

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

جامعة سعد دحلب البلدية  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك  
Département d'Electronique



## Mémoire de Master

Filière : Electronique

Spécialité : Instrumentation

Présenté par :

KEMIKEM AMINA

&

DOUDAR FOUAD

# Caractérisation des diodes électroluminescentes pour application dans le retro-éclairage des téléviseurs

Proposé par : - Mr.aissat Abdalkader

Année Universitaire 2020 / 2021

# Dédicace

---

Nous tenons à dédier ce mémoire en particulier et en premier lieu à  
nos chers parents ;

Qui ont consacré leurs vies à l'éducation de leurs enfants,

Qui nous ont élevé avec amour et tendresse, et

Qui ont toujours cru en nous.

A nos chers frères et sœurs, à tous nos proches.

A tous les membres de la famille KEMIKEM

A toutes les personnes que nous portons dans notre cœur.

A tous nos amis(es) sans exception.

Aux étudiants de la spécialité Instrumentation PROMO 2021.

Et à la fin, une dédicace spéciale à tous nos enseignants durant notre  
cursus scolaire, du primaire à l'université.

Merci à toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin.

## Remerciements

---

*Tout d'abord, nous avons exprimé nos profonds remerciements à notre ALLAH le tout puissant qui nous a orientés vers le bon chemin et de nous avoir donné la force et la volonté d'accomplir ce modeste travail.*

*-Nous remercions s'adressent à notre encadrant AISSAT Abdelkader, pour avoir accepté de nous encadrer et encore pour avoir proposé ce sujet et qui nous a orientés nous tout la période de travail pour déterminé ce rapport de fin d'étude, Nous avons l'honneur de travailler avec vous, et nous sommes fières d'avoir accomplir ce travail sous votre supervision.*

*-Nous remercions le directeur Ali BOUMEDIENE de la société de Bomare COMPANY de nous accueillir comme stagiaires au sien de son département.*

*-Nous tenons à remercier toutes les équipes qui ont contribué au succès de notre stage parmi eux Bilal JALLOUL Co-promoteur, merci pour votre gentillesse et votre aide tout au long de la période de notre stage.*

*-Ne peux pas oublier de remercier toute l'équipe pédagogiques et tous les enseignants de la faculté de science d'Université Saad Dahleb Blida 01.*

*- Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce rapport*

AMINA

*Au tout puissant*

*Qui m'a donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là ;*

*A ma mère*

*Ton amour pour nous, a laissé en moi une empreinte indélébile. Que le seigneur nous accorde la grâce de t'avoir encore à nos côtés pour longtemps afin que tu sois témoin de notre reconnaissance ;*

*A mon cher père*

*Je te prie de trouver en ce travail le fruit de tes efforts pour mon éducation et de vivre assez longtemps pour en jouir ;*

*A ma très douce grand-mère*

*A ma chère sœur **Khadidja** et son marie **Aboubakr** et ses petites enfants **Adem** et **Serine** ;*

*A mes frères **Khir Eddine**, **Oussama**, **Redouan** et **abd eldjilil** ;*

*A ma chère fiancée **Raihana** ;*

*A mon binôme **Amina** qui a partagé avec moi ce travail ;*

*A mes amis **Ishak**, **Djilali**, **Belkacem**, **Kader**, **Raouf** ;*

*A toute personne qui aime **FOUAD** et que **FOUAD** aime ;*

*Je dédie ce modeste travail.*

***FOUAD.***

## ملخص:

الهدف من عملنا المعروف في هذا التقرير يتعلق بإدراك ودراسة توصيفات الثنائيات الباعثة للضوء، وهذه الأخيرة هي ظاهرة بصريّة وكهربائيّة تحدث على سطح مادة (أشباه موصلات) يمر بها تيار كهربائي يصدر ضوءاً، يتم تحديد لون الضوء (المقابل لطاقة الفوتونات) من خلال الطاقة اللازمة لتمرير الإلكترونات عبر فجوة الحزمة لأشباه الموصلات. يتم الحصول على الضوء الأبيض باستخدام أشباه موصلات متعددة أو طبقة فوسفور مضيء كهربائياً على جهاز أشباه الموصلات وقد تميزت هذه الظاهرة أيضاً بتغير ألوانها حسب شدة التيار الكهربائي ظاهرة بصريّة

**الكلمات المفتاحية:** توصيفات الثنائيات الباعثة للضوء اشباه الموصلات. ، الالكترونات،

---

### Résumé :

L'objectif de notre travail présenté dans ce rapporte la réalisation et l'étude les caractérisations des diodes électroluminescentes cette dernier est un phénomène optique et électrique qui se produit à la surface d'un matériau (semi-conducteur) qui traverse par un courant électrique émet de la lumière, La couleur de la lumière (correspondant à l'énergie des photons) est déterminée par l'énergie nécessaire aux électrons pour travers le bande interdite du semi-conducteur. La lumière blanche est obtenue en utilisant plusieurs semi-conducteurs ou une couche de luminophore électroluminescent sur le dispositif à semi-conducteurs et ce caractérisé cette phénomène également par le changement de ses couleurs selon l'intensité de courant

**Mots clés :** diodes électroluminescentes, semi- conducteur, électrons, phénomène optique

---

### Abstract:

The objective of our work presented in this report concerns the realization and the study of the characterizations of light-emitting diodes the latter is an optical and electrical phenomenon which occurs on the surface of a material (semiconductor) which crosses by a current Electric emits light, The color of light (corresponding to the energy of photons) is determined by the energy required forelectrons to pass through the bandgap of the semiconductor. White light is obtained by using multiple semiconductors or an electroluminescent phosphor layer on the semiconductor device and this characterized this phenomenon also by the change of its colors according to the intensity of the current.

**Keywords :** light-emitting diodes, semiconductor, electrons, optical phenomenon.

## Table des matières

Introduction générale .....	1
1.1 Introduction .....	2
1.2 Historique .....	2
1.3 Diode électroluminescente .....	4
1.3.2 Principe de fonctionnement .....	4
1.3.3 Structure de la diode électroluminescente .....	8
1.3.4 Technique de fabrications.....	8
1.3.7 DEL blanche .....	11
1.3.9 Comparaison avec les sources de la lumière .....	16
1.3.10 Spectre d'émission.....	17
1.3.11 Différente types des DELs.....	20
1.3.12 Avantage et inconvénient .....	22
1.3.13 Domaine d'utilisation de la diode électroluminescente.....	22
1.4 Technologie LCD .....	24
1.4.1 Principe d'affichage.....	24
1.4.2 Différents types de rétro-éclairage .....	25
1.5 Conclusion.....	26
2.1 Introduction .....	27
2.2.1 Description .....	27
2.2.2 Caractéristiques structurelles.....	28
2.2.3 Paramètre de maile .....	28
2.2.4 Effet de la composition d'Indium x sur l'énergie du gap.....	29
2.2.5 Effet de la température sur l'énergie du gap .....	29
2.2.6 Effet de L'longueur d'onde dans le domaine visible .....	30
2.3 Package.....	31
2.4 Caractéristique électrique (courant –tension).....	32

2.4.1 Mesure .....	33
2.5 Flux lumineux .....	36
2.5.1 Calcul flux lumineux .....	36
2.5.2 Définition.....	36
2.5.3 Eclairage.....	37
2.5.4 Tableaux des tests d'éclairages .....	37
2.6 Rendements lumineux .....	38
2.7 Température de couleur.....	38
2.7.1 Indice de rendu des couleurs .....	40
2.8 CONCLUSION .....	40
Conclusion Général .....	42

## Liste des figures

FIGURE 1.1: historique des DELs .....	03
FIGURE 1.2: Symbole de la diode électroluminescentes.....	04
FIGURE 1.3: Figure 1.3 Principe de fonctionnement d'une DEL .....	05
FIGURE 1.4: Schéma de principe d'une LED à homojonction. ....	06
FIGUR 1.5: Schéma de principe d'une hétérojonction .....	07
FIGURE1.6 : DEL à puits quantique. Principe de fonctionnement de DEL.....	07
FIGURE 1.7: Structure d'une DEL.....	08
FIGURE1.8:Effet des différents semi-conducteur pour fabriquer les diodes électroluminescentes .....	10
FIGURE 1.9: Lumière blanche à partir de trois couleur.....	11
FIGURE1.10: Spectre d'une lumière blanche créée à partir de RGB .....	12
FIGURE1.11: Schéma représentant la production de lumière blanche.....	13
FIGURE 1.12: Schéma représentant le spectre d'une DEL blanche Elaborée à partir d'une DEL bleu et phosphore émettant dans le jaune.....	13
FIGURE 1.13: Spectre d'émission d'une diode électroluminescente vert .....	17
FIGURE 1.14: Variations des énergies du gap $E_g$ (ev) en fonction de la longueur d'onde (nm) et de concentration d'Indium.....	19
FIGURE 1.15: (a) variation de la longueur d'onde en fonction de concentration d'aluminium (b) variation des énergies du gap $E_g$ (ev) en fonction de concentration d'aluminium .....	19
FIGURE 1.16: Différentes couleur des DELs DIP .....	20
FIGURE 1.17: DEL haute puissance .....	20
FIGURE 1.18: DEL composant monté en surface .....	21
FIGURE 1.19: 19 DEL puce sur circuit.....	21
FIGURE 1.20: (a) feux arrière à DEL de voiture Audi Q5 [29]. (b) Feux jour à DEL de voiture Audi -A5-2012 .....	23
FIGURE 1.21: Téléviseur Led 32" STREAM SYSTEM BM32C1 Hd .....	23
FIGURE 1.22 : Ecran Liquide Cristaux.....	25
FIGURE 1.23: Rétro-éclairage direct DEL .....	25
FIGURE 1.24: Rétro-éclairage EDGE DEL .....	26
FIGURE 2.1:Eléments qui composé L'InGaN.....	27
FIGURE 2.2: Réseaux cristallins (a) Zinc-blende (b) wurtzite .....	28

FIGURE 2.3: Variation de paramètre de mail en fonctions de composition d'Indium .....	29
FIGURE 2.4: Variations des énergies du gap $E_g$ (ev) en fonction de température T(K) et de concentration d'Indium .....	30
FIGURE 2.5: 5 Hétérostructure GaN /InGaN.....	31
FIGURE 2.6: Variation de la longueur d'onde en fonction de concentration d'indium et de température (K).....	31
FIGURE 2.7: Dimension de DEL.....	32
FIGURE 2.8:Circuit électrique idéal .....	32
FIGURE 2.9: Vue d'ensemble de montage .....	33
FIGURE 2.10: Histogramme des mesures par le voltmètre. ....	34
FIGURE 2.11: Histogramme des mesures par l'ampèremètre .....	34
FIGURE 2.12: Histogramme des mesures de l'ampèremètre et voltmètre ....	35
FIGURE 2.13: Histogramme des mesures de la puissance .....	35
FIGURE 2.14 : Sphère.....	36
FIGURE 2.15: 15 Calcul de l'éclairement par luxmètre .....	37
FIGURE 2.16: Différentes couleurs de la lumière selon la température .....	39
FIGURE 2.17: Graphique des température.....	39
FIGURE 2.18: Indice de couleur.....	40

## Liste des tableaux

TABLEAU 1.1 : Diodes électroluminescentes à différents couleurs. ....	15
TABLEAU 1.2 : Comparaison des performances des différentes sources de lumière existantes .....	17
TABLEAU 1.3 : Différentes longueurs d'onde selon les matériaux utilisée. ....	18
TABLEAU 2.1 : Paramètre de mail.....	28
TABLEAU 2.2 : Paramètre de structure.....	30
TABLEAU 2.3 : Différentes mesure.....	33
TABLEAU 2.4 : Différentes teste de l'éclairément .....	37



# Introduction générale

---

L'avenir de l'humanité est devenu entre les mains de la technologie en raison de son développement rapide au cours de l'ère moderne lorsque les semi-conducteurs à nitrure de gallium et d'indium ont été découverts à l'année 1960 a permis de créer des diodes électroluminescentes de puissance émettant de la lumière bleue. Cette nouvelle technologie s'est rapidement imposée dans l'industrie de l'éclairage depuis de nombreuses années.

Les diodes émettrices de la lumière DEL sont essentiellement des composants optoélectroniques réalisés à base d'un semi-conducteur nitrures III-V à grande largeur de bande interdit de GaN /InGaN qui jouent un rôle très important qui se retrouve dans de nombreuses applications industriels électronique et optoélectronique . Grâce à cette technologie, l'éclairage peut être repensé en termes de colorimétrie (lumière chaude et lumière froide), de puissance d'éclairage, et aussi de répartition de la lumière (réduction de la pollution lumineuse). L'éclairage peut devenir plus intelligent et plus dynamique grâce au pilotage simplifié de la puissance et de la couleur des DELs

L'objectif de ce stage est d'étudier les caractéristiques des diodes électroluminescentes LED pour l'application dans le rétro-éclairage des téléviseurs et d'apprendre comment installer la carte mère qui contient les composants des diodes électroluminescentes dans la chambre arrière ou bien la dalle de télévision de la marque commerciale Stream Système pour l'affichage de l'image.

L'objectif de ce travail est regroupé et organisé en trois chapitres qui se répartissent comme suit :

- Le premier chapitre constitue un rappel général sur les diodes électroluminescentes tels que la description, la structure de la DEL son principe de fonctionnement les différents matériaux principaux, les différents types de DELs et le différent domaine d'application
- Le deuxième chapitre nous présente notre étude des DELs à base d'un matériau Nitrure d'indium gallium InGaN- III-V ainsi concernera l'application à travers l'étude des caractéristiques des diodes électroluminescentes

**PARTIE**  
**THEORIQUE**

# **Chapitre<sub>1</sub> \_\_\_\_\_**

## **Généralités sur les diodes électroluminescentes**

## 1.1 Introduction

De nos jours, les produits électroniques sont devenus une partie importante de notre vie. Que les diodes Électroluminescentes sont des composants de plus en plus utilisés dans divers domaines tels que l'éclairage, leur développement remonte à 1960, date de la découverte des semi-conducteurs. Lorsque les semi-conducteurs ont été découverts.

Une diode électroluminescente est un dispositif de la technologie des semi-conducteurs qui émet de la lumière lorsqu'un courant électrique le traverse. Elle a été utilisée dans divers appareils tels que les téléviseurs, les radios, les téléphones, les calculatrices et les montres.

## 1.2 Historique

Le phénomène de l'électroluminescence a été découvert en 1907 par Henry Joseph Round, c'est la première fois que des cristaux de carbure de silicium émettent de la lumière à partir des matériaux semi-conducteurs [1].

En 1921 Oleg Loso observe à nouveau ce phénomène d'émission lumineuse. Le semi-conducteur à travers lequel circule le courant est appelé effet circulaire. Le comportement des diodes à base de matériaux semi-conducteurs a été initialement étudié plus en détail et appelé plus tard diodes électroluminescentes. Il a utilisé de l'oxyde de zinc et du carbure de silicium pour fabriquer des diodes à cristal dans ce phénomène, et son travail ont été publié dans les journaux russes en 1927 [2]. En 1955 Rubin Braunstein à découvert l'émission infrarouge de l'arséniure de gallium [3]. En 1962 l'ingénieur américain Nick Holonyak a mis au point une diode électroluminescente composée d'arséniure de gallium et de phosphore émettant une couleur rouge. Les LED dans la gamme des longueurs d'onde visibles indiquent vraiment la naissance des LED produites à l'échelle industrielle. En 1971, avec des avancées significatives dans le domaine des lumières LED, de nouveaux matériaux semi-conducteurs ont permis aux chercheurs d'obtenir des LED pouvant émettre de nombreuses couleurs telles que le vert, l'orange et le jaune.

En 1992 l'ingénieur en électronique Shuji Nakamura, et professeur à l'Université de Santa Barbara, Développa la première LED haute brillance au nitrure de gallium et la première LED à émission bleue. Cette percée a ouvert la voie aux LED à incandescence, qui peuvent fournir une lumière blanche et peuvent donc être utilisées pour l'éclairage intérieur et extérieur. S. Nakamura a également développé des lampes LED qui émet de la lumière ultraviolette [4].

