Critères de qualité de l'éclairage par LED

La technologie des LED (diodes électroluminescentes) utilisée pour l'éclairage d'intérieur est fondamentalement une nouveauté. Le passage des lampes traditionnelles aux LED est comparable à celui de la machine à écrire au PC ou du disque au CD. Actuellement, l'efficacité des LED correspond à celle des lampes économiques mais elle devrait être meilleure que n'importe quelle autre lampe d'ici 5 ans. La technologie des LED devrait alors s'appliquer à (presque) tous les nouveaux éclairages.

Afin de choisir le lieu et le moment adaptés à un éclairage par LED, il est nécessaire d'étudier attentivement le marché en accordant une attention particulière aux critères clés que sont l'efficacité énergétique, la durée de vie et le rendu des couleurs.

Des LED rouges aux LED blanches

Les diodes électroluminescentes (LED) sont des éléments semi-conducteurs utilisés en électronique et en informatique. Pour simplifier, la LED suit le mouvement physique inverse de la cellule solaire; celle-ci transforme la lumière (du soleil) en courant continu tandis que la LED transforme le courant continu en lumière. Les LED rouges ont été inventées en 1960 et étaient utilisées en tant qu'affichages lumineux pour les horloges, etc. 10 ans plus tard suivirent les LED vertes et jaunes et ce n'est que 20 ans après que les LED bleues sont apparues sur le marché. Il faudra attendre 2000 pour qu'on réussisse à fabriquer à partir des LED bleues des LED de couleur blanche de bonne qualité avec un revêtement fluorescent. Les bases de l'utilisation des LED pour l'éclairage d'intérieur étaient alors jetées. Ces dernières années, les concepteurs se sont consacrés à l'efficacité énergétique des LED; depuis 2000, elle a été améliorée de plusieurs centaines de pour cent et atteint aujourd'hui en pratique, avec 50 à 60 lumens par watt, le niveau des lampes économiques. Le potentiel de développement n'est pas encore épuisé; d'ici 10 ans, on devrait doubler voire tripler l'efficacité énergétique des LED de couleur blanche.

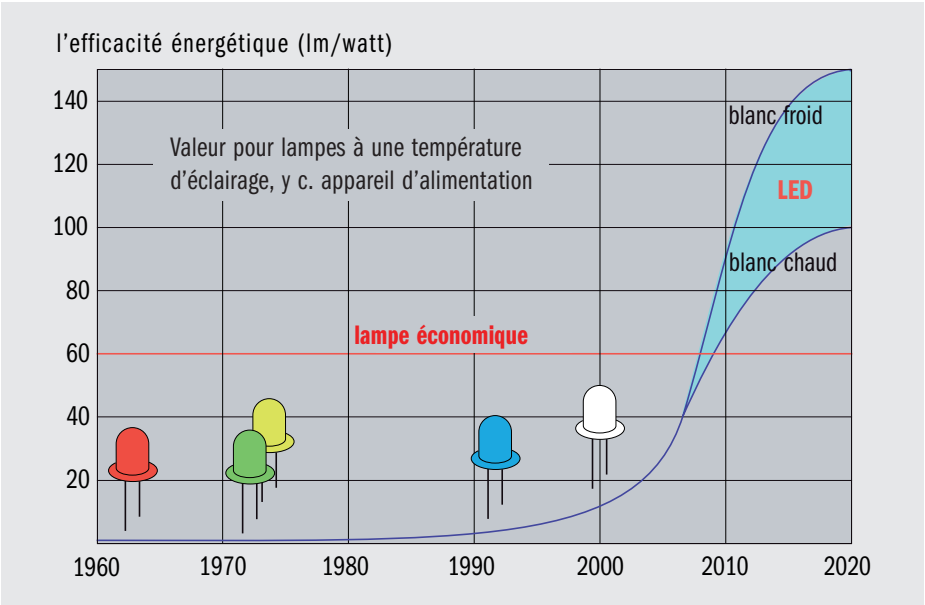


Illustration 1: L'évolution de l'efficacité énergétique des diodes électroluminescentes

