

République Algérienne populaire et démocratique
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Saad Dahlab, Blida1

Faculté des sciences

Département de physique



Spécialité : physique

Option : physique des matériaux

Mémoire : fin d'études en master 2

**Thème : Etude du comportement thermique des diodes
électroluminescentes organiques (OLED)**

Réalisé par : Sabrina Bourghaden

Soutenue le 18/07/2023 devant le Jury :

Mr.N .Belgrone	MCB	Univ .Blida1	Président de Jury
Mme.H.OuldArab	MAA	Univ.Khemis Meliana	Examinatrice
Mme.S.Mehdi	MCB	Univ.Blida1	Promotrice

Année Universitaire : 2022 /2023

ملخص

في هذا العمل، نحن مهتمون بمحاكاة الصمام الثنائي العضوي الباعث للضوء. الهدف من هذه المذكرة هو دراسة الخصائص الكهربائية والبصرية للصمامات العضوية الباعثة للضوء. سمحت لنا المحاكاة العددية لـ OLED باستخراج خصائص كثافة الجهد الحالية JV، جهد الطاقة الخفيف PV. هدفت الدراسة إلى تأثير التباين في درجة الحرارة، كما أن الهدف من دراستنا هو تحسين سمك المكون على أداء الصمام الثنائي؛ وهي: التوزيع المكاني للإكسيتونات من نوع Singlet، ومعدل إعادة تركيب Langevin. تشير النتائج، من خلال دراسة الخصائص الكهربائية والبصرية التي تم الحصول عليها من هذه المحاكاة، إلى أن التوازن الذي يعمل بين آليات الحقن والنقل يضمن الأداء الجيد لهياكل OLED.

الكلمات المفتاحية : جهد العتبة، المواد العضوية، ناقلات الشحنة، منطقة إعادة التركيب، الإضاءة.

Résumé

Dans ce travail, nous intéressons à la simulation d'une diode électroluminescente organique. L'objectif de ce mémoire est d'étudier les propriétés électriques et optiques des diodes électroluminescentes organiques. La simulation numérique de l'OLED nous a permis d'extraire les caractéristiques de densité de courant-tension J-V, La puissance lumineuse-tension P-V. L'étude a visé l'effet de la variation du comportement thermique sur les performances de la diode ; à savoir : distribution spatiale des excitons de type singlet, le taux de recombinaison Langevin. Les résultats, en étudiant les propriétés électriques et optiques obtenue à partir de cette simulation indiquent l'équilibre qui s'opère entre les mécanismes d'injections et de transmission assure de bonnes performances des structures OLED.

Mots clés : Tension de seuil, matériau organique, porteurs de charges, recombinaison Langevin, la luminance.

ABSTRACT

In this work, we are interested in the simulation of an organic light-emitting diode. The objective of this study work to study the electrical and optical properties of organic light-emitting diodes. The numerical simulation of the OLED allowed us to extract the characteristics of current density-voltage J-V, Light power-voltage P-V. The study aimed the effect of the temperature variation; also, the object of our study is the optimization of the thickness of the component on the performances of the diode; namely: spatial distribution of singlet-type excitons, the Langevin recombination rate. The results, by studying the electrical and optical properties obtained from this simulation, indicate the balance that operates between the injection and transmission mechanisms ensures good performance of OLED structures.

Keywords : Turn-on voltage, organic material, charge carriers, Langevin recombination, luminance.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à

A mon cher papa, ma chère maman qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leur grand soutien et leurs encouragements, par leurs dévouements exemplaires, et leurs sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes études.

Je les remercie pour tout ce qu'ils m'ont fait.

A Mon cher mari Bilel, mon compagnon de vie, merci pour ton attention, ton soutien, tes conseils, et tes encouragements.

A mes chères sœurs : Ghina et Sarah

A mes chers frères : Mouhand et Nassim -Abd Rahman

A Mon meilleur petit neveu Rayane

A Mon beau frère Abd-Rezak

A ma chère belle mère Fatiha

A mes chères belles sœurs Imene et Nessrine.

Et à tous mes camarades de spécialité

Sabrina.

REMERCIEMENTS

Je remercie ALLAH le tout-puissant de me donner le courage, la volonte et la patience pour que je puisse atteindre mon but.

Je tiens particulièrement remercier ma promotrice Dr. Mehdi Samira pour avoir accepte ma supervision, et pour son soutien continu à me guider dans le développement de mon travail, pour tout l'aide qu'elle m'a apporte, sa patience et ses précieux conseils, ses encouragements, j'espère que vous trouverez dans cet ouvrage l'expression de ma gratitude et mes sincères remerciements. Je remercie aussi Pr. Aissat Abdelkader pour son soutien et ses conseils.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux membres de jury qui ont accepte de faire partie de mémoire et ont accepte de l'évaluer et à mes enseignants :

Dr Boumediene Abdelkader, Pr Rachid Bellal, Dr madame Souad Ouïr, Dr madame Bouamra Faiza, Pr Mourad Derbel, Pr Rekik Ibrahim, madame Bouchlaghem.

Je remercie aussi le Chef d'option Dr Boutahraoui Belkassem, et le chef de département Dr Mouzali Aziz.

TABLES DES MATIERES

RESUME

DEDICACES

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE.....1

1. CHAPITRE I

GENERALITE SUR LES SEMI –CONDUCTEURS ORGANIQUES.....3

1.1. Introduction.....3

1.2. Les semi-conducteurs organiques3

1.3. L'atome de carbone et la liaison π 3

1.4. Les niveaux d'énergies HOMO /LUMO dans une OLED.....6

1.5. Les polarons et les excitons.....7

1.6. Les familles des molécules conjuguées8

1.7. La notion de semi-conducteur de type P et N9

1.8. Définition de l'électroluminescence9

1.9. Les diodes électroluminescentes organiques (OLED)10

1.10. Molécules utilisées pour les OLEDs.....12

1.11. Conclusion13

2. CHAPITRE II

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES DIODES ELECTROLUMINESCENTES ORGANIQUES (OLEDs).....	14
2.1. Introduction.....	14
2.2. Injection des charges	16
2.3. Transport des charges	17
2.4. Recombinaison.....	18
2.5. Modèle de Langevin.....	18
2.6. Modélisation des caractéristiques électriques et optiques des OLEDs.....	19
2.7. Le rendement des OLEDs.....	20
2.8. Conclusion.....	21

3. CHAPITRE III

RESULTATS DE SIMULATION DES DIODES ELECTROLUMINESCENCES ORGANIQUES.....	22
3.1. Introduction.....	22
3.2. Les différents mécanismes de dégradations des OLEDs.....	22
3.3. Effet de la variation de la température sur les paramètres Optoélectroniques des OLEDs.....	23
3.4. Conclusion.....	29
CONCLUSION GENERALE.....	30
BIBLIOGRAPHIE.....	31

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1.1	La base structurale des matériaux organiques.....	4
Figure 1.2	Représentation des orbitales électroniques d'une molécule d'éthylène.....	5
Figure 1.3	Représentation des niveaux LUMO et HOMO d'une molécule dans l'état fondamental	6
Figure 1.4	Chaîne de poly thiophène neutre (forme aromatique) et structure de bandes associée (a), représentations schématisées d'un polaron (b) et d'un bipolaire(c) ainsi que la structure de bandes qui leur est associée.....	7
Figure 1.5	Exemples de polymères étant utilisés dans les OLEDs.....	8
Figure 1.6	Schéma d'une diode électroluminescente organique.....	10
Figure 1.7	Montre des écrans, (a)OLED arrivait 2023,2024, (b) différentes applications des OLEDs.....	11
Figure 2.1	Structure d'une diode électroluminescente organique.....	15
Figure 2.2	Principe de fonctionnement d'une OLED monocouche.....	16
Figure 2.3	Système bicouche, injection des polarons depuis les électrodes, puis Recombinaison et création d'exciton.....	17
Figure 3.1	Modèle de simulation OLED basée : PEDOT : PSS /Alq ₃	23
Figure 3.2	Caractéristique I-V sous l'effet d'une variation de la température Variant entre 300K-400K.....	25
Figure 3.3	Taux de recombinaison Langevin pour différents températures variant entre 300K-400K.....	26
Figure 3.4	Densité des excitons type singlet de l'OLED pour différents températures variant entre 300K-400K.....	26
Figure 3.5	Puissance de luminance pour différents températures variant entre 300K-400K.....	27
Figure 3.6	Caractéristique L-V pour différentes températures varie entre 300K-400K ..	28
Tableau 3.1	Paramètres de simulation des couches PEDOT : PSS et Alq ₃	24
Tableau 3.2	Comparaison entre les paramètres pour différentes températures.....	27

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATION

AL : Aluminium.

PEDOT : PSS :1) PEDOT : poly (3,4-éthylènedioxythiophène) et2) PSS : poly (styrène sulfonâtes) de sodium.

Alq 3 : Tris (8-hydroxyquinoline) Aluminium.

BC : Bande de conduction.

BV : Bande de conduction.

ETL : Couche de transport d'électrons (Electron Transport Layer).

EML : Couche d'émission (Emissive Layer).

EQE : Rendement quantique externe.

h : Constante de Planck.

Hill : Couche d'injection de trous (Hole Transport Layer).

HOMO : Niveau orbital moléculaire le plus haut occupé.

ITO : Oxyde d'indium dopé à l'étain.

K : Constante de Planck.

LED : Diode électroluminescente.

LiF : Fluorure de Lithium.

LUMO : Niveau Orbital moléculaire le plus bas inoccupée.

LCD : Affichage à cristaux liquide.

OPV : Cellule solaire photovoltaïque organique (Organic Light Emitting Diode).

OLED : Diode électroluminescente organique (Organic Light Emitting Diode)

PLED : Diode électroluminescente organique à base de polymère.

q : charge d'électron.

SCO : Semi-conducteur organique.

SCLC : Courant limité par la charge d'espace

.TCLC : Courant limité par la charge d'espace.

TAPC :1 ,1Bis[(di-4-tolylamino)phenyl]cyclohexane .1-Naphdata : 4,4',4''-Tris (N-(1-naphthyl1)-N-phenylamino)-triphenylamine.

INTRODUCTION GENERALE

La Physique organique est une discipline qui offre une base de données pour L'électronique organique (ou électronique plastique) qui est une branche de l'électronique utilisant des composés carbonés possédant des propriétés semi-conductrices, se différenciant ainsi de l'électronique traditionnelle à base de composés inorganiques (Silicium, Germanium, etc.). On distingue deux types de composés à chaînes carbonées selon leur poids moléculaire:

- ❖ Les petites molécules (couches minces).
- ❖ Les polymères, macro molécules constituées de l'enchaînement répété d'un même motif.