En 1990, avec le développement de chercheurs en technologie des semi-conducteurs à INGan shuji Nakamura, Nichia et Takashi Mukai, ils ont pu créer des LED blanches à haute luminosité, puis les ont appliquées à l'utilisation de phosphore jaune/orange en grenat d'aluminium yttrium. LED. Cette percée a rendu possible de nouvelles applications majeures, telles que l'éclairage et le rétroéclairage des téléviseurs et des écrans LCD [5]. Le 7 octobre 2014, Shoji Nakamura, Isamu Akasaki et Hiroshi Amano ont remporté le prix Nobel de physique pour leurs travaux sur les LED bleues [6].

Brevet de DEL 1907 par Henry Joseph Round,

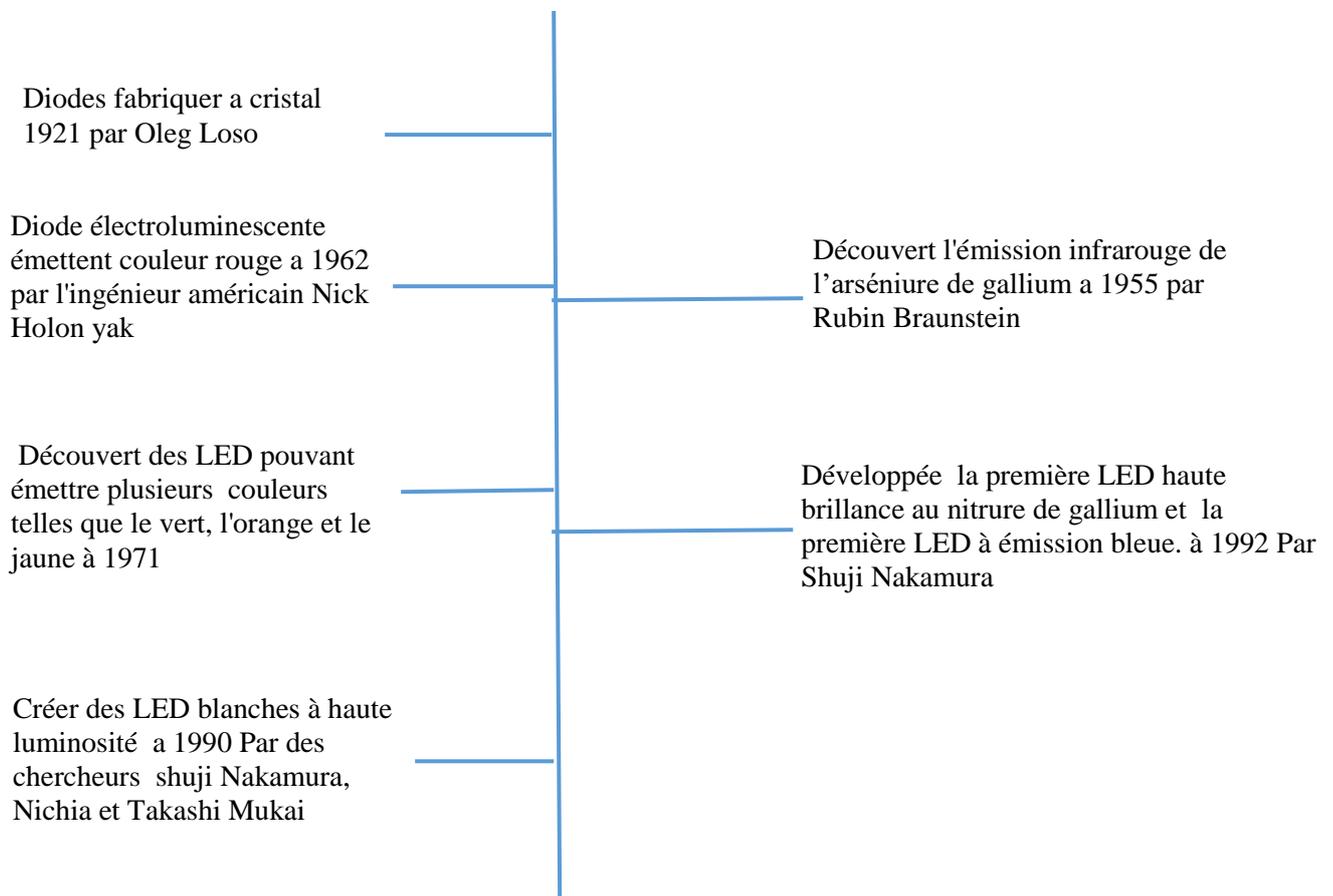


Figure 1.1 Historique des DELs

## 1.3 Diode électroluminescente

### 1.3.1 Définition

Une diode électroluminescente (DEL) est un élément optoélectronique basé sur un semi-conducteur qui peut émettre un rayonnement lumineux visible (rouge, orange, jaune, vert et bleu) ou invisible (infrarouge) lorsqu'elle est polarisée dans le sens direct et que le courant électrique ne circule que dans un sens (le sens direct) ; la diode produira un rayonnement monochromatique ou polychromatique dû à la conversion de l'énergie électrique en énergie lumineuse [7] .

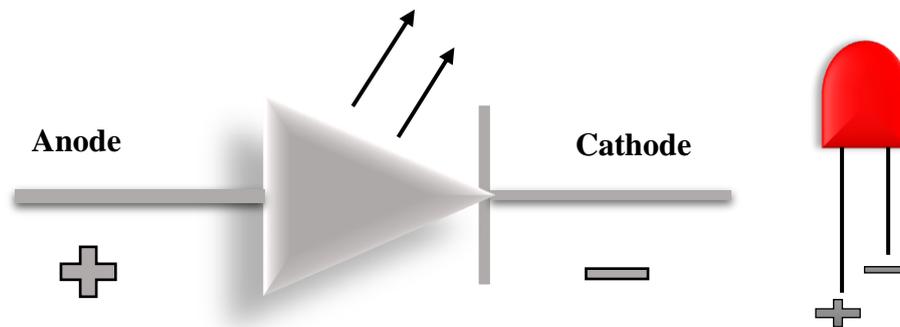


Figure 1.2 Symbole de la diode électroluminescente.

### 1.3.2 Principe de fonctionnement

La structure fondamentale de la diode électroluminescence est une jonction P-N composée de semi-conducteurs. Lorsqu'un courant électrique est appliqué sur la jonction PN dans le sens direct on assiste à un déplacement des électrons qui sont majoritaires dans la région de type N vers la zone de type P où ils se recombinent avec les trous de tension déférente, c'est-à-dire que les électrons ont un niveau d'énergies élevées et les trous ont un niveau d'énergie faible et lorsque ces derniers recombinés les électrons passent d'un niveau d'énergie supérieur à un niveau d'énergie inférieur ils émettent de l'énergie sous forme de lumière.

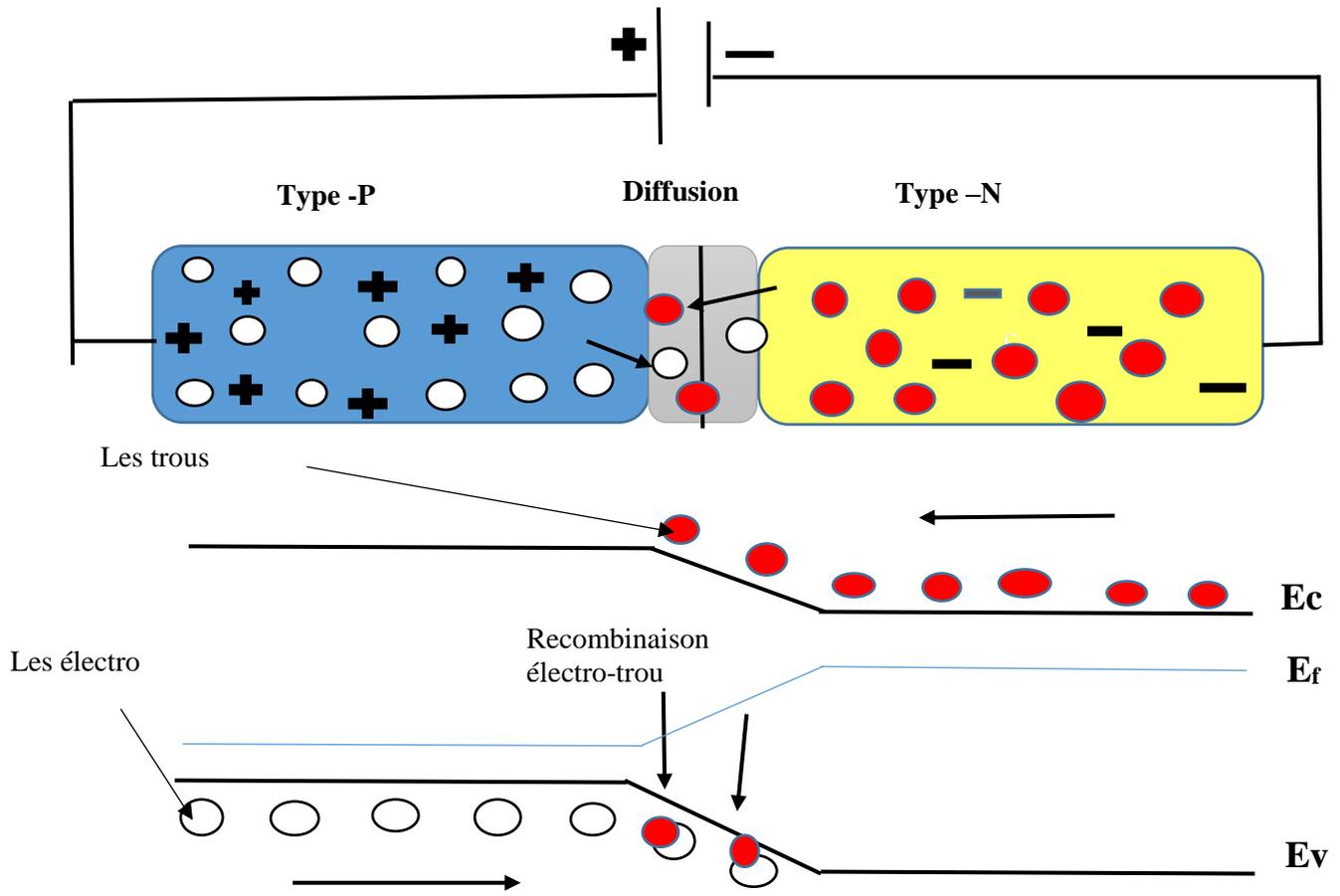


Figure 1.3 Principe de fonctionnement d'une DEL

La relation entre le courant  $I_D$  et la tension  $V_D$  de la jonction polarisée en direct est :

$$I_D = I_s \left( e^{\frac{qVD}{nKT}} - 1 \right) \tag{1.1}$$

Avec :  $I_s$  courant inverse ou courant saturation

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = \text{constante de Boltzmann } K = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$n$  = facteur d'idéalité

La zone de charge d'espace et les porteurs neutres minoritaires N et P sont deux des trois régions où les porteurs redondants se recombinent. La zone de charge d'espace, d'autre part, ça

n'a aucun effet car la jonction Pn est fortement polarisée dans une direction. Lorsque les électrons et les trous se recombinent dans un semi-conducteur, les photons sont libérés. Le vecteur d'onde des photons peut être maintenu lors du passage des électrons de la bande de conduction à la bande de valence. (6) L'énergie du photon généré dans une transition émissive est déterminée par la différence des niveaux d'énergie avant ( $E_i$ ) et après ( $E_f$ ): [8]

$$H_\gamma = E_i - E_f \text{ (eV)} \tag{1.2}$$

### 1.3.2.1 DEL à homojonction

Pour construire une jonction PN à partir de deux blocs du même matériau semi-conducteur mais avec des niveaux de dopage variable sont combinés pour former des homojonctions. Comme il y a plus d'électrons (porteurs minoritaires) dans la zone "p" que de trous (porteurs minoritaires) dans la zone "n", la recombinaison des porteurs est plus fréquente dans la zone "p". La présence d'un plus grand nombre d'électrons (porteurs minoritaires) dans la zone "p" que les trous s'explique par le fait que les trous ont une mobilité significativement plus faible que les électrons. Parce que le côté "p" de la LED émet plus de lumière, il est construit avec la zone "p" proche de la surface émettrice [9].

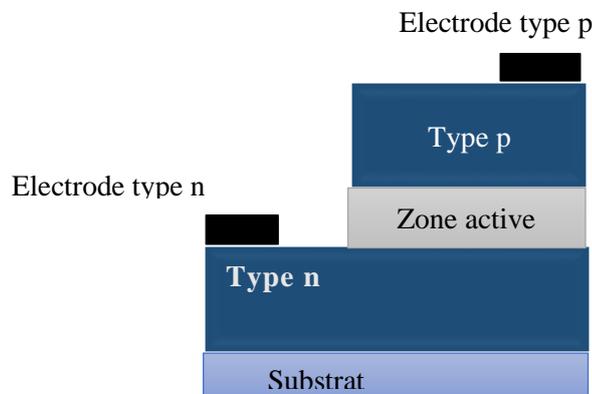


Figure 1.4 : Schéma de principe d'une LED à homojonction.

### 1.3.2.2 DEL à hétérojonction

Le concept de base de la technologie à hétérojonction est basé sur le changement spatial de la composition du semi-conducteur. Ces formations, connues sous le nom d'hétérostructures, sont constituées de semi-conducteurs avec des compositions chimiques et des "gaps" énergétiques variables [10].

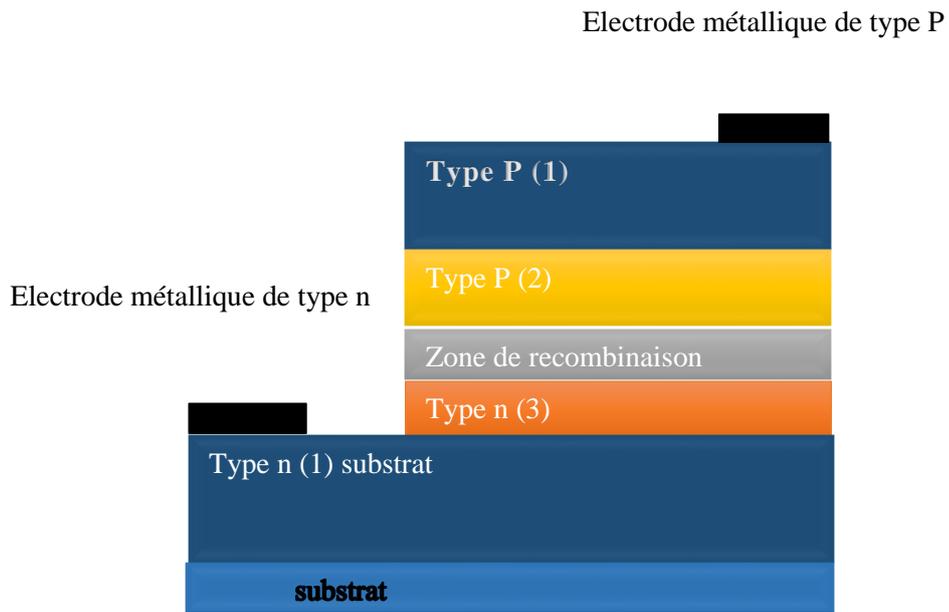


Figure 1.5: Schéma de principe d'une hétérojonction

### 1.4.3. DEL à puits quantique

Un puits quantique est réalisé à partir d'une couche de matériau semi-conducteur A (généralement quelques dizaines de nanomètres d'épaisseur) entre deux couches de matériau semi-conducteur B. Ce dernier présente un écart d'énergie plus important que le matériau A, ce qui donne lieu à une barrière de potentiel qui limite les porteurs dans le puits quantique.

