Le travail présenté dans ce mémoire est une étude d'une lampe remplie avec un mélange de 50% de xénon et 50% de Ne et alimentée avec une tension de 4.5KV. Un modèle particulière unidimensionnel a été utilisé.

Les résultats des calculs nous ont permis de voir l'effet capacitif de la décharge à barrières diélectrique à travers les tensions et les charges stockées sur les diélectriques. L'influence de la capacité des diélectriques a été donc étudiée. Lorsque la capacité augmente d'une valeur de 2.6 pF/m<sup>2</sup> à une valeur de 8 pF/m<sup>2</sup>, le plasma se forme plus rapidement, la décharge est plus importante; le maximum de courant augmente. Elle est également courte ; la largeur de l'impulsion de courant diminue à midi-hauteur et 10% du pic de courant. Les diélectriques se comportent comme des condensateurs. La tension et les charges stockées sur les diélectriques augmentent lorsque leur capacité augmente.

Nous avons également étudié l'effet de la capacité sur le bilan énergétique. Les collisions des électrons avec les atomes de xénon sont les plus dominantes. La perte des électrons sur les parois semble un paramètre important dans cette étude ; l'objectif étant de réduire ces pertes. Nous avons constaté que, pour les conditions utilisées, une capacité de 4.8pF/m<sup>2</sup> permet aux électrons, beaucoup plus énergétiques que les ions, d'utiliser la majeure partie de l'énergie déposée dans la décharge (plus que 90%). Cette énergie est utilisée efficacement dans l'excitation des atomes de xénon (67%).

**Mots- clés :** lampe à plasma, modélisation, diélectrique, capacité, énergie, efficacité

## Liste des figures

	Titres des figures	Pages
Figure .1.1.	Géométrie des excilampes à décharge capacitive(a) et à décharge à barrière (b et c).	7
Figure. 1.2.	Schéma représentatif du système de lampe micro-creuse.	8
Figure .1.3.	Sélection du spectre d'émission typique des excimères de gaz rares et des d'halogénures de gaz rares.	9
Figure .1.4.	Forme d'onde du courant et de la tension, dans une DBD avec une alimentation sinusoïdale.	10
Figure .1.5.	Forme d'onde du courant et de la tension, dans une DBD (excilampe) avec une alimentation impulsionnelle.	11
Figure .1.6.	Schéma de lampes à excimère de géométrie coaxiale(a), cylindrique (b) et plane(c)	12
Figure .1.7.	Images de maladies : psoriasis (a), vitiligos des mains, des pieds et du visage.	14
Figure .1.8.	Bande d'énergie d'absorption de différentes substances biologiques et les excimères responsable de l'émission UV correspondante.	15
Figure .1.9.	Lampe fluorescente à base d'un excimère du Xe	16
Figure .1.10.	Tour KPN à Rotterdam, transformée en écran géant.	16
Figure .2.1.	Représentation schématique des quatre états de la matière.	20
Figure .2.2.	Réactions présentes dans le Xe pour la production de l'UV à 172nm.	21
Figure .2.3.	Courbe de Paschen pour différents gaz.	22
Figure .2.4.	Schéma représentatif d'une avalanche électrique.	23
Figure .2.5.	Schéma représentatif du Mécanisme de steamer.	24
Figure .2.6.	Géométrie classique d'une décharge à barrières diélectriques.	25

Figure .2.7.	Place des UV dans le spectre des rayonnements électromagnétiques.	26
Figure .2.8.	Représentation des tensions aux bornes d'une lampe à excimère	34
Figure .3.1.	Variation temporelle de la densité de courant	36
Figure .3.2.	Variation du maximum de courant en fonction de la capacité, 1 <sup>ère</sup> impulsion.	36
Figure .3.3.	Variation du temps de retard en fonction de la capacité, 1 <sup>ère</sup> impulsion	37
Figure .3.4.	Variation de $\Delta T_{\text{midi-hauteur}}$ en fonction de la capacité.	38
Figure .3.5.	Variation de la durée de l'impulsion à 10% du pic en fonction de capacité.	38
Figure .3.6.	Variation du maximum de courant en fonction de la capacité, 2 <sup>ème</sup> impulsion.	39
Figure .3.7.	Variation du temps de retard en fonction de la capacité, 2 <sup>ème</sup> impulsion.	39
Figure .3.8.	Variation temporelle de la tension sur les diélectriques pour différentes valeurs de la capacité.	40
Figure .3.9.	Variation temporelle de la tension dans le gaz, gap pour différentes valeurs de la capacité.	41
Figure .3.10.	Variation temporelle de charges diélectriques pour différentes valeurs de la capacité.	41
Figure .3.11.	Variation des charges stockées sur les diélectriques dans la poste-décharge en fonction de la capacité.	42
Figure .3.12.	Variation des énergies utilisées par les électrons et les ions en fonction de la capacité.	43
Figure .3.13.	Variation de l'énergie des a) électrons b) ions en fonction de la capacité.	43
Figure .3.14.	Variation de l'énergie dissipée dans l'excitation du Xe en fonction de la capacité.	45
Figure .3.15.	Variation de l'énergie dissipée dans l'ionisation du Xe en fonction de la capacité.	45
Figure .3.16.	Variation de l'énergie dissipée dans l'excitation et d'ionisation du Ne en fonction de la capacité.	45

Figure .3.17.	Variation de l'énergie dissipée dans les collisions élastiques en fonction de la capacité	46
Figure .3.18.	Variation de l'énergie perdue sur les parois en fonction de la capacité	46
Figure .3.19.	Variation de l'énergie d'excitation du Xe /énergie utilisées par les électrons en fonction de la capacité	47
Figure .3.20.	Variation de l'énergie perdue sur les parois /énergie d'électrons en fonction de la capacité.	47
Figure .3.21.	Bilan énergétique I: énergie dissipé par les particules chargées : électrons et ions	48
Figure .3.22.	Bilan énergétique II : énergie dissipé par les électrons dans les différents processus collision.	48

## Liste des tableaux

	<b>Titres des tableaux</b>	<b>Pages</b>
Tableau .2.1.	Les différents excimères utilisés dans les exilamps	8
Tableau .2.2.	Principaux trimères conçues à partir de mélange de gaz rare et d'halogène et la longueur d'ondes radiatives émis	9
Tableau. 2.3.	Processus de réactions élémentaires dans une décharge Ne-Xe pour une lampe à excimère.	27
Tableau.2.4.	Niveaux d'énergie des premiers états excités du xénon	29
Tableau.2.5.	Energie seuil d'ionisation pour le xénon et le néon.	29
Tableau.2.6.	Energie seuil d'excitation pour le xénon et le néon.	30

## Liste des abréviations

Abréviations	Expressions Complètes
DBD	Décharges à barrières diélectriques
DHI	Décharge à haute intensité
CD	Décharges capacitive
HV	Haute tension
N <sub>e</sub>	Néon
PIC	Modèle microscopique particulaire
Pd	Produit pression-distance inter électrode
V <sub>d</sub>	Tension sur le diélectrique
V <sub>g</sub>	Tension du gaz
C <sub>d</sub>	Capacité diélectrique
C <sub>g</sub>	Capacité gazeux
VUV	Ultra-violet dans le vide
UV	Ultra-violet
Xe	Xénon

# Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Généralités sur les lampes à excimères .....	3
1.1. Historique des lampes à excimères.....	3
1.2. Introduction aux lampes à excimères.....	4
1.3. Principe d'une lampe à excimères .....	5
1.4 . Les différents types de lampes à excimères.....	5
1.4.1.Selon la décharge .....	5
1.4.1.1. Décharge luminecente.....	6
1.4.1.2. Décharge capacitive et Décharge à barrières diélectrique.....	6
1.4.1.3. Décharge micro-creuse .....	6
1.4.2 . Selon le gaz utilisé.....	8
1.4.3. Selon la tension appliquée .....	10
1.4.3.1. Source de tension sinusoïdale .....	10
1.4.3.2. Source de tension mpulsionnelle .....	11
1.4.4. Selon la configuration .....	12
1.5. Les avantages des lampes à excimères .....	12
1.6. Les applications des lampes à excimères .....	13
1.6.1 Domaine biomédical .....	13
1.6. 1.1. Dermatologie.....	13
1.6.1.2. Stérilisation.....	14
1.6.2. Domaine industriel.....	15
1.6.2.1. L'éclairage.....	15
1.6.2.2. Polymérisation.....	17
1.6.3 . Domaine de l'environnement.....	17
1.6.4 Domaine de l'agriculture.....	18
Chapitre2 : Principe et Modélisation d'une lampe à xénon.....	19
2.1 . Introduction.....	19
2.2 . Définition du plasma.....	19
2.3. Création d'un excimère.....	21
2.4. Phénomène de claquage.....	21
2.4.1 Courbe de Paschen.....	22

2.4.2	Mécanisme de claquage.....	22
2.4.2.1.	Mécanisme de Townsend.....	23
2.4.2.2.	Mécanisme de canal.....	23
2.5.	Principe de fonctionnement d'une lampe à excimère avec DBD.....	24
2.5.1.	Effet capacitif.....	25
2.5.2.	Emission de la lumière ultraviolet.....	25
2.6.	Production de la lumière dans une lampe DBD à xénon.....	26
2.6.1	Les espèces intervenantes.....	27
2.6.2.	Les états responsable de l'émission UV.....	28
2.6.3.	l'énergie d'ionisation.....	29
2.6.4.	L'énergie d'excitation.....	30
2.7.	Les modèles physiques pour une lampe à excimère.....	30
2.8.	Modèle particulaire –Monte Carlo.....	31
2.8.1.	Principe du modèle.....	31
2.8.2 .	Tensions dans la DBD.....	33
2.8. 3.	Sections efficaces.....	34
 <b>Chapitre 3 : Résultats et discussions.....</b>		<b>35</b>
3.1.	Introduction.....	35
3.2.	Conditions de calculs.....	35
3.3.	Effets de la capacité sur les Caractéristiques électriques.....	35
3.3.1	Densité de courant.....	35
3.3.2	Tensions et charges électrique.....	40
3.4.	Effet de la capacité sur le bilan énergétique.....	42
3.4.1.	Bilan énergétique optimale.....	47
conclusion générale.....		49
Bibliographie.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# Introduction générale

---

La génération de rayonnements UV et VUV contrôlée par une décharge à barrière diélectriques (DBD) représente actuellement un concept prometteur pour des sources de lumière sans mercure appelées lampes à excimère (ou excilamps). Ce type de lampe est basé sur l'excitation d'un gaz rare ou d'un gaz rare –halogène ; soumis à des tensions supérieures à sa tension de claquage, le gaz devient conducteur permettant ainsi la formation d'un plasma. Les lampes à excimère sont alors caractérisées par l'émission de lumière ultraviolette à partir d'excimères ou d'exciplexes excités par la décharge à barrière diélectrique.

Au cours de la dernière décennie, beaucoup de travaux de recherche ont été consacrés à développer et optimiser de telles sources grâce à leurs champs d'applications qui est très large ; que ce soit dans le domaine industriel, médical, d'agriculture ou domestique. Ceci est dû aux nombreuses qualités que présentent ces lampes, à savoir un excellent rendement lumineux, la possibilité d'obtenir une émission intense dans une bande UV étroite à basse température ; Plus efficace que les sources à mercure, elles permettent une émission très localisée dans le spectre, centrée autour d'une longueur d'onde dépendant du gaz (ou du mélange de gaz) dans lequel se produit la décharge. Ces rayonnements sont contrôlés par la formation et la disparition de molécules excitées telles que  $\text{Ar}_2^*$ ,  $\text{Kr}_2^*$  et  $\text{Xe}_2^*$ , et des halogénures de gaz rares comme  $\text{ArCl}^*$ ,  $\text{KrCl}^*$ ,  $\text{XeCl}^*$ ,  $\text{XeBr}^*$ , et  $\text{XeI}^*$ , permettant donc différents types de sources lumineuses excimères.

Plusieurs travaux ont été donc réalisés sur différents gaz afin de comprendre les phénomènes existants et d'optimiser les conditions de la lampe pour de meilleures performances, en particulier l'efficacité lumineuse, qui reste le principal inconvénient des lampes à excimère. Différents facteurs ont un effet sur l'existence d'une décharge à barrières diélectriques dans une lampe. Dans ce travail, nous nous sommes intéressées à étudier l'effet capacitif d'une décharge à barrières diélectriques dans une lampe à excimère de xénon, et cela sur les principales caractéristiques de la décharge. Le présent travail est donc structuré en trois chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation des lampes à excimères (ou lampe à plasma); à travers leur principe de fonctionnement, nous allons ensuite identifier les types les plus importants de ces lampes selon le type de décharge, le gaz utilisé, la tension appliquée et la configuration. Nous allons terminer ce chapitre par mentionné quelques avantages des lampes à excimère ainsi que les différents domaines de leur application.

Dans le deuxième chapitre, nous commencerons par une définition simplifiée du plasma et des réactions qui s'y produisent. Puis nous présenterons le principe de fonctionnement d'une lampe à excimère avec une décharge à barrière diélectrique et l'effet capacitif de cette lampe. Les caractéristiques des gaz utilisés ; mélange xénon-néon, seront données. Enfin, sera présenté le modèle utilisé pour décrire la décharge ; le modèle particulière unidimensionnel.

Le troisième chapitre sera consacré à la présentation des résultats de calcul. L'effet de la capacité des diélectriques sur les caractéristiques électrique de la décharge à barrières diélectriques sera donné en premier lieu. L'influence de la capacité sur le bilan énergétique de la décharge sera montrée dans la deuxième partie de ce chapitre. Une discussion sera alors donnée.

# Chapitre 1 : Généralités sur les lampes à excimères.

---

## 1.1 Historique des lampes à excimères :

Quand J.W .Ritter découvrit la lumière ultraviolette dans le spectre du soleil en 1801 à Jena en Allemagne, il ne se doutait pas qu'après deux cent ans la lumière ultraviolette se trouverait avec une grande variété d'applications. La principale raison pour ce développement est qu'à des longueurs d'onde très courte presque toutes les substances montrent une absorption importante.

Depuis longtemps les sources UV ont été, principalement, construites à base de décharge à vapeur de mercure. Mais les effets polluants des résidus de ce genre de lampes ainsi que les longueurs d'onde des radiations UV restreintes pour ces décharges ont poussé les chercheurs à trouver une alternative aux lampes traditionnelles et les remplacer par une nouvelle génération des sources UV. Il s'agit des lampes à excimères ou à exciplexes appelées souvent excilamps.

Les excilamps ont un futur très intéressant pour les sources incohérentes à UV et VUV et pour les sources à lumière fluorescentes. Beaucoup plus efficaces que les lampes à vapeur de mercure et encore moins polluants. Les excilamps sont basés sur la désexcitation radiative des molécules excitées (excimères ou bien exciplexes) par une décharge électrique. Goldstein et Curtis en 1913, ont été les premiers à prouvé que les excimères peuvent se former dans les décharge à gaz. Ce n'est que en 1955 que Tanaka a réalisé que les excimères à gaz rare peuvent être créés dans les décharge à barrières diélectrique. Mais il abandonna l'idée en faveur des décharges pulsée dont ils furent, plus tard, devenus les sources luminescentes de Tanaka[1].

Dans les années 70, il y a une apparition des lampes à décharge sans mercure(à plasma) utilisent une décharge à barrières diélectriques dans un mélange de gaz rares pour générer des photons UV.

Depuis 1992, les recherches et le développement de sources de rayonnement spontané (en premier lieu, les excilamps) ont été effectués au High Current Electronics Institute. Les excilamps remplissaient des gaz inertes purs ou des mélanges gaz inerte-halogènes et excitaient par impulsions périodiques ou en courant continu décharges. Un rayonnement efficace des molécules  $\text{Ar}_2$ ,  $\text{Kr}_2$ ,  $\text{Xe}_2$ ,  $\text{KrBr}^*$ ,  $\text{KrCl}^*$ ,  $\text{XeI}^*$ ,  $\text{XeBr}^*$ ,  $\text{XeCl}^*$ ,  $\text{Cl}_2^*$  et des atomes I a été obtenu dans un gaz rare ou dans un gaz rare,  $\text{Br}_2$  ( $\text{Cl}_2, \text{I}_2$ ) mélanges.

## 1.2. Introduction aux lampes à excimères :

Les excilamps sont une classe de rayonnement spontané basée sur des transitions de dimères excités par un gaz rare R, sur des dimères excités par un halogène X ou sur des complexes excités par un halogénure de gaz rare  $\text{RX}^*$ . Dans le cas des excimères, suite à la transition entre l'état supérieur faiblement lié et l'état fondamental répulsive, ces molécules excitées émettent une lumière principalement sous forme de radiation ultraviolette. Ils émettent un rayonnement incohérent dans la région ultraviolette ( $200 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$ ) et vide-UV (VUV,  $100 \text{ nm} < \lambda < 200 \text{ nm}$ ) du spectre électromagnétique. Dans la littérature, ces lampes sont généralement désignées sous le nom de lampes excimères, lampes exciplexes ou en général excilamps. La particularité de ces lampes est qu'elles sont basées sur l'émission de lumière ultraviolette à partir de composés, de particules et d'atomes, qui n'ont généralement pas un état fondamental stable dans toutes les conditions normales. Plusieurs de ces molécules ont une transition BX intense dans les gammes spectrales UV et VUV, permettent une conversion efficace de l'énergie transmise au milieu gazeux en rayonnement optique. La principale distinction entre les excilamps et les lampes lumineuses thermiques des rayonnements UV et VUV sont liées à leur spectre d'émission : jusqu'à 80 % du flux rayonnant total et même plus peuvent être concentrés dans une bande d'émission relativement étroite de la molécule correspondante (pas plus de 10 nm à mi-hauteur) [2]. Dans ce cas, le taux de fluence dépasse les valeurs inhérentes aux lampes à basses pressions qui utilisent des transitions atomiques de résonance. En outre, sous excitation de mélange gazeux à plusieurs composants, il est possible d'obtenir un rayonnement de deux molécules ou plus. Ce type de lampe permet une émission très localisée dans le spectre, centré autour d'une longueur d'onde dépendante de la nature des atomes du mélange gazeux dans lequel se produit la décharge

### **1.3. Principe d'une lampe à excimère:**

L'orque l'on applique une tension entre les électrodes, le champ électrique crée accélère les électrons libres présents dans la lampe, ce qui va causer une avalanche électronique due à l'ionisation des atomes de gaz par impact électroniques cette avalanche croit exponentiellement en densité de charges. Lorsque le champ électrique appliqué est suffisamment fort, le gaz passe alors d'un état isolant à un état conducteur. On parle donc d'un claquage ; un plasma se forme, donnant finalement naissance à une décharge électronique. Les particules se déplacent sous l'effet du champ électrique et entrent en collision avec d'autres espèces, créant ainsi des ions, des atomes excités,...etc. Les atomes excités reviennent à leur état fondamental, en émettant des photons ultraviolets, dont la longueur d'onde dépend du type de gaz utilisé.

