

Attention les yeux

L'escalade sans fin de la puissance des LED

Helmut Lemme

La puissance lumineuse des LED a été multipliée par quatre ou cinq dans les dix années passées. En même temps, la durée de vie des LED dépasse de loin celle de toutes les autres sources de lumière. Comme, de plus, leur prix ne cesse de baisser, les LED deviennent intéressantes pour des applications toujours plus nombreuses.

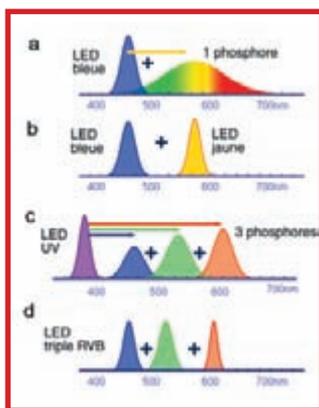


Figure 1. La lumière de la LED blanche peut être produite de plusieurs façons. On peut (a) recouvrir une puce bleue avec un phosphore à large bande (ici en jaune) ou (c) recouvrir une puce UV de trois phosphores (rouge, vert, bleu), ou encore grouper dans un même boîtier une puce bleue et une jaune (b), une rouge, une verte et une bleue (d, « LED RVB »).

Longtemps les LED n'ont été utilisables, sous un courant typique de 20 mA, que comme voyants ou affichages simples. Les recherches de certains fabricants de semi-conducteurs ont permis d'améliorer énormément la connaissance des phénomènes physiques à l'œuvre dans le cristal

semi-conducteur. Des structures plus complexes ont permis d'arriver à un rendement de conversion notablement plus élevé. Aujourd'hui une puce de LED comporte beaucoup plus qu'une simple jonction PN. Il s'agit de toute une série de couches différentes, par leur composition et par leur dopage. Le résultat est visible, au sens propre du mot : des LED ainsi fabriquées sont déjà dangereuses pour les yeux.

Les LED produites aujourd'hui sont basées sur des jonctions semi-conductrices de deux familles différentes – phosphores et nitrides. Le phosphore d'indium-gallium-aluminium (InGaAlP) couvre la plage de 570 nm (vert) jusqu'à près de 1000 nm (infrarouge), son seuil de tension va de 1,5 à 2,3 V suivant la couleur. Le nitride d'indium-gallium (InGaN) couvre de 460 nm (bleu) à 528 nm (vert) sous 3,2 à 3,8 V. Le nitride d'aluminium descend jusqu'aux environs de 200 nm, loin dans la plage des ultraviolets (sous une tension d'environ 7 V). Ainsi toutes les couleurs du spectre visible sont disponibles, et bien au-delà.

La deuxième famille permet en outre de fabriquer des LED blanches. Pour cela on recouvre le cristal d'une substance luminescente (« phosphore ») qui convertit la lumière bleue à faible longueur d'onde vers d'autres couleurs, de plus grande longueur d'onde (figure 1). Ce qui paraît blanc pour l'œil humain n'est pas toujours le même blanc. On peut choisir des tons de blancs avec différentes températures de couleur, en fonction de la part relative de chacune des couleurs du spectre, un peu comme pour les tubes fluorescents (« blanc chaud, blanc froid »). On peut attendre dans un avenir proche des tons de blancs encore plus chauds avec une composante rouge plus forte, qui seront mieux accueillis dans les applications d'éclairage, surtout domestique. Une particularité irréalisable avec les autres sources de lumière : la LED RVB avec une puce rouge, une verte et une bleue dans un même boîtier. Elle permet de modifier dans une large mesure la couleur de la lumière, par une variation des trois courants d'alimentation.

Envol des rendements

L'augmentation considérable de la luminosité dans les dernières années est due avant tout à l'amélioration du rendement de la conversion électrique-optique. On mesure ce rendement en lumen par watt (lm/W). Les LED monochromes actuelles atteignent 65 à 80 lm/W (ou plus, exceptionnellement), les blanches 32 à 40 lm/W. Cela ne les rapproche pas encore des tubes fluo, qui se situent entre 50 et 80 lm/W. Les ampoules à incandescence sous 230 V ne dépassent pas 7 à 10 lm/W, les lampes halogènes 12 V 15 à 20 lm/W. Pour se remettre les idées en place, on comparera aux toutes premières LED, arrivées sur le marché vers 1970, avec leur minable 0,1 lm/W.

