

# Les Diodes électroluminescentes : enjeux et perspectives

**Entre l'agitation brownienne de la recherche et les appétits commerciaux d'un marché grandissant, quelle est la vraie place des LED dans l'éclairage ?**

**L'AFE<sup>(1)</sup> nous éclaire en répondant à 5 questions.**

Les diodes électroluminescentes (DEL) ou LED (l'acronyme en anglais de Light Emitting Diode) ont, depuis longtemps, été utilisées comme dispositifs d'affichage et témoins de couleurs dans des produits comme les calculatrices et les appareils audiovisuels.

L'émission de couleur monochromatique de ces diodes résulte du passage d'un courant à la jonction entre deux semi-conducteurs avec la création de particules de lumière appelées photons.

Si l'acte de naissance de la lumière produite par un composant semi-conducteur date de 1907 (par le capitaine Henry Joseph Round), le premier brevet d'une LED a été déposé en 1927 par un radiotechnicien russe Oleg Vladimirovich Losev.

Quatre scientifiques américains ont découvert ensemble en 1962 les puces de lumière LED émettant dans le rouge et le vert, puis dans le jaune et l'orange. C'est seulement en 1992 que la LED dite "blanche" est apparue grâce



Doc. : Owan

aux travaux du chercheur japonais Shuji Nakamura.

La technologie LED doit être appréhendée avec les principaux critères d'une lampe : flux et efficacité lumineuse, puissance, durée de vie, qualité de lumière, conditions d'alimentation et de fonctionnement optique, électrique, thermique et mécanique, intégration dans les luminaires, coûts économiques. Les LED présentent d'incontestables atouts : faible consommation, forte luminosité, efficacité énergétique et durée de vie élevées, miniaturisation, possibilités de réaliser des couleurs saturées et de l'éclairage dynamique, faible poids, résistance aux vibrations, alimentation en très basse tension.

Utilisées en éclairage professionnel pour le balisage, la signalisa-

tion, et l'éclairage de valorisation, les LED ont acquis le statut de source de lumière à part entière. Nous présentons ci-après les limites actuelles de leurs utilisations et une évaluation de leurs perspectives d'évolution.

## **Comment les diodes électroluminescentes vont-elles se développer dans l'habitat ?**

Les LED commencent à envahir notre quotidien : beaucoup utilisées comme produits gadgets à faire de "la lumière colorée" (jouets, objets publicitaires, porte-clés, stylos, guirlandes lumineuses, etc.), elles se font mainte-

(1) AFE : Association Française de l'Eclairage

nant utilitaires : alimentées par une pile bouton, elles deviennent sources mobiles d'éclairage pouvant prétendre à remplacer les lampes baladeuses et autres liseuses en toute sécurité (en effet, elles sont alimentées en très basse tension !), équipées de systèmes optiques performants, elles constituent des lampes torches et viendront bientôt concurrencer les lampes fluorescentes de l'éclairage du plan de travail de la cuisine et les lampes halogènes de la salle de bains.

Le flux lumineux émis par les LED blanches de forte puissance à haute luminosité est encore peu élevé (de l'ordre de 100 lumens pour une température de couleur chaude) ; il correspond à celui d'une lampe à incandescence de 15 W. Les lampes réflectorisées (ou LED traversantes) contenant un amas de diodes de faible intensité sont réservées à des effets décoratifs et ne constituent pas une source d'éclairage à part entière (flux lumineux insuffisant et faible efficacité lumineuse, température de couleur non définie et médiocre rendu des couleurs).

Mais les progrès accomplis par les LED en terme d'efficacité lumineuse sont considérables (plus de 100 lm.W<sup>-1</sup> en laboratoire pour certaines d'entre elles). Toutefois, l'efficacité lumineuse globale de la LED "blanc chaud", avec son alimentation électronique, est inférieure à 40 lm.W<sup>-1</sup> ; elle ne peut donc pas encore prétendre rivaliser avec celle des lampes fluocompactes domestiques (60 lm.W<sup>-1</sup>).

De ce fait, il faudra attendre quelques années de développements techniques et industriels sur les solutions à LED (composants, alimentation et luminaire) pour que l'éclairage électronique soit compétitif sur le plan économique et environnemental.



Doc. : Osram

### Quelles sont les précautions à prendre pour garantir des conditions de fonctionnement satisfaisantes sur les diodes électroluminescentes ?

Compte tenu de leurs caractéristiques électriques particulières, la mise en régime des LED est instantanée. Le maintien des performances dans le temps dépend fortement des températures de fonctionnement (une élévation de 10 °C de la température de la diode réduit de moitié sa durée de vie).

On considère généralement que la durée de vie économique représente le temps au bout duquel une certaine part du flux initial est restituée<sup>(2)</sup> (jusqu'à 50 000 heures, pour certaines d'entre elles, soit 12 à 15 ans de fonctionnement).

Mais le fonctionnement des LED dans le temps dépend du système d'éclairage (alimentation électrique et température dans le luminaire), des conditions environnementales et de la maintenance du système.

