Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 101 (2010)
Heft: 6

Artikel: Les enjeux du remplacement des lampes à incandescence
Autor: Ferrini, Rolando
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856086

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Les enjeux du remplacement des lampes à incandescence

Des lampes « économiques », mais quelle qualité d'éclairage ?

Aujourd'hui les protocoles internationaux visant une réduction globale de la consommation d'énergie ont conduit à l'approbation de nouvelles législations qui, dans le domaine de l'éclairage, imposent le remplacement des lampes à incandescence par des lampes économiques. Si ces nouvelles sources permettent déjà de réaliser les économies d'énergie demandées, elles ne sont pas encore en mesure de garantir une qualité d'éclairage comparable à celle qui était fournie par les lampes classiques.

Rolando Ferrini

Dans leur effort de réduction de la consommation globale d'énergie, les gouvernements de plusieurs pays parmi les plus industralisés au monde, la Suisse y compris, se sont orientés vers une interdiction complète des lampes à incandescence à partir de 2020. Les nouvelles législations en matière d'éclairage concernent notamment les ampoules à incandescence ainsi que les plus performantes lampes halogènes. Ces dernières sont très utilisées dans les domaines de l'éclairage domestique et commercial pour leur lumière ronde et chaude, c'est-à-dire caractérisée par une basse température de couleur (CCT ≈ 3000 K) et un excellent indice de rendu des couleurs (CRI ≈ 100), associée à un rendement lumineux qui peut atteindre les 25 lm/W [1].

Les caractéristiques de la lumière émise par une lampe (rendement lumineux, CCT et CRI) ainsi que les classes de rendement énergétique des lampes domestiques sont définies dans le **tableau I** [2, 3]. Le **tableau II** présente les valeurs correspondantes pour des lampes à incandescence et halogènes, des tubes fluorescents, et quelques exemples des nouvelles sources LED (light emitting diode ou diode électroluminescente) actuellement sur le marché. Ces dernières sont illustrées dans la **figure 1**.

On estime que si toutes les lampes à incandescence utilisées aujourd'hui, y compris les lampes halogènes, étaient remplacées par des lampes économiques, des lampes fluocompactes ou des modules basés sur des LEDs [4–9], la consommation énergétique liée à l'éclairage, qui représente environ 10 % de la consommation énergétique totale dans la plupart des pays industrialisés, pourrait être réduite de 30 % [10].

Dans une première phase, les lampes à incandescence seront remplacées par des lampes fluocompactes. Malheureusement, il est bien connu que les tubes fluorescents présentent des limites techniques et environnementales (importance du ballast, utilisation de mercure, émissions électromagnétiques, etc.) qui ne permettent pas de les considérer comme les vraies sources du futur. Ce sont alors les lampes basées sur les LEDs qui, à l'avenir, représenteront la vraie solution « miracle » pour un éclairage économique et écologique. Si aujourd'hui ces sources nécessitent un développement technologique pour en améliorer les performances et en réduire les coûts encore trop élevés pour le marché de masse, à terme, elles pourront garantir de vraies économies d'énergie avec un impact environnemental relativement réduit.

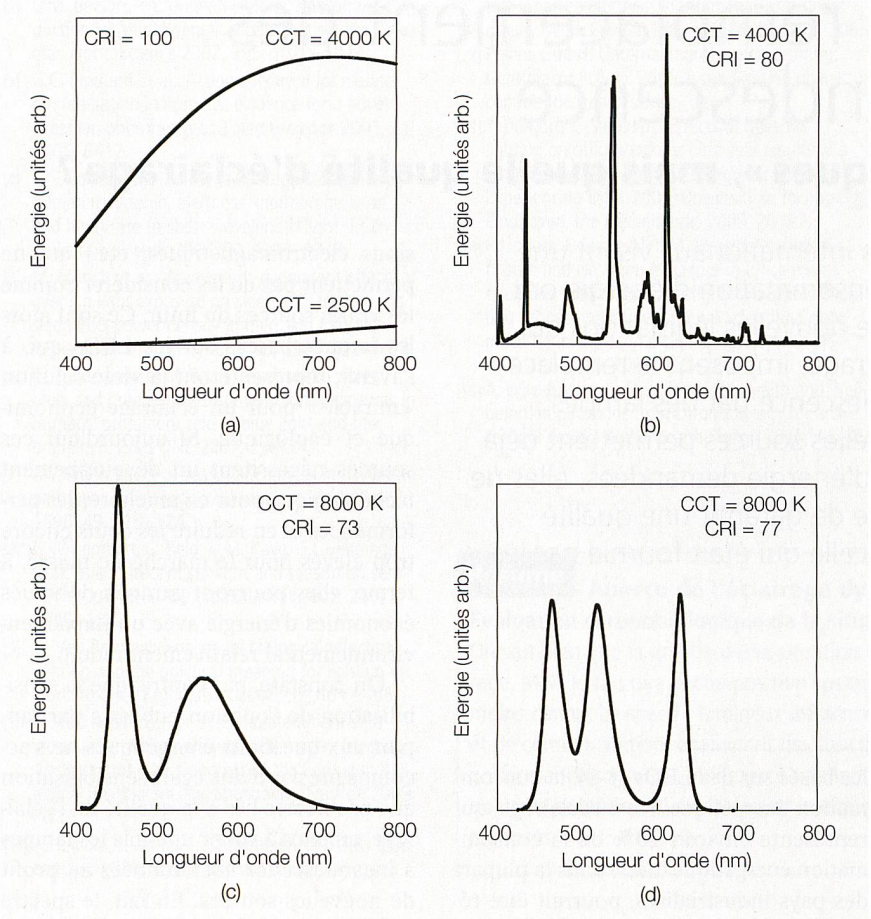
On constate, par contre, que la sensibilisation de l'opinion publique par rapport aux questions énergétiques ne s'accompagne pas d'une égale sensibilisation aux problèmes liés à la qualité de l'éclairage, amenés à surgir une fois les lampes à incandescence abandonnées au profit de nouvelles sources. En fait, le spectre de ces dernières est toujours loin des spectres de corps noir qui caractérisent la lumière solaire ainsi que les lumières à incandescence **(figure 2)** [2].

