

# ACHETER Une source à LED

La première *diode émettrice de lumière* (en anglais *light emitting diode*: LED) fonctionnelle est due à N. Holonyack en 1962. En 1968, la première LED commercialisée produisait une lumière rouge d'environ 1 milliLumen.

Quarante ans plus tard, les LED disponibles sur le marché couvrent tout le spectre visible, peuvent fonctionner en continu ou fournir une lumière pulsée, et produisent plusieurs centaines de Lumens. Par ailleurs, elles possèdent une longue durée de vie et apportent de la richesse dans la génération de couleurs pour les écrans. Elles sont aujourd'hui utilisées entre autres comme sources lumineuses « surfaciques » dans les applications automobiles

(tableau de bord), avioniques (cockpit) ou sur les écrans (*back light*).

## Principe de fonctionnement

Au cœur de la LED, il y a le semi-conducteur, matériau d'interface capable de faire un lien efficace entre flux d'électrons et flux de photons. Un semi-conducteur est d'abord un cristal. La périodicité d'un cristal se traduit par le regroupement en bandes des niveaux d'énergie possibles

pour les électrons des atomes constituant ce cristal. Ces niveaux sont peuplés par les électrons en commençant par ceux de moindre énergie. Pour certaines énergies, il n'existe pas de niveau permis: cette zone est dite interdite (« gap » en anglais). Elle permet de définir l'énergie de *gap* qui sépare la bande de conduction (peuplée d'électrons dits libres) de la bande de valence (peuplée d'électrons liés). Notons que si l'on vide un niveau d'énergie de son électron, on crée un trou, c'est-à-dire une absence d'électron. Si l'on considère une



## LED: innovations et performances de l'UV à l'IR

Toujours plus performantes, les LEDs s'intègrent dans tous les marchés (Industriel, Grand-public, Médical, Aéronautique, Militaire, Eclairage, Signalisation, etc..) et remplacent rapidement les sources de lumière traditionnelles (Tubes Fluo-compact, lampes incandescentes, halogènes, à arc, etc..). En plus des LED blanches, couleurs et modules LED 220VAC, les LED UV (250nm à 420nm) et IR sont de plus en plus utilisées.

Avec un positionnement en partenaire de l'innovation, HTDS propose des solutions toujours à la pointe de la recherche et de la technologie :

### Mid Power

Compacts, excellent rapport €/lm, faible thermique, polyvalentes, dépassant 100lm.

- **Applications:** éclairage, lampe et tube LED, balisage, signalisation.
- **Nouveauté HTDS:** LED blanche 5630D-E2, 65mA / 2.8V, Flux 34.7 lm typ., jusqu'à 214 lm/W.

### High Power

Forte puissance, bon rapport €/lm, thermique modérée, grand choix d'optiques.

- **Applications:** Eclairage Int/Ext.
- **Nouveauté HTDS:** Z5M2 3535 700mA/3.3V typ., 218 lm, IRC 80 Min

### « Sans boîtier »

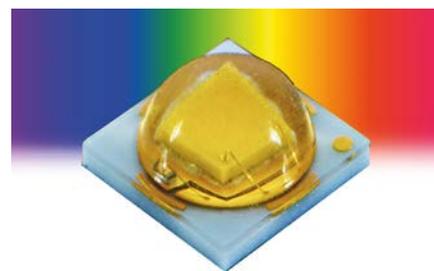
Forte densité de flux/mm<sup>2</sup>, Angle 140°, excellent rapport €/lm, résistance optimisée aux sulfures.

- **Applications:** Toutes applications, notamment High Bay & éclairage urbain.
- **Nouveauté HTDS:** WICOPY19, Seoul Semiconductor 700 mA/3.0V typ., 288 lm/w IRC min 70.

### Haute tension (MJT)

Différents boîtiers et tensions Vf, faibles courants, compacts.

- **Applications:** Eclairage Int/Ext.
- **Nouveauté HTDS:** MJT 5630D, 6V, 210lm/W, IRC Min 80.



Avec des nouveautés couvrant la totalité du spectre, HTDS dispose de solutions à la pointe pour accompagner l'industrie dans toutes ses innovations. L'équipe HTDS reste à votre disposition pour tous renseignements, échantillons, devis et support technique.