Une diode électroluminescente organique est composée d'une couche organique prise en sandwich entre une anode s semi-transparente injectrice de trous et une cathode injectrice d'électrons. En appliquant une tension entre ces deux électrodes, un champ électrique crée favorisant le transport des porteurs de charges qui traversent la couche organique et se recombinent pour émettre de la lumière à travers un substrat transparent. C'est dans ce cadre que se situe notre sujet de mémoire. L'objectif de notre travail est d'étudier les propriétés optoélectroniques d'une OLED à structure basée sur le polymère PEDOT: PSS, afin de comprendre les phénomènes physiques observé. Nous avons étudié l'effet de la température sur les performances électriques et optiques de la diode OLED proposée.

Cette simulation numérique des OLEDs nous permet de fournir, d'extraire les informations nécessaires sur les propriétés électriques et optique du dispositif, aider à regarder à l'intérieur de la structure et nous permet d'éviter un processus d'optimisation de dispositif long et coûteux à travers plusieurs processus expérimentaux.

Ce mémoire sera composé de trois chapitres :

Le premier chapitre sera basé sur les généralités des semi -conducteurs organiques, nous présenterons quelques notions de la physique des semi-conducteurs organiques.

Le deuxième chapitre qui s'intitule le principe de fonctionnement des OLEDs, ce chapitre sera consacré sur les notions qui concernent les diodes électroluminescentes organiques ; à savoir : injection des charges, transports des charges, la recombinaison, le rapport singlet /triplet, modèle de Langevin.

Dans le troisième chapitre nous allons présenter une simulation numérique d'une structure bicouches PEDOT : PSS. Notre étude essentielle sera sur l'effet de la variation de la température sur les paramètres optoélectroniques des OLEDs. Parmi les propriétés électriques et optiques simulés et étudiés nous citons : les caractéristiques densités de courant (J-V), la puissance lumineuse, recombinaison Langevin et la densité des excitons singlet ,les différents mécanismes de dégradation des OLEDs,

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale qui rassemble nos principaux résultats et les perspectives du travail que nous avons effectué.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES MATERIAUX ORGANIQUES

1.1. Introduction

La découverte du caractère conducteur des polymères en 1970 a créé une réelle impulsion dans le vaste domaine de la microélectronique en offrant de nouvelles perspectives dans la réalisation de composants plastiques moins coûteux. Ces dernières années ce nouveau domaine appelé « électronique plastique » a connu un essor considérable. Des écrans à base de diodes électroluminescentes organiques (OLED) intégrées dans les appareils photos numériques, auto- radios ou bien des rasoirs électriques ont déjà été commercialisés.

Nous présentons dans ce chapitre, les mécanismes physique de fonctionnement des semi conducteurs organiques. Nous nous concentrons en suite sur la physique des diodes électroluminescentes.

1.2. Les semi-conducteurs organiques

Les semi-conducteurs organiques sont la couche actives des composants organiques .c'est un composé organique sous la forme d'un cristal, qui présente des propriétés similaires aux semi-conducteurs inorganiques. Ces propriétés la conduction par les électrons et les trous, ces matériaux ont conduit à la naissance de l'électronique organique ou l'électronique pour le plastique de base, les molécules utilisées dépendent du carbone.

Il ya deux types de semi conducteurs organiques : des petites molécules permettent de réaliser des films électroluminescents par évaporation sous vide et des polymères sont mis en œuvre à partir de solution, leur point commun étant d'être des molécules conjuguées [1].

1.3. L'atome de carbone et la liaison π

Les semi conducteurs organiques sont constitués principalement par l'atome de carbone comme indiqué sur la figure 1.1, et souvent sont reliés à des atomes d'hydrogène,

la nature des liaisons entre les atomes de carbones qui leur donne ce caractère semi conducteur.

1.3.1 .Propriétés électroniques du Carbone :

Le carbone est un élément du tableau périodique qui appartient à la classe des semi-conducteurs. Il possède 4 électrons de valence, la configuration électronique de la couche externe de l'atome de carbone ($2S^2 2P^2$) avec 2 électrons non appariés dans les deux orbitales atomiques 2P, la troisième orbitale 2P étant non occupée, est très instable. Ainsi à l'état excité un électron de la couche externe va passer de l'orbitale 2S à l'orbitale 2P [3].

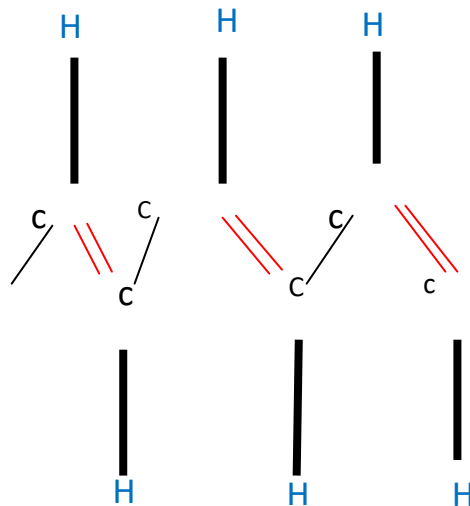


Figure1.1.La base structurale des matériaux organiques

1.3.2 .Le Type de liaison des matériaux organiques :

La création de liaisons covalentes avec d'autres atomes, entraîne pour l'atome de carbone la fusion des orbitales atomiques 2S avec les orbitales atomiques 2P, ce qu'on appelle hybridation pour former des nouveaux orbitaux hybrides. Parmi les différents types d'hybridation qui peuvent survenir (SP_3 , SP_2 , SP) celle qui nous intéresse est l'hybridation de type sp_2 . En effet, c'est ce type d'hybridation qui se produit lors de la formation des liaisons doubles entre atomes de carbone qui constitue l'ossature des systèmes conjugués. Ce type d'hybridation est illustré sur la figure 1.2 dans le cas d'une molécule d'éthylène. Elle est obtenue par la combinaison de l'orbitale atomique 2S avec deux des trois orbitales atomiques 2P ($2P_x$ et $2P_y$) qui deviennent trois orbitales atomiques hybrides SP_2 formant

une géométrie trigonellecoplanaire de 120° . Ainsi, après la formation du double liaison, l'atome de carbone est entouré de trois orbitales hybrides sp_2 et d'une orbitale $2p_z$ orientée perpendiculairement au plan des orbitales sp_2 .

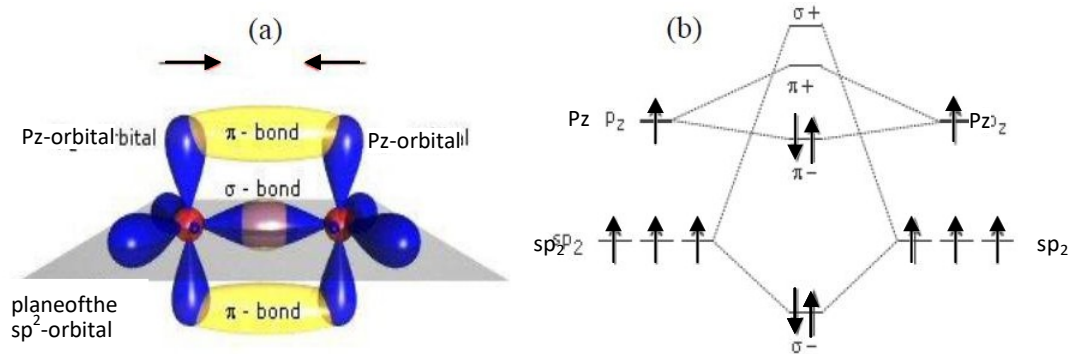


Figure 1. 2. Représentation des orbitales électroniques d'une molécule d'éthylène

Chaque orbitale hybride SP_2 et par recouvrement les orbitales de chacun des atomes forme une liaison covalente. Toutefois, rappelons que l'atome de carbone possède 4 électrons de valence et les orbitales hybrides SP_2 ne forment des liaisons qu'avec trois voisins ; il reste donc un électron non apparié autour de l'atome. Cet électron, se trouve dans l'orbitale atomique $2P_z$; le recouvrement latéral des orbitales $2P_z$ de chaque atome de carbone contenant chacune un électron non apparié forme l'orbitale moléculaire π . En résumé l'hybridation donnant lieu à la double liaison entre atomes de carbone entraîne la formation de deux types d'orbitales :

- Les orbitales hybrides sp_2 , qui sont au nombre de trois et qui contiennent chacune un électron. Elles se forment par recouvrement axial les liaisons σ entre atomes de carbone.
- L'orbitale $2P_z$, perpendiculaire au plan des orbitales sp_2 qui contient un électron; le recouvrement latéral de ces orbitales forme la liaison π .

1.4. Les niveaux d'énergies HOMO /LUMO dans une OLED

A l'équilibre thermodynamique, les électrons se placent au niveau énergétique π , la liaison est dite liante, les orbitales liantes donnent la bande HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital). Quand des électrons sont injectés dans le système, ils vont occuper des états au niveau des liaisons anti-liantes π^* , les orbitales anti-liantes donnent la bande LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital), La différence entre le niveau LUMO et HOMO définit l'énergie du gap du matériau organique ; elles sont apparentées dans la figure 1.4 respectivement à la bande de valence et à la bande de conduction dans les semi-conducteurs inorganiques.

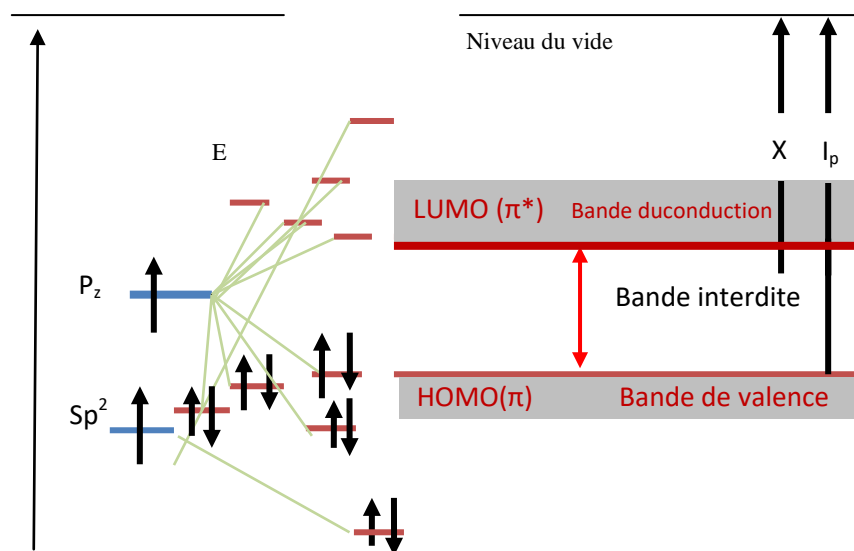


Figure 1.3. Représentation des niveaux LUMO et HOMO d'une molécule dans l'état fondamental.