Le puits quantique améliore le rendement radiatif en concentrant les électrons et les trous dans un petit volume, ce qui augmente la probabilité de recombinaison électron-trou. Un seul puits quantique peut être saturé en porteurs, ce qui signifie que le nombre de photons émis reste constant à un seuil spécifique même lorsque le courant est élevé [11].

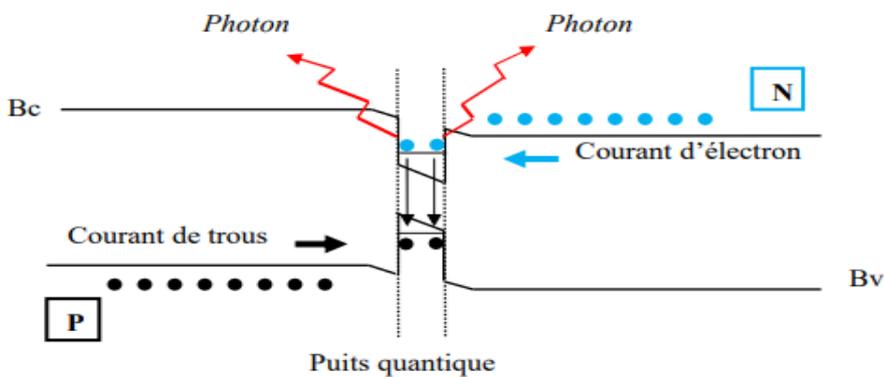


Figure 1.6 : DEL à puits quantique.

### 1.3.3 Structure de la diode électroluminescente

La structure fondamentale des DELs, qui sont généralement formées sur un substrat de type n avec une électrode liée à une couche de type p déposée sur sa surface, joue un rôle crucial dans l'émission de lumière. On trouve également le substrat de type P, mais il est moins répandu. Un substrat en saphir est utilisé dans de nombreuses lampes commerciales, notamment les lampes GaN/InGaN.

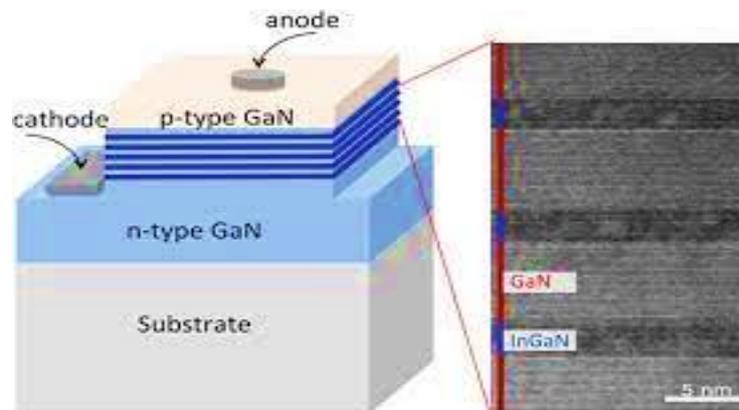


Figure 1.7 : structure d'une DEL

### 1.3.4 Technique de fabrications

La fabrication de DEL est un processus qui implique la création de diodes électroluminescentes (DEL). Différentes quantités d'arséniure et de phosphure sont couramment utilisées dans la production de DEL qui émet différentes couleurs. Les LED bleues et blanc brillant sont désormais plus difficiles à produire, et elles sont généralement moins efficaces que les autres LED. Leur coût unitaire augmente en raison de leur efficacité réduite et de la difficulté croissante de production. Les LED existent dans une grande variété de tailles et de formes. Certaines sont fabriquées comme des dispositifs multicolores qui contiennent à la fois une puce rouge et une puce verte, ce qui permet de produire de la lumière dans les deux couleurs. Il existe également des LED tricolores, rouges, bleues et vertes (RGB), ainsi que plusieurs variétés de LED blanches d'intensité variable et sont utilisées pour différentes applications [12].

### 1.3.5 Matériaux utilisés

La longueur d'onde émise varie en fonction de la bande d'énergie interdite des matériaux. Sa longueur d'onde peut aller de l'ultraviolet UV (inférieur à 380 nm) à l'infrarouge IR (au-delà de 380 nm) (supérieur à 830 nm). Les matériaux semi-conducteurs utilisés dans la création des LED à lumière émise sont énumérés ci-dessous [13] :

- Nitrure d'indium gallium (InGaN) : LED haute luminosité bleues, vertes et ultraviolettes.
- Phosphure d'aluminium gallium indium (AlGaInP) : LED haute luminosité jaune, orange et rouge.
- Arséniure de gallium d'aluminium (AlGaAs) : LED rouge (665 nm) et infrarouge jusqu'à 1000 nm de longueur d'onde.
- Carbure de silicium (SiC) : première LED bleue commerciale; faible efficacité.
- Phosphure de gallium (GaP) : LED jaune et verte.

La largeur de bande du matériau semi-conducteur utilisé détermine en grande partie la couleur des diodes électroluminescentes. La couleur correspond à une longueur d'onde spécifique, qui est l'inverse de la fréquence de la radiation électromagnétique émise [14].

### 1.3.6. Différentes familles des diodes électroluminescentes

Il existe différentes familles des diodes électroluminescentes, et ils sont classés selon :

#### A. Classement selon la puissance

- **DEL faible puissance <1 W**

Ce sont les plus connus car ils existent dans notre quotidien depuis de nombreuses années. Par exemple, ils font office de voyants lumineux sur les appareils électroménagers.

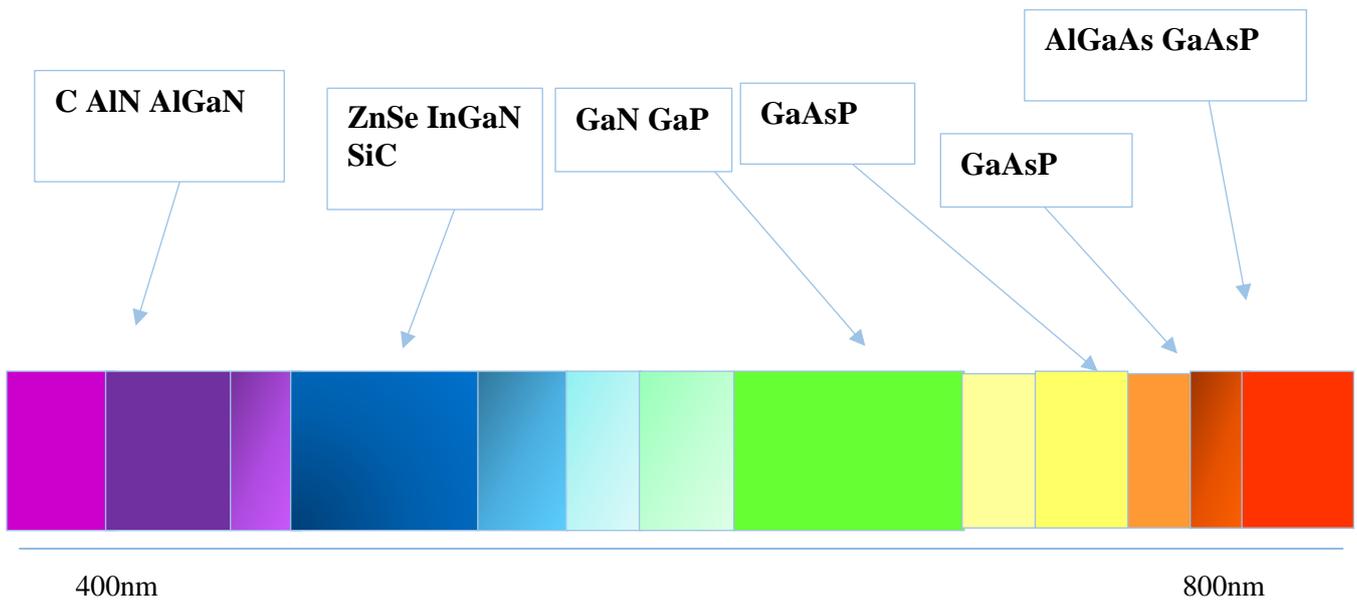
- **DEL haute puissance > 1 W**

Flashs de téléphone portable, éclairage domestique, éclairage de performance, lampes de poche ou phares... malgré leur méconnaissance du public, ils sont florissants et passent souvent inaperçus. Pourtant, le principe et le fonctionnement sont presque identiques. Il existe des distinctions importantes entre les deux familles. Chacune a un objectif distinct [15].

**B. Classement selon le spectre d'émission**

Une autre façon de les classer est de considérer la distribution d'énergie dans la gamme de longueurs d'onde, y compris la lumière visible (longueur d'onde d'environ 380-780 nm) ou la lumière invisible (essentiellement infrarouge). La raison de la différence est que les diodes lumineuses blanches peuvent être utilisées pour l'éclairage qui est l'une des applications phares du futur (proche) :

- Chromaticité : L'énergie est concentrée dans une plage de longueurs d'onde étroite (20 à 40 nm). Ces sources lumineuses ont un spectre presque monochromatique.
- Blanc : L'énergie est distribuée dans la lumière visible dans toute la gamme de longueurs d'onde d'environ 380-780 nm.
- Infrarouge : Énergie au-delà du spectre visible, comme pour le positionnement (console Wii), la télécommande, l'éclairage de la caméra infrarouge, etc [16].



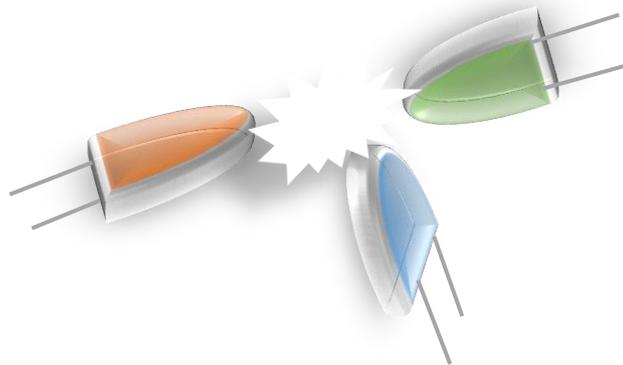
**Figure 1.8** Effet des différents semi-conducteurs pour fabriquer les diodes électroluminescentes

### 1.3.7 DEL blanche

Il existe aujourd'hui deux techniques pour produire de la lumière blanche à l'aide de diodes électroluminescentes. La diode rouge a été inventée dans les années 1960, suivie par la diode verte dix ans plus tard. L'introduction des diodes bleues dans les années 1990 a donné naissance à la première source de lumière blanche à LED.

#### 1.3.7.1 Combinaison de trois LED (rouge, vert, bleu)

Pour La première méthode et La plus ancienne méthode de reconstruction de cette lumière est la synthèse additive de trois différentes couleurs (rouge, vert, bleu) dans l'artisanat. Par ici Lorsque les LED qui émettent dans le spectre bleu sont améliorées et que certaines d'entre elles La technologie peut être reproduite à grande échelle. Cependant, la faible largeur spectrale de chaque Les LED qui dépend de la lumière émise est généralement peu efficace lorsqu'elles sont regroupées Utilisé pour produire de la lumière blanche dans les lampes. Ce type de mélange est appelé RGB (de l'anglais, rouge-vert-bleu) Les semi-conducteurs utilisés pour faire de la lumière bleue (450-460 nm) et verte (530-550 nm) sont en général composés.



**Figure 1.9** Lumière blanche à partir de trois couleurs

Par ici Lorsque les LED qui émettent dans le spectre bleu sont améliorées et que certaines d'entre elles La technologie peut être reproduite à grande échelle. Cependant, la faible largeur spectrale de chaque Les LED qui dépend de la lumière émise est généralement peu efficace lorsqu'elles sont regroupées Utilisé pour produire de la lumière blanche dans les lampes. Ce type de mélange est appelé RGB (de l'anglais, rouge-vert-bleu) Les semi-conducteurs utilisés pour faire de la lumière bleue (450-460 nm) et verte (530-550 nm) sont en général composés de GaInN, pour la lumière orange/rouge (610-630 nm) du AlGaInP. La qualité du blanc obtenu va dépendre du choix des longueurs d'onde, de l'intensité relative des différentes DELs mais aussi des matériaux utilisés comme les semi-conducteurs qui sont différentes selon chaque

couleur émise, est toujours utilisé pour créer des couleurs ou des animations spécifiques, La couleur et sont rarement utilisées pour produire de la lumière blanche dédiée à l'éclairage.

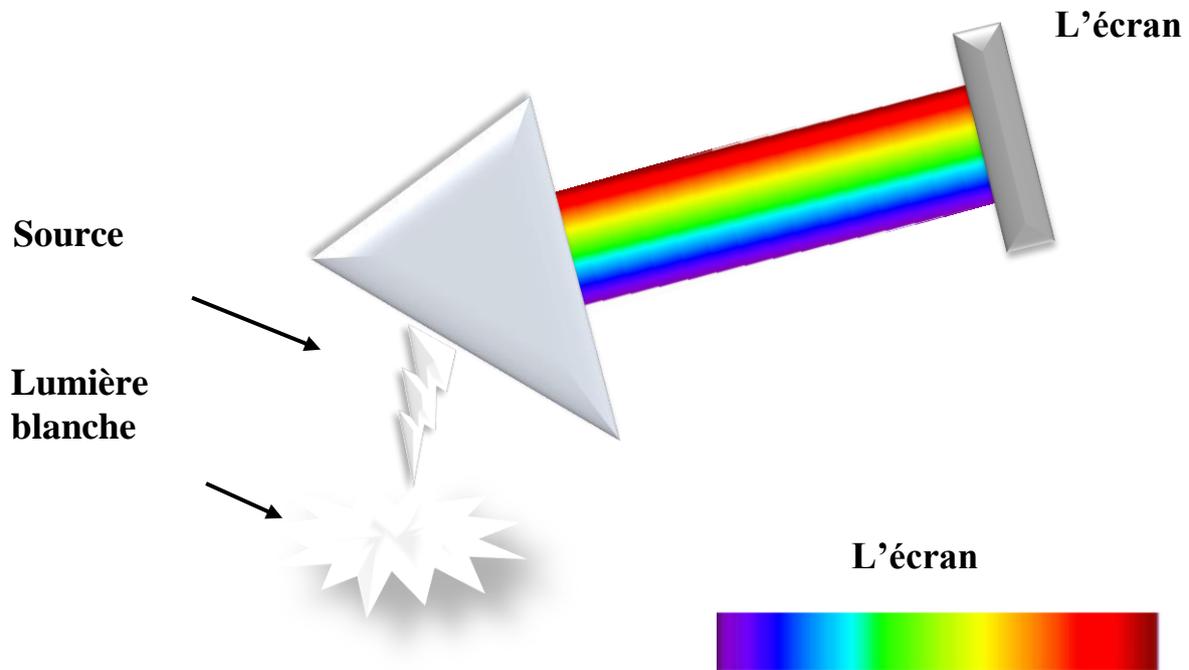
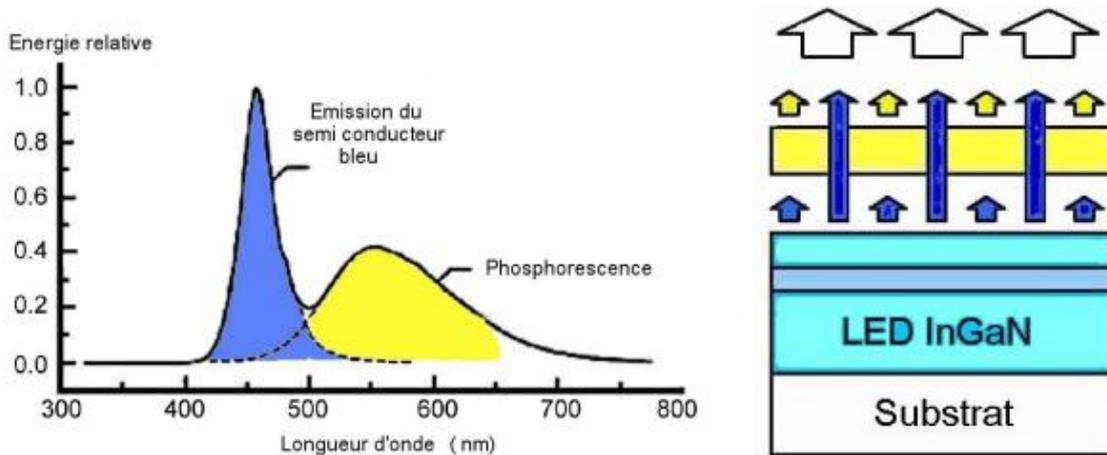


Figure 1.9 Spectre d'une lumière blanche créée à partir de trois LED (RGB)

### 1.3.7.2 LED bleue + phosphore jaune

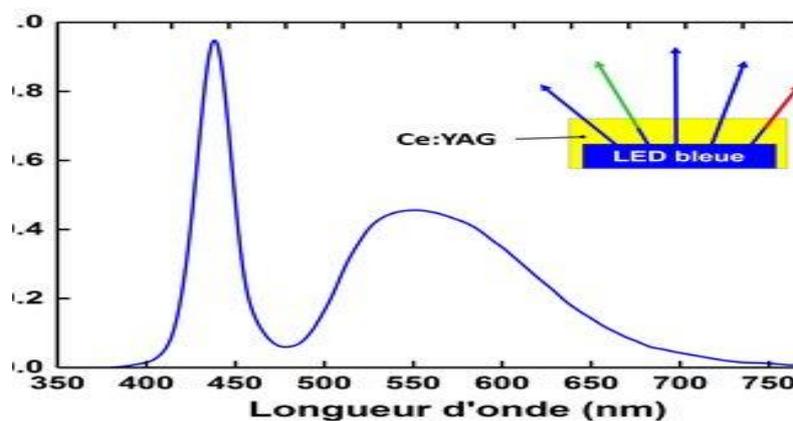
La deuxième façon de produire de la lumière blanche est d'utiliser Un semi-conducteur dans une gamme spectrale donnée, Le principe est simple : il s'agit d'exciter du phosphore à l'aide d'un rayonnement bleu, puis Produire une émission jaune. Une partie de l'émission bleue est absorbée par le phosphore, donc Les 2 émissions de la sortie LED se chevauchent, donnant l'impression de lumière blanche.



