Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 104 (2013)
Heft: 1

Artikel: Eclairages LED : à quels saints se vouer?
Autor: Zuppiroli, Libero
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856445

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: 09.07.2025

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

Eclairages LED : à quels saints se vouer ?

Compenser l'absence de normalisation par une meilleure information

Le marché de l'éclairage est en pleine révolution. Suite au retrait du marché des lampes à incandescence et aux problèmes de recyclage soulevés par les sources fluocompactes, les lampes LED tendent à s'imposer comme la solution permettant d'allier efficacité énergétique et longue durée de vie. Mais qu'en est-il de la qualité d'éclairage qu'elles procurent ? Les durées de vie annoncées sont-elles fiables ? L'absence de normalisation doit être compensée par une meilleure information au consommateur.

Libero Zuppiroli

Sauver la planète du réchauffement climatique n'est pas chose aisée. Les énergies alternatives tardent à s'imposer et sur les routes, le CO_2 continue à abonder. Une contribution peut être apportée en économisant l'énergie disponible. L'éclairage artificiel semble s'y prêter à merveille : en effet, en remplaçant la lampe à incandescence énergivore de grand-papa par une lampe de l'avenir, fluocompacte ou LED, il serait possible à terme d'économiser la moitié de l'énergie destinée à l'éclairage. Mais qu'en est-il réellement ?

Situation actuelle

Le marché des sources fluocompactes a déjà déçu bon nombre de consommateurs car ces lampes ne sont pas toujours aussi fiables et durables qu'annoncé [1]. De plus, le recyclage du mercure essentiel à leur fonctionnement est trop coûteux : les vieilles lampes sont simplement stockées et expédiées dans des décharges spéciales.

Ainsi les LED sont appelées à porter seules tous les espoirs à long terme. D'ailleurs, sur ce point, tout le monde est d'accord, compagnies d'éclairage, commissions européennes, pouvoirs publics, partis au pouvoir et d'opposition et organisations écologiques comme le WWF par exemple [2].

Prix des LED

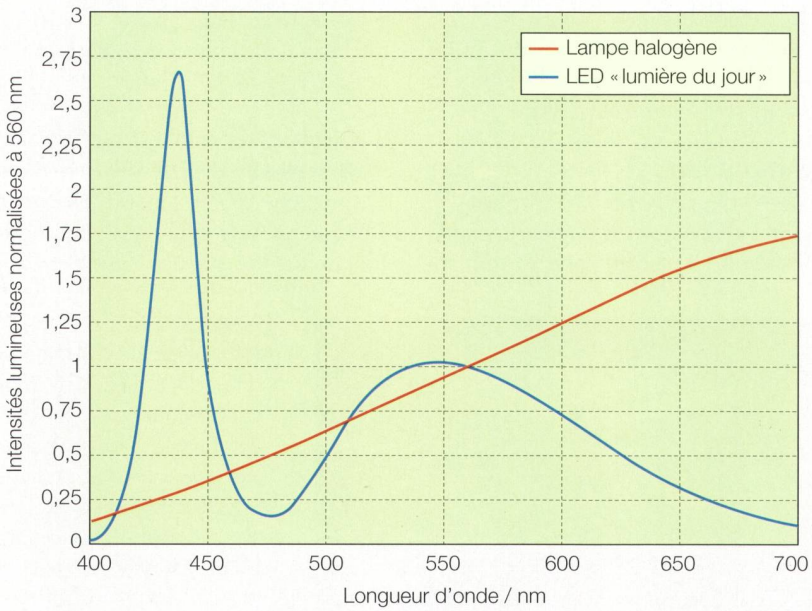
Du coté du consommateur qui doit changer l'ampoule flamme à incandescence de 40 W de sa lampe de chevet (culot E 14) ou la lampe halogène de 35 W de la rampe de son salon (culot GU 5,3 ou GU 10), les sentiments sont beaucoup plus mitigés : d'abord les prix des lampes LED lui paraissent exorbitants, variant de 20 à 50 CHF pour l'ampoule de sa lampe de chevet et de 20 à 80 CHF pour la lampe halogène de son salon. Face à la confusion de l'offre, il optera peut-être pour un prix moyen. Une fois la nouvelle lampe installée dans le vieux lustre, la déception est presque toujours très grande, ceci pour deux raisons principales.