Le champ appliqué peut être créé avec des ondes radio, des ondes micrométriques, des ondes laser ou entre deux électrodes conductrices. D'autres paramètres interviennent également ; notamment le gaz utilisé, la pression, la distance inter électrodes et la nature des électrodes ; La tension appliquée doit être égale ou supérieure à la tension de claquage définie par la courbe de Paschen. (une description de la physique de plasma crée dans un décharge électrique sera donnée dans le chapitre2)

### **1.4. Les différents types de lampes à excimère :**

On distingue plusieurs lampes à excimère. La distinction se fait :

#### **1.4.1. Selon la décharge**

Une décharge électrique est l'un des moyens largement utilisés pour exciter l'émission de molécules d'excimère. Dans les lampes à excimère, le rôle de la décharge électrique est de produire des espaces actifs capables d'initier des chaines réactionnelles conduisant à la production d'espèces particulières. Une pression de gaz élevée et le caractère électronégatif de certains mélanges de gaz empêchent la réaction d'une décharge électrique homogène pour qu'elle ne dégénère pas en arc. La réaction d'un plasma homogène dans des conditions de puissance élevée, sans passage à un arc, est rendue possible en injectant dans le volume de décharge une densité initiale d'électrons d'amorçage suffisamment élevée pour fournir un recouvrement rapide des têtes d'avalanches sous l'effet du champ électrique avant le

développement des streamer [3]. Il existe de nombreux types de décharge utilisé pour le pompage des lampe à excimère :[2]

- décharge luminescente.
- la décharge capacitive(DC).
- la décharge à barrière diélectrique (DBD).
- La décharge micro-creuse.

#### **1.4.1.1. Décharge luminescente :**

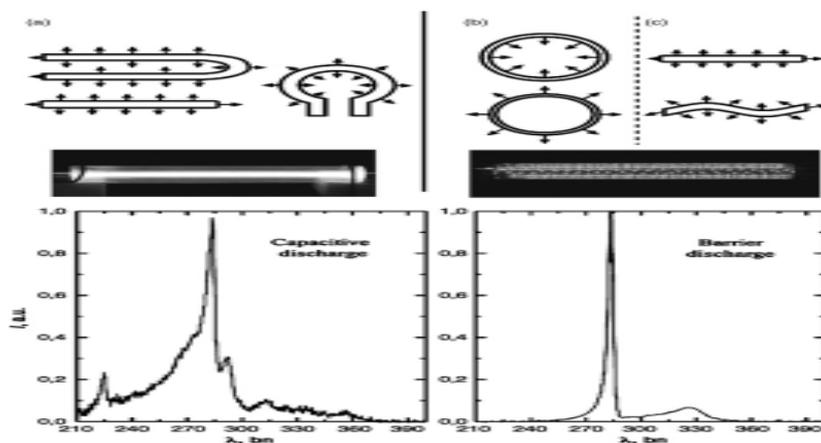
Une décharge luminescente est un plasma formé par le passage d'un courant électrique à travers un gaz. Il est souvent créé en appliquant une tension entre deux électrodes dans un tube de verre contenant un gaz à basse pression. Lorsque la tension dépasse une valeur, l'ionisation du gaz devient auto-entretenu et le tube brille d'une lumière colorée. La couleur dépend du gaz utilisé [4].

Les lampes à décharge luminescente représentent des tubes de quartz avec des électrodes internes ; de rayon typique de 1 à 4 cm et de leur longueur allant de dix à plusieurs dizaines de centimètres. Les excilamps à décharge luminescente permettant de générer un rayonnement avec une puissance moyenne relativement élevée (jusqu'à 1,5 KW ) et une efficacité de conversion d'énergie déposée en rayonnement (plus de 10% en décharge luminescente normale et jusqu'à 30% dans une décharge luminescente inférieure à la normale[5].

#### **1.4.1.2. Décharge capacitive et décharge à barrière diélectrique :**

Les excilamps entraînées soit par une décharge à barrières diélectriques (DBD) soit par une décharge capacitive (CD) sont le plus attrayants pour la photo science. Dans le cas de CD et DBD, les électrodes d'un dispositif à décharge gazeuse sont recouvertes d'un diélectrique (un dispositif dit sans électrode) qui est responsable de la durée de vie élevée du mélange de travail.(voir Figure .1.1.)

Habituellement, le plasma à décharge est faiblement ionisé et est similaire au plasma à colonne positive à décharge luminescente. En mode CD d'excitation du mélange gazeux de fonctionnement, une tension pulsé ou sinusoïdale est appliquée aux les électrodes. Les électrons ne se déplacent pas vers les électrodes en restant dans un espace de décharge, changeant leur chemin de dérive lorsque la polarité de la tension des électrodes change



**Figure.1.1.** Géométrie des excilampes à décharge capacitive(a) et à décharge à barrière (b et c). Le spectre d'émission des excilampes XeBr par CD et DBD [2].

Au cours des 10 dernières années, la DBD a été largement utilisée dans les excilampes. La décharge CD sans électrodes est utilisée avec succès pour l'excitation des amplificateurs à des fréquences de champ d'unités allant jusqu'à des centaines de kilohertz. Les valeurs typiques de l'intensité du champ électrique sont inférieures à celle de la DBD, qui est de 0.001 à 0.1KV/cm, et par sa forme la décharge ressemble au plasma à décharge luminescente [2].

### 1.4.1.3. La décharge micro-creuse :

Les décharges micro-creuse ( $f = 0,3$  à  $30$  GHz) présentent des avantages uniques par rapport aux décharges conventionnelles pour exciter un plasma. Dans une décharge conventionnelle, deux électrodes sont généralement utilisées et une tension est appliquée aux électrodes. Les réactions chimiques entre le matériau de l'électrode et les espèces du plasma entraînent fréquemment une corrosion de l'électrode ; et en particulier, le plasma est souvent contaminé par les impuretés contenues dans les électrodes.

Par rapport un décharge classique, la décharge micro-creuse présente les avantages suivants :

1-la décharge micro-creuse peut fonctionner sans électrodes en contact de plasma. Ceci est très important pour le traitement chimique assisté par plasma et les sources lumière spectroscopique.

2-la cavité résonnante micro-ondes a une efficacité de couplage à haute énergie.

Les excilamps excitées par micro –ondes courants utilisant une cavité résonnante cylindriques et tube de quartz rempli de gaz est placé le long de l’axe de la cavité[6]. Voir Figure .1.2.

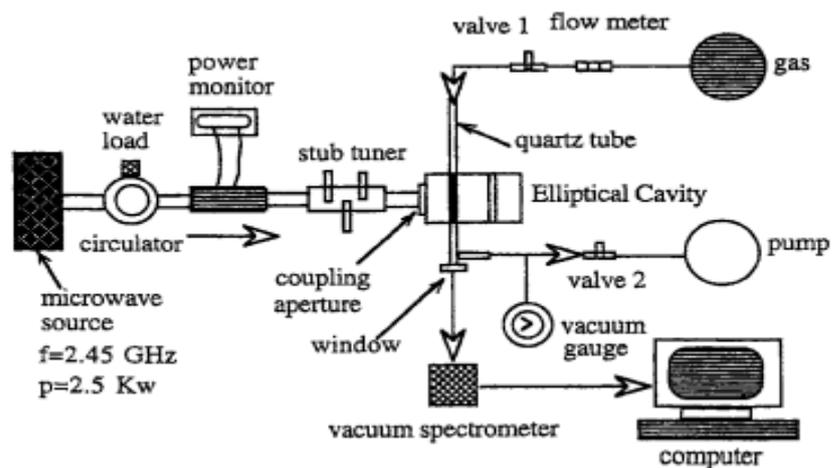


Figure. 1.2. Schéma représentatif du système de lampe micro-creuse[6].

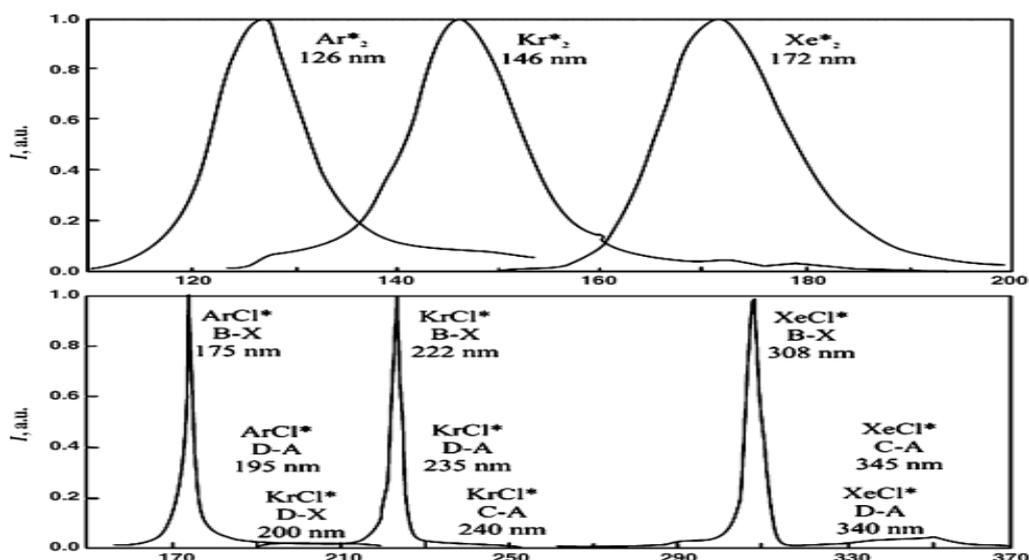
#### 1.4.2. Selon les gaz utilisés :

Un excimère est, par définition construit de deux atomes de gaz rares ou bien de deux atomes d’halogènes. Ces deux atomes se lient entre eux grâce aux forces de Vander Walls. Nous distinguons deux types d’excimères :

- Les excimère de gaz rare ( $Rg_2^*$ )
- Les excimère d’halogènes ( $X_2^*$ ).

Gaz rare pure	Excimères de gaz rare pures	Longueur d’onde émise	Halogène pure	Excimères d’halogène pures	Longueur d’onde émise
Ar	$Ar_2^*$	126 nm	F	$F_2^*$	158 nm
Ne	$Ne_2^*$	84 nm	Cl	$Cl_2^*$	259 nm
Kr	$Kr_2^*$	146 nm	Br	$Br_2^*$	289 nm
Xe	$Xe_2^*$	172 nm	I	$I_2^*$	342 nm
He	$He_2^*$	74 nm			

Tableau.1.1. Les différents excimères utilisés dans les exilamps [7]



**Figure.1.3.** Sélection du spectre d'émission typique des excimères de gaz rares et des d'halogénures de gaz rares [8].

Nous récapitulons, dans le **Tableau.1.1.** les différents excimères possibles à produire dans les décharges remplies de gaz rares ou d'un mélange de gaz rares ou bien remplies d'halogène ainsi que les longueurs d'onde de leur émissions .

Mélange gazeux	Trimères produit	Radiation émise (nm)
Ar/F <sub>2</sub>	Ar <sub>2</sub> F*	290±25
Ar/Cl <sub>2</sub>	Ar <sub>2</sub> Cl*	245±15
Kr/F <sub>2</sub>	Kr <sub>2</sub> F*	400±35
Kr/Cl <sub>2</sub>	Kr <sub>2</sub> Cl*	325±15
Kr/Br <sub>2</sub>	Kr <sub>2</sub> Br*	318
Xe/Cl <sub>2</sub>	Xe <sub>2</sub> Cl*	450±40
Xe/Br <sub>2</sub>	Xe <sub>2</sub> Br*	440±30
Xe/I <sub>2</sub>	Xe <sub>2</sub> I	375
Ne/Kr/Cl <sub>2</sub>	NeKrCl*	225
Ar/Kr/F <sub>2</sub>	ArKrF*	275
Ar/Kr/Cl <sub>2</sub>	ArKrCl*	250
Ar/Kr/Br <sub>2</sub>	ArKrBr*	228
Kr/Xe/F <sub>2</sub>	KrXeF*	402
Kr/Xe/Cl <sub>2</sub>	KrXeCl*	340
Kr/Xe/Br <sub>2</sub>	KrXeBr*	300
Kr/Xe/I <sub>2</sub>	KrXeI*	267
Ne/Xe/F <sub>2</sub>	NeXeF*	363
Ne/Xe/Br <sub>2</sub>	NeXeBr*	278
Ar/Xe/F <sub>2</sub>	ArXeF*	384
Ar/Xe/Br <sub>2</sub>	ArXeBr*	290

**Tableau. 1.2.** Principaux trimères conçues à partir de mélange de gaz rare et d'halogène et la longueur d'ondes radiatives émis [9].

On note d'après le contenu du tableau et les spectres d'émission représentés sur la Figure.1.3. que les longueur d'onde émise des excimères d'halogènes sont complètement plus grandes que celle des excimères de gaz rare pures.

Parmi les molécules trimère on trouve  $Xe_2Cl^*$ ,  $Kr_2Br^*$ ,  $Kr_2F^*$ ,  $Ar_2Cl^*$ ,  $Ar_2F^*$  dont l'excitation donne des radiations de longueur d'onde principalement dans l'UV et VUV. Il est possible de construire des trimères à partir d'un mélange de deux types de gazes rares et d'un halogène dans ce cas le trimère aura la structure  $RgRg'H$ . Le Tableau .1.2. montre quelques trimères utilisés par les chercheurs avec les longueurs d'ondes d'émissions de leur dé-excitations.

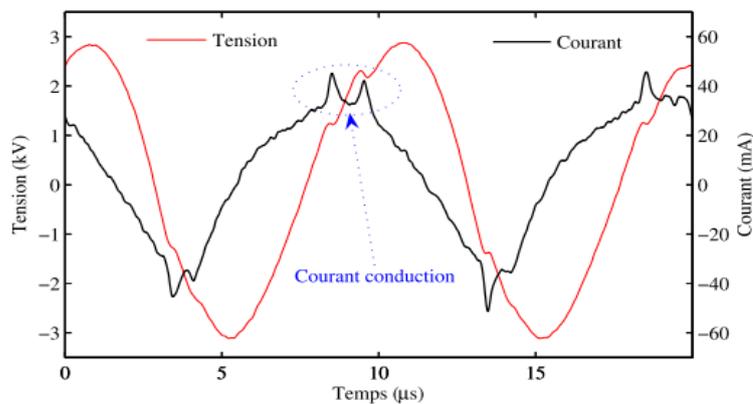
### 1.4.3. Selon la tension appliquée :

La façon avec laquelle alimentée une lampe est importante, car elle influence la création de la décharge électrique ;on retrouve :

- Source de tension sinusoïdale.
- Source de tension impulsionnelle.

#### 1.4.3.1. Source de tension sinusoïdale :

La façon la plus facilement réalisable, et peut-être la plus ancienne, d'alimenter une DBD est d'utiliser un générateur de tension sinusoïdale. Dans ce type de configuration, il est nécessaire de placer un transformateur élévateur en sortie du générateur, quand la tension du générateur n'est pas suffisante pour faire claquer le gaz [10].



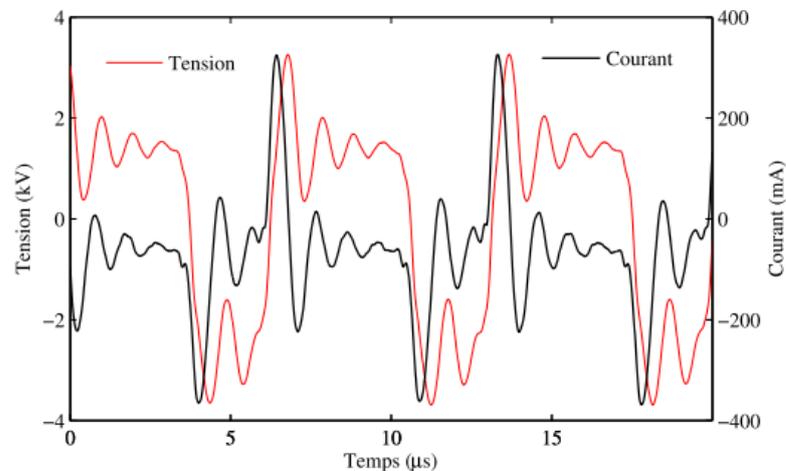
**Figure.1.4.**Forme d'onde du courant et de la tension, dans une DBD avec une alimentation sinusoïdale [11].

Les alimentations sinusoïdales permettant un réglage de la fréquence et de l'amplitude de la tension, typiquement, avec ce type d'alimentation, le courant (de conduction) ne circule dans le gaz que de façon instantanée, aux moments du claquage du gaz. La **Figure.1.4.**représente un exemple de ce type d'alimentation relevée expérimentalement [11].

### 1.4.3.2. Tension impulsionnelle :

Les alimentations impulsionnelles pour les DBD présentent généralement une tension carrée, avec une amplitude de l'ordre de 10kV, des temps de montée de l'ordre de la centaine de nanosecondes et une fréquence de fonctionnement de l'ordre de plusieurs dizaines de kHz[10,12].

Ces sources de tension, sont actuellement utilisées dans les excilamps en raison de leur efficacité supérieure en termes de puissance rayonnée, par rapport aux alimentations sinusoïdales. La cause de cette amélioration a été attribuée aux  $dv/dt$  plus importants, dans la forme d'onde de la tension imposée. Il faut noter que ces variations de tension ( $dv$ ) sont déterminées par les temps ( $dt$ ) de commutations des interrupteurs dans l'alimentation.

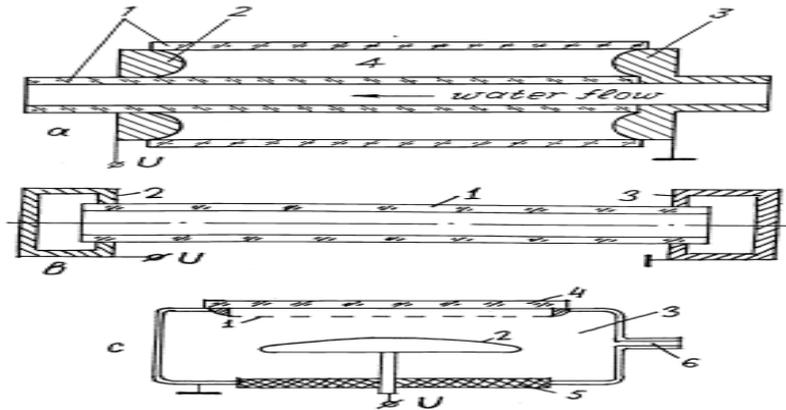


**Figure.1.5.** Forme d'onde du courant et de la tension, dans une DBD (exilampe) avec une alimentation impulsionnelle.[11]

Sur la **Figure.1.5.** sont représentées les formes d'onde imposées et le courant circulant dans la lampe pour ce type d'alimentation. L'expérience a été réalisée sur la même excilampe que pour l'alimentation sinusoïdale illustrée antérieurement.

### 1.4.4. Selon la configuration :

Les excilamps utilisées exclusivement dans la génération des UV, ont normalement une géométrie coaxiale, similaire, avec le mélange gazeux enfermé entre le deux barrières diélectriques. Néanmoins, d'autres configuration de DBD sont possibles, comme les DBD planaires ou celles avec un seul diélectrique.