**Figure 1.11** Schéma représentant la production de lumière blanche [17].

Le principe de composition est que le matériau semi-conducteur de la LED est choisi d'émettre un rayonnement bleu d'environ 440 nm. Phosphore choisis pour émettre une lumière blanche/jaune/orange directement déposée sur la puce et le rôle de Filtre et absorbe partiellement le rayonnement de la lumière bleue. Le résultat est une lumière à tendance blanche c'est un mélange du bleu qui n'est pas complètement absorbé et du jaune émis par le luminophore [18]

La combinaison des deux spectres qui produisent la lumière blanche est montrée dans la figure (2.9) Pour fabriquer leurs LED blanches. L'émission de phosphore utilisé a une bonne Stabilité de la température mais la longueur d'onde d'émission de la LED bleue change avec la température.



**Figure 1.12** Schéma représentant le spectre d'une LED blanche Elaborée à partir d'une LED bleue et phosphore émettant dans le jaune [19].

### 1.3.8 Couleur des Diodes électroluminescentes

La couleur de la lumière d'une diode électroluminescente peut être produite de différentes manières

- Coloration due à la longueur d'onde du semi-conducteur (capot transparent)
- Coloration modifiée par le capot de la diode (émission bleue ou UV + revêtement à base de luminophores)
- coloration par plusieurs émissions de longueur d'onde différentes : les diodes électroluminescentes poly chromatiques. Elles permettent notamment de proposer une vaste gamme de couleurs [20]
- La couleur de la diode électroluminescente dépend en grande partie de la largeur de bande du matériau semi-conducteur utilisé, La couleur correspond directement à La longueur d'onde donnée est l'inverse de la fréquence de rayonnement Émission électromagnétique

Tableau 1.1 Diodes électroluminescentes à différents couleurs [21]

Couleur	Longueur d'onde (nm)	Tension de seuil (V)	Semi-conducteur utilisé
<b>Infra Rouge</b>	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.63$	-Arséniure de gallium (GaAs) -Arséniure d'aluminium et de gallium (AlGaAs)
<b>Rouge</b>	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	-Arséniure d'aluminium et de gallium (AlGaAs) -Phosphure d'arséniure de gallium (GaAsP) -Phosphure d'aluminium gallium indium (AlGaInP) -Phosphure de gallium(III) (GaP)
<b>Orange</b>	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$	-Phosphure d'arséniure de gallium (GaAsP) -Phosphure d'aluminium gallium indium (AlGaInP) -Phosphure de gallium(III) (GaP)
<b>Jaune</b>	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$	-Phosphure d'arséniure de gallium (GaAsP) -Phosphure d'aluminium gallium - indium (AlGaInP) -Phosphure de gallium(III) (GaP)
<b>Vert</b>	$500 < \lambda < 570$	$2.18 < \Delta V < 2.48$	-Nitrure d'indium et de gallium (InGaN) / Nitrure de gallium (III) (GaN) -Phosphure de gallium(III) (GaP) -Phosphure d'aluminium gallium indium (AlGaInP) -Phosphure d'aluminium et de gallium (AlGaP)
<b>Bleu</b>	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 2.76$	-Séléniure de zinc (ZnSe) -Nitrure d'indium et de gallium (InGaN) -Carbure de silicium (SiC) comme substrat -Silicium (Si) comme substrat — (en cours de développement)
<b>Violet</b>	$400 < \lambda$	$2.76 < \Delta V < 3.1$	-Nitrure d'indium et de gallium (InGaN)
<b>Ultraviolet</b>	$\lambda < 400$	$\Delta V > 3.1$	-Diamant (235 nm) -Nitrure de bore (215 nm) -Nitrure d'aluminium (AlN) (210 nm) -Nitrure d'aluminium et de gallium (AlGaN)

### 1.3.9 Comparaison avec les sources de la lumière

Aujourd'hui. Nous pouvons constater que les LED blanches sont plus performantes que les ampoules à incandescence, bien qu'elles soient actuellement moins efficaces en termes d'efficacité lumineuse que les tubes fluorescents. L'émission d'un filament de tungstène chauffé à 2800K produit une lumière chaude dans les ampoules à incandescence. Cette source de lumière est la moins chère à l'achat et produit des kilos de lumière par ampoule, mais elle a aussi le rendement le plus faible (15lm / W).

L'effet Joule fait perdre aux ampoules à incandescence une quantité importante d'énergie.

80 % de l'énergie consommée est perdue sous forme de chaleur à cause de la dissipation. En outre, elles produisent beaucoup de rayonnements infrarouges et ultraviolets.

Les tubes fluorescents produisent une lumière froide grâce à des phosphores qui sont stimulés par les rayons UV produits par l'ionisation d'un gaz, généralement du mercure. Ils produisent des kilos / lm par tube à un coût raisonnable et ont une efficacité lumineuse élevée d'environ 80lm / W. Une "lumière froide" est également produite par les LED. Elles ont une durée de vie de 100 000 heures (c'est-à-dire 10 ans en fonctionnement continu), contre 1 000 heures pour les ampoules à incandescence et 12 000 heures pour les tubes fluorescents.

D'autres sources lumineuses, en raison de leur boîtier en verre, sont plutôt fragiles. En outre, la LED est un dispositif très petit, et elle peut intéresser les personnes pour les applications qui doivent intégrer des sources lumineuses dans un petit volume. Ce n'est pas le cas des tubes fluorescents, car il est difficile de réduire la taille sans réduire l'efficacité et la durée de vie. L'indice de rendu des couleurs est un paramètre important de l'éclairage, et il est comparable d'une source lumineuse à l'autre. L'indice de rendu des couleurs de certaines LED dépasse, ce qui indique qu'elles peuvent rivaliser avec la meilleure source de lumière pour fournir un éclairage de haute qualité. Sur le plan environnemental, outre les économies d'énergie, les LED peuvent également remplacer les tubes fluorescents contenant du mercure, qui sont nocifs pour l'environnement. Un autre point fort des LED est la possibilité de contrôler les couleurs. Toutefois, le principal inconvénient est le coût par lumen qui est encore très élevé [22].

**Tableau 1.2** Comparaison des performances des différentes sources de lumière existantes [23]

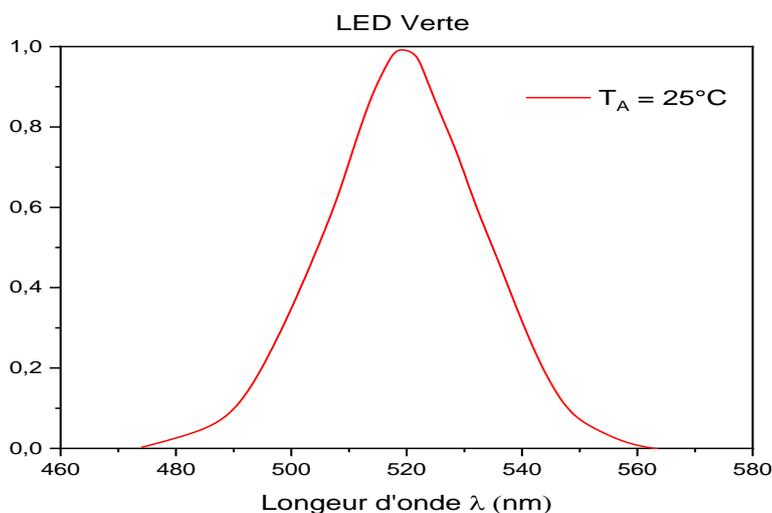
Source	Rendement lumineux	Flux lumineux typique	Puissance Electrique correspondante	Durée de vie	IRC	Prix (\$/kilo Lum)
<b>Luxon V DEL blanche R&amp;D</b>	24 lm/W > 65lm/W	120 lm	5 W	50000 h	> 75 > 90	< 250
<b>Ampoule Incandescente</b>	15 lm/W	900 lm	60 W	1000 h	100	0,6 (75W)
<b>Lampe à Halogène</b>	20 lm/W	1200 lm	60 W	4000 h	100	
<b>Tube Fluorescent</b>	60-80 lm/W	600 lm	9 W	12000 h	≤ 98	0,73
<b>Lampe Fluo Compact</b>	40-45 lm/W			10000 h	82	

### 1.3.10 Spectre d'émission

Le spectre, c'est-à-dire la couleur du rayonnement émis par une diode électroluminescente est défini par  $P = f(\lambda)$  la largeur de la bande de l'longueur d'onde  $\Delta\lambda$  ou la puissance rayonnée est  $P > 0$ , dans le cas générale l'énergie libérée dans une transition radiative suite à une recombinaison électron-trou

Sa caractéristique spectrale (intensité émise – longueur d'onde) [24]

- La figure suivant présenté spectre d'émission d'une diode vert pour une longueur d'onde à intensité pourra être comprise de 505 nm à 535 nm (soit une largeur spectrale de 30 nanomètres)

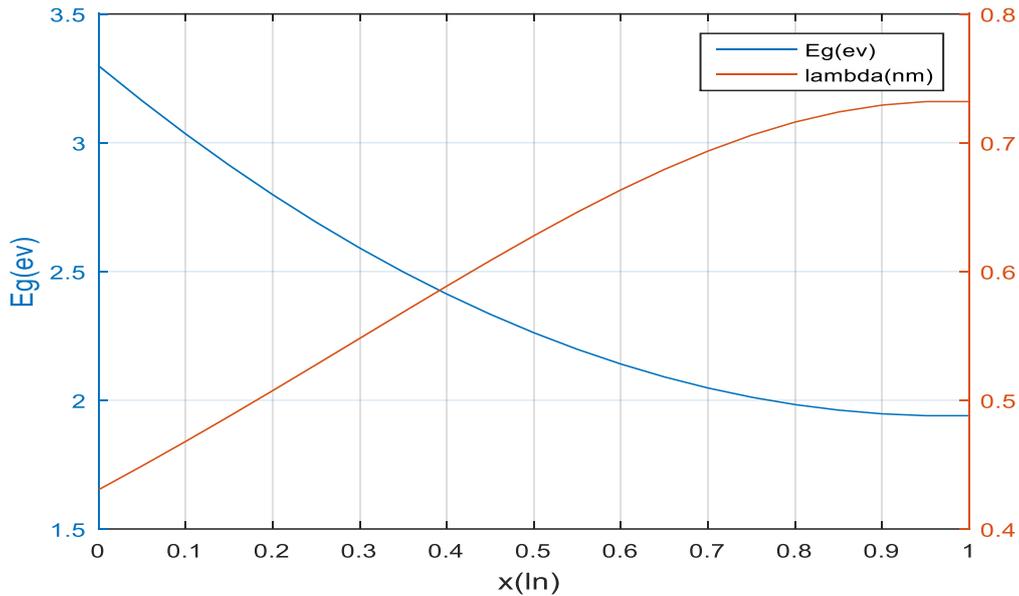


**Figure 1.13** Spectre d'émission d'une diode électroluminescente verte

Il existe actuellement plusieurs types de LED donnant chacun des spectres différents. Cela est obtenu par la variété des semi-conducteurs utilisés pour fabriquer les jonctions PN.

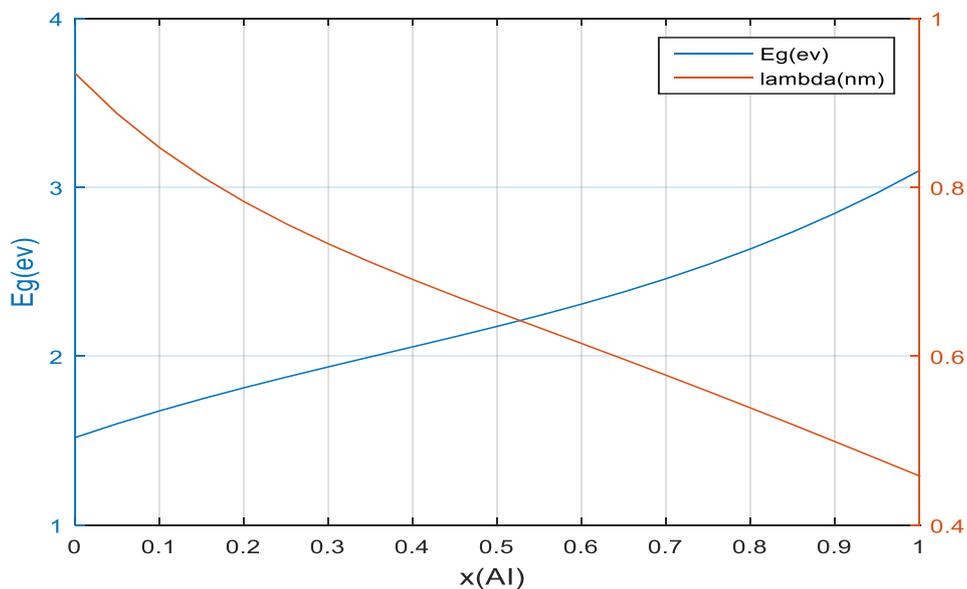
**Tableau 1.3** Différentes longueurs d'onde selon les matériaux utilisée.

<b>Matériaux</b>	<b>Rayonnement</b>	<b>Longueur d'onde d'émission</b>	<b>Intensité lumineuse</b>	<b>Puissance émise</b>
<b>GaP</b>	Vert	555 nm	63mCd	30 $\mu$ W
<b>GaAlAs</b>	Rouge	660nm	1790mCd	4855 $\mu$ W
<b>Sic</b>	Bleu	470nm	9mCd	11 $\mu$ W
<b>InGaN</b>	Vert	500nm	2000 mCd	1000 $\mu$ W
<b>InGaN</b>	Bleu	450nm	2500mCd	3000 $\mu$ W



**Figure 1.14** Variations des énergies du gap  $E_g$  (ev) et la longueur d’onde (nm) en fonction de concentration d’Indium

La figure 1.14 présente l’effet de la concentration d’Indium sur l’énergie de la bande interdite qui diminue de 3.29 ev à 1.9 ev par contre la longueur d’onde qui augmentée de 0.44 ev à 0.73 ev.