Dans la comparaison avec les tubes fluo, dix fois plus efficaces, il faut toutefois considérer que ces derniers rayonnent leur lumière à peu près également dans toutes les directions, ce qui n'est souhaitable que pour l'éclairage de grands volumes intérieurs. Dans de nombreux cas, l'utilisateur souhaite justement le contraire, c'est-à-dire une lumière

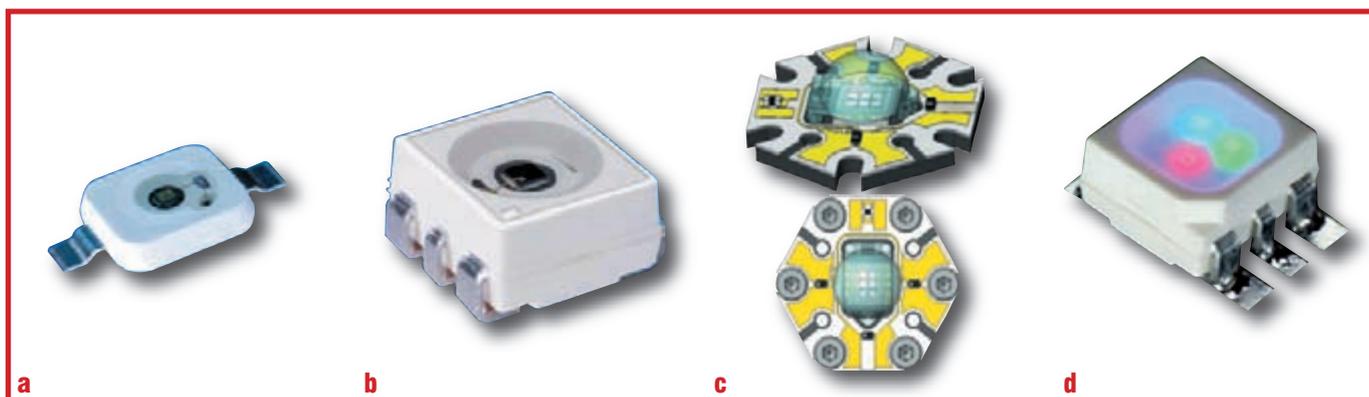


Figure 2. Conceptions de LED de forte puissance : a) type Dragon, b) type Power TOPLED, c) type OSTAR, d) Multiled avec trois puces dans un boîtier (Illustrations : Osram Semiconductor).

re dirigée. C'est ce que fournissent les LED par nature ; la focalisation ne demande pas la mise en œuvre de gros moyens supplémentaires.

En plus du rendement, le courant de fonctionnement a aussi augmenté notablement. Les principaux fabricants –avant tout Osram Opto Semiconductors à Regensburg en Allemagne et Lumileds (Philips) à San Jose en Californie– proposent déjà toute une série de types prévus pour quelques centaines de milliampères. Les plus costauds encaissent même 1,5 A. La limite est déterminée avant tout par l'évacuation de la chaleur. Par nature la température de la puce s'élève fortement. C'est pourquoi les concepteurs ont élaboré des formes de puces astucieuses dans lesquelles la chaleur est évacuée vers le substrat à travers une faible résistance thermique (**figure 2**). Ce dernier comporte souvent un noyau métallique pour le refroidissement ou bien il est collé avec un film métallique.

Diode électroluminescente longue durée

Un deuxième avantage des LED est leur longue durée de vie. C'est le temps qui s'écoule avant que la luminosité tombe à un pourcentage donné de la valeur initiale. Normalement les diodes électroluminescentes ne meurent pas brutalement, elles se dégradent progressivement. Sur ce point il convient d'ouvrir l'œil : de nombreux fabricants fixent le seuil à 50%, d'autres à 70%. Selon la première définition, les LED actuelles durent en moyenne 100 000 heures. Pour la com-

paraison, les tubes fluorescents durent en moyenne 10 000 heures. Les moins durables sont les ampoules à incandescence : le filament des modèles 230 V se coupe au bout de quelque 1 000 heures, celui des lampes halogènes à basse tension aux environs de 3 000 heures.