Avantages de l'éclairage par LED

Comparées aux lampes traditionnelles, les diodes électroluminescentes présentent toute une liste d'avantages; ils en font un éclairage intéressant pour certaines utilisations malgré son prix actuellement très élevé. Les principaux avantages sont:

- La lumière des LED est pratiquement dépourvue de lumière ultraviolette et infrarouge, c'est-à-dire que le flux lumineux est dépourvu de rayonnement UV énergétique et de chaleur.
- La technologie LED n'a actuellement pas d'égal surtout pour l'éclairage des denrées périssables (denrées alimentaires telles que le fromage, la viande, les légumes) mais également dans les expositions (peintures).
- Il s'agit d'une source lumineuse ponctuelle, la lampe LED dispose d'un allumage immédiat. Elle peut être commutée et son intensité est variable à volonté. Les LED sont donc nettement supérieures dans le domaine de l'éclairage d'accentuation à toutes les «lampes économiques» existantes. Avec les qualités d'une lampe halogène et l'efficacité d'une lampe économique, la lumière LED a surtout un intérêt, à l'heure actuelle, pour l'éclairage spot.
- Les LED ont pour particularité d'offrir pratiquement toutes les températures de couleur souhaitées.

Elles permettent également de «programmer» à volonté les tonalités lumineuses. Ainsi, un projecteur, par exemple, peut passer de manière variable d'une lumière blanche naturelle à une lumière blanche chaude; selon la couleur de l'objet d'exposition à mettre en évidence (p. ex. robe rouge, image bleue ou banane jaune), le blanc peut être réglé de telle sorte que l'objet exposé rayonne de manière optimale.

Critère clé «Efficacité énergétique»

L'efficacité énergétique fait l'objet de gros malentendus et certains fournisseurs promettent des performances qui sont loin d'être atteintes dans la pratique. Certes, une LED de couleur blanche naturelle peut émettre à l'état froid une lumière de plus de 100 lumens par watt lorsqu'on mesure la consommation de courant continu directement au niveau de la LED. Cependant, une lampe pratique qui a besoin d'un appareil de fonctionnement supplémentaire, qui n'est pas froide en fonctionnement réel et possède une lumière blanche chaude avec un indice de rendu des couleurs élevé, atteint aujourd'hui «seulement» 50 lumens par watt.

On dit, en général, qu'entre les don-

Illustration 2: Éclairage des fruits dans les magasins Coop avec des projecteurs LED de Regent

nées des fabricants de LED et les mesures d'émission de lumière dans la pratique, il faut multiplier par 2. Lorsqu'on lit attentivement les déclarations des quatre grands fabricants (Cree, Nichia, Philips-Lumiled et Osram), on constate que les affirmations sont correctes en soi mais qu'elles ne peuvent pas être bien interprétées par des non-scientifiques. Le problème de la déclaration est donc avant tout un problème de communication; il devrait absolument être amélioré en tenant compte d'une bonne acceptation de la technologie LED.

Critère clé «Durée de vie»