1.5. Les polarons et les excitons

1.5.1. Les polarons

L'apparition d'une charge sur la chaîne conjuguée (par dopage ou par injection via un champ électrique entre deux électrodes) ne se traduit pas nécessairement par la présence d'un électron dans la bande LUMO (ou d'un trou dans la bande HOMO) [5]. La charge déforme localement la chaîne (la déformation s'étend sur 3 à 4 unités monomériques seulement). Pour déformer la chaîne, d'un point de vue énergétique, est de créer un défaut par permutation des simples et doubles liaisons (on passe donc localement d'une forme aromatique à une forme quiconque). Le défaut issu de cette déformation est appelé polaron.

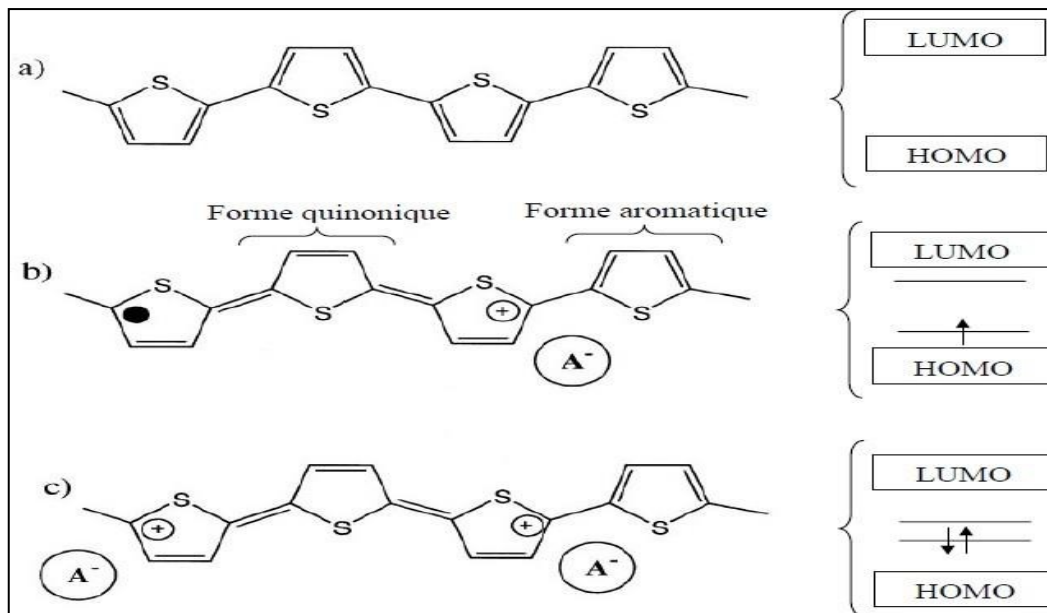


Figure 1.4. : Chaîne de poly thiophène neutre (forme aromatique) et structure de bandes associée (a), représentations schématiques d'un polaron (b) et d'un bipolaron(c) ainsi que la structure de bandes qui leur est associée [5].

1.5.2. Les excitons

L'absorption d'un photon ou la recombinaison d'un électron et d'un trou génère une excitation ou une quasi-particule neutre appelée "exciton", qui peut être considérée comme une paire électron-trou associée à une réaction de Coulomb créé par excitation optique ou par double injection de porteurs de charges.

1.6. Les familles des molécules conjuguées

1.6.1. Les polymères

Les polymères conjugués constituent la grande famille qui s'est développée pour la fabrication des diodes électroluminescentes organiques. La première fabrication de diode a été à base de PVK ou poly (N-vinyl) carbazole) associé à un dopant. Ce polymère conjugué émet dans le bleu vers 430 nm. Le PVK est également utilisé pour faire des diodes blanches lorsqu'il est combiné ou dopé avec des petites molécules .

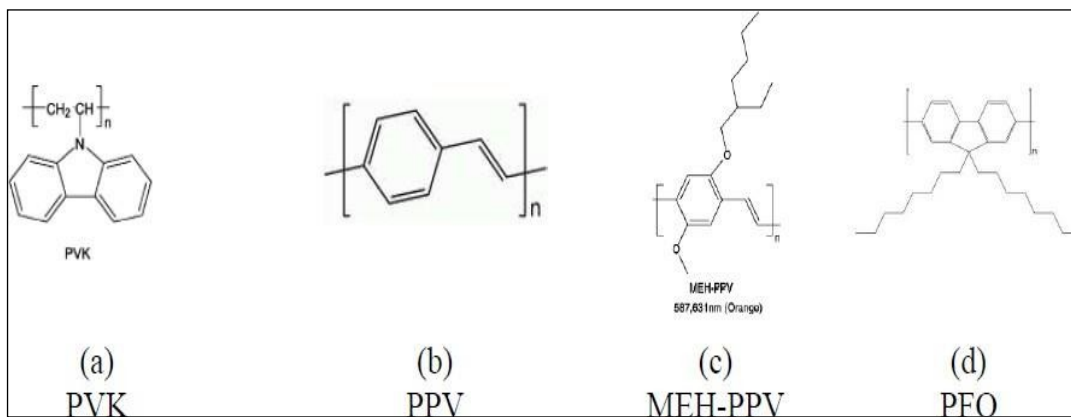


Figure 1.5 : Exemples de polymères étant utilisés dans les OLEDs [2].

1.6.2. Petites molécules

Les petites molécules sont complémentaires des polymères. Ils peuvent être utilisés directement en couche mince, ces matériaux sont souvent peu solubles dans les solvants organiques. Ainsi, les films minces sont fabriqués à l'aide de technique de dépôt par évaporation sous vide thermique, ces dernières permettant dans des conditions optimales de contrôler l'épaisseur des couches avec une précision allant jusqu'à un nanomètre.

1.7. La notion de semi conducteur de type P et N

Les semi-conducteurs organiques ne sont pas intentionnellement dopés .Cependant, on a cru longtemps qu'il pouvait exister, comme en microélectronique classique, des semi-conducteurs naturellement de P ou N .En réalité, le caractère P ou N d'un semi-conducteur

organique provienne en fait de la capacité des électrodes à pouvoir injecter des trous ou des électrons dans les semi-conducteurs [3]. Car, au niveau du contact entre un métal et semi-conducteur, il existe une barrière. Si la barrière pour l'injection des trous est plus faible que celle pour l'injection des électrons, alors le semi-conducteur de type P. Si la barrière d'injection d'électrons est plus faible que la barrière d'injection de trous, le semi-conducteur sera de type N. alors, le caractère P ou N sera distingué par la nature de l'électrode.

En générale, les métaux permettant d'injecter des électrons, c'est -à-dire ayant un faible travail de sortie, ont tendance à s'oxyder facilement et ne pourront alors pas injecter de porteurs dans le semi-conducteur. C'est pour cela que la majorité des semi-conducteurs organiques, ayant une HOMO de 5 eV, seront des semi-conducteurs de type P [4].

1.8. Définition de l'électroluminescence

On appelle "électroluminescence" la conversion non thermique de l'électricité en lumière. L'électroluminescence organique est obtenue à partir de molécules et polymères contenant des atomes de carbone, azote et oxygène, par opposition à l'électroluminescence inorganique, basée sur des éléments comme l'arsenic, le gallium ou le phosphore [5].

La première fois que le phénomène d'électroluminescence a été découvert en 1936 dans le cas des matériaux inorganiques, lorsque « Destariau et al » [6], observe l'électroluminescent on applique un champ important (centaine de volt) à partir de la poudre de Zn phosphore prise en sandwich comme un isolant entre deux électrodes.

En 1960 les LEDs (Light-Emitting Diode) devient commercialisée ; elle était conçue à base de GaAsP et émettait dans le rouge avec un très faible rendement de l'ordre de 0,1 lumen/Watt. Dès 1964, des affichages à base de LEDs étaient disponibles. Cependant, leur production était très limitée et le coût était très élevé.

Dans les années 70, des LEDs vertes, orange et jaunes sont apparues sur le marché. Les matériaux généralement utilisées dans les LEDs inorganiques sont des éléments composés du tableaux périodiques III et V comme [7] : GaAs, GaP, AlGaAs, InGaP, GaAsP, GaAsInP et AlInGaP. À partir du milieu des années 80, avec l'usage du couple GaAsGaAlAs, les performances des LEDs ont permis de les utiliser en extérieur. L'arrivées des diodes à base de : SiC, ZnSe ou GaN pour que la couleur bleu soit disponible, mais avec une faible efficacité comparativement aux d'autres diodes [8].

1.9. Les diodes électroluminescentes organiques (OLED)

Durant les dernières années, la recherche dans le domaine des composants organiques concernant les diodes électroluminescentes organiques(OLED) est considérablement accélérée. Les investissements nationaux et privés sont largement stimulés par les applications potentielles des composants caractérisés par un faible cout, la légèreté, une faible consommation énergétique, la possibilité de réaliser des écrans couleurs plats. Les diodes électroluminescentes organiques (OLED) ont une structure multicouche avec deux électrodes qui prennent en sandwich un film de matériau organique électroluminescent, elle émet de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant électrique [9].

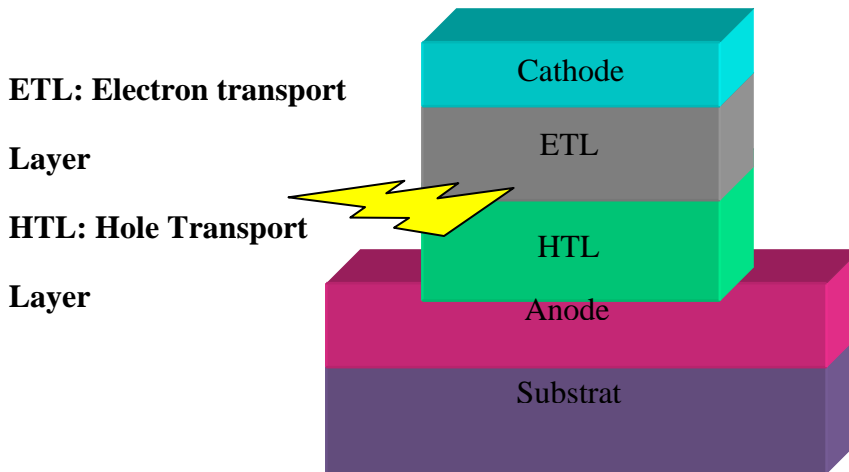


Figure 1.6. Schéma d'une diode électroluminescente organique

1.9.1. Applications des OLEDs

De nos jours, les écrans plats connaissent un succès considérable auprès du public. La technologie actuelle est dominée par les écrans à cristaux liquides (LCD) et ceux à plasma ; une nouvelle technologie émerge, utilisant des diodes électroluminescentes (OLED) à base de matériaux organiques. Ces dispositifs possèdent les propriétés classiques des matières plastiques (élasticité, ductilité, résistance à la rupture...), permettant ainsi d'obtenir des écrans extra-plats et souples. Les domaines d'utilisation de cette nouvelle technologie sont nombreux (téléphone portable, ordinateur, télévision...).