Les nouvelles législations

L'année 2009 a été marquée par l'approbation et l'entrée en vigueur des nou-

Sites web [4–9]

Figure 1 Quelques exemples de nouvelles sources LED à haute efficacité présentes aujourd'hui sur le marché.
(a) Flat LED Lighting module (KDT), (b) LED PAR (GE), (c) E-Core LED (Toshiba), (d) Parathom Classic (Osram), (e) EverLED LED (Panasonic), (f), Master LED (Philips) et (g) Fortimo LED Downlight module (Philips).



« Traité de la lumière » [2] et LOMM

Figure 2 Spectres d'émission des sources lumineuses les plus courantes.
(a) Spectres de corps noirs simulés pour deux températures : 4000 K (corps noir « froid », dont l'émission se compare avec celle du tube fluorescent du spectre [b]) et 2500 K (corps noir « chaud », qui représente l'émission d'une lampe à incandescence ordinaire).
(b) Spectre mesuré d'un tube fluorescent OSRAM 840 (CRI = 80).
(c) et (d) Spectres mesurés de deux sources LED blanches à très haute efficacité (« très froides ») : (c) une source obtenue par mélange de la lumière émise par une LED bleue et de la lumière jaune obtenue par émission d'un phosphore, et (d) une source RGB obtenue par mélange de lumières LED monochromatiques « rouge-verte-bleue ».
Les intensités lumineuses sont représentées comme fonction de la longueur d'onde et en unités arbitraires : par conséquent, elles ne peuvent pas se comparer quantitativement d'un spectre à l'autre, sauf pour le cas des deux spectres de corps noirs.

velles législations en matière d'éclairage dans plusieurs pays du monde. Si certains, comme le gouvernement fédéral américain, ont opté pour une élimination des sources les moins efficaces à long terme, d'autres pays, comme l'Irlande, ont d'ores et déjà interdit la vente des lampes à incandescence.

L'exemple européen

En mars 2009, l'Union Européenne a approuvé deux nouveaux règlements sur les conditions éco-soutenables imposées, d'une part, aux lampes non directionnelles pour l'illumination domestique et, d'autre part, aux luminaires fluorescents ou à décharge utilisés pour l'éclairage public et commercial [11]. Dans les pays de l'UE, la consommation annuelle d'énergie électrique dédiée à l'éclairage a été estimée respectivement à 112 TWh (en 2007) dans le secteur domestique et 200 TWh (en 2005) dans le secteur tertiaire. Si aucune mesure d'économie n'était prise, on s'attendrait à une augmentation régulière de la consommation dans ces deux secteurs, soit 135 et 260 TWh en 2020.

Selon les experts européens, la nouvelle législation devrait garantir en 2020 des économies annuelles d'énergie d'environ 40 TWh dans chacun des deux secteurs mentionnés. Ces économies seraient obtenues grâce à un plan de remplacement des sources à incandescence en plusieurs étapes, débutant par les lampes « non opaques » de classe inférieure à C et de puissance supérieure à 100 W (en 2009), 75 W (en 2010) et 60 W (en 2011), se poursuivant entre 2013 et 2015 par toutes les ampoules à incandescence confondues et les halogènes « non opaques » de classe D et E, et se terminant en 2016 par toutes les lampes de classe inférieure à B, y compris toutes les halogènes (une définition des classes de rendement énergétique est donnée dans le **tableau I b**) [12].