**Figure.1.6.** Schéma de lampes à excimère de géométrie coaxiale(a), cylindrique (b) et plane(c)[13].

La Figure. 1.6 présente plusieurs configurations d'excilampes. Toutes empêchent le contact direct entre le gaz et les électrodes ceci à augmenter leur durée de vie ; dans le cas contraire, le gaz contaminé avec les impuretés de l'érosion des électrodes [14].

### 1. 5. Avantages des lampes à excimère :

Les avantages des excilampes modernes sont multiples ; Nous citons ici quelque uns :

- 1-Non polluantes à cause de l'absence de mercure ;
- 2-un flux photonique élevé  $q_p$  , qui peut être extrait du plasma sans auto-absorption.
- 3-une liberté géométrique extraordinaire qui permet à la photo science d'ajuster la géométrie de la lampe aux conditions optimales du photo processeur souhaité ;
- 4-lancement instantané et pleine puissance radiante après l'allumage ;
- 5-longue durée de vie de 1000 à 10000 h selon la conception de l'excilampes et les conditions de service ;

6-valeur de rendement électrique de 1-2 à 60% en fonction du gaz ; [2]

7-elle n'ont pas besoin d'un système de chauffage du gaz (mercure) et peuvent être employées dans les applications à basse température ;[15]

8-géométries variables ;

9-réglage de la puissance variable.

C'est la raison pour laquelle le champ de leurs applications ne cesse de s'étendre. Nous allons présenter dans le prochain paragraphe quelques applications de ces lampes.

## **1.6. Les applications des lampes à excimères :**

*La majeure partie des lampes commerciales qui existent, sont basées sur les DBD.* L'ensemble des propriétés de l'émission des excimères produits dans une décharge à barrière diélectrique, font des excilamps à base de DBD une source de rayonnement ultra-violet potentiellement efficace, spectralement pure et adaptée en longueur d'onde à presque toutes les applications UV. Elles sont donc naturellement de plus en plus exploitées dans des diverses applications qui vont des traitements de Wafers dans l'industrie et le semi – conducteurs, aux modifications des propriétés de surface, et des applications en photobiologie, l'éclairage, photo médecine, bio chimie...etc. Nous donnons dans ce qui suit un aperçu sur certaines de ces applications. [16]

### **1.6.1. Domaine biomédical :**

#### **1.6.1.1. Dermatologie :**

Dans le domaine des applications biomédicales, la photothérapie occupe une place de choix notamment en dermatologie.les techniques conventionnelles utilisant généralement des sources laser dont la longueur d'onde peut s'accorder exactement à l'absorption de la lésion, pour éviter tout contact et de forts dépôts d'énergie dans les domaines spectraux inutiles voire même nocif. De ce fait, leur utilisation n'est pas aisée et nécessite une quantification spécifique du praticien. La photo de la Figure .1.7.montre un certain nombre de maladies liées à la peau notamment le psoriasis (des coudes, du dos...), le vitiligo.



**Figure.1.7.**Images de maladies traitées par lampes à excimères: psoriasis (a), vitiligos des mains des mains, des pieds et du visage [ 17].

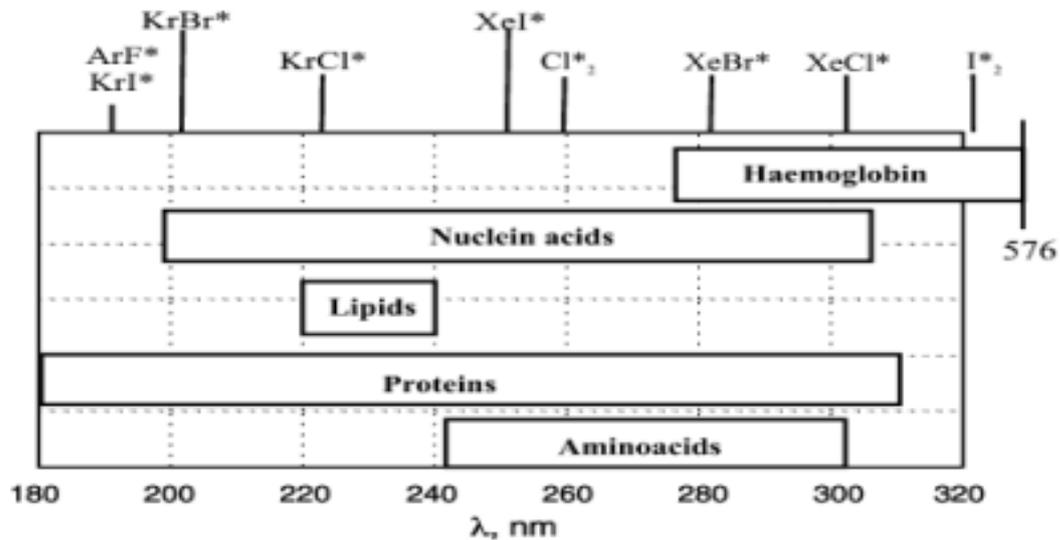
### 1.6.1.2.Stérilisation :

La stérilisation est un processus de destruction complète de toute vie, virale comme bactérienne, incluant les spores bactériennes (les plus résistants des microorganismes). Les moyens de stérilisation peuvent être des processus physiques ou chimiques. Depuis quelques années, de nouvelles difficultés se posent aux praticiens de la stérilisation, et suscitent une attention particulière:

- 1- la décontamination de dispositifs à base de polymères thermo-sensibles.
- 2- l'inactivation de biofilms, ensembles de microorganismes pouvant retenir des bactéries pathogènes de toutes sortes, et capables de transmettre des infections.
- 3- la nécessité d'inactiver les prions, agents infectieux provoquant chez l'humain la maladie de Creutzfeldt-Jakob.

Afin de réduire les frais hospitaliers, il était souhaitable de réutiliser un bon nombre d'instruments en les re-stérilisant de manière adéquate et sans risque de contamination croisée. Ces nouveaux dispositifs, parfois d'une grande complexité (tels les endoscopes et les cathéters), sont constitués de polymères qui ne supportent pas des températures supérieures à une soixantaine de degrés Celsius. La méthode de stérilisation conventionnelle la plus

sécuritaire et la plus fiable, l'autoclave, utilise la chaleur humide (120 °C minimum), et est par conséquent à proscrire pour la majorité de ces types d'appareils. L'oxyde d'éthylène est un procédé efficace pour stériliser à basse température mais toxique.[18]



**Figure.1.8.**Bande d'énergie d'absorption de différentes substances biologiques et les excimers responsable de l'émission UV correspondante [1].

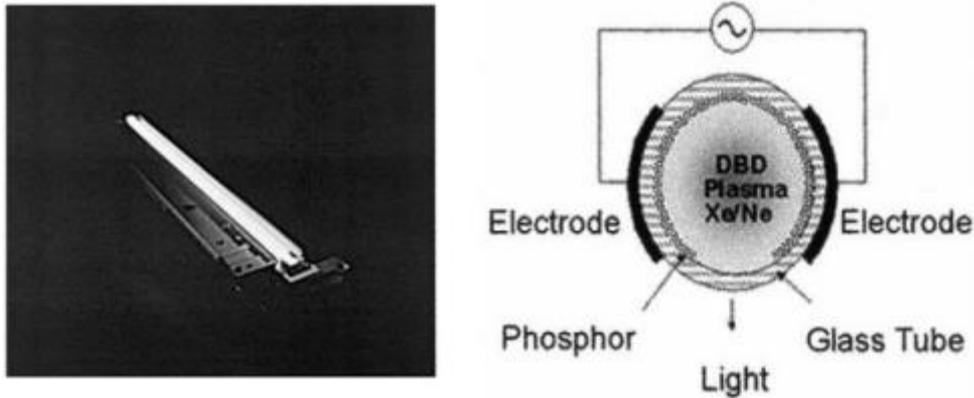
L'utilisation des excilamp à UV semble une solution intéressante pour éviter les effets secondaires. L'action stérilisante, est due à la perturbation apportée par les radiations ultraviolettes dans la structure chimique des constituants de la cellule vivante (tel que les bactéries et virus) et par suite, de leur fonctionnement. Suivant la quantité d'énergie UV reçue, la cellule vivante sera soit stérilisée (effet bactériostatique) soit détruite (effet bactéricide). L'effet bactériostatique dans le cas d'une absorption modérée d'énergie UV, permet à la cellule de continuer à vivre, mais sans avoir la possibilité de se reproduire. Cette cellule est donc condamnée à disparaître. La courbe représentée sur la **Figure.1.8.** montre l'absorption de l'ADN à des longueurs d'onde allant de 200 à 285 nm et le pic allant jusqu'à 257nm, ce qui a un effet germicide profond à cette longueur d'onde [19].

## 1.6.2. Domaine industriel

### 1.6.2.1. L'éclairage :

Dans ce type d'application, le rayonnement UV est utilisé pour exciter le phosphore et produire un rayonnement visible. L'utilisation des excilamps fournit la possibilité de se passer

du mercure (Hg) utilisé depuis des décennies dans les lampes fluorescents [20].



**Figure .1.9.**lampe fluorescente à base d'un excimère du Xe[20].

Les performances annoncées du système constitué par la lampe et son alimentation électronique sont les suivants :

- Efficacité de 271m/W.
- Luminance au centre de 5900cd/m<sup>2</sup>.
- Réamorçage instantané.
- Durée de vie estimée à plus de 50000 heures .



**Figure.1.10.**Tour KPN à Rotterdam, transformée en écran géant.

Ces caractéristiques ont permis son utilisation dans le domaine du rétro éclairage des écrans à cristaux liquides et à l'éclairage architectural. Une des applications les plus spectaculaires est en tant que pixel d'un écran géant, constitué d'environ 900 lampes. Voir **Figure.1.10.[8]**.

### **1.6.2.2. Polymérisation :**

La polymérisation par les rayons UV a pour résultat de transformer la couche d'encre humide en couche d'encre sèche. La polymérisation est achevée quand l'encre est entièrement sèche. Cette polymérisation est affectée par différents éléments, qui sont les constituants de l'encre, les conséquences des pratiques professionnelles ou les contraintes du matériel.

Les applications de la polymérisation sont : **[19]**

- 1-travail du bois ;
- 2-dépollution de l'eau et de surface ;
- 3-la fibre optique ;
- 4-industrie graphique,
- 5- textiles ;
- 6-les poudres UV.

### **1.6.3. Domaine de l'environnement : Dépollution et désinfection**

La terre est occupée dans sa grande partie par l'eau, dont 97,2 % sont contenus dans les mers et les océans. L'eau douce ne représente qu'une faible part de ce total (2,8%), ce qui permet de la considérer comme une richesse rare. Néanmoins, de nombreux dangers la menacent comme la pollution par les activités humaines et industrielles qui constitue un sujet de préoccupation majeur dans le monde. L'air subit également le même danger. La pollution de l'air est due principalement aux émissions gazeuses provenant de différentes sources, notamment, les industries de transformation de matière première et de fabrication des produits de base et les industries de production d'énergie : centrales thermiques. Les émissions gazeuses peuvent contenir principalement : des dérivés carbonés, des composés organiques volatils (COV comme les hydrocarbures, aldéhydes, etc.), des dérivés soufrés, azotés ou halogénés, de l'ozone et des particules.

La gravité et l'étendue du problème de pollution devient de plus en plus inquiétant, la communauté scientifique consciente de la situation pousse les gouvernements à mettre en place une réglementation de plus en plus stricte envers les industriels.

Dans ce contexte, un vaste sujet d'études pour réduire cette pollution à la source si possible est développé. Plusieurs moyens conventionnels de traitement de l'air et de l'eau ont été développés et ont permis de lutter efficacement contre les polluants. Cependant, le développement des industries a entraîné l'apparition des polluants, résistants aux procédés classiques de dépollution. Il était donc évident de s'orienter vers l'emploi de technologie innovante de dépollution plus efficace et énergétiquement économique. Parmi ces procédés, le procédé plasma ; comme la lampe à excimère qui est de plus en plus utilisée pour la dépollution des effluents liquides à cause de son efficacité [21,22].

#### **1.6.4. Domaine de l'Agriculture:**

La lumière est vitale pour les plantes. En fait, La plante utilise la lumière, l'eau et le CO<sub>2</sub> pour produire des hydrates de carbone et de l'oxygène (photosynthèse). La couleur (longueur d'onde) et la quantité de lumière à laquelle elle est exposée, y compris les rayonnements visibles et invisibles déterminent la croissance d'une plante et la forme qu'elle prend (phototropisme). La lampe à décharge à haute intensité (DHI) est le type d'éclairage photosynthétique le plus répandu de nos jours. Celle-ci est dotée d'un mélange de gaz et de vapeur métallique enfermés dans un tube de verre. Néanmoins différentes lampes ont assuré leur place dans ce domaine, comme les lampes de plasma, ou lampes à arc de plasma, qui produisent un spectre lumineux semblable à celui du soleil, c'est pourquoi on les qualifie souvent de lumière du soleil artificielle.

D'autre part, l'agriculture recherche, aujourd'hui, des technologies de pointe qui accélèreraient la germination des graines, réduiraient l'incidence des maladies des plantes et amélioreraient le rendement des cultures. A cet égard, de plus en plus d'études traitent l'irradiation ultraviolettes des semences et des plantes comme moyen d'améliorer leur qualité de semis [ 23]

## Chapitre2 : Principe et Modélisation d'une lampe à xénon

---

### 2.1. Introduction :

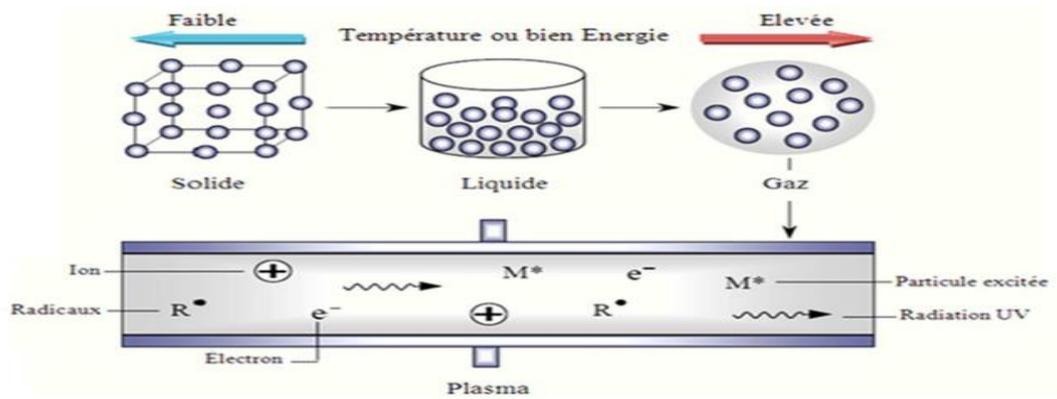
Dans le chapitre précédent, nous sommes familiarisés avec les différents lampes à excimères ,et parmi ces types ,nous trouvons qu'elles diffèrent en termes de gaz .dans ce chapitre ,nous étudierons un type spécifique de lampe à excimère ,qui est le xénon.

Nous commençons par un définition simplifiée du plasma et des réactions qui s'y produisent ,puis nous apprenons le principe de fonctionnement de la lampe à excimère avec la décharge à barrière diélectrique et l'effet capacitif de cette lampe . Nous allons ensuite étudié le gaz :xénon .

Enfin, sera présenté le modèle utilisé pour décrire une décharge à barrières diélectriques dans une lampe à excimère.

### 2.2. Définition du plasma :

Le terme « plasma » introduit en physique en 1928 ,par le physicien Langmuir, à cause de sa similarité avec le plasma sanguin, il est défini comme étant le quatrième état de la matière ,en suivant les états solide, liquide, gaz et constitue environ 99 % de la masse visible de l'univers. Le plasma est défini aussi comme étant un gaz partiellement ou totalement ionisé, il est donc constitué en général d'électrons, d'ions, d'espèces atomiques ou moléculaires neutres et de photons. En fait un gaz, initialement neutre, devient plasma, lorsque on lui apporte une énergie suffisante pour arracher les électrons des atomes créant ainsi des ions : cette pair électrons –ions est capable de conduire de l'électricité. La Figure.2.1. montre les différents états de la matière sur une échelle de température.



**Figure. 2.1** .Représentation schématique des quatre états de la matière. [24]

Il existe soit à l'état naturel (couronne solaire, soleil, intérieur des étoiles, ionosphère,...), soit en laboratoire produit généralement par une décharge électrique. c'est un gaz qui contient des particules neutres (atomes, molécules, radicaux, libres), d'ions positifs ou négatives et d'électrons.[14]

**On distingue alors les réactions suivantes :**

**a) Ionisation :** Il s'agit du principal mécanisme de production d'électrons. L'énergie fournie par la collision d'un électron avec une molécule neutre est suffisante pour arracher un électron de son nuage électronique. La molécule neutre est alors ionisée et un électron supplémentaire est créé.

L'équation de la réaction d'ionisation s'écrit alors :  $e + A \rightarrow 2e + A^+$

**b) Recombinaison :** la recombinaison est le phénomène d'attachement de particules lorsqu'un ion positif rencontre un électron ou lorsque deux ions de signes contraires se rencontrent.

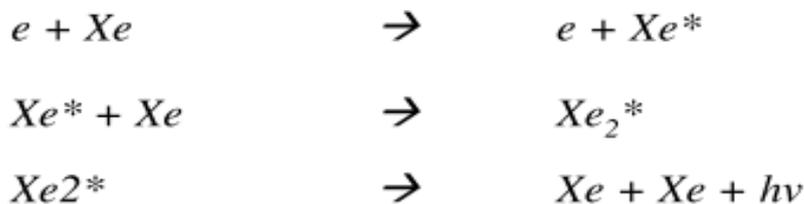
**c) Détachement :** c'est le phénomène qui se produit lorsqu'un ion perd son électron supplémentaire.

**d) Excitation :** Les atomes d'un gaz dans leurs états fondamentaux peuvent être excités par des collisions ou des radiations et peuvent aller d'un niveau inférieur à un autre supérieur absorbant de l'énergie des excimères sont alors produits.

### 2.3. Création des excimères :

L'excimère, qui doit son nom à la contraction en anglais de "excited dimer", est une molécule excitée et instable.[25], formée par deux atomes d'un gaz rare. L'émission UV de ces molécules est due à une transition entre un état excité et un état fondamental répulsif. Par conséquent, en se relaxant, les molécules excitées se dissocient généralement. Ainsi, le rayonnement issu de la relaxation n'est quasiment pas réabsorbé et ne donne lieu à aucun emprisonnement.

Si nous prenons le cas du xénon (Xe), les réactions présentées en **Figure .2.2.**, sont celles qui vont créer l'excimère et ensuite rayonner dans l'UV :



**Figure.2.2.** Réactions présentes dans le Xe pour la production de l'UV à 172nm [ 14]

- Initialement, un électron énergétique généré par le courant électrique de décharge rentre en collision avec un atome de Xe produisant un Xe excité ou  $Xe^*$  (présentant une énergie supérieure à celle de l'état fondamental) ;
- Ensuite, il y a une association entre le  $Xe^*$  et un atome de Xe, qui génère l'excimère  $Xe_2^*$ . Cette espèce excitée a une énergie plus grande que celle de la somme de deux atomes de Xe ;
- Finalement, l'excimère  $Xe_2^*$  revient à son état fondamental libérant le surplus d'énergie (7.2 eV) sous forme de photon et la longueur d'onde  $\lambda=172nm$ .