Généralement citée comme autre avantage des LED, leur longue durée de vie permet à ces lampes d'être un éclairage compétitif à l'heure actuelle. La durée de vie est donc un critère clé, mais également un défi sur le plan du design et de la construction d'une lampe LED ou d'un luminaire. Si les modules LED actuels atteignent une durée de vie caractéristique de 30 000 à 50 000 heures, cela implique une gestion appropriée des températures et que l'appareil de fonctionnement nécessaire soit également constitué de composants de qualité correspondante. En matière de LED, dégagement de chaleur et durée de vie vont de pair; si la température d'une puce dépasse une certaine limite (p. ex. 80 °C, suivant le type), la durée de vie diminue fortement. La baisse de la durée de vie implique pour les diodes électroluminescentes une diminution continue de l'émission de lumière; en général, une durée de vie de 50 000 heures signifie une baisse de 30 % de la quantité de lumière. Avec les LED surchauffées, la quantité de lumière chute très rapidement et cela entraîne la destruction totale de la lampe. Afin d'éviter la surchauffe des LED, celles-ci doivent disposer d'un dissipateur de chaleur. Il doit détourner vers l'avant la chaleur émise à l'arrière de la puce. Ainsi, le rayonnement lumineux à l'avant ne contient pas de chaleur! La puce d'une LED de 1 W présente une surface d'environ 1 mm²; cette petite surface peut atteindre une température de 80 °C. Afin d'évacuer la chaleur, une surface de refroidissement de plusieurs centimètres carré est nécessaire. Très vite, l'on constate qu'une lampe LED de 5, 10 ou 30 W a besoin d'une surface métallique supérieure afin d'éviter la surchauffe de la puce. Lorsque les diodes électroluminescentes sont intégrées dans un luminaire, le boîtier métallique du luminaire est idéal pour la dissipation de cette chaleur. En cas de spots compacts ou de lampes retrofit, il convient de prévoir pour cela de véritables ailettes de refroidissement.

Critère clé «Rendu des couleurs»

Pour la plupart des gens, les LED sont utilisées dans les éclairages de vélo et

Illustration 3: Une bonne régulation thermique est la condition essentielle pour une longue durée de vie

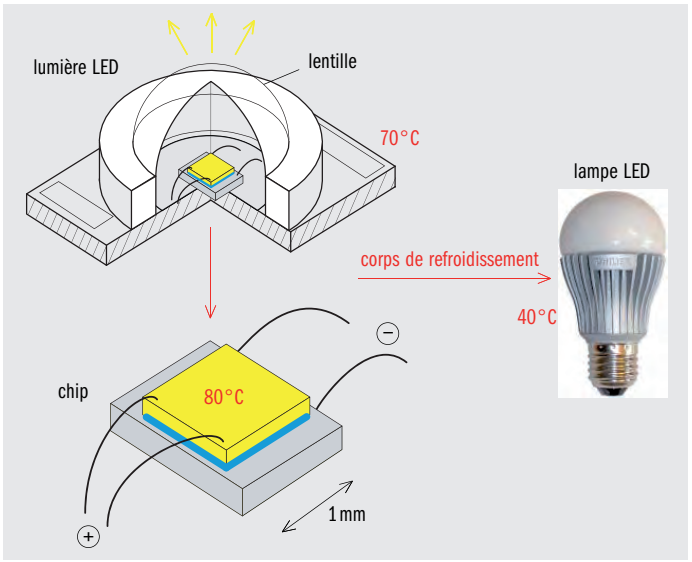
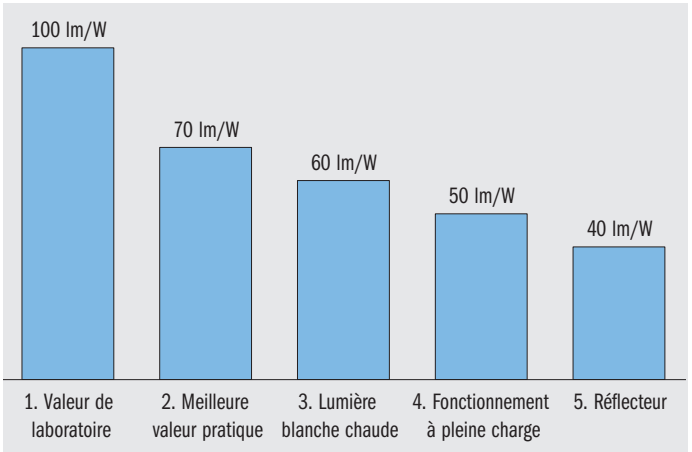


Illustration 4: Efficacité énergétique de LED identiques dans différentes conditions