Dans le monde

Plusieurs autres pays suivent des politiques comparables : aux USA, par exemple, la directive fédérale connue sous le nom de « Energy Independence and Security Act of 2007 » [13] impose une amélioration de 25 % pour l'efficacité des lampes lancées sur le marché entre 2012 et 2014, et de 200 % d'ici 2020. Cela implique que toutes les lampes à incandescence qui produisent entre 310 et 2600 lm devront être éliminées à l'horizon 2012–2014.

Le cas de la Suisse

En Suisse, le Conseil fédéral a déjà interdit les lampes de classe F et G dès janvier 2009, c'est-à-dire toutes les lampes à incandescence de rendement lumineux inférieur à 10 lm/W (voir **tableau I b**) [14]. A part quelques rares exceptions, seules les lampes de classes A à E peuvent encore être trouvées sur le marché. D'ailleurs, puisqu'aujourd'hui la grande majorité des lampes standard communément utilisées appartiennent à la classe E, il n'a pas été nécessaire jusqu'à présent d'introduire des règlements plus restrictifs et articulés sur le long terme comme ceux qui ont été approuvés par les voisins européens. Cependant, selon le « Plan d'action pour l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables » approuvé par le Conseil fédéral en février 2008 [15], seules les lampes de classe A et B devraient être autorisées à la vente d'ici 2015.

Efficacité et qualité d'éclairage

Il est donc clair que dans les 5 années à venir, l'on assistera à une vraie révolution dans le secteur de l'illumination générale et les préoccupations de l'industrie de l'éclairage seront dominées par la nécessité de mettre au point des produits capables de garantir les économies d'énergie imposées par les nouvelles lois nationales et internationales. Par conséquent, un nouveau marché hybride se développera à l'échelle mondiale : si les sources à incandescence à plus haute efficacité telles que les lampes halogènes seront encore disponibles pendant un temps limité, elles seront destinées à être

progressivement, mais inexorablement remplacées par les plus économiques lampes fluocompactes et LED. Il est intéressant de relever que, à cause du coût encore trop élevé qui aujourd'hui limite leur pénétration dans le marché, la commercialisation des modules LED sera moins rapide que celle des lampes fluocompactes, et leur application sera réservée dans un premier temps à des secteurs de niche comme l'illumination décorative des bâtiments **(figure 3)** ou la réalisation de produits « design » de haute gamme **(figure 4)**.

La diffusion des nouvelles sources fera apparaître d'autres problèmes, non plus liés à la consommation énergétique, mais à l'impact que ces nouvelles techniques d'éclairage auront sur notre vie. Notamment, si jusqu'à présent l'illumination d'intérieur a toujours été garantie par des sources à incandescence émettant un spectre de corps noir « homogène » et de même nature que le spectre solaire, cet éclairage « naturel » ne pourra plus être garanti par les nouvelles sources qui présentent un spectre « composite » où le domaine spectral du visible est échantillonné par une série de pics d'émission **(figure 2)**.

Les lampes fluocompactes

Dans le cas des lampes fluocompactes, par exemple, la lumière ultraviolette produite par l'excitation d'une mixture de gaz avec une décharge électrique est utilisée pour exciter l'émission d'une gamme de pigments fluorescents qui recouvrent les parois de la lampe. Chaque pigment est caractérisé par un étroit pic d'émission centré à une certaine longueur d'onde et la composition de ces pics génère un spectre **(figure 2 b)** qui est bien loin du spectre de corps noir **(figure 2 a)**.

Il est important de rappeler qu'il existe une infinité de manières de combiner des lumières colorées pour obtenir de la lumière blanche. A température de couleur identique, tous ces blancs apparaissent équivalents projetés sur une surface blanche, mais ils ne vont pas rendre de la même manière les sensations offertes par des surfaces colorées. Par exemple, la lumière d'une lampe fluorescente d'indice de rendu des couleurs de 80 (le CRI traduit quantitativement le phénomène décrit ici : voir **tableau I**) ne peut absolument pas rendre correctement les couleurs les plus saturées comme la lumière du jour le ferait [2].

Curieusement, dans la phase initiale de remplacement des sources à incandescence, aucune des législations précitées ne considère la perte en qualité d'éclairage comme un paramètre essentiel. Par exemple, les directives européennes fixent génériquement un CRI minimal de 80 pour les nouvelles lampes, mais presque toutes les lampes fluocompactes et LED déjà existantes sur le marché respectent à ce jour ce critère. Il est par contre prévisible que, dès que les nouvelles sources à haute efficacité commenceront à se répandre à une large échelle, une qualité d'illumination réduite ne pourra pas rester sans conséquences, et en premier lieu dans le secteur tertiaire qui sera fortement affecté. Cela sera ensuite le tour du secteur domestique où le caractère « composite » et par conséquent artificiel de cette lumière du futur deviendra rapidement une préoccupation essentielle pour les utilisateurs particuliers.