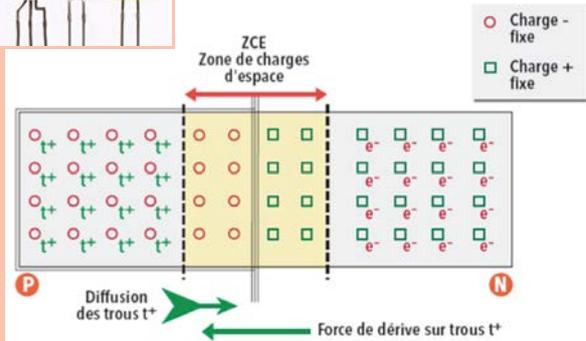
### CONTACT |

HTDS - Pôle OPTO - MESURES  
Philippe MARCHAIS  
Tél. : 01 64 86 28 28  
[philippe.marchais@htds.fr](mailto:philippe.marchais@htds.fr)  
[www.htds.fr](http://www.htds.fr)



< Figure 1. Différents types de LEDs.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/fr/>

> Figure 2. Sous l'effet antagonique des forces de diffusion et de dérive, la formation de la jonction PN est à l'équilibre. Voici la répartition des dopants (charges fixes en ronds ou carrés) et des porteurs libres (électrons e- et trous t+).



paire électron-trou déjà présente dans le semi-conducteur, créée par exemple par absorption d'un photon ou, de façon tout aussi efficace, par l'injection d'un courant électrique, on peut observer la transition inverse (on parle de recombinaison de l'électron de la bande de conduction avec un trou de la bande de valence) qui mène à l'émission d'un photon d'énergie proche du gap du semi-conducteur.

Il est possible de modifier la concentration des porteurs de charge (les électrons et les trous), en substituant à une partie des atomes du cristal des atomes présentant un nombre différent d'électrons sur leurs couches périphériques. Cette opération est appelée *dopage* du semi-conducteur. On peut ainsi obtenir des zones de type N (négatif) riches en électrons ou de type P (positif) riches en trous.

On peut modifier cet équilibre en appliquant une différence de potentiel (une tension) externe, et rendre ainsi la diode passante (tension positive) ou bloquante (tension négative).

L'émission d'un photon d'énergie proche du gap du semi-conducteur demande la présence d'un électron dans la bande de conduction et d'un trou dans la bande de valence. L'intensité émise présente donc un maximum à l'endroit du maximum du produit des concentrations d'électrons et de trous, c'est-à-dire dans la zone de charge d'espace. Lorsqu'une différence de potentiel positive est appliquée, la concentration de porteurs augmente dans la ZCE. L'émission lumineuse est donc localisée dans la ZCE et son intensité varie exponentiellement avec la tension appliquée. Mieux encore : si le courant électrique injecté est suffisamment intense, il est possible d'atteindre

un régime d'inversion de population, avec plus d'électrons dans la bande de conduction que dans la bande de valence – ce qui est le premier pas vers la diode laser.

La première diode émettrice de lumière fonctionnelle est due à N. Holonyack en 1962. Cependant sa forte consommation électrique limitait son utilisation. Pour augmenter le nombre de photons émis par électron, il a fallu recourir à l'ingénierie quantique. D'abord, on a supprimé l'injection de porteurs en-dehors de la ZCE, seule zone où la probabilité d'émission est non négligeable. Puis on a réduit le phénomène parasite de transitions non radiatives (i.e., sans émission de photons) en améliorant la qualité cristalline du semi-conducteur. Ensuite on a augmenté le taux de transition radiative (i.e., liée à une émission de photons) en introduisant dans la ZCE des structures de confinement de la lumière.

Les LED sont principalement utilisées pour l'affichage et l'éclairage. L'éclairage en lumière blanche est obtenu par regroupement de trois LED de couleurs différentes ou bien l'association d'une LED bleue et de colorants. La très forte amélioration du rendement énergétique apportée par ces LED par rapport aux lampes à incandescence (typiquement 10 fois plus élevé) constitue un apport majeur à la transition énergétique en cours puisque l'éclairage représente environ 30% de la consommation électrique mondiale. Cette révolution a été initiée par les avancées apportées par Isamu Akasaki, Hiroshi Amano et Shuji Nakamura sur la technologie du nitrure de gallium (GaN), indispensable à la production de lumière bleue. Ils ont reçu pour cela le prix Nobel de Physique en 2014.