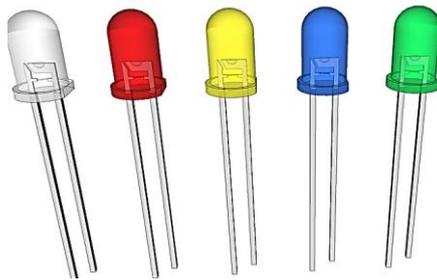
**Figure 1.15** variation des énergies du gap  $E_g$  (ev) et la longueur d’onde en fonction de concentration d’aluminium

On remarque que la variation de l’énergie de gap en fonction de la concentration d’aluminium est plus importante que la variation de la longueur d’onde parce que l’énergie de gap est augmentée que la longueur d’onde est diminuée donc elle reste faible avec l’augmentation de gap d’énergie

### 1.3.11 Différents types des DELs

#### 1.3.11.1 LED de type DIP (Dual In-Line Package)

Sont les modèles les plus anciens, qui sont utilisés dans les dispositifs électroniques composés de plusieurs diodes électroluminescentes depuis près de 40 ans. Ce sont des LED de faible puissance avec un angle de diffusion réduit (angle de sortie de la lumière limité à 30°) et donc un faible rendement lumineux. Elles ne sont pas adaptées à l'éclairage principal et sont très peu coûteuses, mais avec le développement de la technologie des LED DIP, elles sont devenues plus largement utilisées et plus puissantes.



**Figure 1.16** Différentes couleurs des DELs DIP [25].

#### 1.3.11.2 DEL de type high power (haute puissance)

Sont des LED construites composées d'une base de LED SMD, qui est caractérisée par une puissance élevée, une luminosité supérieure, plus d'intensité lumineuse, et l'efficacité de production. Le seul inconvénient est l'angle d'éclairage relativement étroit, limitant l'angle de dispersion de la lumière à 45°, ce qui les rend inadaptés à l'éclairage primaire.



**Figure 1.17** DEL haute puissance [26].

### 1.3.11.3 LED de type SMD ou CMS (surface Mounting Device)

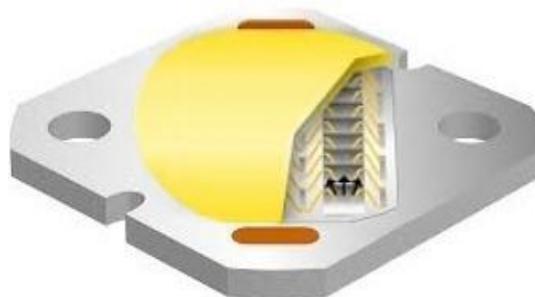
Les puces SMD ou les composants montés sur la surface du circuit d'impression ont constitué un développement important dans l'industrie des LED, et elles se caractérisent par : Peu coûteuses, plus puissantes, plusieurs couleurs possibles avec une seule LED, angle de diffusion de la lumière jusqu'à 140 degrés, éclairage principal ou utilisation décorative à l'intérieur et à l'extérieur.



**Figure 1.18** DEL composant monté en surface [27].

### 1.3.11.4 DEL de type COB (chip On Board)

Ce sont les types les plus récents et les plus efficaces, constitués d'un groupe de puces combinées en un seul module. Les LED COB se distinguent par leur puissance et leur efficacité élevées grâce à leurs nombreuses puces. Angle de diffusion de la lumière Selon la forme de la LED, 80 degrés - En intérieur, pour un éclairage extérieur permanent sur des projecteurs de forte puissance, il y a une excellente résistance aux interférences électriques.



**Figure 1.19** DEL puce sur circuit [28]

### 1.3.12 Avantage et inconvénient

#### 1.3.12.1 Avantages

Elle présente de nombreux avantages par rapport à l'éclairage traditionnel, comme le fait de consommer peu d'énergie électrique et de pouvoir fonctionner avec de petites batteries.

- Faible consommation, grâce à la faible puissance installée, qui permet d'économiser de l'énergie.
- Longue durée de vie, qui peut atteindre 50 000 heures si les paramètres de fonctionnement recommandés sont respectés.
- Taille compacte (ses dimensions ne dépassent pas 5 millimètres).
- Simplicité de montage du circuit

#### 1.3.12.2 Inconvénients.

- Le processus de fabrication d'une LED est très coûteux en énergie (mais une production à grande échelle comme actuellement permet de réduire massivement ce coût).
- Selon le fabricant Philips, l'efficacité lumineuse de certaines DELs chute rapidement (comme pour la plupart des technologies d'éclairage) pour ne plus produire en fin de vie que 20% de la quantité initiale de lumière, mais pour les DELs les plus efficaces du marché, la quantité de lumière produite en fin de vie serait encore d'au moins 70%. La température accélère la diminution de l'efficacité lumineuse. Philips souligne également que la couleur peut varier sur certaines LED blanches et devenir verte en vieillissant.
- Le prix d'achat des LED est très élevé

### 1.3.13 Domaine d'utilisation de la diode électroluminescente

Aujourd'hui avec la technologie les diodes électroluminescentes est devenue une partie très important dans différents domaines industriel électronique tels que l'éclairage :

- L'éclairage des rues,
- Feu arrière de voiture,
- Feux de circulations,
- Éclairage d'ambulance



**Figure 1.20** (a) feux arrière a DEL de voiture Audi Q5 [29]. (b) Feux jour à DEL de voiture Audi -A5-2012 [30]

L'affichage comme :

- Les montres digitales
- Les écrans plats de téléviseurs,
- les écrans d'ordinateur ou les décorations de cartes mères



**Figure 1.21** Téléviseur Led 32" STREAM SYSTEM BM32C1 Hd [31].

Photo coupleur c'est une transmission des signaux par des fibres optiques comme télécommande, l'éclairage invisible pour caméra de surveillance, cellules photoélectrique par les LED infrarouges, Mais avec le développement récent de la technologie, les diodes électroluminescentes ont été utilisées dans les panneaux lumineux, les LED LCD L'écran, en plus de l'éclairage efficace des lumières LED a également une faible consommation d'énergie.

## 1.4 Technologie LCD

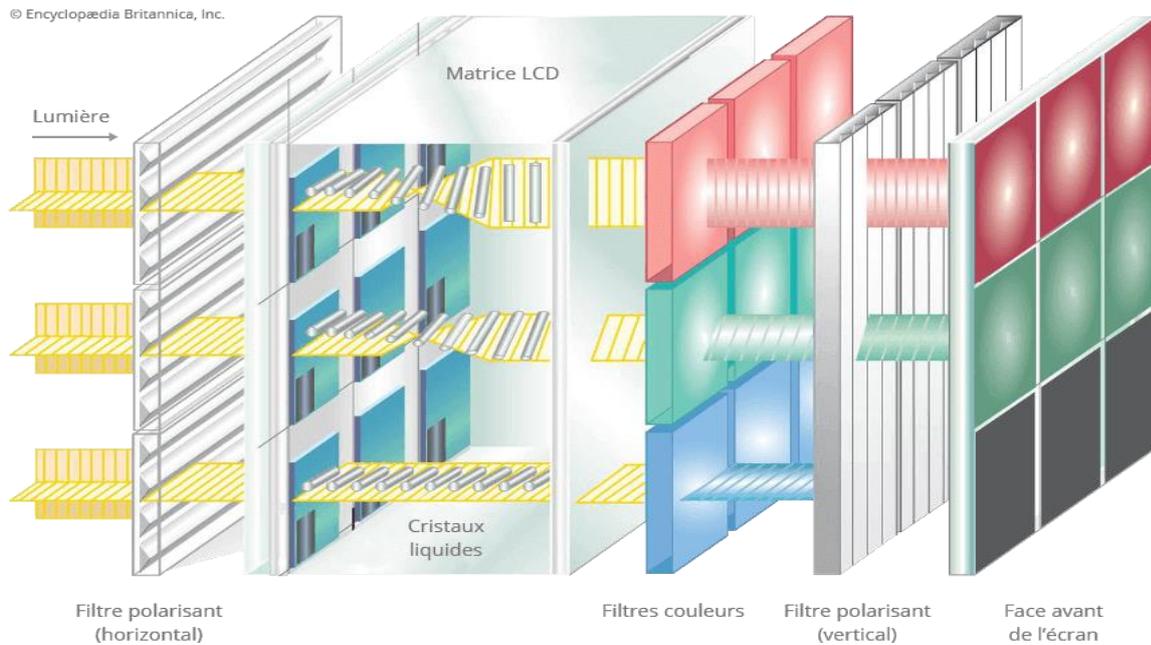
Bien que la technologie LCD (Liquid Crystal Display) ait été développée au début des années 1970, elle n'a été largement adoptée qu'à la fin des années 1990 pour les écrans d'ordinateur et au début des années 2000 pour les téléviseurs.

La technologie LCD utilise deux qualités particulières des cristaux liquides pour afficher des images sur un écran : leur capacité à s'orienter lorsqu'ils sont soumis à un courant électrique et leur capacité à ajuster la polarisation de la quantité de lumière qu'ils laissent passer.

### 1.4.1 Principe d'affichage

L'écran de télévision LCD est composé d'une couche de cristaux liquides placée entre deux électrodes disposées sur une dalle. Deux filtres polarisants sont placés de chaque côté, l'un pour la lumière polarisée horizontalement et l'autre pour la lumière polarisée verticalement. La source de lumière - le rétroéclairage - est placée à l'arrière de la dalle. Tant qu'aucune tension n'est appliquée aux électrodes pour orienter les cristaux liquides des pixels, la lumière ne peut pas traverser la cellule. Elle est polarisée horizontalement à l'entrée du panneau à cristaux liquides [32].

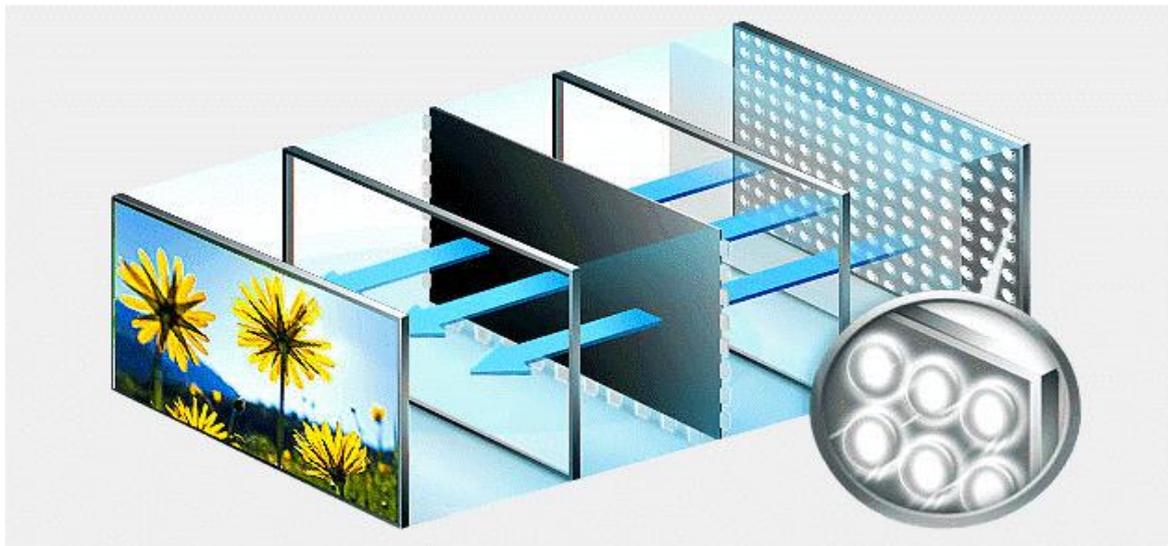
La dalle à cristaux liquides est découpée en un nombre fixe de pixels ; ce nombre est appelé résolution de l'écran. Chaque pixel de l'écran est en fait composé de trois ensembles indépendants de cellules à cristaux liquides, appelés sous-pixels, sur lesquels sont appliqués trois filtres de couleur : un rouge, un vert et un bleu. Lorsque l'on veut attribuer une couleur donnée à un pixel, les pilotes d'écran vont appliquer une tension aux cristaux liquides des 3 sous-pixels, ce qui a pour effet de faire tourner les cristaux liquides et donc de faire passer plus ou moins de lumière sur les sous-pixels colorés [33].



**Figure 1.22** Ecran Liquide Cristaux [34]

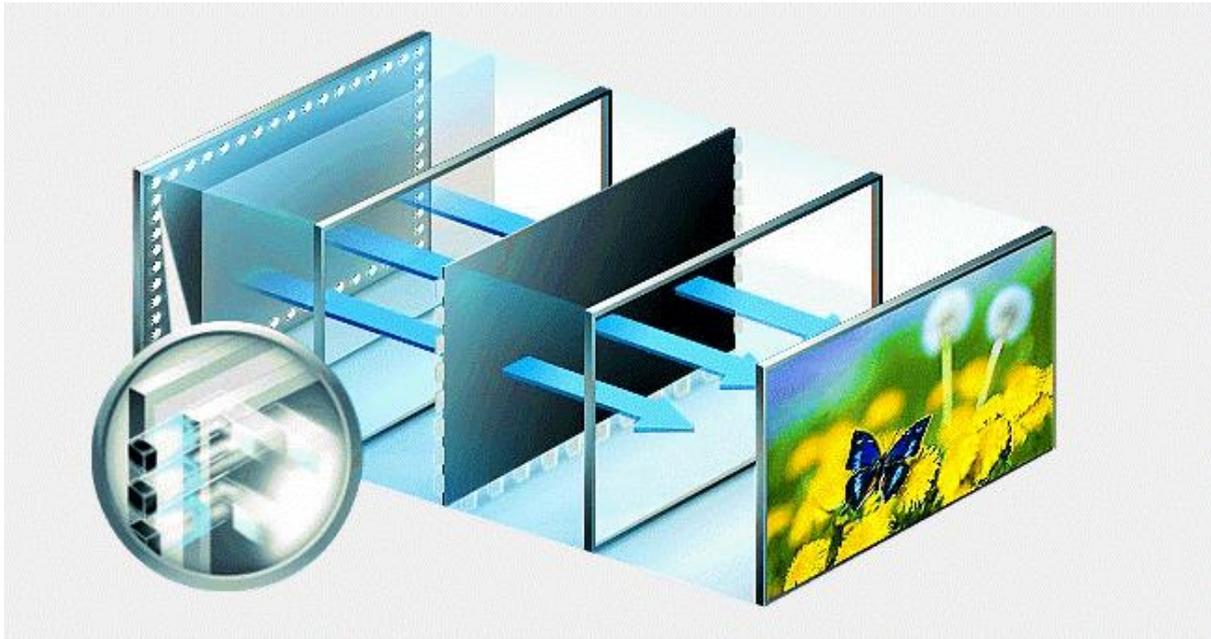
### 1.4.2 Différents types de rétro-éclairage

Le type de rétroéclairage de la dalle LCD affecte directement la luminosité de l'écran, ainsi que le contraste perçu et la qualité d'image obtenue.



**Figure 1.23** Rétro-éclairage direct LED [35]

Dans ce cas de rétro-éclairage direct, l'arrière de la dalle LCD est entièrement recouvert d'un damier de LED afin d'offrir un rétroéclairage uniforme. Il peut s'agir de diodes de lumière blanche ou d'une série de LED RVB (rouge, vert et bleu) pour améliorer la représentation chromatique de l'image.