Efficacité (rendement lumineux)	Rapport entre le flux lumineux (en lumen [lm]) émis et la puissance électrique (P) consommée (en Watt [W]). Le lumen est une unité photométrique de puissance lumineuse qui tient compte de la sensibilité de l'œil humain bien plus grande dans le jaune-vert que dans le bleu et le rouge.
Température de couleur (CCT)	Température du corps noir dont le rayonnement a des caractéristiques chromatiques proches de celles de la source considérée. A partir de la représentation des coordonnées de couleur sur les diagrammes u, v 1963 ou *u'*,*v'* 1967 de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), on établit une relation de proximité entre la source représentée sur le diagramme et le lieu des corps noirs de diverses températures indiqué par une courbe sur le même diagramme. A noter qu'une lumière réputée « froide » correspond à une température de couleur élevée (5000–6000 K), alors qu'une lumière « chaude » correspond à une température de couleur basse (2000–3000 K).
Indice de rendu des couleurs (CRI)	Distance chromatique entre une série de huit échantillons colorés éclairés par la source considérée et la même série éclairée par un corps noir de même température de couleur. Les indications de distance évaluées sur un diagramme de couleurs u, v 1963 ou *u'*,*v'* 1967 sont combinées pour l'ensemble de huit échantillons et l'on obtient ainsi un indice global de rendu des couleurs. Pour un CRI de 100 le rendu des couleurs est le même que celui du corps noir avec la température de couleur la plus proche à celle de la source analysée.

Tableau I a Définitions des principales quantités photométriques et colorimétriques couramment utilisées pour qualifier une source de lumière : rendement lumineux, température de couleur (CCT) et indice de rendu des couleurs (CRI) [2].

Classes énergétiques (label) pour des sources de lumière avec flux lumineux de 500 lm	**A**	P ≤ 10 W	Lampes « économiques » (fluocompactes et LED)
	B	10 W < P < 25 W	
	C	25 W ≤ P < 35 W	Lampes halogènes
	D	35 W ≤ P < 40 W	
	E	40 W ≤ P < 50 W	Ampoules à incandescence
	F	50 W ≤ P < 60 W	
	G	P ≥ 60 W	

Tableau I b Classes de rendement énergétique [3] : le cas de lampes avec un flux lumineux de 500 lm (valeur typique d'une ampoule à incandescence de 40–60 W) est donné comme exemple.

Source	Efficacité [lm/W]	CCT [K]	CRI
Lampe à incandescence 40–60–75 W	12–14	2700	100
Lampe à incandescence 100 W	14–15		
Lampe halogène 50 W/12 V	25	3200	100
Tubes fluorescents	90 (100)	4000 (3000)	60 (80)
Flat LED Lighting (KDT)	40 (30)	5000 (3000)	70 (90)
LED PAR 20 et 30 (GE)	28–34	2700–3000	82
E-Core LED (Toshiba)	50–90	4000 (2700)	70 (80)
Parathom Classic (Osram)	40–60	4000 (2700)	70 (80)
EverLED (Panasonic)	80	4000 (2700)	70 (80)
Master LED (Philips)	50 (40–50)	4200 (2700)	80
Fortimo LED (Philips)	75	3000–4000	80

Tableau II Rendement lumineux, température de couleur (CCT) et indice de rendu des couleurs (CRI) de lampes à incandescence et halogènes [2], de tubes fluorescents [2], et de quelques exemples de nouvelles sources LED présentes aujourd'hui sur le marché [4–9].

Bien évidemment l'impact de ce problème sera au début limité par l'introduction progressive des nouvelles sources accompagnées par le maintien temporaire des meilleures et plus coûteuses lampes halogènes à haute efficacité. Mais il faut souligner que si ces dernières représentent aujourd'hui la seule solution pour l'illumination qui puisse garantir une qualité d'éclairage élevée avec une efficacité acceptable, dans l'esprit des nouvelles législations, cela ne peut qu'être une solution à court et moyen terme [12].

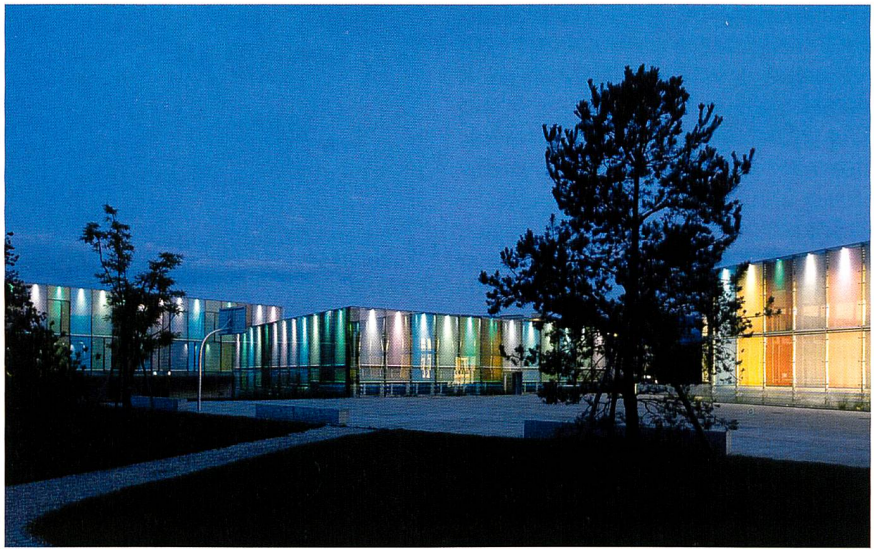
Les diodes électroluminescentes (LEDs)