Ces applications portables favorisent le rendement lumineux élevé d'OLED pour une meilleure lisibilité en plein soleil et en effet les OLED ont l'avantage de consommer moins d'énergie lors du développement de la haute luminosité. Des recherches intensives ont donné des OLEDs avec des couleurs remarquables, le rendement du dispositif et la stabilité opérationnelle [10].

- ✓ Petits écrans souples divers (portables, appareils photos, baladeurs, porte photo...), la console portable PlayStation Vita de Sony.
- ✓ Écrans plats de plus grande dimension (*home-cinéma 8K*)
- ✓ Affichage tête haute (*head up display* ou HUD) à destination des avions ou des automobiles,
- ✓ Éclairage d'ambiance.
- ✓ Gadgets en tout genre (vêtements lumineux, stylos lumineux, ruban dépliant).

OLED trouve pour le moment des applications d'écran pour des équipements de petite taille (téléphones mobiles, appareils photos numériques, cadre photo numérique), ou dédiés à la flexibilité (bracelet numérique, oreillette bleu tooth...)

La technologie OLED est même utilisable en guise d'éclairage écologique.

Les progrès de la recherche et des constructeurs franchiront tôt ou tard les obstacles actuels pour porter OLED au firmament des technologies qui nous entoureront demain. La figure 1.7 .Montre des écrans : (a) écran enroulable OLED arrivait 2023, 2024, (b) différentes applications des OLEDs

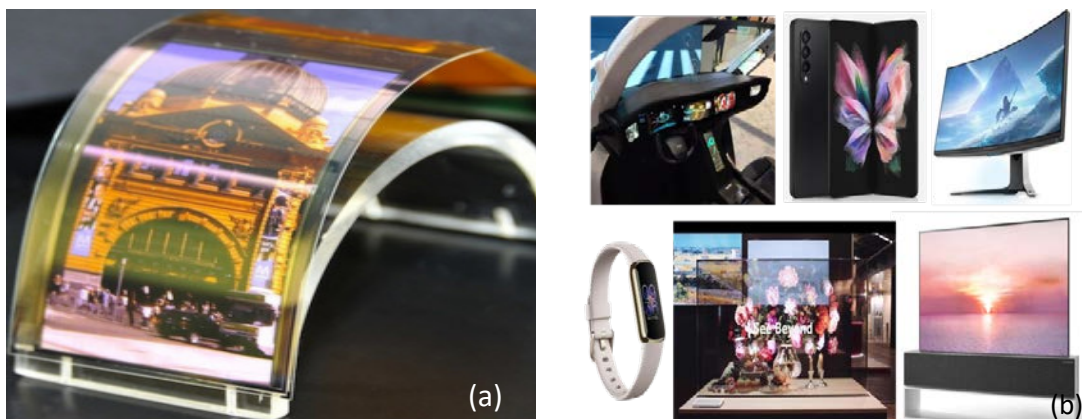


Figure 1.7 .Montre des écrans, (a)écran enroulable OLED arrivait 2023, 2024, (b) différentes applications des OLEDs.

1.10. Molécules utilisées pour les OLEDs

Les semi-conducteurs organiques utilisés dans les OLEDs se répartissent en plusieurs catégories selon leur fonction. Ainsi, les OLEDs à hétérojonctions sont constituées de diverses couches appelées [11] :

- ❖ Couche d'injection de trous (Hole Injection Layer, HIL)
- ❖ Couche de transport de trous (Hole Transport Layer, HTL)
- ❖ Couche de transport d'électrons (Electrons Transport Layer, ETL)
- ❖ Couche emissive (Emitting Layer, EML)
- ❖ Couche de blocage des trous (Hole Blocking Layer, HBL)
- ❖ Couche de blocage des électrons (Electron Blocking Layer, EBL)

1.10.1. Matériaux de transport d'électrons (ETL)

Il est nécessaire d'introduire des matériaux pour transporter les électrons provenant de la cathode jusqu'à la zone de recombinaison. Les matériaux organiques ayant la capacité de conduire des électrons, sont nommés accepteurs ou transporteurs d'électrons. Un bon matériau transporteur d'électrons se caractérise par une importante mobilité des électrons et un LUMO proche du travail de sortie de la cathode.

Le matériau transporteur d'électrons le plus utilisé dans les OLEDs est le Tri (8-hydroxyquinoline) d'aluminium (Alq_3) [12].

Les principales molécules émettant dans le vert le rouge et le bleu et servant au transport des électrons (ETL Electron Transport Layer) sont [13] :

- Alq_3 : Tris (8-hydroxyquinoline) aluminium
- DCM: 4-(Dicyanomethylene)-1-methyl-6(p-dimethylaminostyryl)-4H-pyran.
- BCZVBI: 4,4'-(Bis (9-ethyl-3 carbazovinylene)-1,1'-biphenyl.
- DPVPI: 4,4'-Bis (2,2-diphenyl-ethen-1-yl)-biphenyl.

1.10.2. Matériaux de transport et d'injection des trous (HTL, HIL)

Les matériaux organiques conduisant les trous sont dits donneurs d'électrons ou transporteur de trous. Un bon transporteur de trous est caractérisé par un HOMO autour de 5.4eV. Une couche d'injection des trous (HIL) optimise les niveaux HOMO et réduit la

barrière d'énergie à l'interface avec l'ITO (source de charge positive). Elle est donc bénéfique pour l'injection de charges et pour le rendement de la diode.

Parmi les polymères les plus utilisés pour l'injection des trous est [14] :

- PEDOT: PSS (Polyéthylendioxythiophène dopé par le polystyrène sulfonate)
- TPD: N, N'-diphenyl-N, N'-(3-methylphenyl)-N, N'-biphenyl-benzidine.
- 1-Naphdata : 4, 4', 4'' –Tris (N-(1-naphthyl)-N-phenylamino)-triphenylamine
- α -NPD : N, N' - di (naphthalen-1-yl)- N, N' –diphenylbenzidine.

1.11.Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté de différentes notions qui concernent les matériaux organiques, comme les familles des molécules, les polarons et les excitons, la notion de semi conducteurs de type Pet N .Aussi, on a mis en évidence les applications des OLEDs, les molécules utilisées pour les OLEDs.

CHAPITRE II

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES DIODES ELECTROLUMINESCENTES ORGANIQUES (OLEDs).

2.1. Introduction :

Une OLED se compose d'une couche organique électroluminescente prise en sandwich entre deux électrodes. Lorsqu'un courant passe d'une électrode à l'autre, le matériau organique émet de la lumière dont la couleur dépend du matériau utilisé. Pour pouvoir observer l'émission de la lumière, l'une des deux électrodes doit être transparente. L'ITO (Indium Tin Oxide) est bien connu comme anode car il satisfait aux trois milieux: transparence, conductivité et adéquation.

Le processus d'émission de lumière dans les OLEDs est basé sur l'injection de charges positives et de charges négatives depuis l'anode et la cathode respectivement dans les niveaux HOMO et LUMO des couches organiques. Ces derniers se recombinent pour former des excitons qui peuvent désexciter radiativement et donner naissance à la lumière [15,16].

La figure 2.1 représente une structure d'une diode électroluminescente organique typique. L'injection des électrons est faite à l'aide d'un matériau de faible travail de sortie, alors que les trous sont faits par un matériau à fort travail de sortie. Le matériau organique peut être soit un polymère, soit des petites molécules déposées sous vide. Dans les deux cas, il faut ajouter des couches favorisant le transport des trous (Hole Transport layer, HTL) et des électrons (Electron transport layer, ETL) à la structure de base, en effet, pour une bonne injection de charges, le travail de sortie de l'anode doit être proche du niveau HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital), et celui de la cathode du niveau LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) du matériau organique électroluminescent.

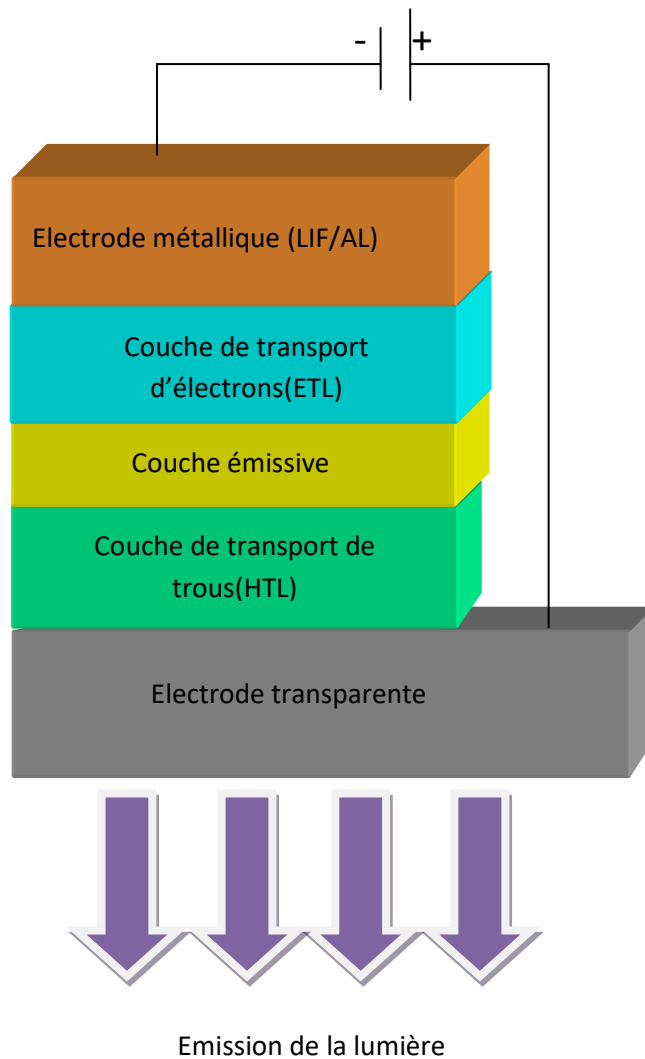


Figure 2.1. Structure d'une diode électroluminescente organique [17].