Si les LED ont une puissance faible (20 W pour les puissances les plus élevées) et ne rayonnent quasiment pas de chaleur, la température atteinte sur les quelques millimètres carré de leur support est très élevée ! Ainsi, dans la conception d'un système d'éclairage à LED les critères thermiques sont cruciaux : une température excessive réduit la quantité de lumière émise, modifie la longueur d'onde dominante, affecte la durée de vie de la puce.

### Quelles aptitudes les LED présentent-elles pour restituer les couleurs ?

Nous sommes tous sensibles à une lumière de qualité, tant en terme d'ambiance que de rendu des couleurs de notre environnement. Dans l'habitat, le niveau de luminosité requiert une ambiance lumineuse de teinte chaude et un bon rendu des couleurs de notre espace de vie (ce que savent restituer les lampes à incandescence et la fluorescence de qualité). Bon nombre de "diodes blanches" ont une température de couleur perçue comme donnant une ambiance froide aux intérieurs et une apparence colorée médiocre. L'assemblage des trois



Doc. : Osram

composantes colorimétriques RVB (Rouge – Vert – Bleu) qui donne une lumière blanche n'est pas suffisant pour bien discriminer les couleurs et assurer le niveau de qualité atteint par le spectre continu des couleurs restitué par les lampes classiques. Pour améliorer la qualité des diodes blanches, les chercheurs travaillent à des assemblages de diodes de couleurs et de diodes blanches (diodes émettant dans le bleu recouvertes de poudres fluorescentes jaune).

Tout ce qui brille n'est pas or ! Les constructeurs de LED de qualité, qui pratiquent un tri sélectif de leurs produits (en effet, une faible part de leur production est seulement retenue avec des critères draconiens de sélection sur le plan du flux lumineux, de la couleur et des caractéristiques électriques), s'insurgent des contrefaçons et de la prolifération de produits de médiocre qualité qui font florès sur le marché. Les organismes de normalisation (CEI – Commission Electrotechnique Internationale, CIE – Commission Internationale de l'Eclairage) travaillent d'arrache-pied pour que les LED soient en conformité avec les critères de sécurité, de qualité et de performances qu'attendent les clients. Une mise en garde est à faire sur les pâles copies de la lampe à incandescence constituées d'assemblage de diodes de qualité médiocre, empilées dans une ampoule ; ce ne sont pas des

(2) De 50 à 70 % selon les applications et les constructeurs.

Doc. : Ostram



sources d'éclairage général, elles peuvent abuser les consommateurs non avertis et retarder le développement des produits de qualité.

#### Quels sont les produits d'éclairage qui utilisent les LED ?

Dans l'habitat, l'application des LED à l'éclairage est encore limitée, mais les sources à LED rivaliseront dans les prochaines années en qualité et en efficacité énergétique avec les lampes du marché actuel.

Les gammes de luminaires professionnels à LED sont en plein développement : la miniaturisation des diodes, le design optique et l'amélioration des structures émissives des puces électroniques ont permis de réaliser des projecteurs de hautes performances photométriques et des systèmes d'éclairage apportant de nouvelles perspectives à l'éclairage relativement aux solutions conventionnelles. De nouveaux produits vont naître de l'intégration des systèmes à LED ; ils existent maintenant sous la forme d'assemblage de diodes de puissance, de modules ou de sous-ensembles à LED adaptables dans de nombreux luminaires décoratifs, architecturaux, et bientôt fonctionnels.

C'est au dynamisme des fabricants de luminaires, bureaux d'études, concepteurs lumière, intégrateurs, designers, décorateurs, architectes qu'il faut faire appel pour assurer le développement de produits et de solutions d'éclairage sur les marchés professionnels : ils viendront compléter les éclairages existants

pour créer des applications nouvelles permettant de répondre à des besoins spécifiques des usagers et gestionnaires du marché de l'éclairage.

#### Quels sont les enjeux et les pistes de progrès pour les diodes électroluminescentes ?

L'aptitude à répondre aux nouveaux enjeux environnementaux sera un des facteurs de développement des diodes électroluminescentes, pour autant que les chercheurs et l'industrie de l'électronique trouvent les solutions pour augmenter l'efficacité énergétique et la qualité de la lumière émise.

Mais il reste beaucoup de chemin à faire pour que les LED occupent

une place dominante sur le marché. Dans l'habitat, l'alimentation par convertisseur électronique constituera un frein au développement des LED. Dans les applications professionnelles, les diodes sont devenues incontournables, et gagnent chaque année en représentativité, malgré la technicité élevée des produits : systèmes d'éclairage et mise en œuvre nécessitant des savoir-faire variés, absence de normalisation des sources et de leur connectique, difficultés à retrouver une source à LED identique lors du remplacement d'une source lumineuse.

On peut mesurer les avancées technologiques extraordinaires effectuées par les laboratoires de recherche et l'industrie de l'électronique. En moins de quinze ans, la petite puce de couleur, devenue blanche, commence à prendre une place significative en éclairage professionnel ! Encore adolescentes au niveau du développement des technologies, les LED trouveront dans les prochaines années leur propre territoire et constitueront des solutions de substitution ou de complémentarité aux sources classiques de lumière.

On ne peut qu'inciter l'ensemble de la communauté de l'éclairage à se projeter dans cette nouvelle ère de la lumière électronique de qualité comme facteur de progrès au service des bonnes pratiques de l'éclairage ! □