On voit que les LED modernes à forte puissance peuvent déjà remplacer les lampes à incandescence dans de nombreux cas. Elles se justifient économiquement dans les endroits où le remplacement est coûteux ou malcommode, comme par exemple dans les feux de circulation. De nombreuses voitures sont équipées de feux arrière à LED. Les premiers phares sont annoncés. Les LED sont déjà répandues dans les lampes de poche, de même que dans les phares et feux arrière de vélo, où elles sont plus sûres et plus lumineuses que les ampoules à incandescence qui grillent régulièrement. Les décorateurs trouvent de nouvelles possibilités d'agencement. Les LED peuvent s'installer à des endroits interdits jusque là aux lampes à incandescence du fait du dégagement de chaleur (**figure 3**). En particulier les LED RGB permettent de commander par ordinateur les variations de couleur, par exemple pour l'adapter à l'heure de la journée. Le dernier cri : dans les hôtels, immeubles de bureaux, garages ou bâtiments publics, chaque étage a sa couleur. Pour faciliter l'orientation des visiteurs, la couleur de l'éclairage intérieur de l'ascenseur change avant l'arrêt suivant.

(060372-1)

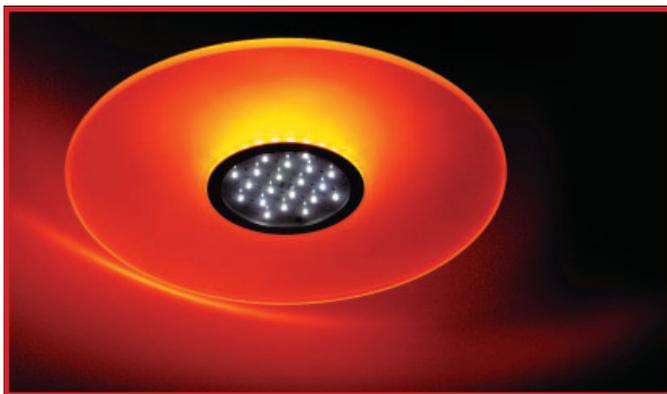


Figure 3. Les LED apportent des possibilités multiples aux décorateurs (Illustration : EBV).



Aux dires du fabricant, le modèle P4 de Seoul Semiconductor est la LED la plus lumineuse au monde et atteint avec une puce unique une intensité supérieure à 240 lm (sous 1 A). Sous 350 mA, le rendement lumineux est au maximum de 100 lm/W. Cette valeur devrait être portée à 135 lm/W dans le courant de l'année et à 145 lm/W pour le premier trimestre 2008.



La « Luxeon III Star Hex » de Lumileds atteint 80 lm en blanc et 190 lm en orange. Le dissipateur en forme d'étoile à six branches est caractéristique.



Le « Platinum Dragon » blanc rayonne 75 lm sous un courant de 700 mA ; avec cette puissance, le rendement est de 30 lm/W. Le boîtier correspond en conception et en dimensions à la LED de forte puissance « Golden Dragon » du même fabricant, mais délivre le double de puissance. Pour un prix inférieur à trois dollars étasuniens, le « Platinum Dragon » devrait offrir le meilleur rapport « qualité-luminosité » du marché.

Liens Internet

Fabricants (sélection) :

www.avagotech.com/led
www.eoi.com.tw
www.liteon.com
www.lumileds.com
www.osram-os.com
www.plusopto.co.uk
www.zled.com
 (Seoul Semiconductor)

Distributeurs (sélection) :

www.beck-elektronik.de
www.conrad.de
www.dotlight.de/shop
www.ebv.com
www.led-shop24.de
www.led1.de/shop
www.lumitronix.com
www.neumueller.com
www.reichelt.de
www.rutronik.com
www.simplified.de