Le principe des OLED est basé sur la recombinaison de charge négative (électron) et charge positive (trous) pour produire une énergie électromagnétique dont la longueur d'onde est directement reliée à la largeur de la bande interdite de la couche active. Les quatre processus physiques fondamentaux conduisant à l'électroluminescence [18] sont : L'injection des porteurs de charges, leurs transport vers la zone d'émission suivie de la formation d'excitons et l'émission radiative comme le montre la figure 2.2 :

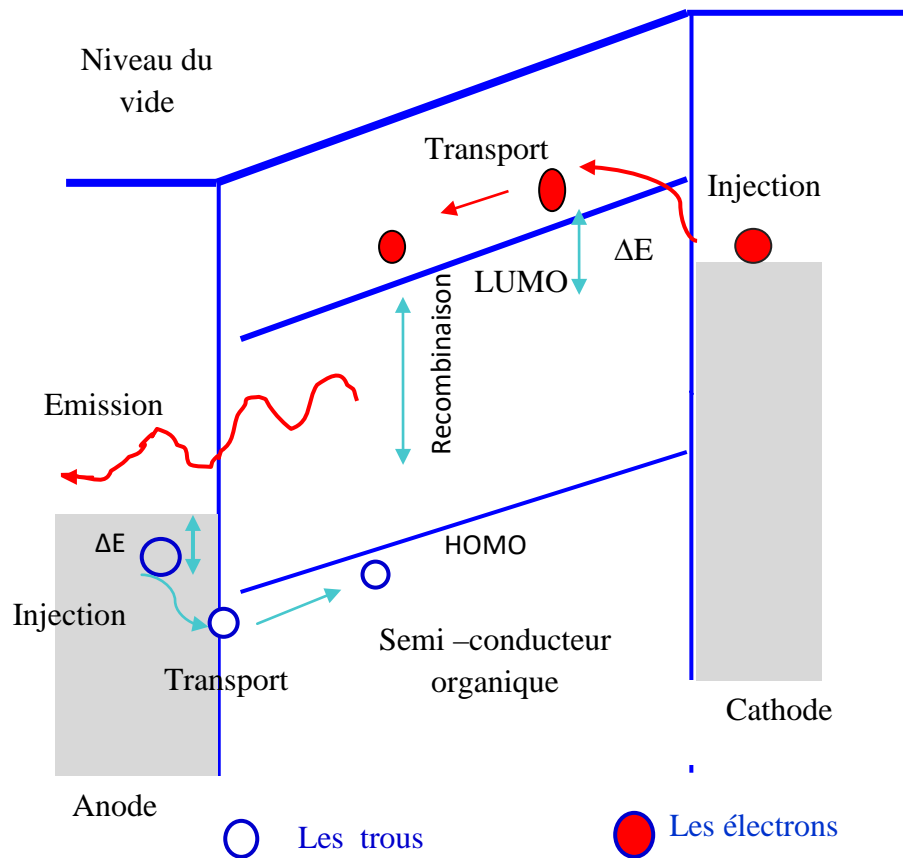


Figure.2.2. : Principe de fonctionnement d'une OLED monocouche [19].

2.2. Injection des charges

Pour aboutir à l'émission de lumière électroluminescente dans les OLED, la première étape est d'injecter des charges électriques depuis les électrodes. Elle consiste à attirer des charges depuis les électrodes vers le matériau organique sous l'effet d'un champ électrique extérieur. Les charges sont soit des électrons (plutôt des polarons négatifs) injectés depuis la cathode soit des trous (polarons positifs) injectés depuis l'anode. Dans chacun des cas, les charges doivent franchir une barrière d'énergie non négligeable formée par l'interface [20,21].

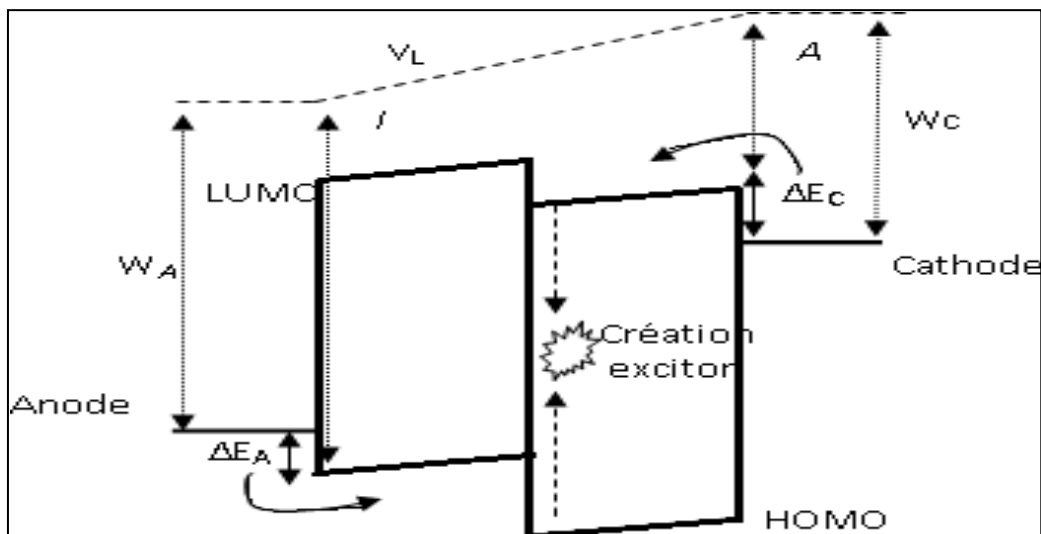


Figure 2.3 : Système bicouche, injection des polarons depuis les électrodes, puis recombinaison et création d'exciton [21].

2.3. Transport des charges

2.3.1 Saut entre états localisés

Le transport des charges dans les systèmes π conjugués est assuré par deux bandes de transport distinctes : les bandes HOMO (transport de trous) et LUMO (transport d'électrons). La densité d'états des électrons dans la bande LUMO et des trous dans la bande HOMO y sont décrites par une distribution Gaussienne. Le transport de charges dans les polymères π conjugués s'effectue d'un site à un autre par effet tunnel qui correspond à une situation dans laquelle l'attention du praticien est tellement focalisée sur un objectif qu'il n'entend, ni ne voit des signaux d'alerte qui devraient l'amener à modifier son approche, voir à l'arrêter avant que ne survienne un effet indésirable [27]. Assisté thermiquement : les porteurs se déplacent par saut (hopping) d'un état à un état voisin. Le hopping assisté thermiquement, contrairement au transport par bandes, est donc favorisé par la présence de phonons. C'est le saut entre chaînes qui est en majorité responsable des faibles mobilités observées ; donc la mobilité est un point faible majeur de l'électronique organique [28].

2.4. Recombinaison

Un exciton, assimilé à une quasi-particule neutre, est une paire électron-trou (recombinés) liée par l'interaction coulombienne [29]. La luminescence a lieu lorsque ces excitons se désexcitent. L'emplacement de la zone de recombinaison dans la diode est fonction de la mobilité des charges au sein des semi-conducteurs et du champ électrique. Il faut noter la mobilité des trous est très souvent différente de celle des électrons dans les semi-conducteurs organiques [22].

2.4.1. Le rapport singlet/triplet

La recombinaison d'une paire électron-trou évolue vers deux états possibles: les singlets ou les triplets. La différence entre ces deux états est qu'un singlet peut se relaxer de façon radiative alors qu'un triplet se relaxe de façon non radiative. Une simple statistique de spin permet d'évaluer le rapport singlet sur triplet à 1 / 3[23].

2.5. Modèle de Langevin

Dans les matériaux organiques la recombinaison se réalise en deux phases. Il y a d'abord la phase de rapprochement des porteurs de charges, puis la formation de l'exciton par capture.

Dès que la distance électron/trou sera inférieure au rayon de capture critique R_C appelé distance d'OSANGER, et pour lequel l'énergie d'interaction coulombienne entre les deux charges sera égale à l'énergie thermique $K_B T$, donné par la relation [25,24]:

$$r_c = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0 k_B T} \quad (2.1)$$

Où ;

q est la charge électronique élémentaire.

ϵ_r est le constant diélectrique relatif.

ϵ_0 est la permittivité diélectrique du vide.

K_B est la constante de Boltzmann.

2.6. Modélisation des caractéristiques électriques et optiques des OLEDs

Le formalisme utilisé pour étudier les caractéristiques optoélectroniques des OLEDs est issue de la modélisation des SC cristallins où le transport des porteurs de charges est représenté par les équations de conduction/diffusion couplées à l'équation de Poisson comme suit:

$$J_n = q\mu_n(nE + \frac{k_B T}{q} \frac{\partial n}{\partial x}) \quad (2.2)$$

$$J_p = q\mu_p(pE + \frac{k_B T}{q} \frac{\partial p}{\partial x}) \quad (2.3)$$

$J_n(J_p)$ est la densité de courant des électrons et de trous respectivement,

q est la charge électrique.

E est le champ électrique.

K_B est la constante de Boltzmann.

T est la température.

$n(p)$ est la densité des électrons (trous).

$\mu_n (\mu_p)$ est la mobilité des électrons (de trous) de type Poole Frankel (P F). L'équation de

Poisson est exprimée comme suit:

$$\frac{dE}{dx} = \frac{q}{s} (p - n) \quad (2.4)$$

Le potentiel électrostatique est relié à E par la relation:

$$E = -\frac{dV}{dx} \quad (2.5)$$

Où :

E est le champ électrique.

V est le potentiel électrique.

L'équation de continuité s'exprime par :

$$\frac{\partial J_n}{\partial t} = \frac{\partial J_n}{q \partial x} - R \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial J_p}{\partial t} = \frac{\partial J_p}{q \partial x} - R \quad (2.7)$$

$$R = R_{SRH} + R_L$$

R: le taux de recombinaison total.

R_{SRH} : le taux de recombinaison de Shockley Read Hall.

R_L : le taux de recombinaison de Langevin.

La statistique de Maxwell Boltzmann est utilisée dans le calcul de la densité de charge :

$$n = N_{LUMO} \exp\left(\frac{qV + AE - E_{Fn}}{k_B T}\right) \quad (2.9)$$

$$p = N_{HOMO} \exp\left(\frac{E_{Fp} - qV - E_g - AE}{k_B T}\right) \quad (2.10)$$

$N_C(N_V)$: la densité d'états dans la bande de conduction (valence) dans les SC inorganiques. Dans les matériaux organiques, ces paramètres correspondent à la densité des sites chargés négativement (positivement). N_C est supposé égal à N_V et ils sont déterminés à partir des densités moléculaires ou polymériques.