Dans ce contexte en pleine évolution, grâce aux récentes avancées, les sources LED sont souvent présentées dans les campagnes publicitaires et les médias comme la vraie solution miracle. En termes de rendement, les progrès sont effectifs [16] : ces deux dernières années, les performances des LEDs blanches ont significativement évolué et des efficacités entre 30 et 90 lm/W peuvent aujourd'hui être garanties par des lampes LED commerciales avec des CRI de 70–80 et des CCT allant de 3000 à 5000 K **(tableau II)**. Cela permet aux LEDs de rivaliser avantageusement avec les lampes fluorescentes les plus classiques, leur efficacité et l'absence de mercure leur permettant de se présenter comme les vraies sources du futur.

Pour générer de la lumière blanche à partir de dispositifs LED [16] une voie est d'utiliser la lumière monochromatique (en général bleue) d'une LED standard pour exciter la fluorescence d'un ou deux pigments fluorescents émettant dans la région du vert-jaune, normalement dispersés dans la coque en plastique qui protège le dispositif émetteur **(figure 2 c)** [17]. Cette solution a donné les meilleures performances, et la plupart des sources LEDs blanches vendues sur le marché sont basées sur l'utilisation de phosphores. Par exemple, les principaux luminaires LED commercialisés par Philips **(figure 1 f)** contiennent des LEDs de ce type dont l'efficacité dépasse aujourd'hui les 100 lm/W [9]. La limite de cette approche réside cependant dans une disponibilité restreinte des phosphores qui doivent respecter des critères imposés très restrictifs : excitation dans le bleu, efficacité de fluorescence ainsi que stabilité thermique et photochimique élevées, durabilité, etc. De ce fait, seules trois familles de phosphores inorganiques sont actuellement validées par l'industrie des LEDs.

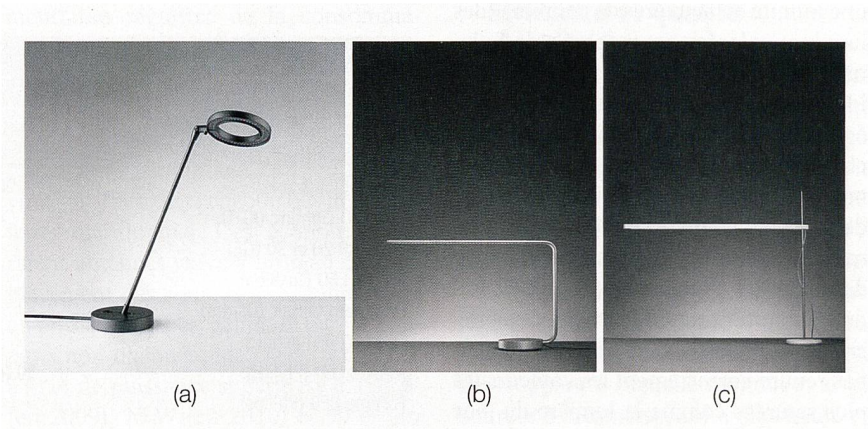
Une approche alternative consiste à combiner la lumière monochromatique de plusieurs LEDs, émettant normalement dans le rouge, le vert et le bleu (approche RGB : **figure 2 d**) [16, 17]. Cette technique a été réservée jusqu'ici à des applications de niche qui demandent une efficacité et une qualité d'éclairage très poussées. La possibilité par exemple de varier de façon dynamique la balance des intensités des trois sources primaires permet à l'utilisateur de régler la CCT et le CRI de sa lampe selon son activité ou les conditions environnementales désirées [18]. Par contre, le caractère typiquement étroit des spectres d'émission des LEDs à semi-conducteur (moins de 50 nm) pose une limite intrinsèque aux performances que l'on peut obtenir en termes de qualité d'éclairage : une estimation très simple montre qu'avec trois couleurs LED on ne peut en aucun cas dépasser un CRI de 85 pour une CCT inférieure à 4000 K.