**TRIOPTICS**  
FRANCE

UN UNIVERS DE PRÉCISION

Solutions complètes  
pour la mesure de LED

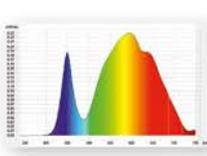
- **Gamme de Spectromètres**  
Mesure des grandeurs photométriques : Eclairage (lux), Flux (lumen), IRC, Luminance (Cd/m<sup>2</sup>), T° de Couleur, Courbes spectrales, Coordonnées chromatiques...
- **Gamme de Goniophotomètres**  
Mesure de la distribution lumineuse : Mesure en champ proche ou lointain, Instruments adaptés à des sources < 50 gr jusqu'à > 50 kg, Fichiers aux formats IES ou LDT (DIALux)



Spectromètres portables et autonomes



Sphères intégrantes de 48 mm à 2000 mm



Spectre source LED



Goniophotomètre champ lointain



Mesure de LED individuelle

**opsira**

Photometric Solutions International®

**GL OPTIC**

Trioptics France

76 rue d'Alsace  
69100 Villeurbanne  
Téll. 07 72 44 02 03  
Fax : 04 72 44 05 06  
[www.trioptics.fr](http://www.trioptics.fr)



MEMBRE

## Comment choisir sa LED ?

Les LEDs existent aujourd'hui sous divers formats (flexible comme les OLEDs ou sur substrat rigide, en mono-élément ou au format matriciel), et fonctionnent sous divers régimes (du continu à l'impulsionnel MHz). Les classifications les plus standard se font en fonction de leur largeur spectrale ou de leur puissance d'émission.

### La largeur spectrale

On classe les LEDs en trois catégories. D'abord, les LEDs chromatiques : l'énergie est concentrée sur une plage étroite de longueurs d'onde (20 à 40 nm de large). Ces sources ont un spectre quasiment monochromatique. Ensuite, les LEDs blanches : l'énergie est répartie dans le visible (sur toute la gamme de longueurs d'onde entre 380 nm et 780 nm environ). Enfin, les LEDs infrarouges, qui émettent au-delà de 700 nm. Elles sont utilisées pour transmettre des signaux de télécommandes ou pour de la télémétrie exploités par exemple dans la détection de position des consoles de

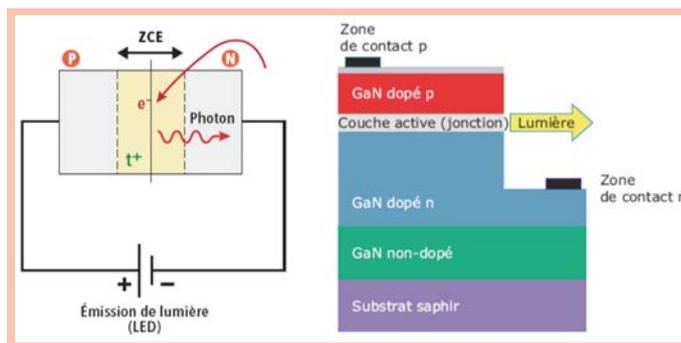


Figure 3. L'injection de paires électrons-trous permet la génération de lumière par recombinaison dans la zone de charge d'espace.

jeux telles que la Wii, ou servir d'éclairage pour les caméras infrarouge.

### La puissance

On distingue deux familles. D'une part, les LEDs de puissance inférieure à 1 watt, qui sont les plus connues du grand public car elles sont présentes dans notre quotidien depuis des années (voyant lumineux sur les appareils électroménagers, par exemple). D'autre part, les LEDs de forte puissance (typiquement, supérieure à 2 watts). Elles sont en plein essor et leurs applications sont de plus en plus connues du grand public : flash de téléphones portables,

éclairage domestique, éclairage de spectacle, feux de voitures...

Les LEDs se démocratisent également dans nos laboratoires, en remplacement des lampes à incandescence, notamment grâce à leurs propriétés d'émission spectrale, de faible inertie permettant un fonctionnement impulsionnel, et de faible consommation électrique.