Flux lumineux

Premièrement, le flux lumineux de la nouvelle lampe est nettement inférieur à celui de l'ancienne. La lampe de 40 W à incandescence produisait au moins 400 lm, alors que la lampe LED présumée équivalente en fournira entre 50 et 250 d'après les indications des constructeurs [3]. La lampe halogène de 35 W délivrait près de 700 lm ; sa remplaçante LED (blanc chaud) en fournira au mieux 350 à condition d'avoir acheté une lampe dont le prix varie entre 30 et 70 CHF [4,5]. Bref, en s'éclairant partout avec deux fois moins de lumière, le consommateur économisera à coup sûr de l'énergie !

Qualité d'éclairage

Le second motif de déception tient à la qualité de la lumière. Avec des lampes LED produisant ce que les constructeurs appellent du « blanc froid » ou même du « blanc moyen », l'éclairage produit sera presque toujours désastreux : elles émettent une lumière glauque qui donne



LOMM/EPFL

Figure 1 Signatures spectrales d'une lampe halogène (IRC 100) et d'une lampe LED dite « lumière du jour » (IRC 67). Le pic de la LED bleue à 435 nm et la réponse jaune du phosphore centrée autour de 550 nm sont bien visibles, tout comme les déficits de la LED dans le bleu-vert et dans le rouge.

Christiane Grimm et Daniel Schlaepfer

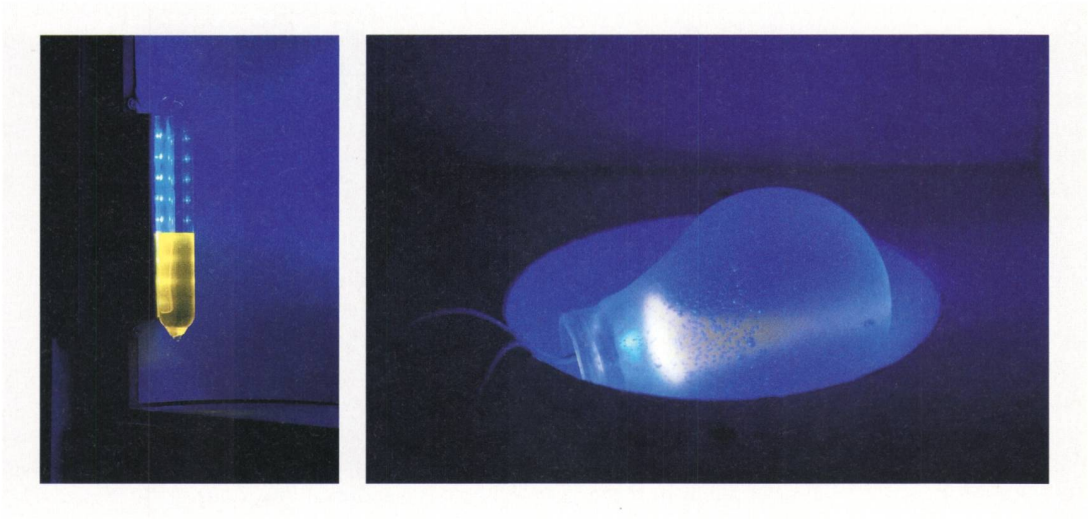


Figure 2 Immergée dans une lumière bleue, une substance fluorescente émet du jaune. Ces deux couleurs complémentaires sont mélangées dans une ampoule en un blanc froid (détails d'une installation de l'artiste Daniel Schlaepfer [8]).

aux visages des couleurs blafardes et favorise la dépression.

A noter que ce n'est pas le fait que la lumière soit froide qui pose problème. La lumière solaire l'est aussi et il s'agit bien de la plus belle des lumières possibles, rendant merveilleusement les couleurs. Il existe aussi des sources lumineuses, comme les lampes à décharge à halogénures métalliques, capables de produire des blancs froids d'excellente qualité. Mais pour des raisons techniques, ce n'est pas le cas pour les LED blanches froides ou moyennes. L'indice de rendu des couleurs (IRC) de ces mauvaises lampes varie en effet entre 60 et 75. Curieusement, il n'est jamais porté sur l'emballage de ces produits.