$E_{Fn}(E_{Fp})$: est le quasi niveau de Fermi pour les électrons (les trous) respectivement [26].

2.7. Le rendement des OLEDs

- Rendement quantique

Le rendement quantique externe (EQE) est défini par le rapport entre le nombre de photons émis à l'extérieure de l'OLED est le nombre de paires électron –trous injectés.

La luminance en (cd/m^2) est donnée par la relation [27,28] :

$$L = \eta_{coupling} K(\lambda) \cdot S \cdot h\nu \frac{1}{\pi} \quad (2.11)$$

$K(\lambda)$ est la sensibilité de l'œil humaine (λ) est la constante qui relie grandeurs énergétiques et grandeurs visuelles; à $\lambda=555\text{nm}$, on a $K(\lambda)=683\text{lm}/\text{w}$.

S est la densité des excitons type singlet.

$h\nu$ est l'énergie du photon émis.

$\eta_{coupling}$ sont les pertes du eaux guide d'onde et l'absorption dans la couche active.

$\eta = \frac{1}{2n^2}$, n est l'indice de réfraction du matériau organique ($n=1,6$).

2.8. Conclusion

Les diodes électroluminescentes organiques (OLEDs) ont considérablement évolué depuis leur apparition, amenant des progrès constants en efficacité, durabilité et faible consommation d'énergie. A cet effet leur utilisation dans le domaine de l'éclairage permettrait de réaliser des économies d'énergies importantes. Pour que la place de ces dispositifs soit majoritaire, les caractéristiques des OLEDs doivent encore être améliorées et moins coûteuses. Dans ce chapitre nous avons représenté les points importants de cette technologie à savoir le principe de fonctionnement des OLEDs, ainsi que l'injection des charges, transport des charges, la recombinaison, le rendement quantique des OLEDs.

CHAPITRE III

RESULTATS DE SIMULATIONS DES DIODES ELECTROLUMINESCENTES ORGANIQUES OLED

3.1. Introduction

Dans la première partie de ce chapitre, nous allons étudier par simulation les diodes électroluminescentes organiques (Organic Light Emitting Diode ; OLED) à deux couches. Celles-ci sont formées d'une couche d'injection de trous (PEDOT : PSS) poly (3,4-éthylènedioxythiophène) et poly (styrène sulfonate) de sodium ,et une couche de transport d'électrons Alq₃ :Tris (8-hydroxyquinoline) Aluminium. A cet effet, l'étude consiste l'influence de la variation de la température, mécanisme de dégradation intrinsèque sur les performances des OLEDs [29] .

3.2. Les différents mécanismes de dégradation des OLEDs

Les mécanismes de dégradation des OLEDs peuvent être classés en deux catégories, extrinsèques ou intrinsèques, selon leurs origines externes ou internes :

- ❖ La dégradation extrinsèque est due à la présence d'humidité, d'oxygène et la température qui ont été identifiés comme les principales sources extrinsèques dans l'atmosphère qui causent la dégradation des OLED [30].
- L'humidité provoque une cristallisation d'Alq₃(ETL) ; qui conduit à la dissolution de la cathode en renforçant la création de points noirs non émissifs qui augmentent de volume avec le temps [31].
- L'effet de l'oxygène L'exposition à l'oxygène provoque également la formation de points noirs non émissifs dont le nombre augmente de plus en plus, qui implique la dissolution de la cathode à cause des changements chimiques et morphologiques de la couche organique et de la cathode à l'interface
- L'effet de la température : Il existe une température spécifique pour chaque type de polymère; appelée température de transition vitreuse (T_g). Quand un polymère amorphe (état vitreux) est chauffé au dessus de cette température, ce dernier devient mou (état caoutchouteux).[32].
- ❖ La dégradation intrinsèque est caractérisée par la diminution de la luminosité et

l'augmentation de la tension pour une densité de courant constante. L'environnement n'intervient pas dans ce mécanisme.

3.3. Effet de la variation de la température sur les paramètres optoélectroniques des OLEDs

Les diodes électroluminescentes organiques ont connu des progrès importants pour leur efficacité et leur durée de vie plus longue, qui est l'objectif recherché des études sur les matériaux organiques [33].

La structure d'une diode électroluminescente à deux couches organiques est représentée sur la figure 3.1 :

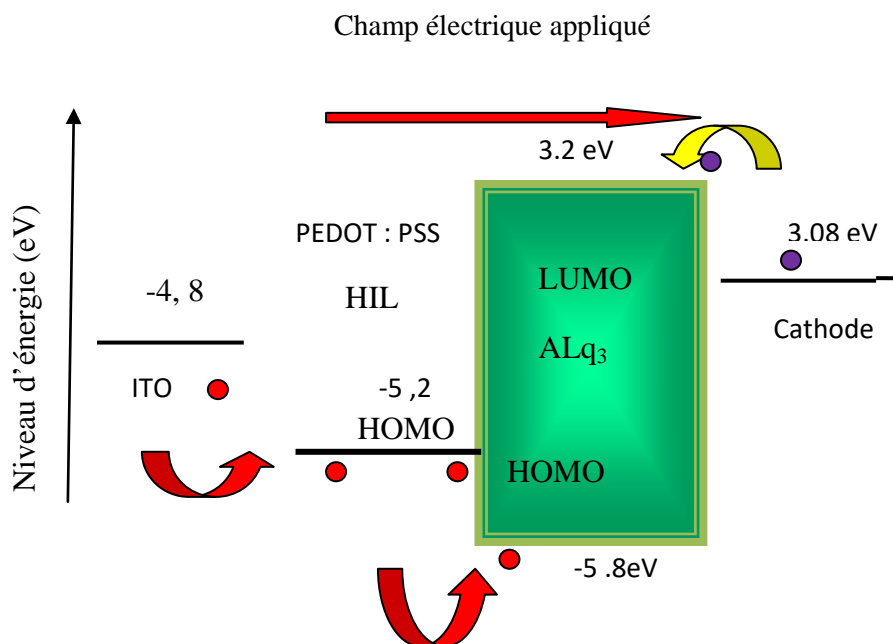


Figure 3.1. : Modèle de simulation de l'OLED basée : ITO/PEDOT : PSS/Alq₃/LiF/Al.[37].

Le matériau organique, est pris en sandwich entre l'anode et la cathode. L'anode est formée de l'oxyde d'indium et d'étain (ITO) transparent et conducteur avec un haut travail de sortie [34].

En effet, le schéma de bande représenté sur la figure (3.1) de la structure bicouche ITO/PEDOT : PSS/Alq₃/LiF/Al, montre que le niveau HOMO -5,8eV de la couche HIL (PEDOT : PSS) est l'intermédiaire entre celui de la couche Alq₃ 2,6eV et le travail de sortie de l'anode -4,8eV (ITO), celui-ci facilite l'injection des trous dans la structure.

Dans cette partie, on va appliquer une variation de la température de : 300K, 325K,

350K ,375K, 400K ; sur l’OLED.

La recherche bibliographique effectuée sur les matériaux des couches considérées : PEDOT : PSS couche HIL et d’Alq₃ couche ETL. Nous a permis de sélectionner les propriétés qui s’affichent dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Paramètres de simulation des couches PEDOT : PSS et Alq₃[43-45].

Paramètres de simulation	PEDOT : PSS(HIL)	Alq₃(ETL)
Epaisseur (nm)	50nm	50nm
Affinité électronique (eV)	0,20	2,98
Energie électronique (eV)	2,20	2,6
Mobilité des électrons (cm²V⁻¹s⁻¹)	1	10 ⁻⁶
Mobilité des trous (cm²V⁻¹S⁻¹)	40	10 ⁻⁸
Permittivité relative	3	3
Densité d’états de la BC(cm⁻³)	10 ²¹	10 ²⁰
Densité d’état de la BV (cm⁻³)	10 ²¹	10 ²⁰
Longueur de diffusion des excitants (cm)	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
Durée de vie(s)	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹
Travail de sortie de l’ITO(eV)	4.8	-

En effet, en appliquant une différence de potentiel de 7V[43-45],entre l’anode et la cathode, les électrons sont injectés de la cathode vers le niveau LUMO de la couche ETL et en même temps, les trous sont injectés de l’anode vers le niveau HOMO de la couche HIL, et sous l’influence d’un champ électrique externe ces charges injectées migrent au sein du matériau organique [35].

La figure.3.2 .Représente la caractéristique JV d’un composant OLED à deux couches. A une tension de seuil (tension de démarrage) environ 3V la densité de courant à augmenter

rapidement, le résultat obtenu coïncide à ce qui a été démontré théoriquement donné par les relations [36]:

$$V_D = \frac{\Delta W_M}{e} = \frac{W_{anode} - W_{cathode}}{e} \quad (3.1)$$

Où

$$V_D = \frac{E_{LUMO(ETL)} - E_{HOMO(HTL)}}{e} \quad (3.2)$$

On a donc constaté que la caractéristique de l'OLED s'est décalée ; entraînant une augmentation de la tension seuil après la dégradation et ce décalage augmente avec le temps.

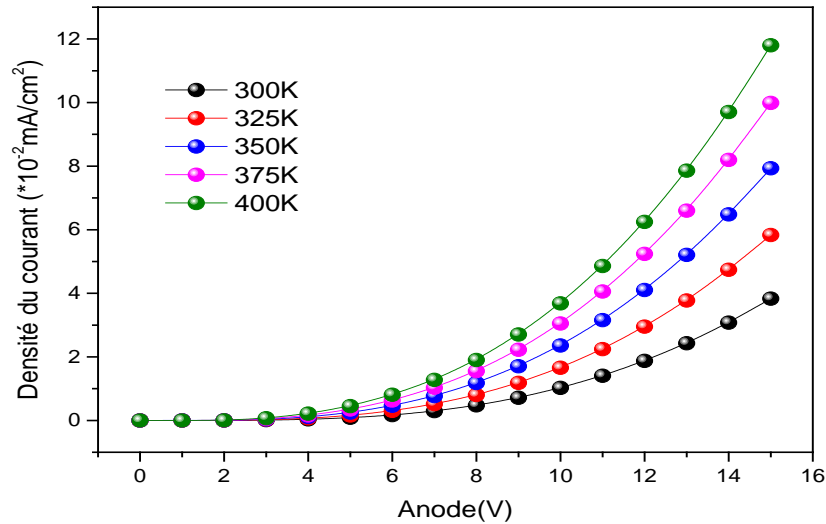


Figure 3.2. Caractéristique J-V pour différents températures variant entre 300-400K.