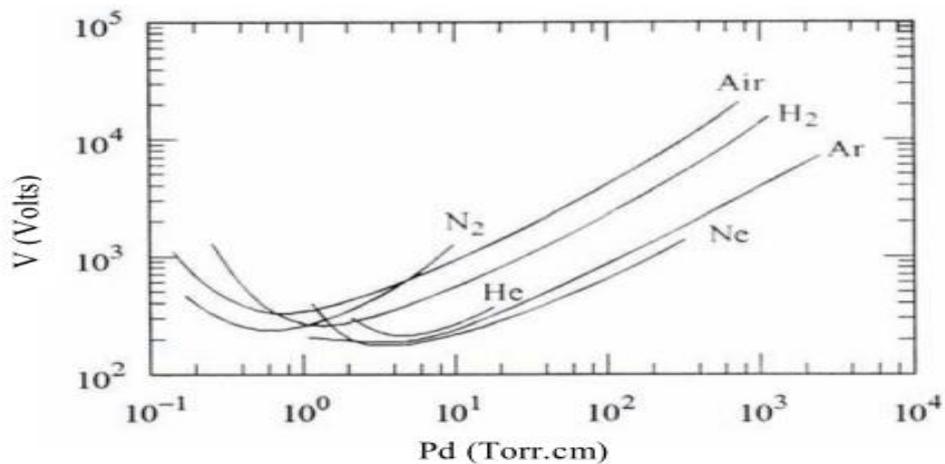
### 2.4. Phénomène de claquage :

Le claquage de plasma, également désigné sous le nom de l'allumage de plasma, est un processus fondamental important en science de plasma, il est d'une grande importance dans le développement de dispositifs, d'applications aussi diverses que les gaz d'échappement, l'allumage léger et les équipements de traitement utilisant des sources de plasma pulsé pour les basses pressions et les champs d'application lourds.

Le claquage du plasma qui se produit lorsqu'un gaz électriquement neutre absorbe suffisamment d'énergie pour passer d'une isolation électrique à une conductivité électrique, et ce processus dépend fortement des paramètres de décharge tels que la pression appliquée, la taille et la nature de la distance entre les électrodes, selon la loi de PASCHEN ».

### 2..4.1.courbe Paschen :

**La courbe de Paschen** est une courbe qui exprime la tension de déclenchement d'un gaz ionisé, en fonction du produit pression pour une durée de charge du tube droit.



**Figure.2.3.** Courbe de Paschen pour différents gaz.[26]

Cette loi porte le nom **Friedrich paschen** qu'il a formulé en 1889. Paschen a étudié la différence de potentiel minimale qui provoque la perte d'isolation (appelé tension de claquage) entre deux électrodes plates dans un gaz, en fonction de leur distance et pression. La tension est donnée par :

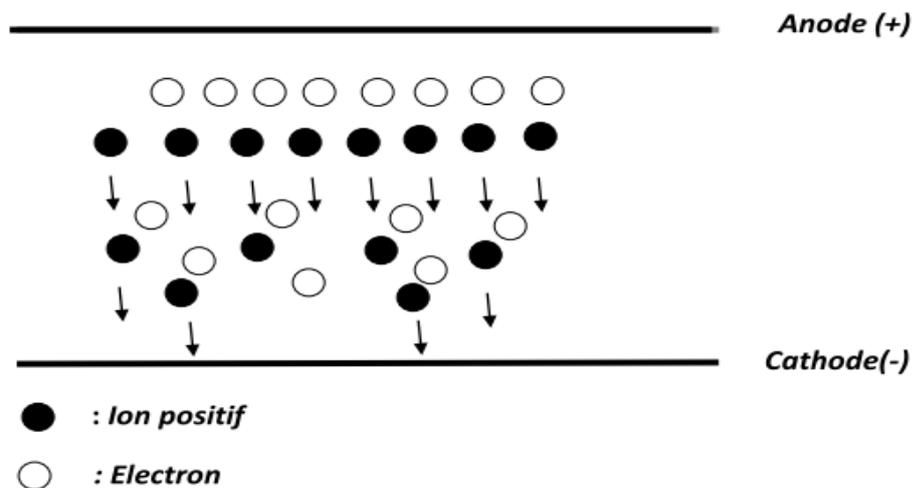
$$U_d = k \cdot \frac{(p \cdot d)}{\ln[A(p \cdot d)] - c} \quad (2.1)$$

### 2.4.2. Mécanisme de claquage :

Le claquage électrique se produit suivant deux mécanismes : le **mécanisme de Townsend** (avalanche électrique) et le **mécanisme du canal** (steamer en anglo-saxon), cela en fonction de plusieurs paramètres tel que la distribution du champ électrique entre les électrodes, l'intensité de ce champ, la forme de la tension appliquée, le taux d'humidité,...etc[27]

### 2.4.2.1. Mécanisme de Townsend :

Un électron placé dans un champ électrique uniforme ( $E=V/d$ , où  $V$  est la différence de potentiel appliquée entre des électrodes de distance  $d$ ) est accéléré et peut ioniser des atomes ou des molécules. L'ionisation d'une espèce conduit donc à la formation d'une particule chargée et à la libération d'un électron supplémentaire, qui à son tour va être accéléré et acquérir une énergie suffisante pour ioniser une seconde particule. Ce mécanisme d'ionisation successive est connu sous le nom « d'avalanche électrique » ou « décharge de Townsend » [28].



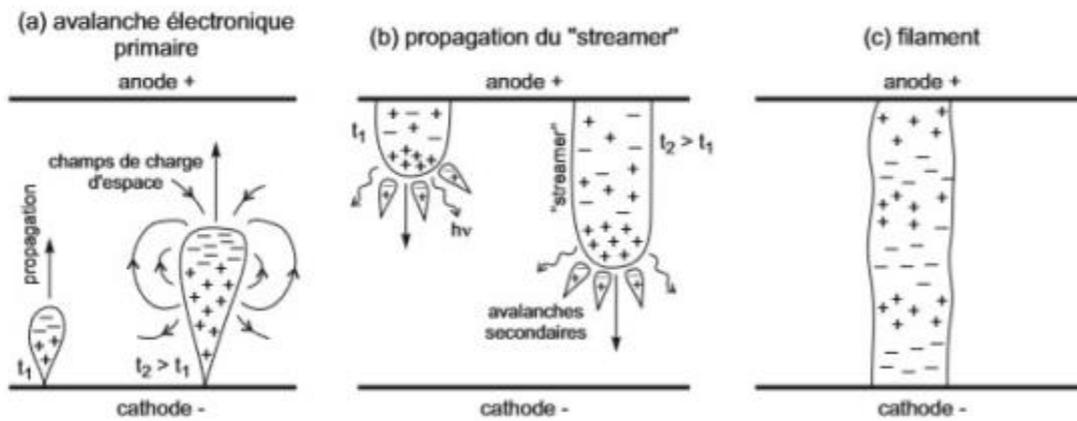
**Figure. 2.4 .** Schéma représentatif d'une avalanche électrique [29]

C'est ce phénomène, qui provoque un accroissement exponentiel de la densité de charge électrique lorsqu'on s'éloigne de l'électrode. Ceci est montré sur la figure .2.4. Cette avalanche peut être étudiée quantitativement à partir de la connaissance du coefficient, dit premier coefficient d'ionisation de Townsend

### 2.4.2.2. Mécanisme du canal (streamer) :

La théorie sur les steamers a été développée suite aux travaux de Loeb , Meek et Reather en 1940, et c'est fait comme suit :

Un électron élémentaire provenant du dispositif cathodique est accéléré, si le champ est suffisant, les atomes seront ionisés pour produire des électrons grâce aux collisions qui se produisent entre eux. Les éléments neutres s'ionisent là où le champ est fort provoquant des avalanches électrique qui se propagent vers la cathode.

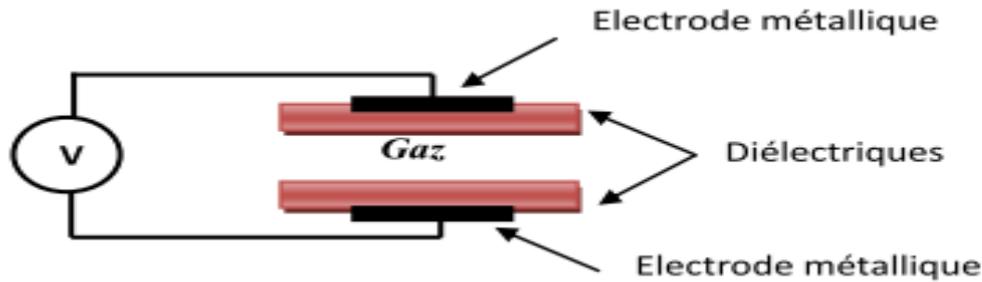


**Figure .2.5.** Schéma représentatif du Mécanisme de steamer [30]

Ensuite, un appareil à flux est formé dans le processus d'avalanche s'étendent vers l'anode avec une série de décharges microscopiques qui se propagent vers la cathode, et à la fin il ne reste que les filaments de plasma.

## 2.5. Principe de fonctionnement d'une lampe à excimère avec DBD :

Une décharge à barrière diélectrique se produit dans un gaz entre deux armatures recouvertes d'un diélectrique isolant appelé barrière diélectrique. Pour transporter un courant dans l'espace entre électrodes, le champ électrique se doit d'être assez intense pour causer le claquage du gaz[31], qui conduit à la formation d'un canal conducteur lorsque la tension appliquée sur le gaz devient supérieure à la tension de claquage [27]. C'est le produit de la distance inter-électrodes 'd' par la pression 'p' du gaz qui définit le mode de fonctionnement du plasma. La décharge apparaît sous forme d'un ou plusieurs canaux appelés micro-décharges. Ces canaux ont des diamètres de l'ordre de quelques centaines de micromètres. La durée de la micro-décharge est de l'ordre de la certaine de nanosecondes, l'échange d'énergie entre les électrons et les atomes est alors très efficace [32], or l'augmentation du courant entre électrodes métalliques entraîne généralement le passage vers un régime d'arc, le diélectrique permet de réduire très sensiblement la tension appliquée au gaz, et donc d'éviter la transition vers l'arc.



**Figure. 2.6.**Géométrie classique d'une décharge à barrières diélectriques. [31]

### 2.5.1. Effet capacitif :

Dans les lampes à DBD, on rencontre très souvent une configuration où chaque armature est recouverte d'un diélectrique (voir Figure .2.6) [31], permettant d'accumuler des charges sur la surface (ions ou électrons, selon le potentiel imposé à l'électrode qui d'ailleurs à chaque demi –cycle de la fréquence d'excitation). Cette charge d'espace réduit l'intensité du champ électrique régnant entre les deux électrodes opposé au champ appliqué [33]. L'accumulation sur le diélectrique de ces charges issues du plasma entraîne une chute du potentiel dans le gaz. L'utilisation d'une source alimentation alternative à haute tension (HV) est nécessaire à cause de ces charges créées en surface et perdues par le plasma. La tension issue de ce stockage sera ajoutée à la tension appliquée lors de la prochaine impulsion. L'isolant empêche la formation d'un arc électrique entre les deux, et le plasma gazeux formé dans la décharge reste hors d'équilibre, car la décharge est transitoire et intermittente avant que les électrons ne soient chauffés.

Le diélectrique se comporte comme un condensateur ; il est caractérisé par son aptitude à emmagasiner (ou stocker) des charges électriques sur ces armatures, ce qu'on appelle, capacité. Tel que

$$\text{Capacité} = \frac{Q}{U}$$

Q : quantité d'électricité déplacée.

U : tension à ses bornes.

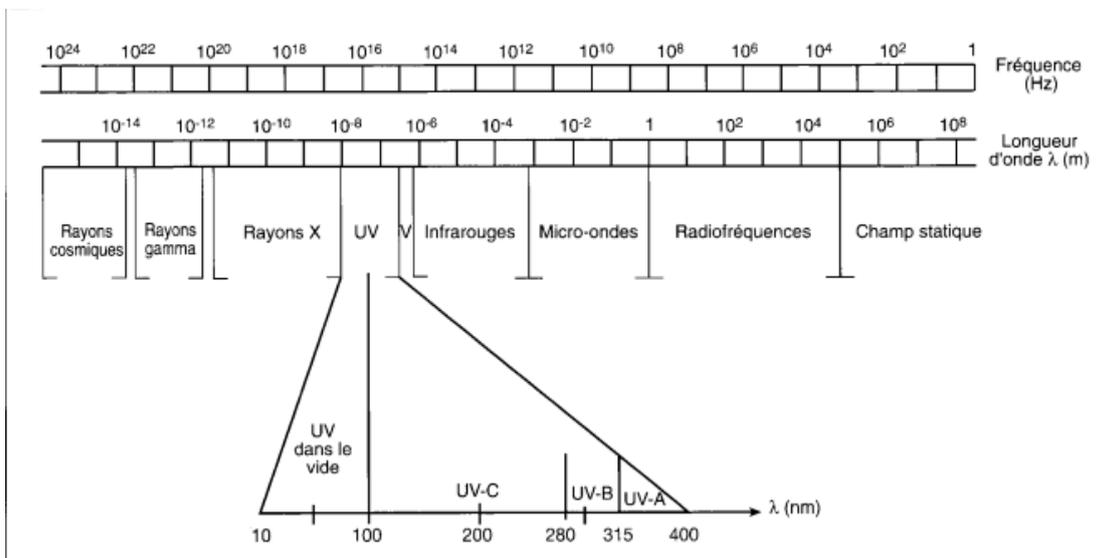
### 2.5.2. Emission de la lumière ultraviolette :

Les lampes à excimères possèdent des propriétés lumineuses qui sont exploitées dans divers domaines, notamment l'éclairage, où on cherche à obtenir des caractéristiques d'éclairages

précises comme la longueur d'onde et l'intensité lumineuse. Lorsque les états excités des gazes rares utilisés dans les lampes à excimères retournent à leur état fondamental, ils émettent des photons ultraviolets. La lumière ultraviolette (UV) est un rayonnement non-ionisant qui appartient au domaine des rayonnements électromagnétiques. Le spectre de longueur d'onde des UV se situe entre celui des rayons X et le spectre visible. Les longueurs d'ondes sont comprises entre 100 et 400 nm (voir Figure. 2.7.)

Il existe plusieurs classifications des UV : [34,35]

- Les UV-A dont le spectre s'étend de 315 à 400 nm ;
- Les UV-B dont le spectre s'étend de 280 à 315 nm ;
- Les UV-C dont le spectre s'étend de 100 à 280 nm.



**Figure.2.7.** Place de UV dans le spectre des rayonnements électromagnétiques (V : domaine du visible 380-770 nm).[35]

## 2.6. Production de la lumière dans une lampe DBD à xénon :

Les DBD sont utilisées dans les lampes à décharge sans mercure qu'on appelle aussi lampes à excimères pour la production de la lumière. Dans ce domaine de la recherche, beaucoup de travaux ont été effectués en utilisant différents gaz, émettant des longueurs d'onde précises, qui peuvent être utilisées dans les diverses applications. Dans ce travail, nous nous intéressons aux lampes à base de xénon. Le néon est utilisé afin de réduire la tension de claquage.

### 2.6.1. Les espèces intervenantes :

Le rayonnement ultraviolet de la décharge dans la lampe est produit par la désexcitation radiative des niveaux élevés d'atomes et de molécules du xénon.

Réactions	Taux de réaction	réf
<i>Ionisation directe</i>		
$e+Xe \rightarrow Xe^+ + 2e$	k1 (tabulé)	[Bo-1]
$e+Ne \rightarrow Ne^+ + 2e$	k2 (tabulé)	[Bo-1]
<i>Excitation</i>		
$e+Xe \rightarrow Xe^*(^3p_2) + e$	k3 (tabulé)	[Bo-1]
$e+Xe \rightarrow Xe^*(^3p_1) + e$	k4 (tabulé)	[Bo-1]
$e+Ne \rightarrow Ne^* + e$	k5 (tabulé)	[Bo-1]
$e+Xe \rightarrow Xe^{**} + e$	k6 (tabulé)	[Bo-1]
<i>Stepwise ionisation</i>		
$e + Xe^*(^3p_2) \rightarrow Xe^+ + 2e$	k7 (tabulé)	[Bo-1]
$e + Ne^* \rightarrow Ne^+ + 2e$	k8 (tabulé)	[Bo-1]
<i>Ionisation penning</i>		
$Ne^* + Xe \rightarrow Ne + Xe^+ + e$	k9 = $7,5 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Ne^* + Xe \rightarrow NeXe^+ + e$	k10 = $2,3 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
<i>Formation des ions dimer</i>		
$Ne^+ + 2Ne \rightarrow Ne_2^+ + Ne$	k11 = $4,4 \cdot 10^{-32} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Ne^+ + Xe + Ne \rightarrow NeXe^+ + Ne$	k12 = $10^{-31} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^+ + 2Ne \rightarrow NeXe^+ + Ne$	k13 = $10^{-31} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^+ + 2Xe \rightarrow Xe_2^+ + Xe$	k14 = $2,5 \cdot 10^{-31} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^+ + Xe + Ne \rightarrow Xe_2^+ + Ne$	k15 = $1,5 \cdot 10^{-31} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
<i>Recombinaison électron-ion</i>		
$Ne_2^+ + e \rightarrow Ne^* + Ne$	k16 = $3,7 \cdot 10^{-8} \text{ Te}^{-0,43} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Ku-1]
$Xe_2^+ + e \rightarrow Xe^{**} + Xe$	k17 = $2 \cdot 10^{-7} \text{ Te}^{-0,5} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$NeXe^+ + e \rightarrow Xe^{**} + Ne$	k18 = $8 \cdot 10^{-8} \text{ Te}^{-0,5} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
<i>Réactions ion-atome</i>		
$NeXe^+ + Xe \rightarrow Xe^+ + Ne + Xe$	k19 = $5 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$NeXe^+ + Xe \rightarrow Xe_2^+ + Ne$	k20 = $5 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
<i>Cinétique des neutres</i>		
$Xe^{**} + Ne \rightarrow Xe^*(^3p_2, ^3p_1) + Ne$	k21 = $2 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^{**} + Xe \rightarrow Xe^*(^3p_2, ^3p_1) + Xe$	k22 = $10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^*(^3p_1) + Ne \rightarrow Xe^*(^3p_2) + Ne$	k23 = $3,1 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^*(^3p_2) + Ne \rightarrow Xe^*(^3p_1) + Ne$	k24 = $1,62 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^*(^3p_1) + Xe \rightarrow Xe^*(^3p_2) + Xe$	k25 = $2,18 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^*(^3p_2) + Xe \rightarrow Xe^*(^3p_1) + Xe$	k26 = $1,26 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^*(^3p_1) + 2Xe \rightarrow Xe_2^*(\text{Ou}^+) + Xe$	k27 = $1,55 \cdot 10^{-31} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^*(^3p_2) + 2Xe \rightarrow Xe_2^*(^3\Sigma^+) + Xe$	k28 = $8,53 \cdot 10^{-32} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^*(^3p_1) + Xe + Ne \rightarrow Xe_2^*(\text{Ou}^+) + Ne$	k29 = $4,07 \cdot 10^{-32} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe^*(^3p_2) + Xe + Ne \rightarrow Xe_2^*(^3\Sigma^+) + Ne$	k30 = $1,35 \cdot 10^{-32} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
$Xe_2^*(\text{Ou}^+) + Xe \rightarrow Xe_2^*(^1\Sigma^+) + Xe$	k31 = $2,6 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$	[Me-1]
<i>Emissions spontanées</i>		
$Xe^{**} \rightarrow Xe^*(^3p_2, ^3p_1) + hv$	k32 = $3 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$	[Ou-1]
$Xe^*(^3p_1) \rightarrow Xe + hv(147\text{nm})$	k33 = $2,7 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$	[Ou-1]
$Xe_2^*(^1\Sigma^+) \rightarrow 2Xe + hv(173\text{nm})$	k34 = $5 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$	[Ou-1]
$Xe_2^*(^3\Sigma^+) \rightarrow 2Xe + hv(173\text{nm})$	k35 = $1,66 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$	[Ou-1]
$Xe_2^*(\text{Ou}^+) \rightarrow 2Xe + hv(150\text{nm})$	k36 = $9 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$	[Ou-1]

**Tableau. 2.1.**Processus de réactions élémentaires dans une décharge NeXe pour lampe à excimère .[15]

La molécule du  $Xe_2^*$  est formée grâce aux interactions entre xénon-xénon ou entre différents atomes xénon –néon. L'excitation ou l'ionisation du néon est négligée dans les réactions cinétiques du mélange Xe/Ne, en effet, l'intensité du néon excité est directement intégrée dans la modélisation de la colonne positive de l'ion  $Xe^+$ .