Une troisième voie est offerte par l'utilisation de LEDs organiques (OLEDs) qui, à la place des couches semi-conductrices inorganiques, utilisent des émetteurs organiques capables de produire des spectres d'émission trois voire quatre fois plus larges qu'une LED classique [16, 17]. Or, si cette technologie a fait l'objet d'énormes investissements, surtout en Extrême-Orient, et est massivement exploitée pour la réalisation d'affichages depuis désormais une décennie, son application au domaine de l'éclairage est encore dans une phase embryonnaire. En effet, l'adaptation à des produits pour l'illumination comporte des défis technologiques en termes de coûts de production, d'uniformité sur une large surface, de puissance d'éclairage, etc. Si à présent



www.dschlaepfer.com

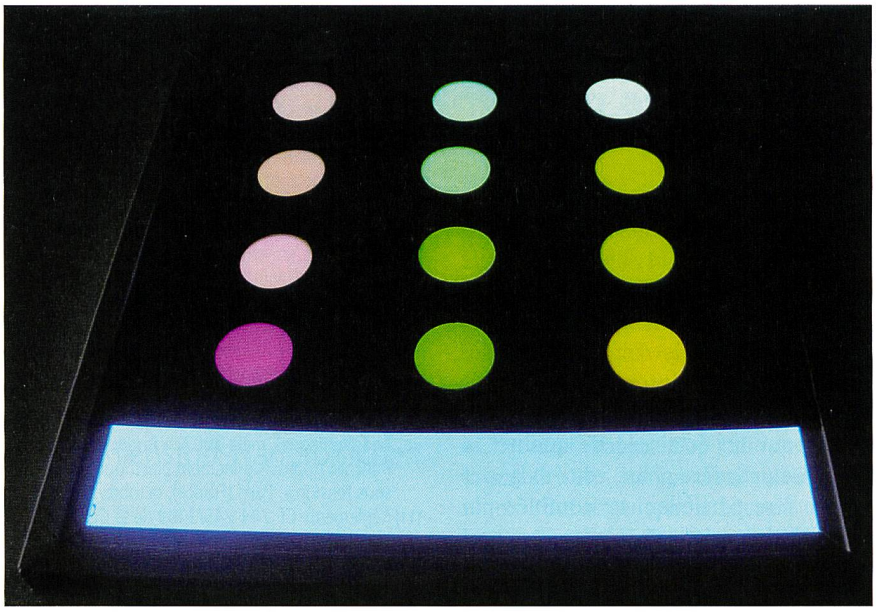
Figure 3 Lycée de Cressy (Genève).
Illumination architecturale basée sur des sources LED, réalisée par l'artiste Daniel Schläpfer (photographe T. Jantscher).



www.artemide.com

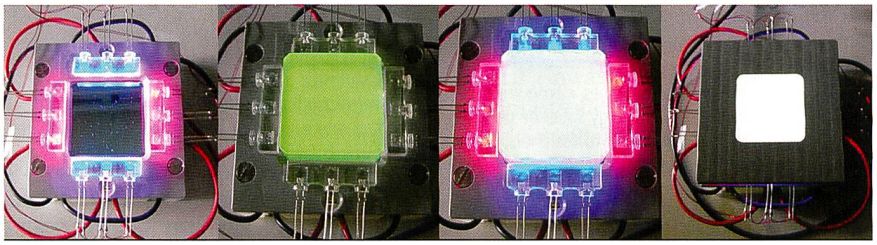
Figure 4 Exemples de lampes LED « design » de haute gamme réalisées par Artemide S.P.A.
(a) Kaio Led (design : Ernesto Gismondi), (b) One Line Tavolo Led (design : Ora Ito), et (c) Talak Tavolo Led (design : Neil Poulton).

l'utilisation des OLEDs est presque exclusivement réservée aux « light designers », leur potentiel est unanimement reconnu. Par contre, si aujourd'hui l'on peut atteindre avec des prototypes des efficacités de 50 lm/W, voire jusqu'à 100 lm/W avec des dispositifs de laboratoire, le principal bémol consiste en une durabilité très limitée. Par conséquent, même si les sociétés d'éclairage les plus importantes au monde investissent beaucoup dans cette nouvelle technologie et ont annoncé la sortie de leurs premières lampes OLED d'ici 2011, l'introduction de ces dernières dans le marché général n'est pas prévue avant 2015, voire une dizaine d'années pour la commercialisation d'un dispositif atteignant une efficacité de 100 lm/W.



LOMM [20]

Figure 5 Films convertisseurs fluorescents réalisés dans le cadre d'une collaboration entre le Laboratoire d'optoélectronique des matériaux moléculaires (LOMM) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et la société Ilford Imaging Switzerland GmbH.
La lumière émise par un panneau LED bleu est convertie dans une palette de couleurs différentes par des films plastiques fluorescents.



lomm.epfl.ch

Figure 6 Prototype d'un module hybride LED-OLED réalisé au LOMM de l'EPFL par Philippe Bugnon et Pierre-Yves Vannay.
Des LED commerciales bleues et rouges sont combinées avec une OLED verte de grande surface.