Le taux de recombinaison Langevin de l'OLED à 7V est représenté sur la figure 3.3. il a été constaté que les recombinaisons radiatives des porteurs de charges libres injectés électrons et trous ont eu lieu au niveau de la couche Alq₃, et se situe à environ 200 Å de l'interface HIL/ETL où la couche Alq₃ joue le rôle d'une couche émissive (EML)[37].

Les résultats obtenus sont ceux réalisés expérimentalement par C.W.Tang [34]. Notons que le flux de photon sera réfléchi par la cathode formée de LiF/Al (figure 3.3) ; où on remarque une diminution du taux Langevin car la recombinaison de Langevin entraîne la formation d'excitons singlet et triplet, avec un rapport de 1.3 dû à la statistique

de spin. L'émission de lumière fluorescente due aux recombinaisons radiatives ne peut être obtenue qu'à partir de la d'excitation radiative de l'exciton singlet. Egalement on note la réduction de la densité des excitons type singlet avec l'augmentation de la température (figure 3.3).

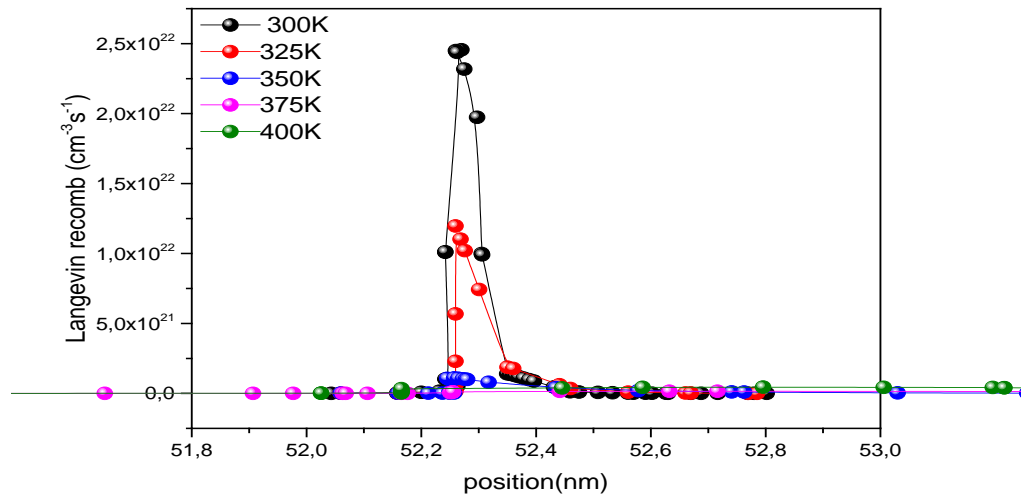


Figure 3.3 : Taux de recombinaison Langevin pour différents températures variant entre 300K-400K.

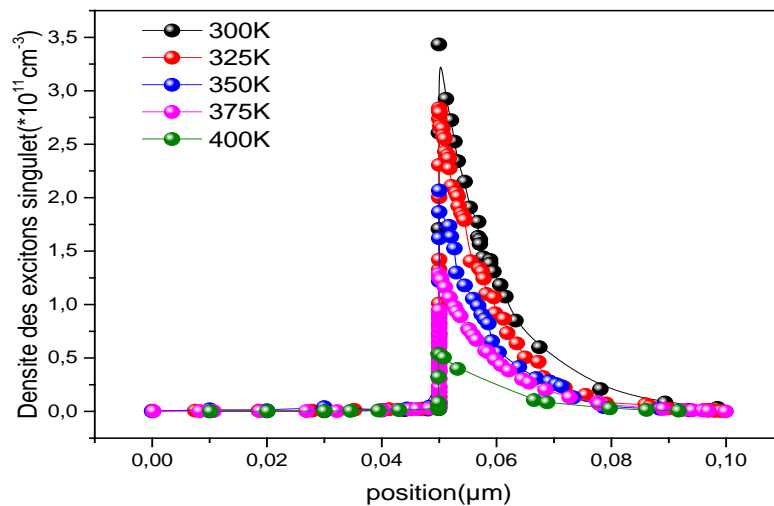


Figure 3.4 : Densité des excitons type singlet de l'OLED pour différents températures variant entre 300K-400K.

La caractéristique puissance - courant est représentée sur la figure 3.5. Nous notons que la puissance de la lumière diminue lorsque la température augmente, les résultats sont

donnés comme suit : $2.92.10^{-3}W/\mu m^2$, $1.77.10^{-3}W/\mu m^2$, $0.94.10^{-3}W/\mu m^2$, $0.42.10^{-3}W/\mu m^2$, $0.13.10^{-3}W/\mu m^2$, respectivement pour des températures 300K ,325K, 350K ,375K, 400K.

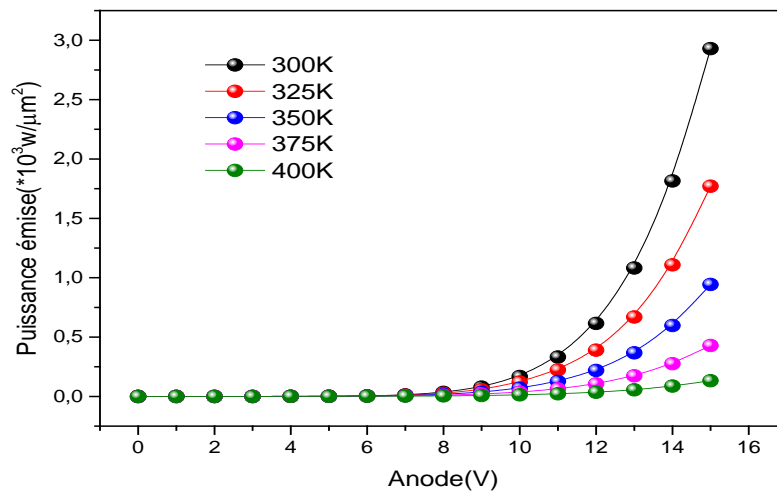


Figure 3.5. Puissance de luminance pour différents températures variant entre 300-400K.

La caractéristique optique de l’OLED formé à base d’Alq₃ comme émetteur de lumière verte d’une longueur d’onde de 523 nm [38], est représentée sur la figure (3.6) (L-V), indique une luminance maximale, dont la valeur est de $1.2.10^4 cd/m^2$. Le seuil de la luminance était à environ 7 V pour une température T=300K et augmente avec la température comme, indiqué dans le tableau 3.2 ; à savoir que la densité de courant maximale, la tension de seuil, puissance émise, la luminance de seuil, ainsi que la brillance par rapport au référence [43-45] figure également dans le tableau.

Tableau 3.2 : Comparaison entre les paramètres pour différentes températures [43-45].

	Jmax (mA/cm²)	Vseuil (V)	P_e(w/μm²)	Luminance de seuil (V)	Brillance Max (cd/m²)
300K	38.30	7	$2.92.10^{-3}$	9	$1.17.10^4$
325K	58.32	6	$1.77.10^{-3}$	10	$0,68.10^4$
350K	79.31	5	$0.94.10^{-3}$	11	$0.35.10^4$
375K	99.89	4	$0.42. 10^{-3}$	12	$0.15.10^4$
400K	117.99	3	$0.13.10^{-3}$	-	$0.034.10^4$

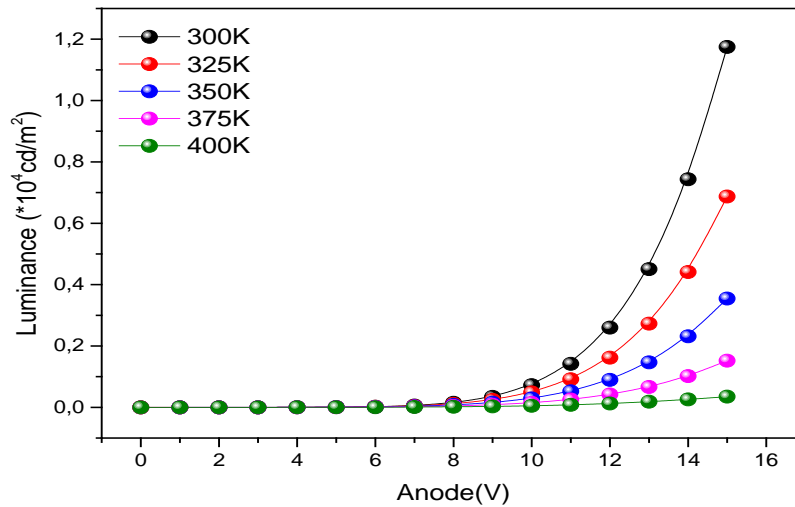


Figure 3.6. Caractéristique L-V pour différentes températures varie entre 300-400K.

Selon les résultats présentés dans le tableau (3.2), Nous remarquons une augmentation de la densité de courant, par contre la puissance lumineuse varie inversement, avec la température. Une diminution de la tension seuil est remarqué, et de la température 375K on constate une dégradation du matériau ce qui justifie le décalage de la caractéristique J-V. En concluons qu'avec les valeurs de température choisie, que l'OLED n'a pas subit une forte dégradation de ses performances [39].

De ce fait, on peut conclure que l'échauffement d'une OLED à une température critique, normalement la température de transition vitreuse de la couche organique, cause une défaillance soudaine et catastrophique [40]. La chaleur qui se produit dans les matériaux organiques lors du fonctionnement (effet Joule) entraîne une agrégation locale liée à la cristallisation des molécules organiques dont la température de transition vitreuse est relativement faible [41]. La chaleur excessive produite par effet Joule peut provoquer la carbonisation des matériaux organiques avec dégagement d'un gaz. J.R.Rebie et al [42] ont pu découvrir que la chaleur produite par effet Joule cause l'inter-diffusion entre la couche de transport de trou TPD et la couche émissive Alq3, par conséquent la conductivité des zones de mélange entre les deux couches diminue avec le courant qui passe par ces zones et qui deviennent non émissives (points noirs).

3.4. Conclusion

Dans ce chapitre, on a basé sur l'étude de l'effet de la variation de la température et qui cause une défaillance soudaine et catastrophique au de la température de 375K. La chaleur qui se produit dans les matériaux organiques lors du fonctionnement (effet Joule) entraîne une agrégation locale liée à la cristallisation des molécules organiques dont la température de transition vitreuse est relativement faible.