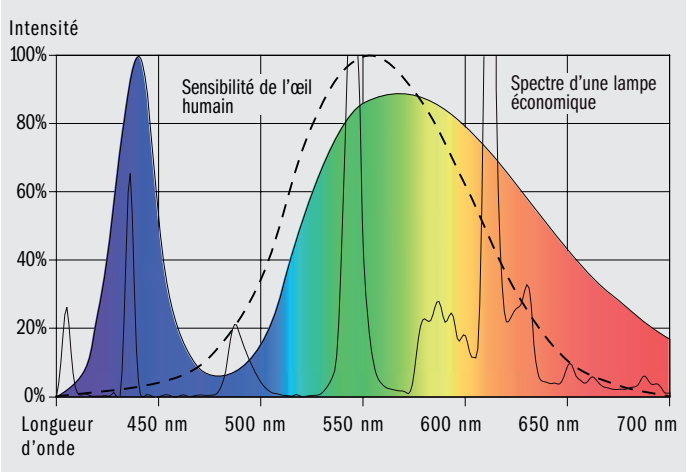


Illustration 5: Le spectre de couleurs d'une bonne lampe LED comparé à celui d'une lampe économique

depuis peu dans ceux des automobiles. Selon eux, la lumière des LED est très froide. La lumière froide est interprétée comme une mauvaise lumière bien que la température de couleur d'une lampe n'a rien à voir avec sa qualité de rendu des couleurs. Lorsqu'on analyse les lampes LED à l'aide d'un colorimètre, on constate qu'elles présentent un large spectre continu (comparées aux lampes fluorescentes) et un indice de rendu des couleurs (Ra) pouvant aller jusqu' à 95 %. À partir de l'automne 2009, l'industrie a lancé sur le marché des lampes LED avec des températures de couleur de 2700 Kelvin (lampe à incandescence); elles devraient permettre d'améliorer nettement l'acceptation de la lumière des LED, même si dans de nombreuses applications en dehors de l'habitat, une température de lumière de 3500 à 4000 Kelvin donne davantage d'effets. Dans tous les cas, il est établi que la température des couleurs, le spectre de couleurs et le rendu des couleurs peuvent être programmés presque à volonté; cette programmation est surtout une question de prix.

Utilisations actuelles

À l'heure actuelle, l'éclairage par LED est attractif dans les domaines où il peut faire profiter de ses avantages inégalables (modulation et variation de l'intensité de la lumière, lumière brillante et directionnelle, pas de rayonnement UV ni de rayonnement thermique, faible consommation d'énergie et longue durée de vie):

- Comme projecteur dans l'éclairage de boutiques et de magasins (remplace les halogènes)
- Comme plafonnier dans les couloirs d'hôtels, les administrations, les hôpitaux (remplace les lampes compactes et les lampes halogènes)
- Pour des lumières rasantes à la place de lampes fluorescentes
- Comme luminaire de travail et de lecture (remplace les lampes à incandescence, halogènes et économiques)
- Comme retrofit pour les spots à lampes halogènes (4 à 15 W = 20 à 75 W)
- Pour l'éclairage public en remplacement des lampes à vapeur de sodium de couleur orange

Nous sommes actuellement en pleine évolution vers de nouvelles applications, la rentabilité s'améliorera de plus en plus dans les années à venir. Il n'est pas toujours facile de savoir quel est le bon moment pour passer à l'éclairage par LED, il est souvent difficile de distinguer les offres sérieuses des produits douteux. La technologie LED a besoin d'informations indépendantes actualisées en permanence ainsi que de bonnes installations pilotes et de démonstration comme les éclairages de boutiques, de restaurants et les éclairages publics.

Illustration 6: Spots à LED retrofit de marques Osram, Philips et Megaman

Auteur: Stefan Gasser, ing. dipl. él. EPF/SIA
Contact: www.toplicht.ch
Publié dans: Elektrotechnik Licht août 2009
Traduction: Ilsegret Messerknecht
Juin 2011