Le Tableau .2.1.représente le schéma cinétique du mélange NeXe ,différents réactions peuvent être prises en considération tell que :l'ionisation directe et indirecte ,la recombinaison ,les réactions ions –atomes, la cinétique des neutres indique les processus responsables se l'émission UV

les équations cinétiques sont faits pour 16 espèces chimiques différents :[36]

- Espèces ionisées : $n_e$  , $Xe^+$  , $Ne^+$  , $Xe_2^+$  , $Ne_2^+$  ,  $NeXe^+$ .
- Espèces excitées :  $Xe^*(^3p_2)$  ,  $Xe^*(^3p_1)$  , $Xe^{**}$  , $Ne^*$  , $Xe_2^*(Ou^+)$  , $Xe_2^*(^3\Sigma_u^+)$  , $Xe_2^*(^1\Sigma_u^+)$ .
- Les photons :  $h\nu$  (147nm) ,  $h\nu$  (150nm) ,  $h\nu$  (173nm).

## 2.6.2. Les états responsables de l'émission UV :

L'émission du xénon est le fait de la désexcitation des états d'énergie dits résonants et métastables. Un état résonant d'un atome de gaz rare (noté  $^3 P_1$  ) est un état excité qui ne peut se désexciter spontanément que vers le niveau fondamental ; cette transition provoque donc l'émission d'un photon. Un état métastable (noté  $^3 P_2$  ) est un état d'énergie dans lequel l'atome peut subsister pendant un temps relativement long (par rapport aux échelles de temps des phénomènes atomiques) mais qui n'est pas l'état fondamental. Le niveau métastable entraîne la formation d'excimère, états moléculaires excités du xénon notés  $Xe_2^*(^3\Sigma_u^+)$  qui se désexcitent en émettent principalement des photons de 173 nm et dans une moindre proportion à 150 nm sont produit directement ou indirectement par le niveau résonant :  $Xe_2^*(^1\Sigma_u^+)$  et  $Xe_2^*(O^+ u)$ . Le Tableau. 2.2 .donne les différentes notations des premiers états excités du xénon.

<i>Etat</i>	<i>configuration</i>	<i>L-S</i>	<i>Racah</i>	<i>Pashen</i>	<i>J</i>	<i>énergie (cm<sup>-1</sup>)</i>
Fundamental	4P <sup>6</sup>	<sup>1</sup> S <sub>0</sub>	4P <sup>6</sup> 1S	<sup>1</sup> P <sub>0</sub>	0	0
1 <sup>er</sup> métastable	5P <sup>5</sup> ( <sup>2</sup> P <sub>3/2</sub> <sup>0</sup> ) 6S	<sup>3</sup> P <sub>2</sub>	6S [3/2] <sub>2</sub> <sup>0</sup>	1S <sub>5</sub>	2	67067,547
1 <sup>er</sup> résonant	5P <sup>5</sup> ( <sup>2</sup> P <sub>3/2</sub> <sup>0</sup> ) 6S	<sup>3</sup> P <sub>1</sub>	6S [3/2] <sub>1</sub> <sup>0</sup>	1S <sub>4</sub>	1	68045,156
2 <sup>e</sup> métastable	5P <sup>5</sup> ( <sup>2</sup> P <sub>1/2</sub> <sup>0</sup> ) 6S	<sup>3</sup> P <sub>0</sub>	6S' [3/2] <sub>0</sub> <sup>0</sup>	1S <sub>3</sub>	0	76196,767
2 <sup>e</sup> résonant	5P <sup>5</sup> ( <sup>2</sup> P <sub>1/2</sub> <sup>0</sup> ) 6S	<sup>1</sup> P <sub>1</sub>	6S' [3/2] <sub>1</sub> <sup>0</sup>	1S <sub>2</sub>	1	77185,040
Limite d'ionisation	Xe II ( <sup>2</sup> P <sub>3/2</sub> <sup>0</sup> )	<sup>2</sup> P <sub>3/2</sub>			3/2	97833,787

**Tableau.2.2.**Niveaux d'énergie des premiers états excités du xénon.[37]

Pour obtenir chacun de ces états, il est nécessaire de fournir une énergie suffisante, appelée seuil d'énergie. De même pour les autres réactions. Nous allons voir dans le prochain paragraphe le seuil d'énergie des principales réactions ; ionisation et excitation.

### 2.6.3. L'énergie d'ionisation :

Elle advient quand l'énergie absorbée par un atome lors du choc inélastiques est suffisante pour qu'un de ses électrons soit soustrait à l'attraction du noyau formant ainsi un ion positif. L'électron ainsi libre peut alors s'apparier à un autre atome pour former un ion négatif (attachement) ou s'éloigner à l'infini. Elle exprime en eV ou en Joule.

Les électrons perdent une énergie égale à l'énergie seuil d'ionisation et l'énergie restante sera alors calculée avec la relation suivante :

$$E_{res} = E_{init} - E_{seuil} \quad (2.2)$$

$E_{init}$  Etant l'énergie initiale de l'électron et  $E_{seuil}$  l'énergie seuil d'ionisation.

Le Tableau .2.3.résumé l'énergie seuil des atomes de xénon et du néon.

Le gaz rare	L'énergie d'ionisation (eV)
Ne	21.6
Xe	12.0

**Tableau. 2.3.** Energie seuil d'ionisation pour le xénon et le néon.

### 2.6.4. L'énergie d'excitation :

L'excitation se produit lorsqu'un atome a acquis suffisamment d'énergie pour qu'un de ses électrons passe à un orbital supérieur. L'atome passe alors de son état fondamental à un état excité. Le tableau résumé l'énergie seuil du xénon et du néon.

Gaz et état excité	Energie du seuil (eV)
Ne :Ne -> Ne (3P2)	16.62
Ne :Ne -> Ne (3P1)	16.67
Ne :Ne -> Ne (1P1)	16.84
Ne :Ne -> Ne (P2)	18.72
Ne :Ne -> Ne (2S +3D)	20.00
Ne :Ne -> Ne (3P)	20.65
Xe ->Xe (1s5)	8.310
Xe ->Xe (1s4)	8.440
Xe ->Xe (1s3 -1s2 -2p)	9.690
Xe ->Xe (2s -3d)	10.00
Xe ->Xe (2p-)	12.12
Xe ->Xe (11.7eV)	11.70

**Tableau.2.4.** Energie seuil d'excitation pour le xénon et le néon.

### 2.7. Les modèles physiques pour une lampe à excimère :

Le modèle électrique d'une décharge à plasma consiste à décrire le couplage entre les phénomènes de transport des particules chargées et le champ électrique ainsi que l'interaction entre particules chargées et électrons .Il existe plusieurs modèles peuvent être utilisé pour comprendre cet décrire les lampes à excimères, comme le modèle fluide [38,39], le modèle particulaire [40], le modèle hybride.[41,42], le modèle cinétique

**Le modèle fluide** : le transport de particules chargées est décrit à l'aide des valeurs moyennes pour certains paramètres de plasma comme la densité ,la vitesse moyenne ,l'énergie moyenne ,etc .Dans ce cas l'équation de Boltzmann est remplacée par ses moments

qui correspondent à une série d'équations hydrodynamiques. Cela nécessite des hypothèses pour limiter le nombre d'équations et fermer le système d'équations obtenues [43,44]. Une description détaillée est donnée par C.Punset. [45].

**Le modèle particulaire (PIC) :** consiste à faire évoluer les particules sous l'action des champs électrique ou magnétiques [46]. Elle détermine les valeurs des champs et en absence de collisions, elle détermine leurs trajectoires ; En absence de collisions, il faut compléter la méthode PIC avec la méthode MC, basé sur la probabilités. Les collisions sont initiées en tirant aléatoirement des nombres compris entre 0 et 1 [47]. La méthode PIC-MCC permet d'établir un bilan statistique des particules et d'obtenir les grandeurs macroscopiques caractérisant le système étudié. Ce type de modèles est précis, mais aussi le plus coûteux en temps de calcul. [48]

**Le modèle hybride :** Ce modèle représente les propriétés de transport des électrons rapides non pas de façon fluide mais microscopiques, tout en gardant une représentation fluide du corps de la distribution. Ce type de modèle est qualifié d'hybride puisqu'il est de type fluide pour les électrons froids du plasma et un microscopique pour les électrons rapides. Les électrons rapides sont traités par, exemple par, une méthode de Monte Carlo.

**Le modèle cinétique :** Dans le modèle cinétique zéro-dimensionnel, la décharge est simplement représentée par une résistance dont la valeur, variable dans le temps est inversement proportionnelle à la densité du plasma supposé être uniforme spatialement. Ce modèle est utilisé pour étudier le comportement de la colonne positive [15].

Dans ce travail, nous utilisons un modèle particulaire ou microscopique (PIC) unidimensionnel avec les collisions de Monte Carlo [49,50,51,52,53,54]. Le principe de ce modèle sera décrit dans le prochain paragraphe.

## **2.8 . Modèle particulaire-Monte Carlo (PIC- MCC) :**

### **2.8.1. Principe du modèle :**

La simulation PIC profite du comportement collectif des particules chargées dans les plasmas pour modéliser la cinétique de diverses espèces en simulant un nombre réduit de particules (dites super-particules ou macro-particules) ; typiquement une super-particule par  $10^{5-7}$  particules réelles dans une simulation à une dimension .

Le modèle physique consiste en le suivi de la trajectoire des particules d'une part et en les collisions qu'elles font lors de leur mouvement d'autre part. Dans la première partie, les super-particules sont suivies en résolvant les équations fondamentales (équation de Newton-Lorentz pour le mouvement des particules chargées couplé avec les équations de Maxwell pour le calcul auto-cohérent des champs électriques et magnétiques) sans faire aucune hypothèse sur leur distribution de vitesse.

Les deux premiers ordres des équations différentielles sont comme suit :

$$m \frac{dV}{dt} = F = qE \quad (2.3)$$

$$\frac{dX}{dt} = V \quad (2.4)$$

Où  $m$  est la masse de la particule,  $V$  sa vitesse,  $X$  sa position,  $F$  la force appliquée,  $q$  la charge électrique et  $E$  le champ électrique.

Le calcul du champ électrique nécessite la connaissance des densités de charges attribuées à chaque nœud de la grille. Il est donc obtenu à partir de l'équation de Poisson :

$$\nabla \cdot \Phi = -\frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2.5)$$

**ou**

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (2.6)$$

où  $\Phi$  est le potentiel appliquée au système,  $\rho$  est la densité de charge et  $\epsilon_0$  est la permittivité du vide.

La deuxième partie sert à regarder les collisions que font ces particules avec les neutres. Indépendamment de leur taille finie, les particules numériques utilisées dans ce modèle diffèrent des particules réelles parce qu'elles sont autorisées à se croiser les uns les autres dans leur mouvement, et l'effet de collisions est pris en compte par un algorithme de Monte Carlo. Les collisions peuvent être simulées en utilisant les sections efficaces ; Nous allons donner dans le paragraphe suivant celles des particules chargées avec les atomes de xénon et de néon utilisées comme mélange gazeux dans l'espace inter-électrodes.

La cinétique de chaque espèce est simulée avec très peu d'approximations. En règle générale, les électrons et les ions sont simulés et les neutres sont supposés être uniformément répartis dans l'espace. Les conditions aux limites imposées par des circuits externes peuvent être considérées en résolvant les équations de circuit de Kirchhoff simultanément avec les équations de Maxwell. [55,56]

### 2.8.2. Tensions dans la DBD :

Dans ce modèle, la capacité équivalente formée par les deux couches diélectriques  $C_d$ , est en série avec la capacité due à l'espace gazeux  $C_g$ . Sur la figure. 2.9. sont présentées les tensions entrant en jeu dans la cellule,  $V_d$  est la tension équivalente aux bornes des diélectriques,  $V_A$  est la tension appliquée et  $V_g$  est la tension aux bornes du gaz tel que :

$$V_A = V_d + V_g \quad (2.7)$$

A l'état initial, Si on écrit la conservation de la charge électrostatique aux bornes des diélectriques en fonction de la tension  $V_d$  et de la tension  $V_A$  quand la cellule est dans son état éteint (pas de charges stockées sur les surfaces diélectriques par une impulsion intérieure), on obtient :

$$V_d = -\frac{C_g}{C_g + C_d} V_A \quad (2.8)$$

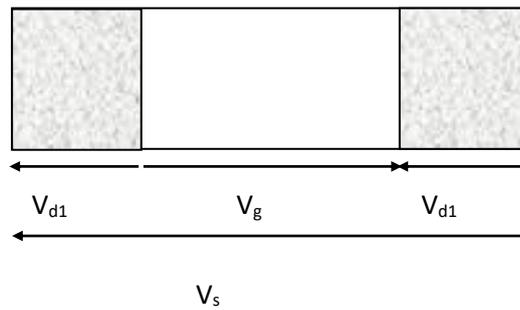
Il en est de même pour  $V_g$  :

$$V_g = \frac{C_d}{C_g + C_d} V_A \quad (2.9)$$

Si on pose  $k = \frac{C_d}{C_g + C_d}$

On obtient :

$$\begin{aligned} V_d &= -(1-k)V_A \\ V_g &= kV_A \end{aligned} \quad (2.10)$$



**Figure. 2.8.** Représentation des tensions aux bornes d'une lampe à excimère.  $V_{d1}$  et  $V_{d2}$  sont les tensions aux bornes des diélectriques.  $V_d = V_{d1} + V_{d2}$ .

### 2.8.3. Les sections efficaces :

C'est la probabilité qu'une « réaction se produise ». Elle présente le rapport entre le taux d'interaction et le flux incident, qu'on appelle section efficace. La précision des résultats du modèle Monte Carlo dépend de la validité des sections efficaces, que ce soit pour les électrons que pour les ions. Le choix des sections efficaces est donc, un des points clés de la modélisation particulière. Nous allons présenter dans cette partie le jeu de sections efficaces pour ces particules chargées dans les gaz rares ; le xénon et le néon et cela en se basant sur le travail de W.Bensâali [57,40].

#### a) Sections efficaces des électrons :

Comme cela a été mentionné précédemment, les collisions prises en compte sont des collisions électron-atome [57]. Ces sections sont les mêmes que celles utilisées par Bolsig+ [58]. Ce logiciel développé par G.Hagelaar et al est basé sur la résolution de l'équation de Boltzmann [59]. C'est un outil très efficace pour calculer les paramètres de transport de différents plasmas.

#### b) Sections efficaces des ions :

Les collisions prises en compte sont des collisions ions-atome sont issus des formules analytiques des sections efficaces L.Pitchford et D.Piscitelli de l'équipe de décharge hors équilibre de LAPLACE en collaboration avec A.V. Phelps pour ce mélange de gaz rares [60] et ont été utilisées par W.Benstaali [40,60].

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

---

### 3.1. Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons décrit les lampes à excimère, leur principe de fonctionnement et la physique qui permet la création de la lumière ultraviolette, principale caractéristique de ces lampes. Nous avons également donné un aperçu sur le modèle particulière unidimensionnel (PIC'MCC) utilisé dans ce travail. Dans ce chapitre, nous allons décrire les caractéristiques de la DBD dans les conditions d'une lampe à décharge et voir son effet capacitif. Dans ce chapitre, nous présentons les résultats généraux concernant le comportement électrique du système. La répartition de l'énergie électrique dans le plasma sur les différents processus de collisions durant la décharge est également discutée, et cela pour différentes valeurs de la capacité équivalente des diélectriques en cherchant la capacité optimale pour le mélange xénon50-néon50.

### 3.2. Conditions des calculs :

Les résultats présentés dans ce travail ont été obtenus dans les conditions suivantes que nous définissons comme celles de la cellule d'écran plasma :

- ✓ Mélange gazeux de 50% de xénon dans le néon.
- ✓ Tension appliquée : 4500 V.
- ✓ Pression totale : 400 torr. Espace gazeux :  $d= 4\text{mm}$
- ✓ Coefficients d'émission secondaire de 0.02 et 0.25 pour le xénon et le néon respectivement.
- ✓ Capacité équivalente des diélectriques : 2.6 à 8 p F/m<sup>2</sup>.

### 3.3. Effet capacitif sur les caractéristiques électriques :

#### 3.3.1 Densité de courant :

La Figure. 3.1 représente variation temporelle du courant électrique pour une impulsion de la décharge. Nous remarquons le même comportement de l'impulsion de courant, pour toutes

les valeurs de capacité, mais avec des caractéristiques différentes. En fait, lorsque, nous appliquons une différence de potentiel, tension, entre les électrodes, les électrons mettent un certain temps dans les collisions avant que le gaz devienne conducteur, ce qui correspond au claquage de gaz. Ce temps est appelé temps de retard. Une fois le plasma formé, le courant augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale, appelée pic de courant. La forme de l'impulsion de courant peut être large ou étroite ; on parle alors de la durée de l'impulsion. Ce sont ces caractéristiques qui varient avec capacité des diélectriques.