CONCLUSION GENERALE

Le travail qui vient d'être rapporté dans ce manuscrit a consisté à approfondir les connaissances dans le domaine des matériaux organiques et leurs applications dans le domaine du photovoltaïque, par des méthodes théoriques et numériques. Nous avons réparti ce manuscrit en deux chapitres.

Le chapitre I se voulait introductif ou nous avons fait connaissance avec les matériaux organiques. Ainsi, nous avons présenté les composants en rappelant leur type (polymères, petites molécules). Ainsi, les applications des OLEDs, molécules utilisées pour les OLEDs. Dans le chapitre II, nous avons présenté le principe de fonctionnement des OLEDs, à savoir : injection des charges, recombinaison, le rendement quantique, transport des charges, modélisation des caractéristiques optiques et électriques des OLEDs.

A travers le chapitre III, nous l'avons consacré sur la simulation OLEDs, par la structure PEDOT : PSS. Nous avons basé notre étude sur l'effet de la variation de la température sur la performance de notre structure. Nous avons mis en évidence l'effet joule, la recombinaison Langevin, les différents mécanismes de dégradation des OLEDs, la densité des excitons Singlet. D'après notre étude, nous avons remarqué une défaillance catastrophique sur la structure de l'OLED à partir de 375k,

Comme perspectives, nous suggérons d'étudier :

- L'influence de la mobilité des électrons et des trous.
- L'influence du travail de sortie à l'anode et la cathode sur les performances des OLED
- Le comportement d'une OLED multi jonction et à double couche émissive.

BIBLIOGRAPHIE

1. P. Taille pierre, «Diodes Electroluminescentes organiques : Etudes des Efficacités Lumineuses et du Traitement Ionique des Electrodes pour L'Amélioration du Vieillissement», Thèse doctorat, université de Limoges, 2006.
2. F.Reiorffer, «Dégradation des diodes électroluminescentes organiques : analyses électriques et thermiques». Université de Nantes, thèse de doctorat 2013.
3. P. S. Davids, Sh. M. Kogan, I. D. Parker, and D. L. Smith, "Charge injection Inorganic light-emitting diodes: Tunneling into low mobility materials", Appl. Phys.Lett., vol.69, no.15, pp.2270-2272, 7October1996.
4. M.R.Serdouk, « Etude par simulation numérique des propriétés électriques d'une cellule solaire en silicium amorphe hydrogéné (a-Si:H)», Thèse magister, Université Mohamed Khider–Biskra, 2015.
5. H.Kanaan, «Spectroscopie d'électro-absorption appliquée aux diodes Électroluminescentes (OLEDs) et aux cellules photovoltaïques (OPVs). », Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 2009.
6. S. Mehdi « Modélisation et simulation d'une structure électronique OLED pour des applications optoélectroniques. »Thèse de doctorat, Université Saad Dahleb-Blida1 ,2023.
7. H. Kanaan, « Spectroscopie d'électro-absorption appliquée aux diodes électroluminescentes organiques(OLEDs) aux cellules photovoltaïques
Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 2009
8. B.Damilano, b.damilano, J.Brault, A.Dussaigne, J.Massies. "Diodes Electroluminescentes blanches pour l éclairage,,"86-91,2002.
9. U.Mitschke., P.BaÈuerle. "The electroluminescent nceo for organic materials", J.Mater. hem. 2000, 1471-1507
10. A.MOLITON, « Electronique et optoélectronique organiques », Springer-Verlag France, 2011.
11. R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Marks, C.Taliani, D. D. C. Bradley, D. A. Dos Santos, J. L. BreÂ das, M. LoÈ gdlund, W. R.Salaneck., "Electroluminescence in conjugated Polymers", review article, nature, vol397, 1999, 121-127.
12. D. Ammermann, A. Böhler, J. Schöbel, W. Kowalsky., " Device Structures And Materials for Organic LightEmitting".Institutfür Hochfrequenz technik,TUB raunschweig,Annual report 1996.
13. K.Knauer., "High-Performance Single-Unit and Stacked Inverted Top-Emitting Eelectrophosphorence Organic Light-Emitting Diodes», these de doctorat, Georgia Institute of Technology, 2015.
14. C.W.Tang., S.A.Vansylke.,,, Organic électroluminescent diodes",App.Phys. Lett ,51.12, 1987.
15. M. Ben Khalifa., ,, "Etude du transport et ingénierie de bandes dans les diodes Organiques électroluminescente à hétéro structures", thèse de

- doctorat, école Centrale de Lyon, 2004.
16. A.Djurisic., P.Chui.”Organic Emitting Diode: effect of anode treatment to Device efficiency and stability”, thèse de, université de Hong-Kong
 17. M.G.Helander.”Electrode/Organic Interfaces in Organic Optoelectronics», Doctor of Philosophy, University of Toronto (2012).
 18. G.Wantz., „Elaboration, Caractérisation et Optimisation de Diodes Electroluminescentes à Base de Polymères Conjuguées», thèses de doctorat, Université de Bordeaux, 2004.
 19. C. A .Chamberlain ., “Etude théorique et expérimentale de micro-OLEDs rapides sur électrodes coplanaires en régime d’impulsions à haute densité de courant”, thèse de doctorat, université Paris 13,(2017).
 20. M.Mebarek., “Etude de nouveaux copolymères dérivés de PPV et PVK et leurs nano composites pour des applications en électronique organique “, Thèse de doctorat, université de Nantes, 2013.
 21. A. Alchaddoud.”Etude du comportement électrique et photométrique des diodes électroluminescentes organiques pour l’éclairage ayant subi un vieillissement accéléré”, thèse de doctorat, Université Toulouse III - Paul Sabatier, 2017.
 22. A Fakharuddin., K. Mahesh., Gangishetty, M.Abdi-Jalebi, S.H. Chin, A. R. Bin Mohd Yusoff., D.N. Congreve, W. Tress., F.Deschler., M. Vasilopoulou., H. J. B. Fakharuddin, A., Gangishetty, M.K., Abdi-Jalebi., Perovskite light-emitting diodes. *Nat Electron* 5, 203–216 ,2022. <https://doi.org/10.1038/s41928-022-00745-7>.
 23. D. Vaufrey - thèse doctorat « Réalisation d’OLED à émission par la surface : optimisation de structures ITO /semi-conducteurs organiques», Ecole Centrale De Lyon-2003.
 24. H. Boukli and T. Benouaz, Influence of charge carrier mobility and surface recombination velocity on the characteristics of P3HT: PCBM organic solar cells, *Phys. Status Solidi a* 211, No.4, 862–868, 2014.
 25. D.Vaufrey,« Réalisation d’OLED à émission par la surface : optimisation de structures ITO / semi-conducteurs organiques », Thèse doctorat Ecole Centrale De Lyon-2003.
 26. A. Ainsbaa, «Diodes électroluminescentes hybrides organiques inorganiques : Mécanismes aux interfaces, courant et lumière», Thèse doctorat, Université Paris7-2010.
 27. E.R.Winand - article de conférence « Emission de lumière par une couche mince organique : Les OLEDs (Organic Light Emitting Diodes) », conférence Delta 30 Septembre 2008.
 28. K.Knauer., “High-Performance Single-Unit and Stacked Inverted Top-Emitting Electro phosphorence Organic Light-Emitting Diodes», these de doctorat, Georgia Institute of Technology ,2015.
 29. H.Lin., H.Bai., Z.Yang., Q.Shen., M. Li., Y. Huang., F. Lv., S.Wang., Conjugated polymers for biomedical applications *Chem. Commun.*, 2022,58, 7232-7244 ,DOI <https://doi.org/10.1039/D2CC02177C>.
 30. C. A .Chamberlain, “Etude théorique et expérimentale de micro-OLEDs rapides sur électrodes coplanaires en régime d’impulsions à haute densité de courant”, thèse de doctorat, université Paris 13,2017.
 31. R.Stanton., E.Russell. H.Brandt. D.J.Trivedi., Capture of Toxic Ox anions from Water Using Metal–Organic Frameworks *J. Phys. Chem. Lett.* 2021, 12, 37, 9175–9181 <https://doi.org/10.1021/acs.jpcclett.1c02550>

32. E.R.Winad, « Emission de lumière par une couche mince organique : Les OLEDs (Organic Light Emitting Diode », conférence Delta 30 Septembre 2008.
33. J. Staudigel., M. F. Stöbel., F. Steuber ., J. Simmerer., ” A. quantitative Numerical model of multilayer vapor deposited organic light emitting diode “J. Appl. Phys. 86, 3895 (1999).
34. A. Moliton., “” Electronique et optoélectronique organiques“”, Springer Verlag France, (2011).
35. J. Boizot.,”Optimisation de la durée de vie de micro-écrans vidéo à diodes Électroluminescentes organiques “, thèse de doctorat, Université de Grenoble, 2012.
36. A.Dirk, B.Achim, K.Wolfgang; “Multilayer Organic Light Emitting Diodes for Flat Panel Displays”; Institut Hoch frequenz technik, TUBraunschweig(1995).
37. L.Vignau.,” Vers des composants électroniques organiques de grande surface et flexibles,“”, thèse de doctorat, Université Bordeaux1, 2011.
38. S.Sato., M. Takada., D. Kawate., M. Takada., T. Kobayashi., H. Naito.,” Interfacial charges and electroluminescence in bilayer organic light-emitting diodes with different hole transport materials”, Japanese.J.Appl.Phys.58, SFFA02. (2019).
39. N.Liu.,S.Mei.,D.Sun.,W.Shi.,J.Feng .,Y.Zhou.,F.Mei.,J.Xu.,Y. Jiang.,X. Cao.,”Effects of Charge Transport Materials on Blue Fluorescent Light-Emitting Diodes with a Host-Dopant System”, Micro machines (2019),
40. C. Pinot., ’’Modélisation des diodes électroluminescentes organiques Multicouches dopées. Application à de nouvelles architectures “, thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique X, 2008.
41. A .Djurisic. P.Chui.”Organic Emitting Diode : effect of anode treatment to Device efficiency and stability”, thèse de doctorat, université de Hong Kong.
42. A. Alchaddoud, ’’ Etude du comportement électrique et photométrique des diodes électroluminescentes organiques pour l’éclairage ayant subi un vieillissement accéléré’’, Université Toulouse III - Paul Sabatier, 2017.
43. THE effect of trap density on the trapping and de-trapping processes in determining the turn-on voltage of double career organic light-emitting devices (OLEDs), 2021.
44. Improving the thermal stability of top-emitting organic light-emitting diodes by modification of the anode interface,2021.
45. Elucidating deviating temperature behavior of organic light-emitting diodes and light –emitting electrochemical cells,2021.