**Figure 1.24** Rétro-éclairage EDGE LED [36]

Les rétroéclairages Edge LED utilisent généralement une ou deux bandes LED disposées sur un ou plusieurs bords du panneau LCD (en haut, en bas, sur les côtés et rarement sur tous les côtés). Le système de réflecteur à l'arrière du panneau assure que la lumière diffuse à travers tous les pixels. Le principal avantage de cette technologie de rétroéclairage est qu'elle peut produire des écrans plus fins que le rétroéclairage direct. Le principal inconvénient est qu'il est difficile d'assurer un rétroéclairage uniforme sur toute la surface du panneau.

## 1.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les propriétés générales des diodes électroluminescentes. D'après un historique tel que la description, le principe de fonction des DELs et le plus important l'effet des matériaux du semi-conducteurs utilisés dans la fabrication des DELs à la lumière émise, elle joue une grande partie dans la fabrication des DELs, la couleur de diodes lumineuses dépend des matériaux utilisé, ce dernier a aussi un effet dans le spectre d'émission des DELs. Nous en concluons qu'il existe deux méthodes pour obtenir une lumière blanche.

# Chapitre<sub>2</sub>

---

**Caractérisation des diodes  
électroluminescentes**

## 2.1 Introduction

L'électroluminescence est un phénomène optique et électrique qui se produit à la surface d'un matériau (typiquement un semi-conducteur composé de nitrure de gallium (GaN) et de nitrure d'indium (InN) dont les alliages sont proposés comme semi-conducteurs prometteurs pour le développement de dispositifs électroniques.

Pour commencer, nous décrivons dans ce chapitre les caractéristiques électriques du courant et de la tension, ainsi que l'approche utilisée pour atteindre l'objectif.

Nous commencerons par le flux lumineux et son rendement avant de passer aux matériaux utilisés pour saisir les caractéristiques de température des diodes qui émettent la lumière.

## 2.2 Matériau utilisé

### 2.2.1 Description

L'alliage InGaN est devenu un matériau prometteur ces dernières années Utilisé dans les applications optoélectronique tels que l'éclairage comme les diodes électroluminescentes et les dispositifs de grande puissance [37] , InGaN est un semi-conducteur composé de nitrure de gallium (GaN) et de nitrure d'indium ( InN) à large bande interdite peut varier entre ( 0 ,67 - 3 ,4 eV),Ce matériau est faisant partie de la catégorie des nitrures-III c'est un composé d'azote et d'éléments de la colonne III, IV,V ,VI, du tableau de Mendeleïev, voir Figure (2.10) [38].

	III	IV	V	VI
	Bore 5 B	Carbone 6 C	Azote 7 N	Oxygène 8 O
	Aluminium	Silicium 14 Si	Phosphore 15 P	Soufre 16 S
Zinc 30 Zn	Gallium 31 Ga	Germanium 32 Ge	Arsenic 33 As	Sélénium 34 Se
Cadmium 48 Cd	Indium 49 In	Etain 50 Sn	Antimoine 51 Sb	Tellure 52 Te
Mercure 80 Hg	Thallium 81 Tl	Plomb 82 Pb	Bismuth 83 Bi	Polonium 84 Po
	Ununtrium 113 Uut			

Figure 2.1 Eléments qui composé L'InGaN

### 2.2.2 Caractéristiques structurales

Les nitrures GaN et InN se présentent essentiellement sous deux formes cristallines : la structure hexagonale «wurtzite » et la structure cubique « zinc -blende » [38]. Dans le cas du GaN, la structure est formée de deux sous-réseaux hexagonaux compacts, l'un formé d'azote et l'autre formé de gallium, décalés de  $3/8$  de  $c$ . Sauf pour le côté de  $a$  de l'hexagone et la hauteur du maillage  $c$ , la structure wurtzite est décrite par la longueur de liaison entre l'atome d'azote et l'atome de l'élément III [39]

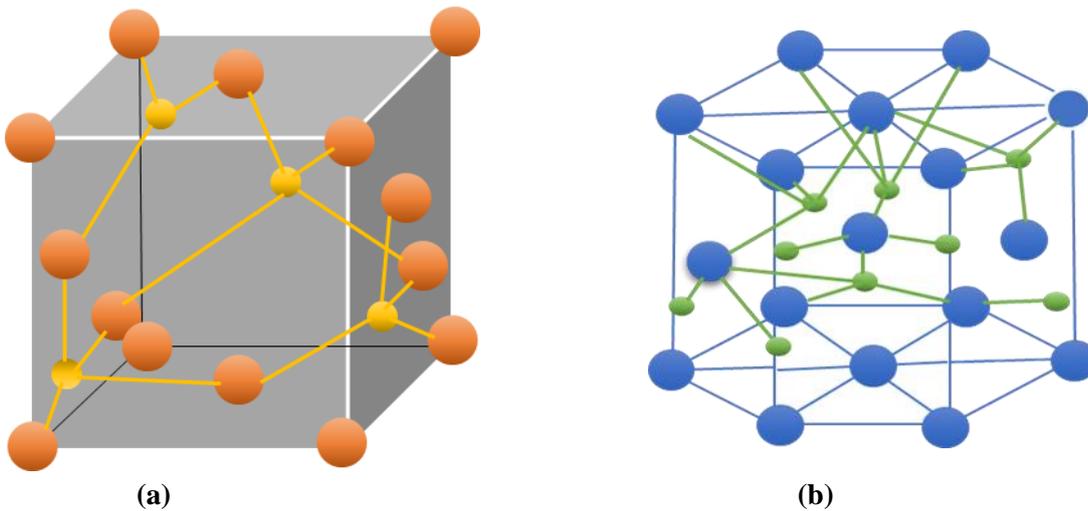


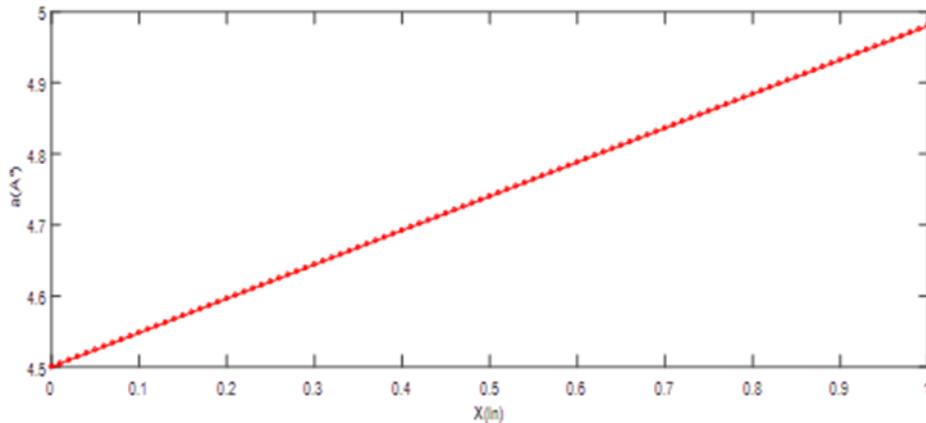
Figure 2.2 Réseaux cristallins (a) Zinc-blende (b) wurtzite.

### 2.2.3 Paramètre de maille

Le paramètre de maille d'alliage  $In_xGa_{1-x}N$  varie selon les matériaux binaires InN, GaN et la composition  $X$  d'Indium le tableau suivant dresse les variations du paramètre de maille

Tableau 2.1 Paramètre de mail [40]

Matériaux	$a$ (Å) <sup>(31)</sup>
GaN	3,189
InN	3,54



**Figure 2.3** Variation de paramètre de mail en fonctions de composition d’Indium

La figure ci-dessus représente la variation de paramètre de mail en fonctions de composition x d’Indium. On observe que le paramètre de maille des matériaux binaires InN, GaN est positive et aussi avec l’augmentation en termes de la composition X d’Indium.

### 2.2.4 Effet de la composition d’Indium x sur l’énergie du gap

L’évolution du gap d’In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N avec la concentration d’Indium x est exprimée par la loi de Végard dans la relation suivante [41]

$$Eg_{InGaN} = Eg_{InN} \cdot x + (1-x) Eg_{GaN} - b \cdot x \cdot (1-x) \tag{3.1}$$

Avec :

- b : le paramètre de courbure b=1,43
- Eg<sub>InGaN</sub>, Eg<sub>GaN</sub> et Eg<sub>InN</sub> : gaps respectifs de l’InGaN, du GaN et de l’InN [eV]

### 2.2.5 Effet de la température sur l’énergie du gap

$$Eg_{(T)} = Eg_{(0)} - \frac{\alpha T^2}{T+\beta} \tag{1} \tag{3.2}$$

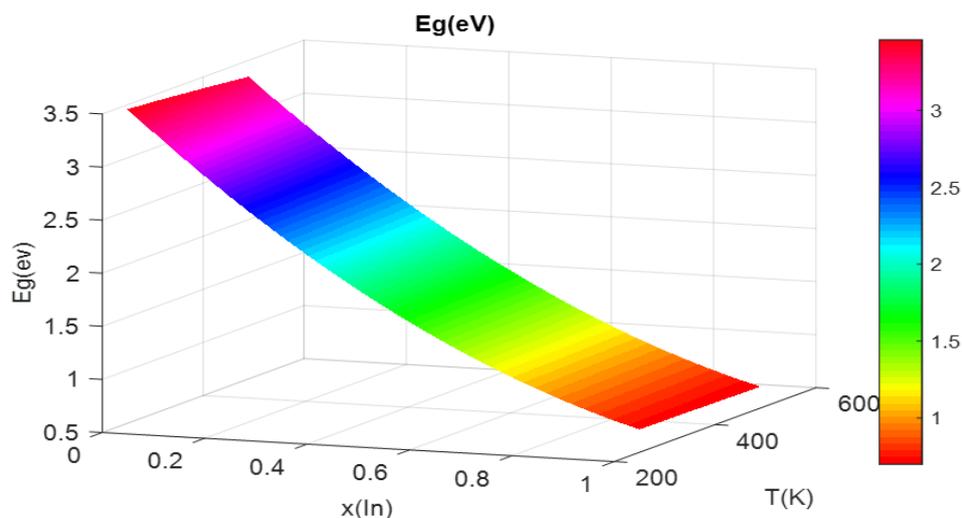
Avec :

- Eg(0) le gap d’énergie du matériau à 0 K (ev)
- α une constante empirique (ev/k)
- β une constante associée à la température de (K)

Pour calcule α et β d’Indium, on appliquant la loi de végard

**Tableau 2.2** Paramètre de structure InN-GaN [42].

Semi-conducteur	Eg(0) (ev)	Eg(300) (ev)	$\alpha$ (ev/K)	$\beta$ (K)
InN	0,78	0 ,69	0,41	454
GaN	3,509	3,40	7,32	700



**Figure 2.4** Variations des énergies du gap  $E_g$  (ev) en fonction de température  $T$ (K) et de concentration d’Indium

On remarque que la variation de l’énergie de gap en fonction de la concentration d’Indium est plus importante que la variation de l’énergie de gap en fonction de la température parce que l’énergie de gap varie entre les deux énergies de gap de GaN et InN, elle diminuée avec l’augmentation de la concentration d’Indium par contre la diminution du gap reste faible avec l’augmentation de la température

### 2.2.6 Effet de L’longueur d’onde dans le domaine visible

$$\lambda_g = \frac{1,24}{E_g} = (\mu\text{m}) \tag{2.3}$$

En remarque que l’énergie de puits de cette hétérostructure et l’énergie de gap d’ $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  Dépend de composition  $X$  d’Indium, ainsi la valeur de la longueur d’onde  $\lambda$  appartienne à la gamme visible.

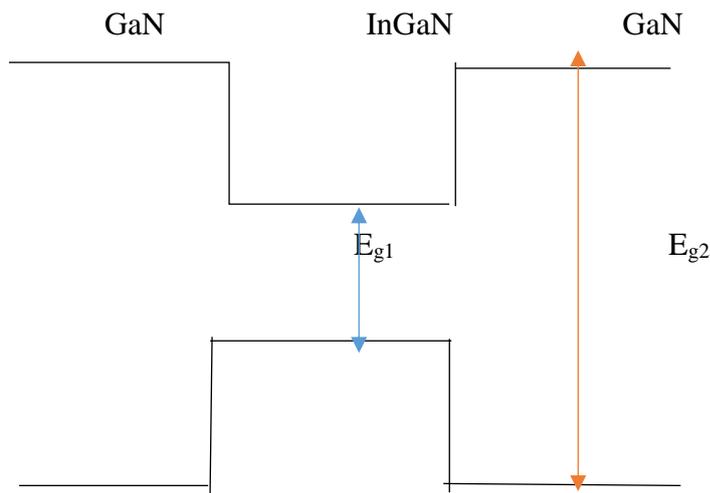


Figure 2.5 Hétérostructure GaN /InGaN

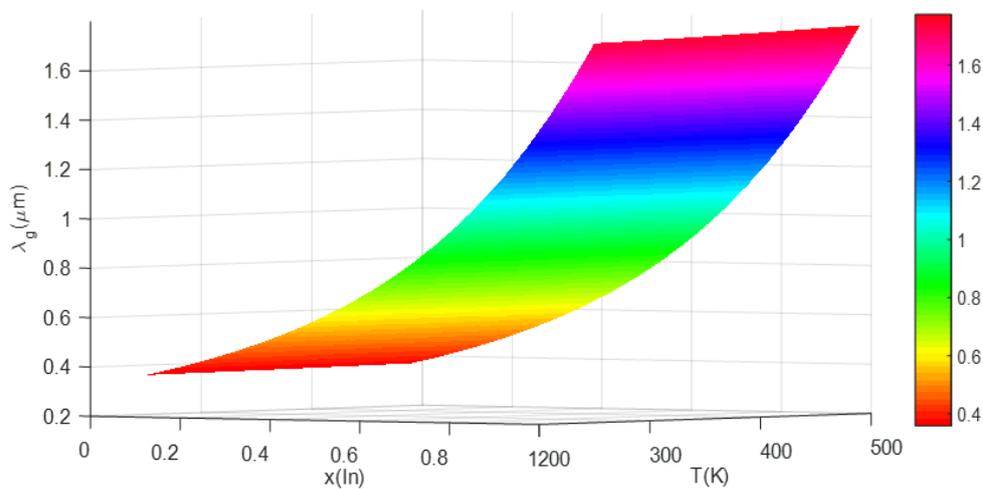


Figure 2.6 Variation de la longueur d’onde en fonction de concentration d’indium et de température (K)

On remarque que la longueur d’onde augmente avec la concentration et l’influence de la température reste toujours faible

### 2.3 Package

Pour nommer la LED SMD vous avez nommé le radicale de LED. C’est à dire pour teste de la longueur et largeur de LED, la mesure de LED SMD est en millimètres (mm), il y a une petite différence entre la même LED est la différence peut atteindre 8 mm plus et 8 mm moins maximum.



Figure 2.7 Dimension de DEL.

### 2.4 Caractéristique électrique (courant –tension)

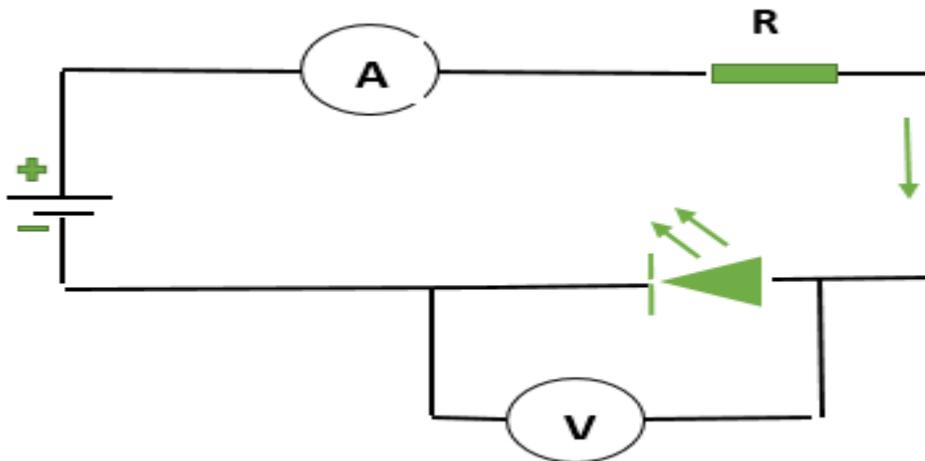


Figure 2.8 Circuit électrique idéal.