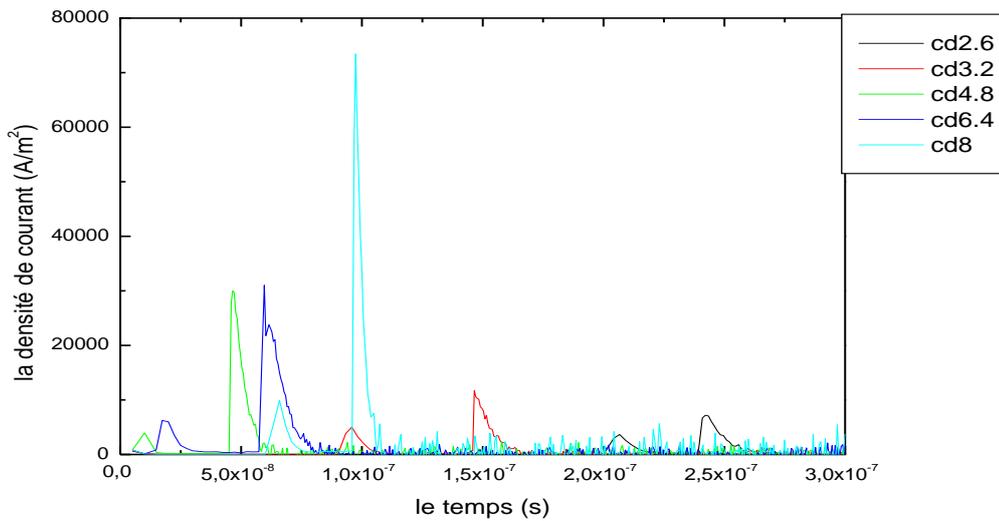
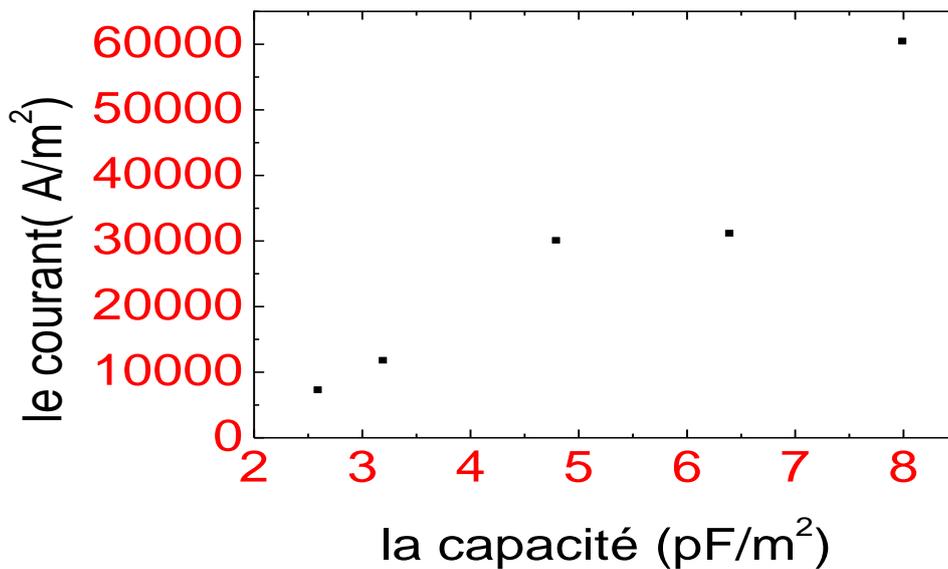
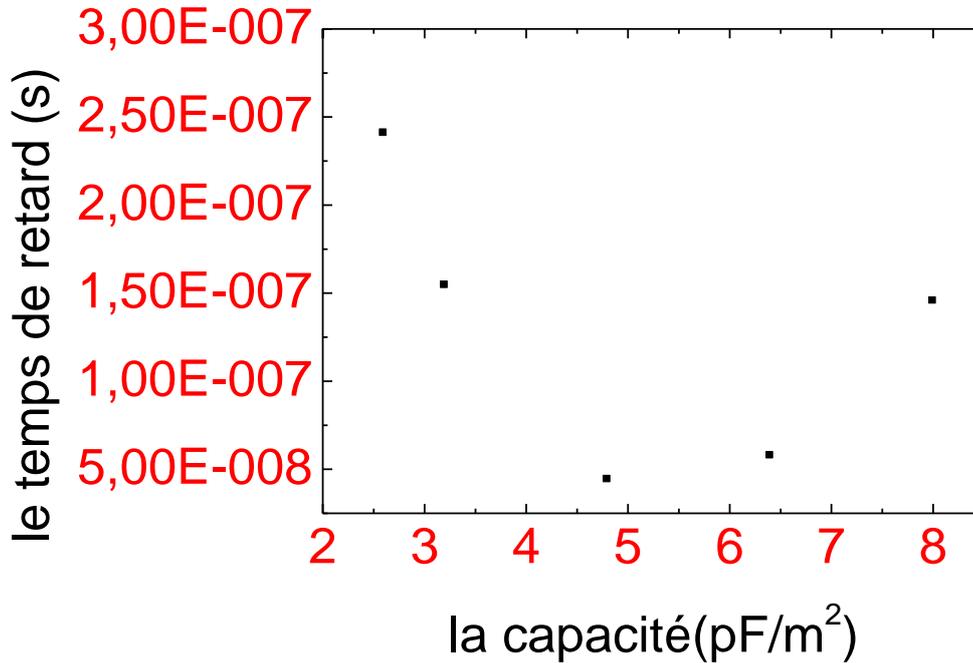


Figure .3.1. Variation temporelle de densité de courant.



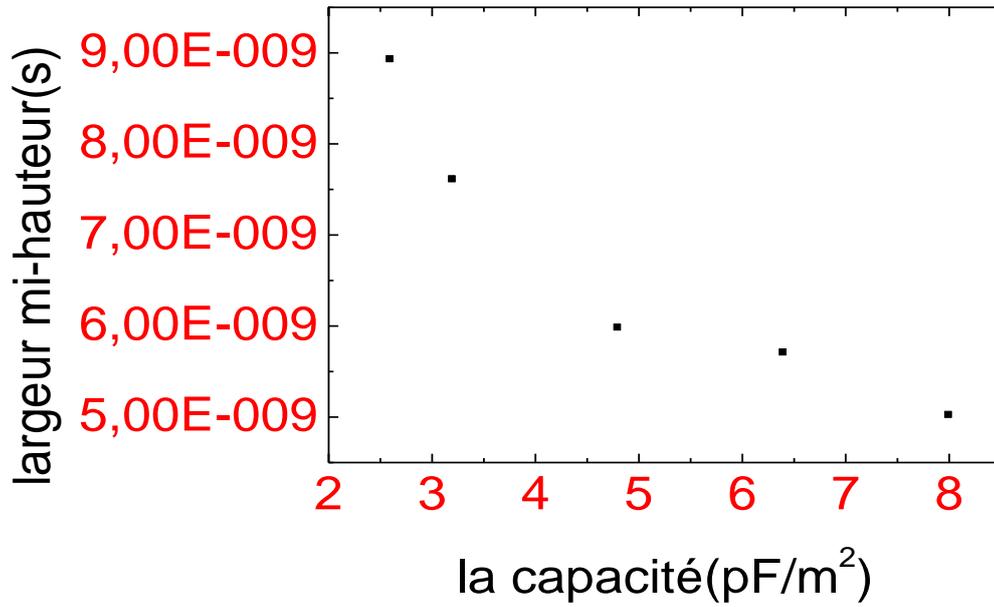
**Figure .3.2.** Variation du maximum de courant en fonction de la capacité ,1<sup>ère</sup> impulsion



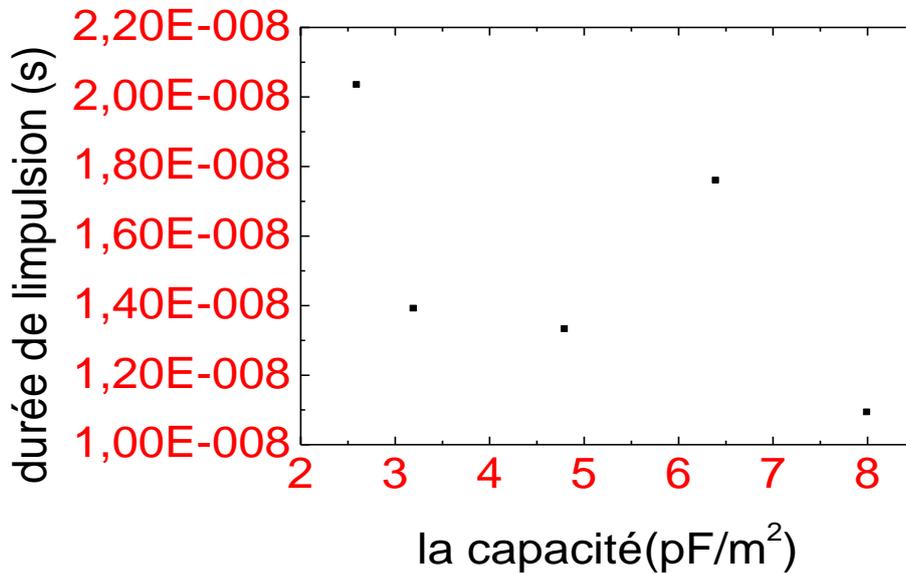
**Figure. 3.3.** Variation du temps de retard en fonction de la capacité, 1<sup>ère</sup> impulsion

Il est à noter que, pour les conditions prises, la décharge n'est pas homogène. Il en résulte deux impulsions de courant. Il est également observé qu'il y'a deux intervalles pour les valeurs de la capacité ; le premier varie de 3.2 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>. Le deuxième varie concerne les capacités de 6.4 et 8 pF/m<sup>2</sup>.

La Figure. 3.2.représente variation des valeurs maximales du courant en fonction de capacité des diélectriques. Cette figure montre que le pic de courant augmente d'une valeur de  $0.7 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$  à  $6 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$  pour des valeurs de capacités allant de 2.6 à 8 pF/m<sup>2</sup>. La Figure 3.3. représente la variation de temps de retard (temps avant le claquage) en fonction de la capacité des diélectriques. Le temps de retard est défini comme le temps nécessaire au courant pour atteindre 10% de sa valeur maximale. Cet intervalle de temps correspond au temps nécessaire à la formation du plasma. Nous remarquons une diminution des valeurs de temps de retard qui vont de  $2.40 \cdot 10^{-7}$  à  $4.4 \cdot 10^{-8}$  S pour des capacités entre 2.6 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>.



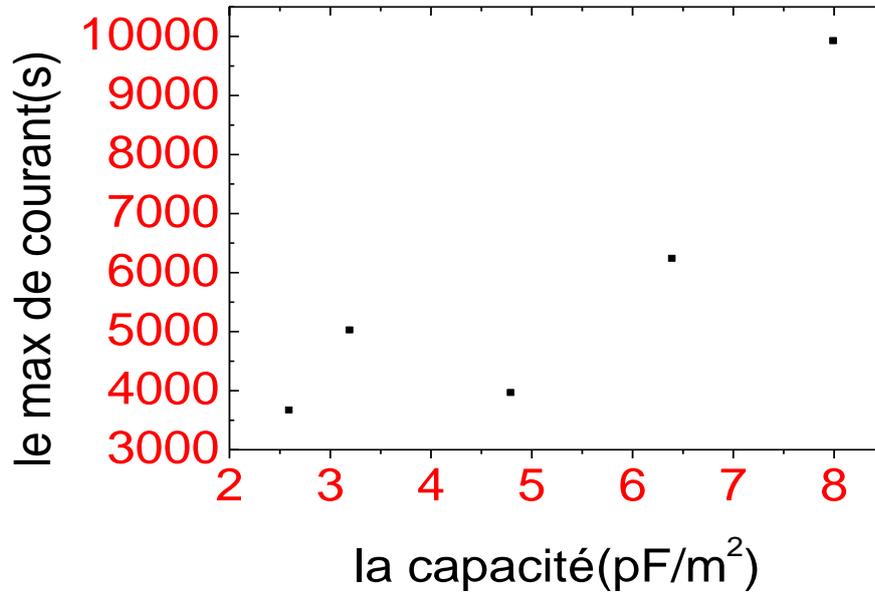
**Figure . 3.4.** Variation de  $\Delta T_{mi-hauteur}$  en fonction de la capacité.



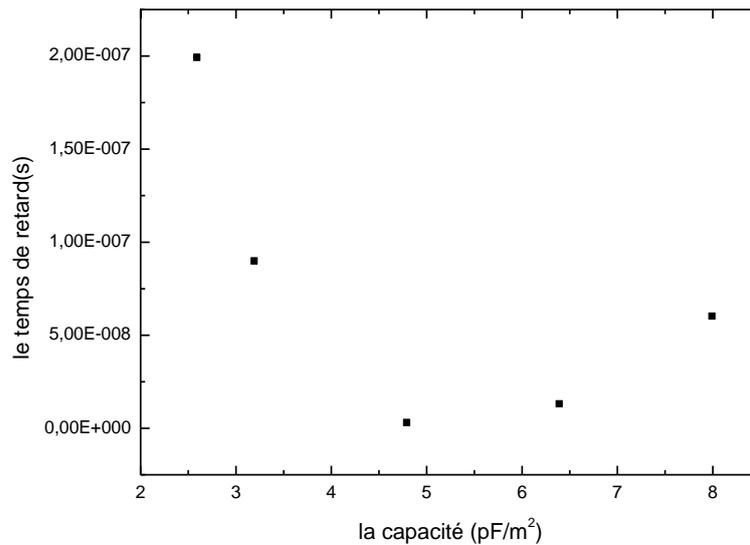
**Figure. 3.5.** Variation de la durée de l'impulsion à 10% du pic en fonction de capacité.

L'impulsion de courant dure moins longtemps lorsque la capacité augmente, ceci se manifeste par la diminution de largeur à demi-hauteur d'une valeur de 8.92 ns à 5 ns (soit une diminution de 3.9 ns) pour des valeurs de capacité allant de 2.6 à 8 pF/m<sup>2</sup> Figure .3.4.

Nous avons également calculé la durée de l'impulsion à 10% du pic de courant. Nous remarquons, sur la Figure .3.5.une diminution d'une valeur 20.3 n s à 13.3 ns (soit une diminution de 7 ns) lorsque la capacité augmente de 2.6 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>. Même remarque que 1<sup>ère</sup> impulsion , Figure .3.6. et Figure. 3.7.



**Figure.3.6.** Variation du maximum de courant en fonction de la capacité, 2<sup>ème</sup> impulsion.



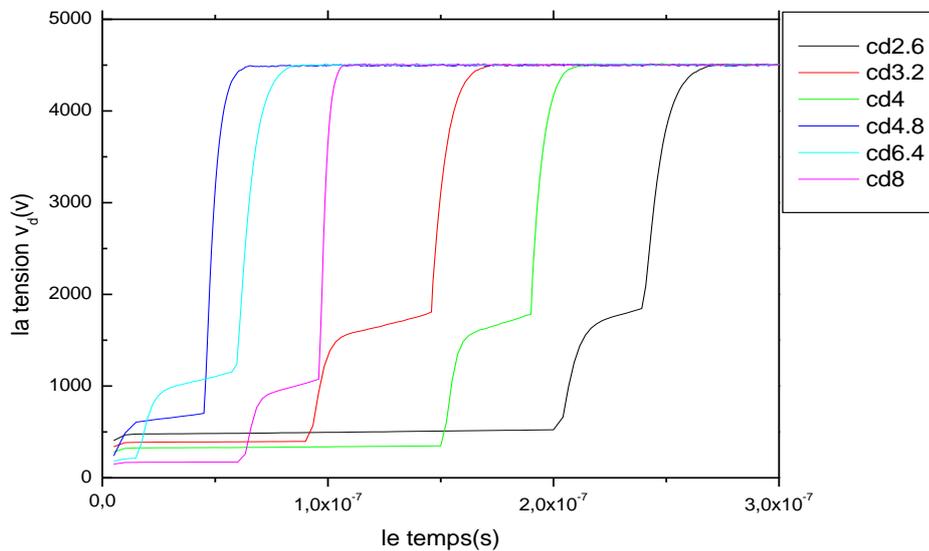
**Figure3.7.** Variation du temps de retard en fonction de la capacité, 2<sup>ème</sup> impulsion.

Nous avons constaté que ces variations ne s'appliquent pas pour les capacités supérieures à 4.8 pF/m<sup>2</sup>, avec une augmentation du temps de retard et une augmentation de la durée de l'impulsion.