Efficacité et coût

Si les avancements de la technologie LED sont très prometteurs et parfois surprenants par leur rapidité, son entrée massive dans le marché de l'éclairage est encore soumise à la nécessité de livrer un dispositif commercial qui réunisse en soi toute une série de caractéristiques technologiques, qui vont de l'efficacité du produit vendu à son prix au magasin. Par exemple, le DOE (Département de l'énergie) américain a fixé pour 2010 les objectifs suivants : une efficacité de 140 lm/W, une durabilité de l'ordre de 50 000 h, un CRI supérieur à 80, une CCT inférieure à 5000 K, et un prix de 10 $/klm (kilolumen) qui devrait descendre à 2 $/klm en 2015 [16]. Un coût raisonnable de production est en effet à présent le graal que les fabricants de lampes LED sont encore loin d'atteindre et qui limite fortement leur expansion dans le marché général.

En 2009, Philips a lancé ses premières ampoules LED de 7 W **(figure 1 f)** avec une puissance d'illumination équivalente à celle d'une ampoule standard de 40 W : en Suisse, à fin 2009, si le prix de gros était de 40 CHF, le prix au détail grimpait à 60–80 CHF [19]. En ce qui concerne des systèmes plus sophistiqués, la société coréenne KDT Display commercialisait déjà en 2007 ses modules **(figure 1 a)** avec des efficacités de 40 lm/W (CCT = 5000 K et CRI = 70) et 30 lm/W (CCT = 3000 K et CRI = 90), pour un prix unitaire de 300 CHF [4]. Dans cette gamme, Philips a lancé en 2009 ses propres modules **(figure 1 g)** caractérisés par des efficacités qui grimpent aujourd'hui jusqu'à 75 lm/W, une CCT de 3000–4000 K et un CRI de 80 pour un prix de gros initial d'environ 150 CHF à fin 2009 [19]. Si ces performances permettent d'ores et déjà aux modules LED de rivaliser avec les lampes fluocompactes, dans l'immédiat un travail d'affinement est encore nécessaire pour améliorer la fiabilité, la durabilité, et les performances optiques de ces dispositifs, tandis qu'à plus long terme, la réduction du prix sera vitale pour rendre ces produits compétitifs, mais cela n'est pas prévu avant 2015 [16].

Qualité d'éclairage

Tous ces incroyables avancements techniques sont accompagnés par la prise de conscience, chez les producteurs de sources lumineuses, qu'une amélioration de la qualité d'éclairage va très vite devenir un défi primordial pour donner aux systèmes d'illumination LED une claire valeur ajoutée par rapport aux sources fluorescentes.

Différentes solutions sont aujourd'hui à l'étude pour améliorer la qualité de la lumière fournie par les modules LED. Au lieu de disperser les phosphores dans la capsule plastique de la LED, une approche très prometteuse consiste à utiliser des films convertisseurs fluorescents qui, combinés avec des sources LED standards (par exemple bleues), permettent d'augmenter l'efficacité d'émission et la durée de vie de ces dispositifs. Les modules Philips cités ci-dessus **(figure 1 g)** sont par exemple basés sur cette technologie, qui tire partie de l'éloignement des émetteurs fluorescents de la zone d'émission de la lumière. De plus, en combinant différents colorants fluorescents dans ces films, l'on peut mieux compléter le spectre d'émission du module en se rapprochant le plus possible du spectre du corps noir **(figure 5)** [16].

Une voie alternative est de combiner des sources LED et OLED monochromatiques **(figure 6)**. Comme évoqué précédemment, les OLEDs ont des spectres d'émission 3–4 fois plus larges qu'une LED standard : combinés dans un sys-

tème hybride RGB, ces dispositifs peuvent garantir des valeurs de CRI comprises entre 90 et 100 et de CCT se situant entre 3000 et 6000 K.

Conclusion

Nous sommes au seuil de l'introduction généralisée d'une nouvelle génération de sources à haute efficacité sur le marché de l'illumination. Cette révolution permettra de respecter les critères d'économie d'énergie imposés par les protocoles internationaux, mais elle génèrera aussi une demande croissante pour un éclairage de qualité. Si dans une première phase cette exigence pourra être partiellement comblée par le maintien des nouvelles sources halogènes les plus efficaces, les fabricants ainsi que les designers, les architectes, etc., devront inévitablement se confronter à ce problème lorsque les nouvelles lampes commenceront à investir massivement le marché général.