Durée de vie

Heureusement, le consommateur sera partiellement consolé par les durées de vie portées sur les emballages de ses lampes: elles varient de 25 000 à 35 000 h pour les lampes LED à lumière chaude et atteignent des valeurs de 60 000, voire 100 000 h pour les LED à lumière froide. En considérant la durée usuelle d'utilisation de 2,7 h par jour, une durée de vie de 60 000 h représente 60 ans: c'est toute une vie! Mais la fiabilité de ces indications de durée de vie sera encore traitée plus loin.

Une meilleure information est indispensable

L'éclairage LED serait-il aussi mauvais que cela? Les espoirs dans ces technologies du futur seraient-ils infondés? En fait, il n'en est rien. Les LED sont en mesure de fournir de bonnes lumières. Mais à l'initiative des lobbys de l'éclairage, on est allé un peu trop vite en besogne et, de fait, la confusion qui règne sur ce marché risque d'entraver la révolution de l'éclairage nécessaire à la réduction de la consommation énergétique. Pour y remédier, il est essentiel d'améliorer l'étiquetage, de mieux informer le consommateur sur ce qui distingue une bonne lampe LED d'une mauvaise et de bannir toute publicité mensongère.

Avoir un regard plus critique

Les discours trop enthousiastes ne proviennent pas seulement des multinationales de l'éclairage, mais aussi des pouvoirs publics et même des organisations écologiques les plus soucieuses de l'avenir de la planète. En voici deux exemples:

- Dans la rubrique «ATE Boutique» du magazine de septembre 2012 de l'Association Transports et Environnement (ATE), on vante les mérites d'ampoules LED qui «avec leur excellente lumière blanc chaud remplacent à merveille les ampoules traditionnelles». Parmi elles, un spot de 7 W avec un culot GU 10 qui, dit-on, «remplace les spots jusqu'à 50 W». Le culot GU 10 concerne habituellement les lampes halogènes; or un spot halogène de 50 W émet un flux lumineux d'environ 900 lm. L'ampoule proposée par l'ATE est donnée pour 320 lm. Comment remplacer 900 lm par 320 lm? Une autre question: pourquoi cette lampe affiche-t-elle seulement une efficacité énergétique de 45 lm/W, alors que les LED étaient censées présenter des efficacités bien supérieures à 100 lm/W [6]?
- La revue «Bon à savoir», qui depuis plusieurs années défend avec vigueur (en collaboration avec le WWF) l'utilisation des LED, a publié dans son numéro de septembre 2012 une enquête sérieuse sur douze ampoules LED à lumière chaude, avec culot E 27, vendues pour des prix allant de 17,95 à 58,85 CHF [7]. En étudiant les résultats d'un œil un peu plus critique, il apparaît que sur les douze ampoules mesurées, l'une a rendu l'âme au bout de 1340 h d'utilisation et que trois autres ont perdu plus de 10% de leur flux lumineux au bout de 2000 h. Du point de vue de la qualité de la lumière, deux de ces douze lampes à lumière chaude ont des indices de rendu des couleurs désastreux, 73 et 67 respectivement, alors que la lampe qui triomphe dans le test de par son meilleur rapport qualité-prix présente un indice de rendu des couleurs inférieur à 80. Pour deux autres lampes enfin, la température de couleur était majorée de 500 K. Bref, en achetant l'une de ces lampes qui pourtant font partie d'une sélection provenant des constructeurs réputés les plus fiables, il y a plus d'une chance sur deux qu'elle pèche gravement par l'une de ses caractéristiques.

Quel beau succès, quand on sait qu'on peut acheter pour 10 à 15 CHF des tubes fluorescents avec des indices de rendu des couleurs supérieurs à 90, qui, tant pour leur efficacité énergétique que pour la qualité de la lumière, sont bien meilleurs que toutes ces lampes!

Eclairer le consommateur

Comment voir plus clair dans cette jungle de l'éclairage et tenter de faire obstacle aux pressions des lobbys de la lumière? Il est tout d'abord nécessaire de transmettre au grand public des données plus limpides sur les limites techniques de l'éclairage LED. Il faut militer ensuite pour un étiquetage clair et honnête des lampes vendues au grand public pour

que les choix deviennent plus faciles pour les consommateurs. Il faut enfin garder à l'esprit que l'éclairage des demeures ou des lieux de travail présente des aspects humains qu'il ne faut pas négliger. Autant de sujets traités dans le petit livre « Lumières du futur » [8]. Certaines des conclusions de cet ouvrage sont présentées ci-dessous en y faisant référence quand nécessaire.