### 3.3.2. Les tensions et les charges :

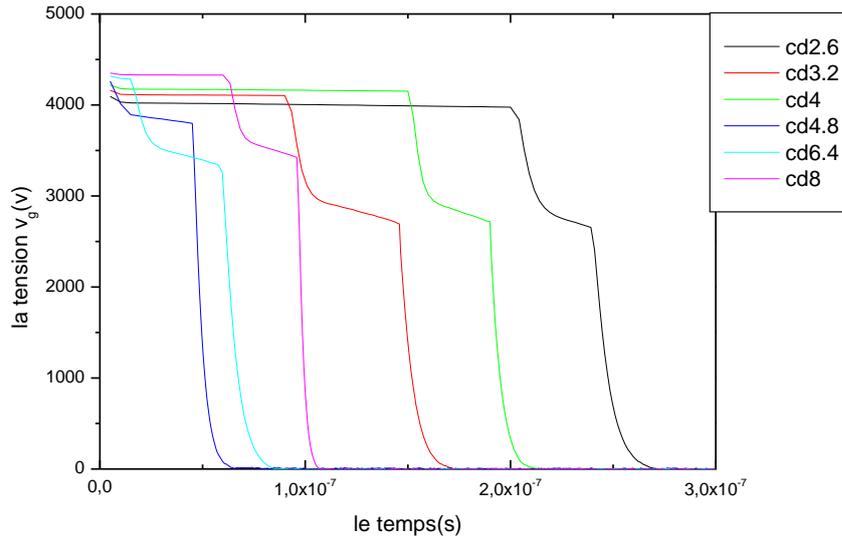
La Figure. 3.8. représente variation temporelle de tension sur les diélectriques ( $V_d$ ), et la Figure .3.9. représente variation temporelle de tension dans l'espace inter-électrodes, le gap ( $V_g$ ), et cela pour différentes valeurs de capacité des diélectriques. Nous remarquons le même comportement pour toutes les valeurs de la capacité ; lorsque on applique une tension aux bornes des électrodes égale à 4.5 KV, la tension aux bornes des diélectrique augmente rapidement à cause de la migration des charges vers les diélectriques, créant ainsi un champ opposé au champ appliqué, ceci est dû au temps nécessaire de claquage et aux charges stockées sur les diélectrique. La tension du gap diminue rapidement jusqu'à à une valeur quasi -nulle, ceci est dû à la capacité. Notons bien que la variation de ces deux tensions suit la relation entre elles où la somme des deux est toujours égale à la tension appliquée tel que

$$V_g + V_d = V_{app} \text{ à chaque instant (voir équation 2.7)}$$

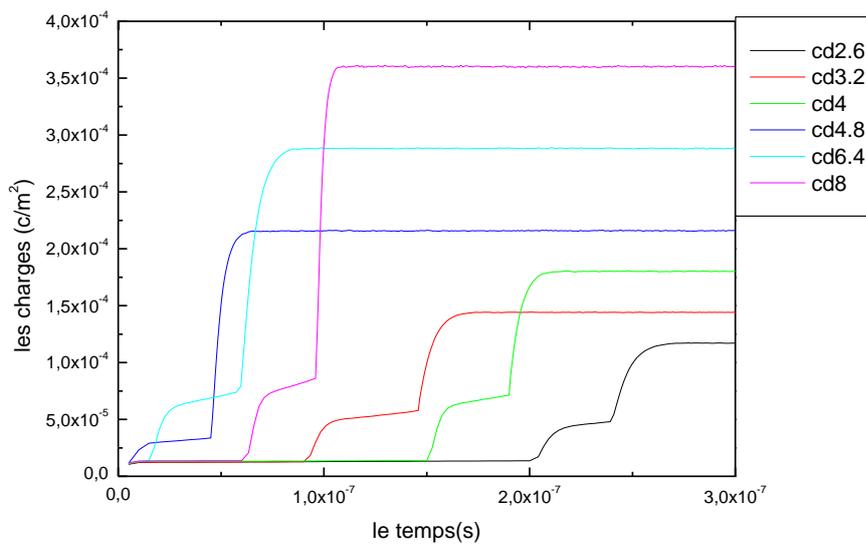


**Figure .3.8.** Variation temporelle de la tension sur les diélectriques pour différentes valeurs de la capacité.

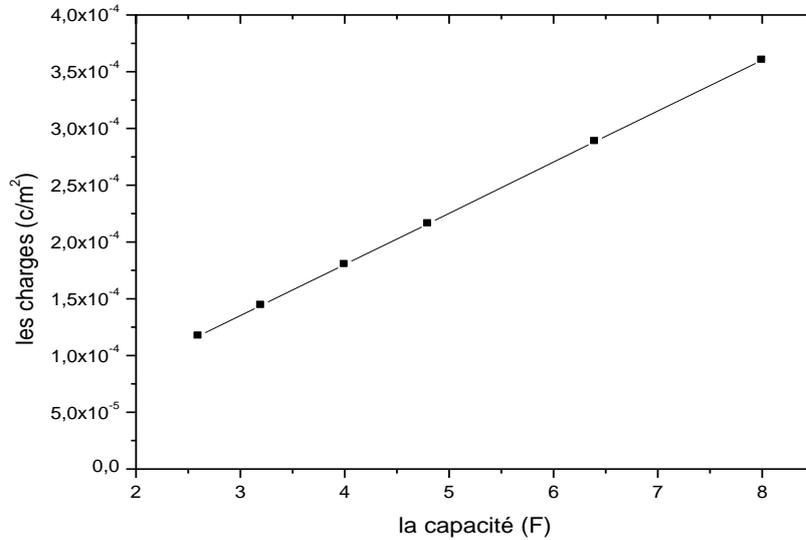
Nous remarquons aussi qu'à l'instant  $t=0s$ , la tension sur les diélectriques n'est pas égale à 0V à cause de l'influence électrostatique (voir *équation 2.10*). De même la tension du gap n'est pas égale à la tension appliquée. Cette variation se voit en la variation temporelle des charges, Figure .3.10. ; Au fur et à mesure que les charges se déplacent, une partie est stockée sur les diélectriques, en créant un champ opposé à celui appliqué.



**Figure .3.9.** Variation temporelle de la tension dans le gaz, gap pour différentes valeurs de la capacité



**Figure 3.10.** Variation temporelle de charges diélectriques pour différentes valeurs de la capacité



**Figure 3.11.** Variation des charges stockées sur les diélectriques dans la poste-décharge en fonction de la capacité

La Figure 3.11. représente variation des charges sur les diélectriques en fonction de capacité et cela à un instant donné, dans la phase post-décharge. Nous remarquons une augmentation d'une valeur  $1,17 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2$  à  $3,6 \cdot 10^{-4}$  pour les capacités entre 2.6 à 8pF/m<sup>2</sup>.

### 3.4. Bilan énergétique :

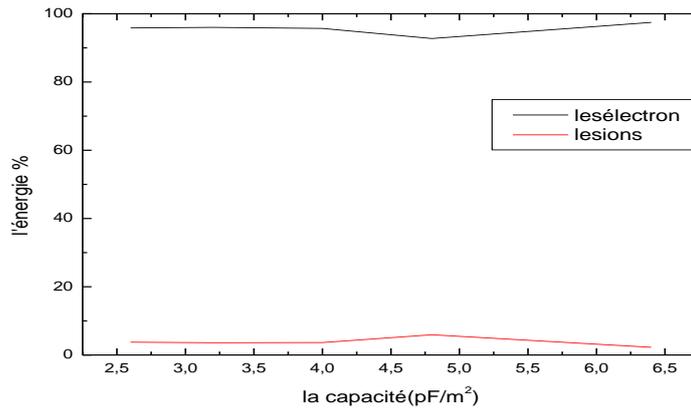
Nous avons vu, dans les chapitres précédents, que le rôle des lampes à excimères est de produire de la lumière, sous forme de photons ultraviolets. L'émission de ces rayons provient des états excités à des niveaux supérieurs qui retournent à leur état fondamental. Une meilleure lampe veut dire une meilleure production d'UV pour une consommation d'énergie plus aux moins faible. Dans cette partie de notre travail, nous allons regarder comment est utilisée l'énergie fournie dans la décharge. Dans le modèle utilisé, sont présent en considération les collisions des particules chargées; électrons et ions. Les collisions des électrons sont les collisions élastiques, l'ionisation et l'excitation. Les collisions des ions sont les collisions élastiques et frontales. [61]

Nous nous intéressons dans cette partie à voir l'effet de la capacité des diélectriques sur le dépôt d'énergie par les ions et les électrons, responsable de l'émission UV. Pour cela, nous

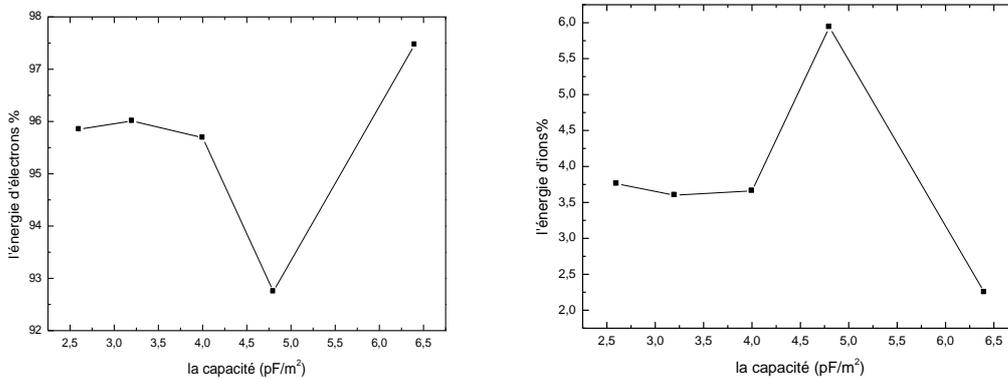
avons calculé le rapport de l'énergie déposée dans chaque collision sur l'énergie totale utilisée dans la décharge tel que :

$$W = \frac{\text{energie des collision}}{\text{energie total}} \quad (3.1)$$

Il est à note que, comme pour les caractéristiques électriques, le bilan énergétique change de comportement à une valeur de 6.4 pF/m<sup>2</sup>.



**Figure. 3.12.** Variation des énergies utilisées par les électrons et les ions en fonction de la capacité



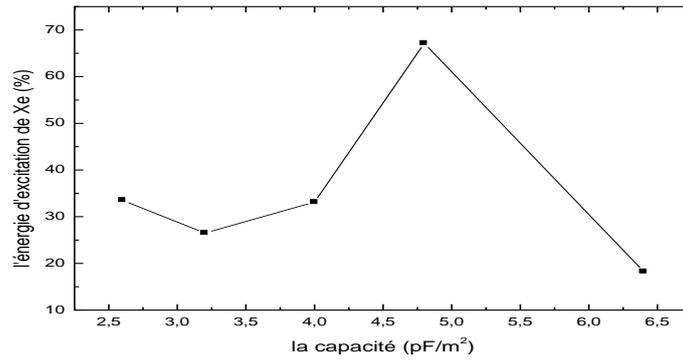
**Figure .3.13.** Variation des énergies utilisées par, a) électrons b) ions en fonction de la capacité.

La Figure 3.12. représente variation énergie des électrons et des ions en fonction de capacité. Nous remarquons que l'énergie utilisée par les électrons est nettement supérieure à celle utilisée par les ions, elle est presque constante. Néanmoins, si nous observons de près chacune de ces énergies, nous remarquons une légère variation comme le montre la figure

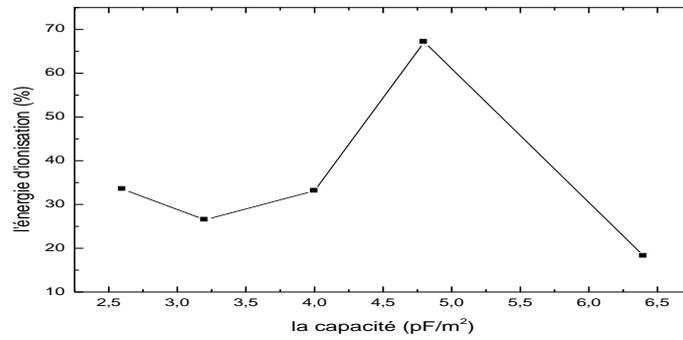
3.13. La Figure 3.13 .a) représente la variation d'énergie déposée par les électrons en fonction de la capacité ; Nous remarquons que cette énergie varie légèrement d'une valeur de 95.85% à 92.75 % pour les capacités entre 2.6 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>, et une augmentation pour atteindre une valeur de 97.26 % pour une capacité égale à 8 pF/m<sup>2</sup>. La perte d'énergie par les électrons était en faveur des ions. La Figure 3.13.b représente la variation d'énergie ions en fonction de la capacité, nous remarquons un comportement inverse à celui des électrons ; une augmentation d'une valeur 3.76 % à 5.7 % pour les capacités 2.6 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>, puis une chute à 1.96% pour la capacité de 8 pF/m<sup>2</sup>. Bien que l'énergie des électrons diminue dans l'intervalle 2.6 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>, l'énergie perdue dans l'excitation du xénon augmente pour atteindre une valeur de 67% à 4.8 pF/m<sup>2</sup>. Cependant, La part de l'énergie déposée dans l'excitation du xénon devient faible à 6.4 pF/m<sup>2</sup> (18%) (Voir Figure 3.14). Les électrons ont assez d'énergie pour exciter les atomes de xénon

La Figure 3.15. représente les variations de l'influence de la capacité sur le dépôt d'énergie dans les différents processus de collision. Le comportement est le même que celui de l'énergie déposée dans l'excitation du xénon. La figure 3.15. représente la variation d'énergie utilisée dans l'ionisation de Xe en fonction de la capacité ; nous remarquons une augmentation de l'énergie d'une valeur de 6 % à 16% pour une capacité allant de 2.6 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>. Ceci est dû à la grande mobilité des électrons et donc à l'avalanche électrique dans les collisions. Puis il y a une chute rapide pour atteindre la valeur de 4 % pour la capacité de 6.4 pF/m<sup>2</sup>. La Figure 3.16. représente la variation des énergies déposées dans l'excitation et l'ionisation du néon en fonction de la capacité. Nous remarquons le même comportement, et ça commence à la même valeur énergétique 0.18 %, il y'a une augmentation entre les capacités 2.6 à 4.8pF/m<sup>2</sup>. Nous remarquons que les collisions avec les atomes de xénon est dominante. Le xénon est le gaz principal dans la lampe à plasma, le néon est utilisé comme gaz parent afin de réduire la tension. Nous remarquons sur la Figure 3.17. que les électrons font de plus en plus de collisions élastiques lorsque la capacité des diélectriques augmente.

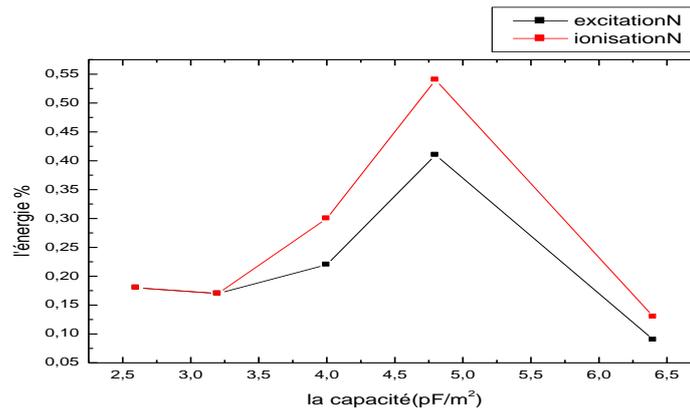
La Figure 3.18. représente la variation d'énergie sur les parois en fonction de la capacité. Nous remarquons la diminution d'une valeur 60.54 % à 1.99 % pour une variation de la capacité entre 2.6 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>. Cette énergie redevient importante, 73.40%, pour une capacité égale à 6.4 pF/m<sup>2</sup>. Il est à noter que la perte des électrons sur les parois est très importante (entre 60 et 70%) sauf dans le cas 4.8 pF/m<sup>2</sup>, où elle est faible. Ce qui favorise la part de l'énergie déposée dans l'excitation du xénon.



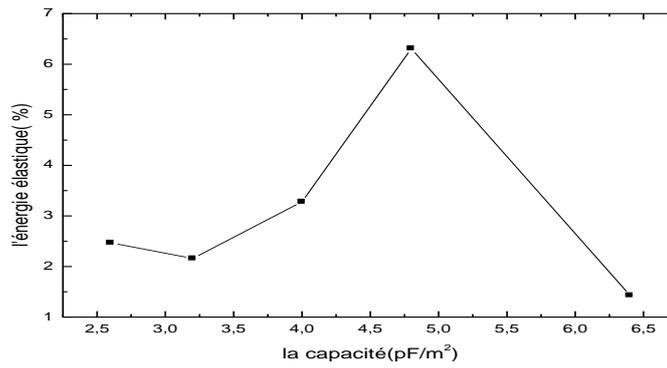
**Figure. 3.14.** Variation de l'énergie dissipée dans l'excitation du Xe en fonction de la capacité.



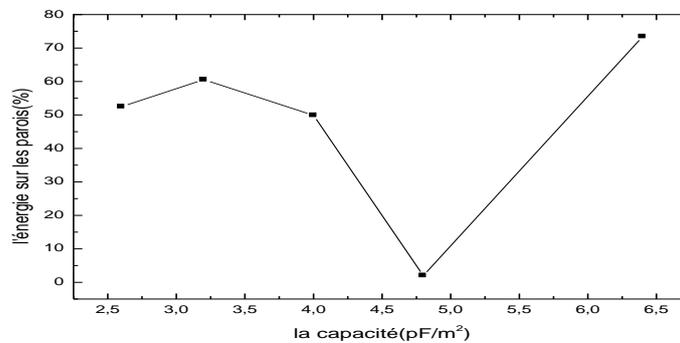
**Figure. 3.15.** Variation de l'énergie dissipée dans l'ionisation du Xe en fonction de la capacité.



**Figure 3.16.** Variation de l'énergie dissipée dans l'excitation et d'ionisation du Ne en fonction de la capacité.



**Figure 3.17 .** Variation de l'énergie dissipée dans les collisions élastiques en fonction de la capacité.



**Figure 3.18.** Variation de l'énergie perdue sur les parois en fonction de la capacité.

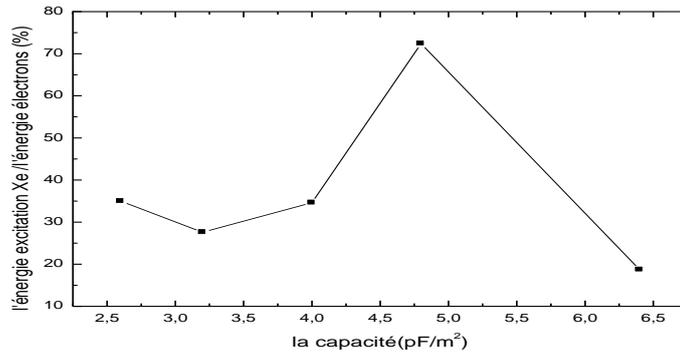
Nous avons remarqué, à travers l'analyse des courbes précédentes, que l'énergie déposée par les électrons dans les collisions était utilisée en grande partie dans l'excitation des atomes de xénon. Toutefois les électrons perdaient une partie de leur énergie inutilement sur les parois des diélectriques. Cette part d'énergie était importante pour certaines conditions de calcul. Nous avons donc calculé la part l'énergie perdue par les électrons dans l'excitation de Xe comme suit:

$$\beta = \frac{\text{energie excitation de Xe}}{\text{energie électrons}} \quad (3.2)$$

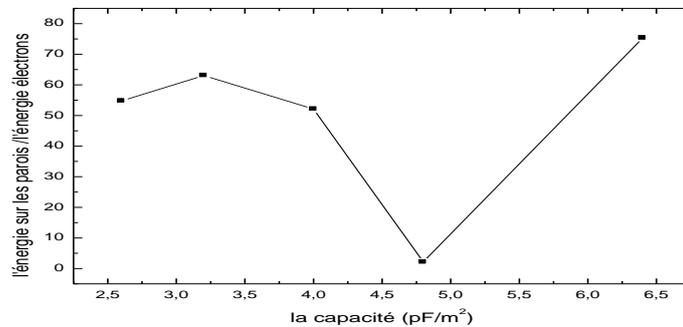
$$\beta' = \frac{\text{energie sur les parois}}{\text{energie électrons}} \quad (3.3)$$

Les Figures 3.19. et 3.20. représentent la part d'énergie dissipée dans l'excitation du xénon et l'énergie perdue sur les parois par rapport l'énergie électrons et cela pour différentes valeurs de capacité. Nous remarquons que, pour une capacité égale 2.6 pF/m², les

électrons perdent plus que 60% de leur énergie sur les parois ; seulement 27% sert à l'excitation du xénon. Toutefois pour la capacité de 4.8 pF/m<sup>2</sup>, la majeure partie de leur énergie est utilisée efficacement dans l'excitation des atomes de xénon ; à savoir 70%. La capacité de 6.4 pF/m<sup>2</sup> implique de nouveau une perte des électrons sur les parois, l'excitation du xénon ne représente que 18.72% de leur dépôt d'énergie.