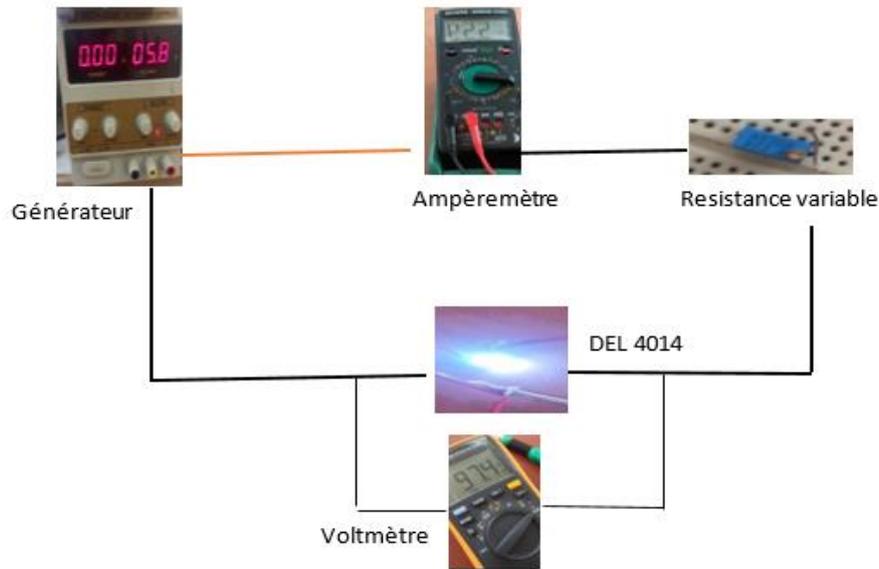


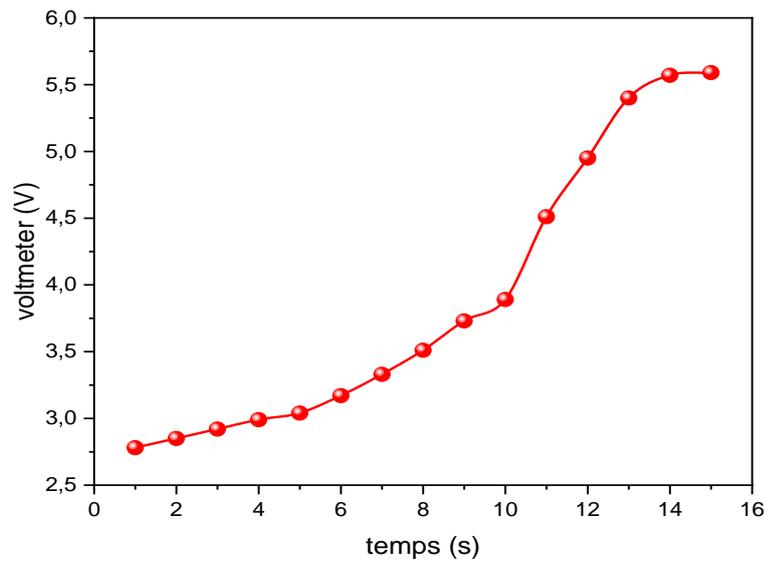
Figure 2.9 Vue d'ensemble de montage.

### 2.4.1 Mesure

Pour chaque LED nous augmentons progressivement la tension  $U$ , nous tenons alors les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous :

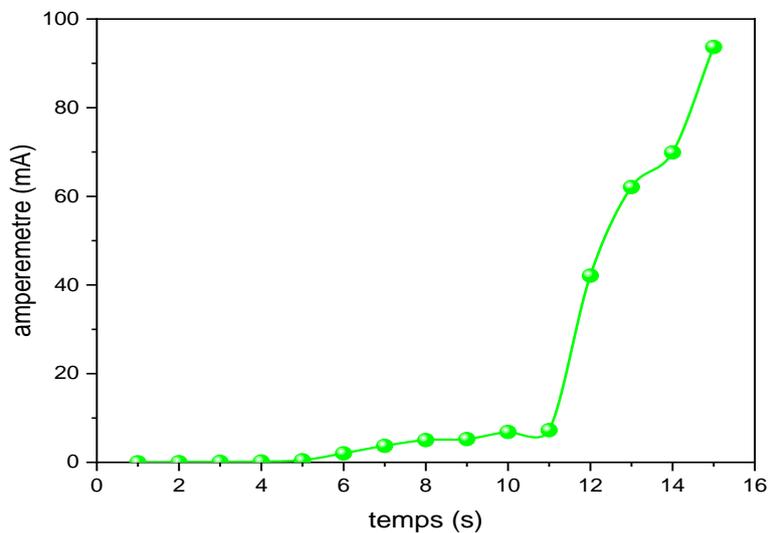
Tableau 2.3 Différentes mesure.

Voltmètre (v)	2.78	2.8	2.85	2.89	2.92	2.96	2.99	3.02	3.04
Ampèremètre (mA)	0	0.01	0.02	0.03	0.07	0.10	0.14	0.18	0.27
Puissance (w).10 <sup>-3</sup>	0	0.028	0.057	0.0867	0.2044	0.296	0.4186	0.5436	0.8208
Voltmètre (v)	3.06	3.08	3.17	3.22	3.29	3.33	3.37	3.40	3.51
Ampèremètre (mA)	0.36	0.44	1.23	2.02	2.7	3.7	4.23	5.0	5.23
Puissance (w)	1.1016	1.3552	3.899	6.501	8.88	12.321	14.26	17	18.36
Voltmètre (v)	3.55	3.73	3.82	3.89	3.95	4.01	4.2	4.51	4.73
Ampèremètre (mA)	6.67	6.86	7.03	7.23	9.45	42.1	50.52	62.07	69.89
Puissance (w)	23.68	25.59	26.86	28.13	37.33	168.82	212.184	279.94	330.58
Voltmètre (v)	4.95	5.12	5.32	5.4	5.57	5.59			
Ampèremètre (mA)	73.7	78.2	83.56	90.17	97.5	101.1			
Puissance (w)	364.8	400.38	444.54	486.918	543.075	565.149			



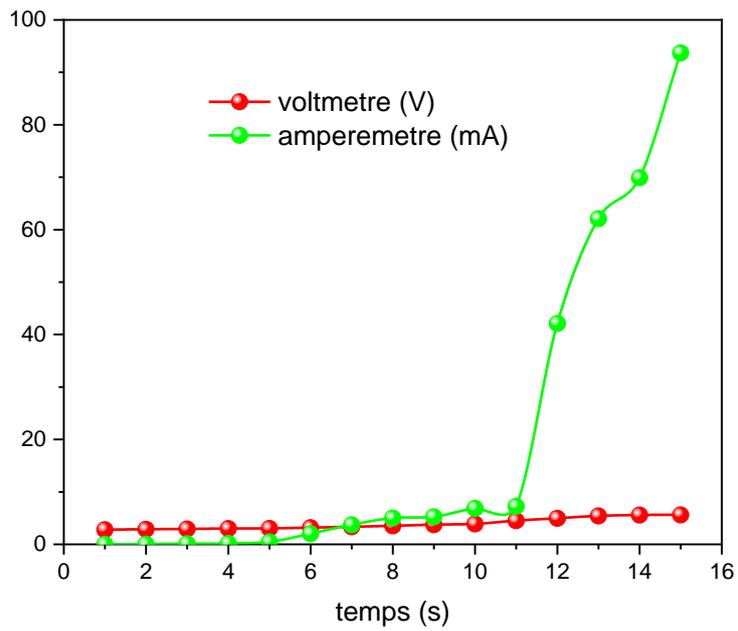
**Figure 2.10** Histogramme des mesures par le voltmètre.

La figure ci-dessus présente la tension appliquée sur la diode électroluminescente, on aperçoit que plus la valeur du générateur n'est élevée, plus la tension n'augmente.

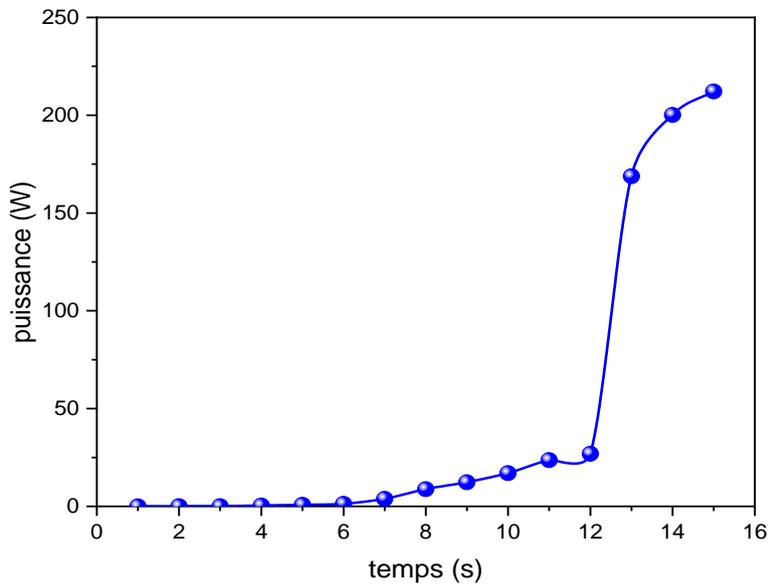


**Figure 2.11** Histogramme des mesures par l'ampèremètre.

La figure ci-dessus présente les mesures prise par l'ampèremètre, on remarque que plus la valeur du générateur est grande plus le courant augmente.



**Figure 2.12** Histogramme des mesures de l’ampèremètre et voltmètre.



**Figure 2.13** Histogramme des mesures de la puissance.

La figure ci-dessus représente le taux de puissance appliquée sur la DEL, on remarque que plus la valeur du générateur, tension et courant sont grand, plus la puissance augmente, mais le courant augmente jusqu’à la valeur 3v.

## 2.5 Flux lumineux

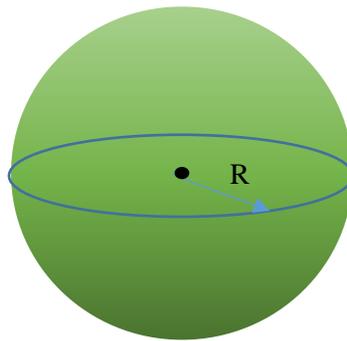
### 2.5.1 Calcul flux lumineux

Le luxmètre est un appareil qui permet de mesurer l'éclairement lumineux reçu par unité de surface et donne en lux (lx). Un lux correspond à l'éclairement d'une surface qui reçoit un flux lumineux d'un lumen par mètre carré. Les lumens indiquent flux lumineux, c'est à dire la quantité de lumière total Emise par une LED électroluminescente, Lux - unité d'éclairement  $LUX = Lm/m$  L'éclairement est exprimé en lux et mesure la quantité de lumière qui atteint effectivement une surface éclairée. Si la source est un point qui émet dans toutes les directions (très théorique) alors il est facile de convertir lux et lumens A la surface de la sphère de  $1 m^2$  ou la source est au centre.

On a le même nombre de Lux et de Lumens

Pour  $S = 1 m$  : le rayon (distance) = 282mm

Si la source émet dans une seule direction : 399 mm



$$S = 4 * \pi * R^2$$

Figure 2.14 Sphère

### 2.5.2 Définition

Le flux lumineux désigne la quantité totale de lumière visible émise par une source lumineuse. Cette notation est liée à la luminosité. Par « lumière visible », on entend la partie du spectre lumineux visible par l'œil humain. Une lampe à ultraviolets, même très puissante, aura donc un flux lumineux égal à zéro, alors même qu'elle émet un rayonnement intense. L'unité de mesure du flux lumineux est le lumen, dont le symbole est lm. Il ne s'agit pas d'une grandeur directement mesurable : sa mesure passe par celle de l'éclaire

**2.5.3 Eclairage**

Le fonctionnement d'un luxmètre repose sur un capteur CCD ou sur un capteur photovoltaïque. Celui-ci reçoit un flux de photons qu'il convertit en signal électrique plus ou moins fort en fonction de l'intensité du flux de lumière reçu.

Certaines couleurs de lumière sont plus efficaces à produire des électrons à partir de l'énergie reçue par des photons. Les luxmètres sont donc généralement équipés de filtres de correction de spectre. Ils s'adaptent également, grâce à des échelles de mesures distinctes, aux faibles et aux fortes intensités. Êtes-vous avez vérifié et teste la distance et l'affichage sur labo de bomare company.



**Figure 2.15** Calcul de l'éclairage par luxmètre

**2.5.4 Tableaux des tests d'éclairages**

**Tableau 2.4** Différentes teste de l'éclairage.

Courante (v)	2.5	2.7	3	3.3	5.1	5.4	5.7	6	6.3
Luxmètre (lux)	4	27	92	126.7	175.5	230	270	380	430

## 2.6 Rendements lumineux

Par définition, le rendement global d'une LED est le rapport entre la puissance lumineuse émise et la puissance électrique consommée. Par conséquent, c'est le produit de la tension appliquée  $V_a$  et du courant traversant le nœud ; le courant est le nombre d'électrons traversant le nœud par seconde multiplié par le nombre de charges des électrons.

$$\begin{aligned} \text{Rendement} &= \text{puissance lumineuse} \div \text{puissance électrique} \\ &= hW \cdot \text{Nombre de photon émis/sec} \div qV_a \cdot \text{Nombre de passent de jonction /sec} \end{aligned}$$

En le multipliant par le numérateur et le dénominateur pour introduire le nombre de photons produits, on révèle le rendement interne, qui est le rapport du nombre de photons produits sur le nombre d'électrons traversant la jonction. Le quotient du nombre de photons émis et du nombre de photons générés définit l'efficacité optique. L'expression de l'efficacité globale de la

$$\begin{aligned} \text{Rendement} &= \text{puissance lumineuse} / \text{puissance électrique} \\ &= hW \cdot \text{Nombre de photon émis/sec} \div qV_a \cdot \text{Nombre de passent de jonction /sec} \end{aligned}$$

L'efficacité lumineuse établit une relation entre le flux lumineux correspondant à un rayonnement et le flux énergétique transporté par ce rayonnement. Ceci ne préjuge en rien de la manière dont ce rayonnement est produit, en particulier lors de l'utilisation des appareils d'éclairage ; il manque donc d'une certaine manière l'aspect économique des choses.

Les sources lumineuses telles que les lampes à incandescence, les arcs électriques, les manchons à gaz, les tubes fluorescents, les diodes électroluminescentes, etc. reçoivent de l'énergie sous forme calorifique, chimique ou le plus souvent électrique. Or, la puissance fournie à ces sources n'est pas entièrement réémise sous forme de rayonnement, une partie plus ou moins importante est transformée en chaleur perdue par convection ou par conduction. Le rendement énergétique d'une source, rapport sans dimension entre la puissance qu'elle rayonne et l'énergie qu'on lui fournit, est toujours inférieur ou très inférieur à 1.