### RÉFÉRENCES

[1] R. Haidar *et al.*, *La Recherche*, numéro spécial « la lumière » (2015)

[2] G. Zissis *et al.*, *Techniques de l'Ingénieur*, Ref. IN18 (2011)

| DISTRIBUTEURS                 | FABRICANTS                                  | CONTACTS                                                                                                                                      |
|-------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Optoprim                      | Advantec                                    | <b>Arnaud Langlois</b> - <a href="mailto:alanglois@optoprim.com">alanglois@optoprim.com</a> - 33 1 41 90 61 80                                |
| Laser 2000                    | Jenoptik - JDSU - Denselight Semiconductors | <b>Sebastien Degaugue</b> - <a href="mailto:degaugue@laser2000.fr">degaugue@laser2000.fr</a><br>33 1 30 80 23 46 / 33 6 31 02 93 50           |
| Opton Laser                   | Picoquant                                   | <b>Laurence Duchard</b> - <a href="mailto:laurence.duchard@optonlaser.com">laurence.duchard@optonlaser.com</a> - 33 1 69 41 04 05             |
| Acal Bfi                      | Ocean Optics - Avago Technologies           | <b>Damien Brissot</b> - <a href="mailto:damien.brissot@acalbfi.fr">damien.brissot@acalbfi.fr</a> - 33 1 60 79 59 47                           |
| Photon Lines                  | Omicron Laserprodukte - Lambert Instruments | <b>Lionel Gerard</b> - <a href="mailto:li-gerard@photonlines.com">li-gerard@photonlines.com</a><br>33 1 30 08 99 00 / 33 6 70 48 79 65        |
| Stemmer Imaging Sas           | Metaphase Technologies Inc.                 | <a href="mailto:info@stemmer-imaging.fr">info@stemmer-imaging.fr</a> - 33 1 45 06 95 60                                                       |
| Hitools Access                | CCS Inc.                                    | <b>Vincent Evans</b> - <a href="mailto:info@hitools-embedded.com">info@hitools-embedded.com</a> - 33-243-28-15-04                             |
| Ardop                         | Scitec Instruments                          | <a href="mailto:sales@ardop.com">sales@ardop.com</a> - 33 1 69 63 26 09                                                                       |
| Elvitec Sas                   | Prophotonix                                 | <b>Anne Moge</b> - <a href="mailto:anne.moge@elvitec.fr">anne.moge@elvitec.fr</a> - 33 4 90 09 25 80                                          |
| Osram                         | Osram                                       | <b>Olivia Jablonski</b> - <a href="mailto:o.jablonski@osram.com">o.jablonski@osram.com</a>                                                    |
| Silica (AVNET)                | Philips Lumileds                            | <a href="mailto:paris@silica.com">paris@silica.com</a> - 33 1 64 47 29 29                                                                     |
| Thorlabs                      | Thorlabs                                    | <b>Lucy Lagache</b> - <a href="mailto:sales.fr@thorlabs.com">sales.fr@thorlabs.com</a> - 33 970 444 844                                       |
| Effilux                       | Effilux                                     | <b>Arnaud Mestivier</b> - <a href="mailto:a.mestivier@effilux.fr">a.mestivier@effilux.fr</a> - 33 9 72 38 17 80                               |
| HTDS                          | Seoul Semiconductor, Seoul Viosys           | Philippe Marchais - <a href="mailto:philippe.marchais@htds.fr">philippe.marchais@htds.fr</a> - 33 1 64 86 28 28                               |
| Excelitas Technologies        | Lumen Dynamics                              | <b>Anja Maria Hastenrath</b> - <a href="mailto:ah@embedded-pr.de">ah@embedded-pr.de</a><br>+49 (0) 89 / 69 76 06 10 / +49 (0) 171 / 19 59 330 |
| Cetoni                        | Cetoni                                      | <b>Ines Pietrek</b> - <a href="mailto:ines.pietrek@cetoni.de">ines.pietrek@cetoni.de</a> - +49 (0) 36602 338-12                               |
| Digital Light Innovations Dli | Digital Light Innovations Dli               | <a href="mailto:tsanders@dlinnovations.com">tsanders@dlinnovations.com</a> - +1 512 617 4700                                                  |