**Figure 3.19.** Variation d'énergie d'excitation du Xe /énergie utilisées par les électrons en fonction de la capacité

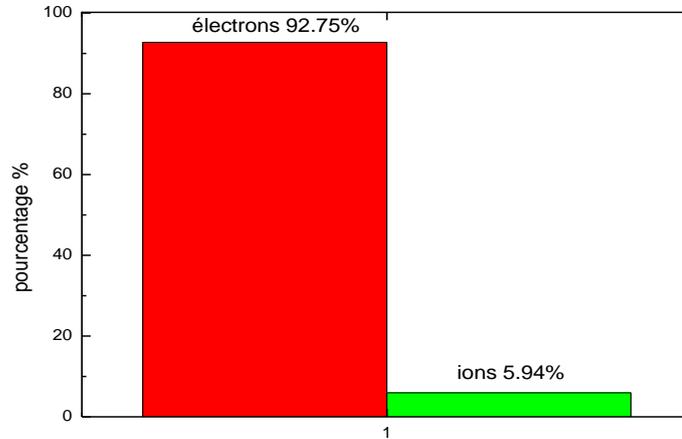


**Figure. 3.20.** Variation de l'énergie perdue sur les parois /énergie d'électrons en fonction de la capacité.

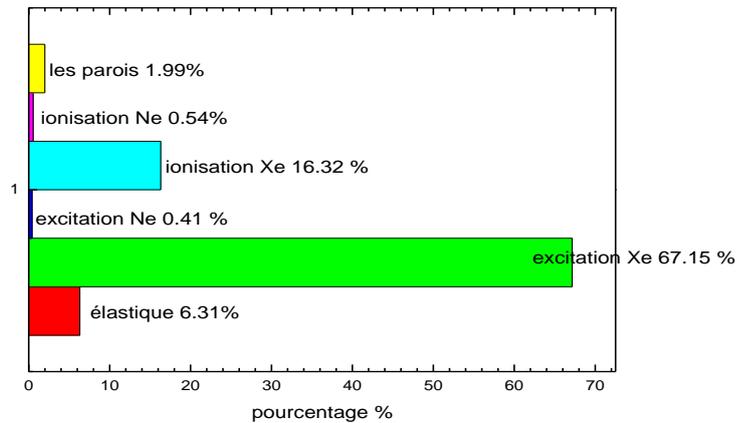
### 3.4.1.Bilan énergétique optimale :

Les résultats obtenus précédemment nous ont permis de voir l'effet de la capacité des diélectriques et chercher une valeur optimale pour les condition de calcul utilisées pour cette

lampe à excimère ; nous avons trouvé qu'une valeur de capacité égale à 4.8 pF/m<sup>2</sup> donnait de bon résultats. Nous avons donc récapitulé le bilan énergétique obtenu avec cette valeur.



**Figure .3.21.** Bilan énergétique I: énergie dissipé par les particules chargées : électrons et ions



**Figure .3.22.** Bilan énergétique II : énergie dissipé par les électrons dans les différents processus collision.

La Figure .3.21.représente énergie déposée par les électrons et les ions pour une capacité égale à 4.8 pF/m<sup>2</sup>. La Figure .3.22. représente énergie déposée par les électrons dans les différentes collisions ; élastiques, ionisation, excitation et celle perdue sur les parois. Nous pouvons voir que l'énergie est perdue en sa majeure partie par les électrons (92%). Cette énergie est utilisée en grande partie dans l'excitation du xénon (67%) et son ionisation (16%). Ce qui nous permet de prévoir une bonne émission de photons UV.

# Conclusion générale

---

Nous avons présenté dans ce manuscrit l'étude d'une décharge à barrières diélectriques pour une lampe à excimère. Les exilampes sont l'une des sources les plus utilisées pour la production de lumière ultraviolette (UV). Elles sont très actives et utilisées dans plusieurs domaines ; domaine biomédical, domaine industriel et domaine de l'environnement à cause de leur excellent rendement lumineux, la possibilité d'obtenir une émission intense dans une bande UV étroite à basse température. Enfin, elles sont non polluantes car il n'y a pas de mercure. Néanmoins leurs performances restent limitées, l'ambition des chercheurs est d'atteindre des lampes avec une efficacité lumineuse élevée. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à voir l'une des voies d'amélioration des lampes. Nous avons utilisé un modèle particulière unidimensionnel afin d'étudier l'effet de la capacité des diélectriques sur les caractéristiques de la décharges dans un mélange de xénon50-néon50.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté une introduction générale sur les lampes à excimères où nous avons présenté le principe de leur fonctionnement basé sur la formation de plasma dû au claquage du gaz. Nous avons ensuite présenté les différents types de lampes à excimères selon la nature de la décharge, le gaz utilisé, la configuration de la lampe et la forme de la tension appliquée. Nous avons terminé le chapitre par la présentation des avantages de ces lampes. Nous avons pu voir le grand champ d'application ce qui motive les chercheurs à améliorer ce dispositif.

Dans le deuxième chapitre, nous avons commencé par la définition du plasma ,quatrième état de matière et les réactions qui s'y produisent, ainsi que des espèces responsables de l'émission UV ; les excimères. Nous avons introduit la notion de claquage dans un gaz soumis à une différence de potentielle ; cette propriété est l'une des bases de fonctionnement des lampes à excimère où le claquage d'un gaz rare(ou un mélange de gaz rare avec un halogène) permet la formation d'un plasma froid. En présentant le principe de fonctionnement d'une lampe avec une décharge à barrière diélectrique (DBD), nous avons pu

voir l'effet capacitif de la DBD et le rôle que jouent les charges stockées sur les diélectriques dans l'extinction de la décharge et son entretien. Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous avons présenté le modèle particulière unidimensionnel que nous avons utilisé pour décrire la décharge à barrières diélectriques ; nous avons donné les paramètres d'entrée utiles au modèle.

Dans le troisième chapitre nous avons présenté les résultats de notre simulation, où nous avons étudié l'effet de la capacité des diélectriques sur certaines caractéristiques électriques et énergétiques de la décharge à barrières diélectrique dans les conditions de fonctionnement d'une lampe à excimère. Nous avons considéré un mélange de 50% de xénon dans le néon. Dans la première partie de cette étude, le modèle numérique nous a permis de décrire la variation temporelle de la densité de courant. Le comportement de la décharge était fidèle à la description d'une décharge à barrière diélectriques ; sous l'influence du champ appliquée, les électrons plus mobile que les ions se déplacent afin de provoquer des collisions et de créer de nouvelles particules. Le mécanisme de reproduction finie est appelé le terme « avalanche électronique », qui à son tour augmente la densité des particules chargée jusqu'au claquage du gaz, créant un plasma. Les charges stockées sur les diélectriques créent un champ électrique opposé à celui appliqué, induisant la diminution de la tension dans l'espace inter-électrodes, gap, jusqu'à son annulation et l'extinction de la décharge. Ces charges accumulées sur les diélectriques seront utiles dans une prochaine impulsion. Lors de leurs déplacement, les charges déposent leurs énergies dans différentes collisions, élastiques, ionisation et excitation, pour les électrodes, et frontales et élastique, pour les ions. L'objectif est d'améliorer la part de l'énergie déposée dans l'excitation du xénon et de trouver les conditions optimales pour ce mélange de gaz. Nous avons donc utilisé plusieurs valeurs de capacité allant de 2.6 à 8 pF/m<sup>2</sup>.

Les résultats de calcul nous ont permis de remarquer que l'augmentation de la capacité des diélectriques impliquait un claquage du gaz, et donc une formation du plasma, plus rapide, une impulsion de courant plus importante et plus courte. Les charges stockées et la tension sur les diélectriques augmentent lorsque leur capacité augmente, puisque les diélectriques se comportent comme des condensateurs.

En regardant le dépôt d'énergie dans la décharge, nous avons constaté qu'elle ne suit pas une loi de variation. Nous avons cherché tout particulièrement à augmenter l'excitation du xénon, car l'efficacité de la décharge pour produire des photons ultraviolets en dépend

puisque le xénon est le gaz responsable de l'émission de rayons ultraviolets. Nous avons remarqué que lorsque la capacité augmentait de 2.6 à 4.8 pF/m<sup>2</sup>, l'énergie utilisée par les électrons est nettement importante, toutefois, les électrons perdent  $\approx 3\%$  de leur énergie, cette perte est en faveur des ions qui utilisent plus d'énergie. En regardant de près, le dépôt des électrons dans les collisions, nous avons observé que les valeurs des énergies avaient une faible variation entre 2.6 à 4 pF/m<sup>2</sup>. Lorsqu'on nous avons augmenté la capacité à 4.8 pF/m<sup>2</sup>, nous avons observé un gain de l'ordre de 30% dans le dépôt d'énergie dans l'excitation de Xe, et 9% dans l'ionisation du Xe. Les énergies déposées dans l'excitation et l'ionisation des atomes de néon sont faibles avec des variations de + 0.2% et +0.3%. La part de ces énergies a doublé pour la capacité de 4.8 pF/m<sup>2</sup>. Nous avons également constaté que les valeurs utilisées de la capacité induisaient une perte des électrons sur les parois importante, de 50 à 70 % de l'énergie total. Seule la capacité de 4.8 pF/m<sup>2</sup> permettant une faible perte d'énergie électrons sur les parois 2%.

Nous pouvons conclure que, dans une lampe DBD remplie de 50% de xénon et 50% de néon à une pression de 400 torr, lorsqu'on applique une tension de 4.5KV entre les électrodes distants de 4mm et recouverts de diélectriques ayant une capacité de 4.8 pF/m<sup>2</sup>. Les électrons beaucoup plus énergétiques utilisent la majeure partie de l'énergie déposée dans la décharge (plus que 90%). Cette énergie est utilisée efficacement dans l'excitation des atomes de xénon (67%).

# Bibliographie

- [1] Rymond Erst Jahonnes Sldek , plasma needle : “nom thermal atmospheric plasma in dentistry”, Thèse de doctorat, Eindhoven university, Netherlands (2006).
- [2] E.A. Sousnin, photo chemistry and photo biology : photo chemistry Reviews, Vol.7, pp.145-163 (2006).
- [3] S .Bendella et A.Belasri: plasma Devices and Operations, Vol .15.NO 2, pp 77-85 (2007).
- [4] R.Kenneth Marcus (Ed.), « spectroscopies à décharge luminescente », Editeurs universitaires kluwer (chimie analytique moderne) (1993).
- [5] A.M .Boichenko , M.V.Erofeev , E.A .Sousnin ,V.F.Tanarenko, « capacitive and barrier discharge excilamps and their applications » ,Lasers physiques ,vol 17, NO-6, pp 768-806 (2007).
- [6]Z.He, M.A ,Prelas , J.Meese et Li-Te Lin, « Microwave excitation and applications of an elliptical excimer lamp », laser and particle Beams, , vol 16 ,No-3, pp509-524 (1998).
- [7] Eliasson, B , Kogelschatz, U, « UV excimer radiation from dielectric –barrier discharges», .Appl.phys.B, 46 :299-303 (1999)
- [8] LE.Thanth. Doanh : “ Etude d’une décharge à barrière diélectrique dans un mélange gaz rare halogène”, Thèse de doctorat, université de Toulouse, (2011).
- [9] B.Gellert ,U.Kogelschatz, « Generation of excimer emission in dielectric barrier discharges », Appl ,Phys.B :Lasers Opt.52, pp14-21 (1991).
- [10] A. Benmoussa, “ Etude du chauffage du Gaz dans un Décharge à Barrières Diélectrique pour lampe à excimère ”, Thèse de doctorat, Université des Sciences et de Technologie d’Oran, (2012).
- [11] R.D.Medina :“ Alimentation de puissance d’une lampe exciplexe à décharge à barrière diélectrique, en vue du contrôle du rayonnement ”, Thèse de doctorat, université de Toulouse, (2018)

- [12] M. Laroussi et X.LU: power consideration in the pulsed dielectric barrier Discharge at atmospheric pressure.J.Applied physics, vol 96, NO.5 (2004).
- [13] V.F.Tarasenko, M.I.Lemaev, A.N.Panchenko, EA.Sonsni: High current Electronics institute ,4,Academichesky Ave ,Tomsk ,Russia ,634055.
- [14] J.Y.Zhang, I.W.Boyd, “ Lifetime investigation of excimer UV sources”, Appl.Surface science 168 , pp 296-299 (2000)
- [24] Abidat .R, “ Contribution à l’étude des décharge plasmas à barrière Diélectrique”, Thèse de doctorat, Université de Constantine 1, Algérie ( 2013).
- [25] K.Hassouni ,F.Massines ,J.M.Pouvesle , « plasma froids :génération ,caractérisation et technologies » ,IEd des presses de saint Etienne (2004).
- [26] P.Seimandi, “ Modélisation mathématique et numérique de décharges couronnes pour le contrôle d’écoulements”, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France (2010).
- [27] O.Fali et F.Aidene, “ Influence d’une barrière diélectrique sur la rigidité diélectrique de l’air ”, Mémoire de Master, université de Tizi ouzou, Algérie (-2012).
- [28] A.Labergue : “Etude de décharges électrique dans l’air pour le développement d’actionneurs plasmas –Application au contrôle de décollements d’écoulements ”, Thèse de Doctorat , Université de poitiers, France (2005).
- [29] A. Latrous, “ Modélisation électrique d’une décharge à barrières diélectriques”, mémoire de magister, université d’Oran, Algérie (2014).
- [30] N. Heim, “ phénomène d’auto-organisation dans une décharge à barrières diélectriques ”, Thèse de Doctorat, université de Toulouse , France (2016).
- [31] U. Kogelschatz, “ Physics and application of dielectric –barrier disharges”, ICOPS ,IEEE, Conference Record-Abstracts .27 (2000)
- [32] IARC Monographs on the evaluation of corcinogenic risks to humers n°55- solar and ultraviolet radiation .lyon, CIRC /IARC, p316.( 1992), ISBN13: 978-92-832-1255-3

- [33] B.Eliasson , u.kogelschatz, “Modeling and Applications of silent discharge plasmas”, IEEE. Trans. Plasma.Sci, vol 19, No2, pp309-323 (1991)
- [34] M.G. Yost, “Occupational health effects of non –ionizing radiation”, Occupational Medicine, Vol., N3, pp.543-566 (1992), PMID: 1496434.
- [35] T.Callegari, “ Modélisation et diagnostics de décharges à barrières diélectriques pour écrans à plasma ”, Thèse de doctorat, l’Université Paul Sabatier de Toulouse, France, (2000).
- [36] T.Beaudette, “Caractérisation et optimisation de lampes planes sans mercure : décharges à barrières diélectriques et luminophores ” , Thèse de doctorat , l’Université Toulouse III-Paul Sabatier, (2009).
- [37] S. V. Avtaeva., B.Saghi et B.Rahmani, “One-Dimensional Fluid Model and Characteristics of rhe Dielectric Barrier Discharge in 0.99 %Xe-0.00Cl Mixture”, IEEE Trans on plasma Sci, Vol39, N9, pp.1814-1822 (2011).
- [38] A .Belasri, K.Khodja, S.Bendella, Z.Harrache, “One –dimensional modeling of DBDSs in Ne-Xe mixtures for excimer lamps”, J.Phys. D. Appl. Phys, Vol.43, p445202 (2010)
- [39] W.Benstàali,Z.Harrache, and A.Belasri, “study of a Ne/Xe pulsed planar dielectric barrier discharge charateristics and energy balance :Simulation via 1D PIC/MCC method” Phys. Scr. Vol 85, 065502 (10p) (2012).
- [40] J.Boeuf ,C.Punset ,A.H.Doyeux, “physics and Modeling of plasma Display panels”, Journal de Physique IV Collage, Vol.07(C4) ,pp .C4-3-C4-14 (1997)
- [41] T.J.Sommerer , M.J.Kushner, “Numerical investigation on the Kinetics and chemistry of rf glow discharge plasmas sustained in He ,N2 ,O2 ,He/N2/O2,He/CF4/O2 , and SiH4/NH3 using a Monte Carlo-fluid hybrid model”, J.Appl.phys.Vol.71,p1654 (1992).
- [42]L.Delcroix and A.Bers, « physique des plasmas », Inter Editions et CNRS Editions (1998).
- [43] R.Veeransingman ,R.B.Cambell ,and R.T.Mc Grath, “ Two –Dimensional Simulations of AC plasma Display flow and charge spreading Across Barrier Pixels in AC plasma Displays”, IEEE Tran plasma sci ,241411 (1996).

- [44] C .Punset, “ Modélisation Bidimensionnelle fluide D’un Ecran à plasma ”, ,thèse de Doctorat ,université Paul Sabatier de Toulouse, France (1998).
- [45]C.K.Birdsall, A.B .Langdon, “plasma physics via computer Simulation”, McGraw Hill,NY ,B (1995).
- [46] J .M .Dawson, “particle simulation of plasmas”, Rev .Mod .Phys.Vol.55,p403(1983).
- [47] D.Piscitelli, “ Simulation de la pulvérisation cathodique dans les écrans à plasma ”,Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier de Toulouse, France (2003).
- [48] J.P.Boeuf et E.Marode ,J.Phys.D :Appl.Phys,61,2146 (1982).
- [49] J.P.Boeuf ,L.C.Pitchford ,A.Fiala et P.Belenguer, “ Surface and coatings technology”, Vol.59,pp.32-40(1993)
- [50] ] A.Fiala ,L.C.Pichford et J.P.Boeuf, Phys.Rev.E, Vol.49, N6,pp.5607-5622 (1994).
- [51] A.Fiala, L.C.Pichford et J.P.Boeuf, “Low pressure discharge model in rod-rod geometries” ,Bull .Am.phys.Soc, Vol.38, p2358(1993).
- [52] T.J.Moratz et L.C.Pitchford , J.N.Bardsley, phys, Vol.61, p2146 (1987).
- [53] L.C.Pitchford , Pérés , J.P.Boeuf, proc. Of the XX ICPIG ,pisa, Italy (1991).
- [54] J.P. Verboncoeur, M.V.Alves,V.Vahedi et C.K. Birdsall, “Simultaneous potential and circuit solution for 1d bounded plasma particle simulation codes”, J.Comput .Phy, Vol.104, pp.321-8. (1993)
- [55] J.M. Dawson, “ particle simulation of plasmas”, Rev. Mod. phys, Vol.55, p.403 ( 1983)
- [56] W. Benstaali “Etude d’une Décharge Electrique pour Ecrans à plasma ”, Thèse de doctorat ,Université des Sciences et de Technologie d’Oran (2011).
- [57] BOLSIG+ :[www.bolsig.laplace.univ-tlse.fr](http://www.bolsig.laplace.univ-tlse.fr)
- [58] G.J.M Hagelaar , LC.pitchford, “Solving the Boltzmann equation to obtain electron transport coefficients and rate coefficients for fluid models”, Plasma sources sci .Technol,Vol.14, pp.722-733.( 2005)
- [59] D .Piscitelli ,AV.Phelps, de Urquijo , J.Basurto, L.C.Pitchford, “Ion mobilities in Xe/Ne and other rare-gas mixtures” ,phys.Rev.E, Vol.68, N4, pp.046 4081-046 408-10.( 2003)

[60]W.Benstaali , A.Belasri, “Discharge Efficiency Improvement in PDP cell via a 1-D PIC/MCC Method” ,IEEE.Trans. On plasma Sci ,Vol.30, N6, pp1460-1465( 2011)

[61] W.Benstaali : “Etude d’une décharge Electrique pour Ecrans à plasma” , Thèse de Doctorat, Université des sciences et de technologie d’Oran ,Algérie, 2011