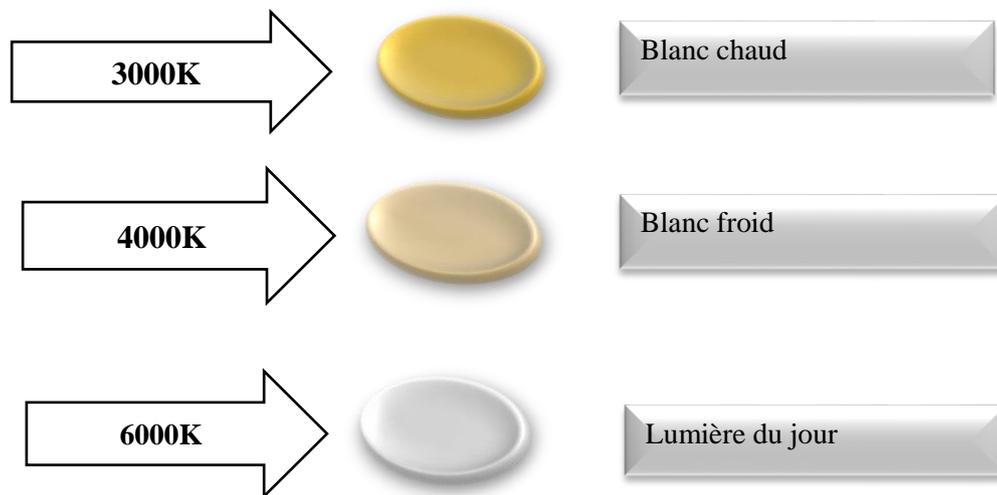
Le rendement lumineux est défini comme le rapport entre le flux lumineux fourni par une source et la puissance fournie à cette source. Il est donc le produit du rendement énergétique par l'efficacité lumineuse. Comme cette dernière, il s'exprime en lumens par watt [43].

## 2.7 Température de couleur

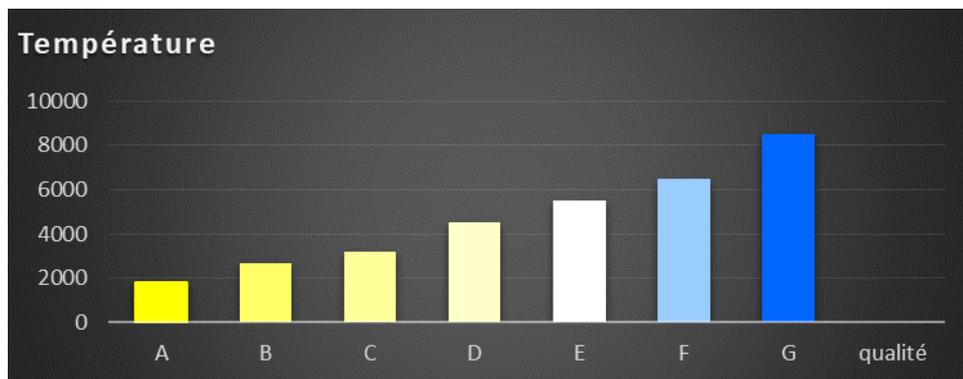
La température de couleur d'une diode électroluminescente est mesurée en kelvin (K) ce dernier permet de caractériser la couleur apparente de la lumière émise par une source lumineuse et indique la couleur de la lumière, plus la valeur de température est élevée plus la

couleur sera froide de la même manière que plus la valeur de température est basse plus la couleur de la lumière sera chaude

Les températures de couleur faibles, entre 2500 et 4000 K, correspondent à un éclairage chaud, avec une forte composante rouge, tandis que les températures de couleur supérieures à 5000 K sont caractéristiques des lumières froides présentant une forte composante bleue



**Figure 2.16** Differentes couleurs de la lumière selon la température



**Figure 2.17** Graphique des températures de couleur en fonction de la qualité de lumière

On remarque que :

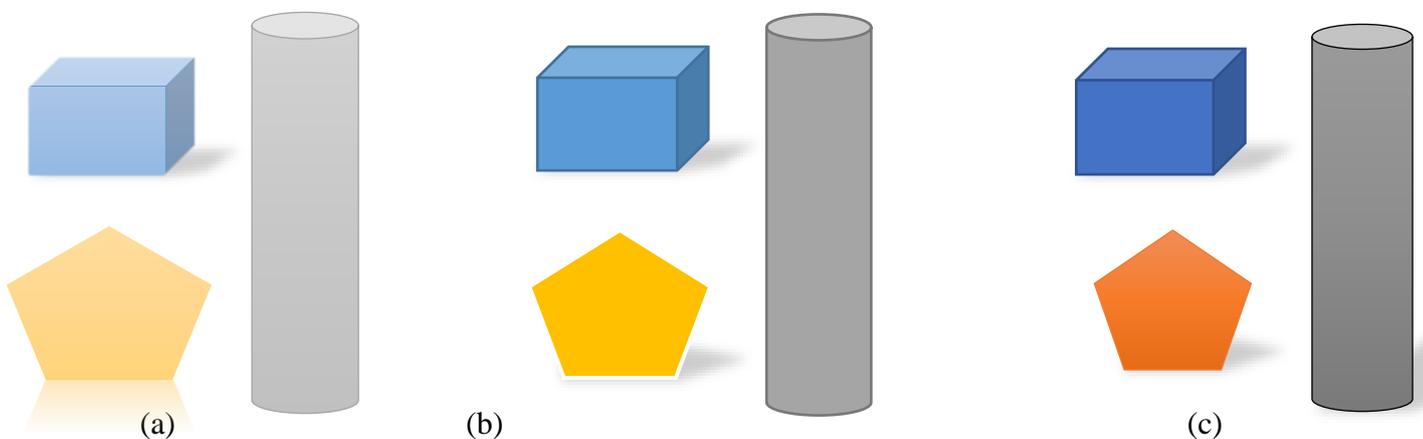
- Température de couleur inférieure à 3300 ° K (lumière chaude)
- Température de couleur comprise entre 3300 °K et 5000 ° K (lumière blanche, neutre)
- Température de couleur supérieure à 5000 ° K (lumière très blanche, bleutée)

### 2.7.1 Indice de rendu des couleurs

L'indice de rendu des couleurs est appelé IRC permet de mesurer la capacité d'une lumière à restituer les couleurs, IRC c'est un nombre compris entre 0 et 100 et l'unité ra plus le nombre est proche de 100 plus la source de la lumière sera même de reproduire les couleurs naturelles de l'objet et claire pour l'éclairage des voies publique on utilise souvent des lampes avec un IRC entre 70 et 80

Les lampes avec un IRC compris entre 80 et 90 sont utilisées dans les applications générales

Les lampes avec un IRC >90 offre une parfaite reproduction des couleurs et donc utilisées dans l'industrie graphique



**Figure 2.21** Différents pourcentage

Avec : (a) IRC 70%-79% (b) IRC 80%-89% (C) IRC 90%-99%

## 2.8 CONCLUSION

Pour conclure, nous avons vu dans ce chapitre les caractéristiques électriques (courant –tension) et les caractéristiques structurelles de L'alliage InGaN qui se présente sous deux formes cristallines, nous avant aussi décrit quelques rappels sur les grandeurs des DELs.

Durant ce travail nous avons vu aussi que Les températures de couleur faibles, entre 2500 et 4000 K, correspondent à un éclairage chaud, avec une forte composante rouge, tandis que les températures de couleur supérieures à 5000 K sont caractéristiques des lumières froides

présentant une forte composante bleue.

On a aussi constaté que quand nous avons deux LED même s'ils ont les mêmes spécifications du produit, la lumière qu'ils émettent à une température de couleur ou une luminosité différente. Ce phénomène vous ne le rencontrerait pas en utilisant des ampoules à incandescence ou halogènes.

### Conclusion Général

Les DELs blanches ont atteint des niveaux de performances qui leur permettent d'être utilisées dans des applications d'éclairage général. Du fait de leurs caractéristiques singulières, les DELs ne peuvent pas être directement comparées aux sources traditionnelles. Cependant, l'utilisation de moyens de mesures adaptés et de tests utilisateurs permet de définir avec rigueur les caractéristiques des DELs requises pour un projet. Les avancées en termes de normes et de standards permettront dans le futur de déterminer plus aisément les caractéristiques des DELs destinées à un produit. La caractérisation systématique opérée par les constructeurs permet de connaître les caractéristiques précises des DELs mise œuvre. Quant aux tris proposés, ils permettent de sélectionner les DELs adaptées à un projet afin d'aboutir à un véritable travail de sur mesure. La maîtrise des caractéristiques des DELs passe par la mise en œuvre d'une politique de tri, qui, optimisée, tend à aboutir à une politique de « juste tri ». Cette dernière repose sur une intégration en amont des besoins en termes de finesse de tri mais surtout des impacts qui en résultent. Dans le futur, du fait d'une meilleure maîtrise par les constructeurs des procédés de fabrications mais aussi du fait des brevets partagés croisés et de l'apport de la standardisation, les tris devraient gagner en précision et devraient devenir plus homogènes d'un constructeur à l'autre. Tant que les standards, les normes, les consommateurs et les technologies seront immatures, savoir définir les caractéristiques nécessaires et suffisantes des DELs et savoir mettre en place une politique de tri adaptée, constitue sans nul doute un avantage stratégique pour les entreprises. La maîtrise des caractéristiques Des DELs constituent donc un enjeu majeur en éclairage général.

## Chapitre 1

- [1] Round, H. J. (1907), "A note on carborundum", *Electrical World*, 49 : 309. Round's letter is dated 9 February 1907
- [2] [http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS\\_EN/20061221/125713/](http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20061221/125713/)
- [3] Benjamin Monteil, « Historique des LEDs » [archive], sur LED-fr.net, 30 septembre 2003
- [4] [http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS\\_EN/20061221/125713/](http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20061221/125713/)
- [5] Nicolas Pousset, « [Caractérisation du rendu des couleurs des LED](#) » [archive] [PDF] (thèse de doctorat), sur *tel.archives-ouvertes.fr*, 2009
- [6] « [The Nobel Prize in Physics 2014](#) » [archive], sur *Site officiel du prix Nobel*, 7 octobre 2014
- [7] S. O. Kasap, "Optoelectronics and Photonics, Principles and Practices", Prentice-Hall International, NJ, USA, 2001.
- [8] Transport dans les semi-conducteurs Emmanuel Rosencher, université de Luxembourg, 2010
- [9] H.MATHIEU, "Physique des semi conducteurs et des composants électroniques", édition Dunod, Paris, 2009
- [10] .Nicolas POUSSET, "caracterisation du rendu des couleurs des nouvelles source: les diodes électroluminescente", these docteur, Paris 2009
- [11] .Bouaraba.F, «étude d'une LED à base d'InGaN pour l'émission de la lumière blanche», mémoire de magister univ. mouloud memmeri. tizi ouazou.2012
- [12] livre Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications
- [13] La courarie, Fiona Caractérisation thermique et lumineuse de diodes électroluminescentes
- [14] file:///C:/Users/DELL/Downloads/LED\_Technologie\_fr.pdf
- [15] S. O. Kasap, "Optoelectronics and Photonics, Principles and Practices",
- [16] S. O. Kasap, "Optoelectronics and Photonics, Principles and Practices",
- [17] <https://www.researchgate.net/profile/M-Fathi/publication/281589100/figure/fig5/AS:668642505154566@1536428204421/LED-bleu-avec-phosphore-jaune.ppm>
- [18] PAR LAURENT MASSOL cours du Les LEDs blanches technologie à phosphore [http://www.aiduca.fr/CAPEB/Documentation%20diverse/leds\\_Blanches\\_technologie\\_a\\_phosphores\\_lm13-07-07.pdf](http://www.aiduca.fr/CAPEB/Documentation%20diverse/leds_Blanches_technologie_a_phosphores_lm13-07-07.pdf)
- [19] [https://www.researchgate.net/profile/Pierre-Pichon/publication/336685289/figure/fig5/AS:816328080363520@1571639189130/Principe-de-LED-blanches-a-phosphore-base-sur-la-conversion-partielle-dune-LED-bleue-a\\_Q320.jpg](https://www.researchgate.net/profile/Pierre-Pichon/publication/336685289/figure/fig5/AS:816328080363520@1571639189130/Principe-de-LED-blanches-a-phosphore-base-sur-la-conversion-partielle-dune-LED-bleue-a_Q320.jpg)

- [20] Thèse Hakim Choukri. Contrôle de la couleur d'émission d'une Diode Electro-Luminescente Organique (OLED) multicouche via la diffusion des excitons. Physique [physics]. Université Paris-Nord
- [21] thèse M. Haelterman, "PHYSIQUE DES SEMI-CONDUCTEURS II", Applications Spéciales, Service d'Optique et d'Acoustique, Faculté des Sciences Appliquées Université Libre de Bruxelles.
- [22] thèse Amélie Dussaigne. Diodes électroluminescentes blanches monolithiques. Physique [physics]. Université Nice Sophia Antipolis, 2005.
- [23] livre Compound semiconductors, 9 (11), 20, (décembre 2003).
- [24] <https://www.positron-libre.com/cours/electronique/diode/led/led.php>
- [25] <https://3dwarehouse.sketchup.com/warehouse/v1.0/publiccontent/4dfff930-8005-4254-a16f-6f47e93992ed>
- [26] <https://rukminim1.flixcart.com/image/416/416/kh9gbrk0/learning-toy/t/6/8/10-pcs-3-watt-high-power-led-chip-warm-white-smd-led-diode-bulb-original-imafxbh2yyhpzhkp.jpeg?q=70>
- [27] [https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRdpoFj2Z8\\_AzLaWMgeeqEuVxzYxHV8AZztsC97dYkZIIW7TFOp-mvRg6fOV9eedl4uW-s&usqp=CAU](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRdpoFj2Z8_AzLaWMgeeqEuVxzYxHV8AZztsC97dYkZIIW7TFOp-mvRg6fOV9eedl4uW-s&usqp=CAU)
- [28] <https://www.ecolofrance.com/content/6-c-est-quoi-une-led-cob>
- [29] [https://tuningfara.ru/files/products/1\\_788.2048x2048.jpg?e25fbbfde2a6c93c9dabf93424453a8d](https://tuningfara.ru/files/products/1_788.2048x2048.jpg?e25fbbfde2a6c93c9dabf93424453a8d)
- [30] [https://www.larevueautomobile.com/images/articles/Audi/A5-2012/Exterieur/Audi\\_A5\\_2012\\_014.jpg](https://www.larevueautomobile.com/images/articles/Audi/A5-2012/Exterieur/Audi_A5_2012_014.jpg)
- [31] [https://m.media-amazon.com/images/I/71yzTNphT1L.\\_AC\\_SX679\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/71yzTNphT1L._AC_SX679_.jpg)
- [32] file:///C:/Users/DELL/Downloads/adam\_majestic\_2006.pdf
- [33] [http://92.188.93.230/site/ared/cours/03\\_tvnum/TV\\_ecrans\\_plats.pdf](http://92.188.93.230/site/ared/cours/03_tvnum/TV_ecrans_plats.pdf)
- [34] <https://easy-rental.fr/limpact-du-taux-de-rafraichissement-et-de-lechelle-de-gris-dans-laffichage-led/>
- [35] <https://medias3-2.ubaldi.com/guides/30/images/tv-retroéclairage-direct-led-samsung.jpg>
- [36] <https://medias3-2.ubaldi.com/guides/30/images/tv-retroéclairage-edge-led-samsung.jpg>

### Chapitre 2

- [37] Optimisation numérique de cellules solaires à très haut rendement DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE
- [38] Caractérisations de matériaux et tests de composants des THÈSE DE DOCTORAT UNIVERSITE PARIS-SUD 11
- [38] Caractérisations de matériaux et tests de composants des THÈSE DE DOCTORAT SUR TRAVAUX UNIVERSITE PARIS-SUD 11
- [39] Etude et caractérisations par cathodoluminescence de THÈSE l'Université de Lorraine & l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah–Fes
- [40] Caractérisations de matériaux et tests de composants des UNIVERSITE PARIS-SUD 11 THÈSE DE DOCTORAT
- [41] Caractérisations de matériaux et tests de composants des UNIVERSITE PARIS-SUD 11 THÈSE DE DOCTORAT
- [42] Caractérisations de matériaux et tests de composants des UNIVERSITE PARIS-SUD 11 THÈSE DE DOCTORAT
- [43] thèse M. Haelterman, ‘‘PHYSIQUE DES SEMI-CONDUCTEURS II’’, Applications Spéciales, Service d'Optique et d'Acoustique, Faculté des Sciences Appliquées Université Libre de Bruxelles.