Références

[1] Par exemple les lampes halogènes « économiques » des séries Halostar Energy Saver de Osram (www.osram.com/osram_com/Professionals/General_Lighting/Halogen_lamps/) et Halogená Energy Advantage de Philips (www.lighting.philips.com/us_en/browseliterature/bulletins/halogen.php?main=us_en&parent=0&id=us_en_browse_literature&lang=en).
[2] L. Zuppiroli, M.-N. Bussac, C. Grimm: Traité de la lumière. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2009.
[3] Directive européenne 98/11/CE de la Commission du 27 janvier 1998. Journal officiel de l'Union européenne L71, 1, 10 mars 1998. Exemples: www.osrammiddleeast.com/osram_fr-old/Documentation/Documentation_a_telecharger/Professionnel/_pdf/LabelsBD.pdf.
[4] www.kdtwowusa.com/about.html.
[5] www.gelighting.com/na/business_lighting/products/led/general_lighting.htm.
[6] www.toshiba.co.jp/lighting/products/index.htm.
[7] www.osram.ch/osram_ch/FR.
[8] http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/en090910-3/en090910-3.html.
[9] http://www.lighting.philips.com/gl_en/country/index.php?main=global&parent=4390&id=gl_en_country_sites&lang=en; www.lighting.philips.com/us_en/applicationsolutions/led/modules/fortimo.php?main=us_en&parent=0&id=us_en_application_solutions&lang=en.
[10] Voir par exemple: « Household Electricity Reports 2001 », Energy Information Administration, Department of Energy (USA), 14 juillet 2005; « VDEW (Verband des Elektrizitätswirtschaft e.V.) Endenergieverbrauch in Deutschland 2005 », Berlin (Allemagne), mars 2007; « Rapport du Sénat français, Approvisionnement électrique: l'Europe sous tension », Paris (France), octobre 2007.
[11] Règlements CE 244-245/2009 de la Commission du 18 mars 2009, Journal officiel de l'Union européenne L76, 3 et 17, 24 mars 2009.
[12] Voir par exemple: www.consumer.philips.com/c/energy-saving-light/23289/cat/gb/.
[13] http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110_cong_public_laws&docid=f:publ140.110.
[14] www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=fr&msg-id=22122.
[15] www.bfe.admin.ch/themen/00526/02577/index.html?lang=fr.
[16] Multi-Year Program Plan FY'09–FY'15 – Solid-State Lighting Research and Development, US Department of Energy, mars 2009. www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/techroadmaps.html.
[17] Preparatory study for eco-design requirements for EuPs – Lot 19: Domestic lighting – Part 2: Directional lamps and household luminaries – Interim task report/Task 6: Technical analysis BAT and BNAT by VITO. www.eup4light.net.
[18] Voir par exemple le projet My White Light de Artemide SPA. www.artemide.com/?page=Pubblicazioni:Pubblicazioni&lang=en_US.
[19] Voir par exemple: www.elevite.ch/homepage/generallighting/index.html.
[20] http://lomm.epfl.ch/page63563.html.

Informations sur l'auteur

Dr. **Rolando Ferrini** est un chercheur « senior » du Laboratoire d'optoélectronique des matériaux moléculaires (LOMM) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) dirigé par le professeur Libero Zuppiroli. Il est responsable d'une antenne délocalisée sur le site industriel de la société Ilford Imaging Switzerland GmbH à Marly (Fribourg), dans le cadre d'un projet pilote de collaboration entre milieux académique et industriel. Il a obtenu son doctorat en 1999 avec une thèse sur les propriétés optiques des matériaux semi-conducteurs III-V pour l'électronique et l'optoélectronique. De 2000 à 2004 il a travaillé à l'Institut de photonique et électronique quantique (IPEQ) de l'EPFL sur le développement et la caractérisation de composants avancés pour l'optique intégrée. Dès 2004 il a rejoint le LOMM où il coordonne les activités sur les dispositifs à base de matériaux organiques pour l'optique, la photonique et l'éclairage.

EPFL-LOMM, Station 3, 1015 Lausanne, rolando.ferrini@epfl.ch

Zusammenfassung **Herausforderungen beim Glühlampenersatz**

«Sparlampen» – aber wie sieht es mit der Lichtqualität aus?

Internationale Protokolle, die darauf zielen, den Gesamtenergieverbrauch zu reduzieren, führten zur Annahme neuer Gesetzgebungen, welche im Beleuchtungssektor den Ersatz herkömmlicher Glühlampen durch Sparlampen vorschreiben. Diese neuen Lichtquellen ermöglichen zwar die verlangte Energieeinsparung, sind jedoch noch nicht in der Lage, eine Lichtqualität zu bieten, die mit derjenigen klassischer Glühlampen vergleichbar wäre. CHe

Anzeige

EMCT Swiss-ConnTec SA
POSTFACH 241, GRUBENSTR. 7a
CH-3322 Urtenen-Schönbühl / Bern
E-MAIL: info@emct.ch
TELEFON + 41 (0)31 859 34 94
TELEFAX + 41 (0)31 859 20 17

Steckverbinder, MIL-C & **Eigenfabrikation**
Alarm / Schallgeber Steckverbinder Relais
Ringkerntransformatoren Kabel & Zubehör Elektromagnete
Piezo-Schallgeber Electronic-Summer
EMCT, Swiss made, high quality buzzers and access to worldwide connector technology.
24 HRS. Information & Service W3.emct.ch