Que faut-il savoir ?

Tout d'abord, pour obtenir une belle lumière, il ne faut en aucun cas acheter des LED dites blanc froid ou blanc moyen.

Composition de la lumière

Les LED blanches émettent des lumières de fluorescence. Elles sont fabriquées à partir d'une LED bleue au nitrure de gallium, coiffée d'une couche contenant une ou plusieurs substances fluorescentes appelées « phosphores » dans le jargon de l'éclairage. Ces substances ont pour élément actif des atomes de terres rares : cérium, gadolinium, europium, etc. Avec comme phosphores une ou deux substances de la famille des grenats d'yttrium à base de gadolinium et de cérium, il est possible de convertir le bleu de la diode en jaune, puis de combiner le bleu et le jaune (complémentaires) pour obtenir un blanc pauvre en composantes vertes et rouges **(figures 1 et 2)**. Il produira précisément les aspects blafards déjà mentionnés. Des représentations assez fidèles obtenues à partir de la technique d'imagerie multispectrale sont données dans « Lumières du futur » [9].

Pour passer à des lumières plus riches, il faut davantage de phosphores, le coût augmente, le rendement et la durée de vie baissent, mais le résultat est finalement assez bon. Les ampoules les plus récentes de cette espèce à culot E 27 remplacent avantageusement des lampes à incandescence ordinaires de 60 ou même 75 W. Mais gare aux contrefaçons ! D'où l'importance d'exiger des étiquettes complètes et honnêtes et de les lire attentivement, particulièrement en ce qui concerne le flux lumineux, l'efficacité énergétique et l'indice de rendu des couleurs.

Attention à l'échauffement !

Le rendement énergétique d'une LED et sa durée de vie sont largement déterminés par la température de la jonction semi-conductrice qui émet la lumière. Ces quantités dépendent donc de l'endroit plus ou moins confiné où est placée la lampe LED.

Une diode d'un watt, typique des sources d'aujourd'hui, ne convertit que 53 % de l'énergie électrique en lumière bleue. De plus, à la traversée du ou des phosphores, seule la moitié de la lumière bleue est transformée en lumière blanche. Le dispositif fournit donc au total 0,26 W de lumière blanche pour 1 W d'énergie électrique consommée. C'est dire que 74 % de l'énergie électrique est transformée en chaleur dans l'espace extrêmement confiné de la LED, plus précisément dans la jonction [10].

Lors de l'allumage d'une LED, la puce peut donc passer en une minute de la température ambiante à une température de 100 à 120 °C. Il ne faudrait pas que cette température dépasse nettement et durablement les 120 °C sous peine de diminuer rapidement le rendement énergétique et de limiter la durée de vie du dispositif.

Evacuer la chaleur produite

La production et l'évacuation de chaleur sont donc les problèmes centraux de l'éclairage à base de LED. D'autant plus que dans une lampe, une LED n'est jamais seule. Il en faut plusieurs pour composer les 400 à 800 lm utiles pour remplacer une ampoule à incandescence classique. C'est ce qui explique le radiateur puissant et lourd qui entoure les lampes LED commerciales aujourd'hui. Si cette dernière est placée dans un lustre qui évacue mal la chaleur, les températures atteintes par le cœur de la LED peuvent être augmentées de façon importante malgré les radiateurs, conduisant ainsi à une baisse du rendement et de la durée de vie du dispositif. D'où l'importance d'acheter des lustres adaptés à ces sources d'éclairage.

Durée de vie

Que penser des chiffres de durée de vie alors qu'à l'heure actuelle la définition de la durée de vie d'une LED et sa méthode de mesure ne sont pas normalisées ? Les fabricants de diodes électroluminescentes – non des lampes, mais des diodes isolées – annoncent des durées de vie de LED blanches allant jusqu'à 50 000 h et même davantage, mesurées sous conditions de laboratoire (température de jonction maintenue à 25 °C et courant défini). De tels tests, d'une durée de six ans au moins, ont dû effectivement être poursuivis pour les premières LED de puissance.

Au rythme où apparaissent aujourd'hui les nouvelles sources lumineuses, il est légitime de se demander comment se font ces tests et ce qu'ils signifient. Il peut être tentant pour le constructeur d'attribuer aux lampes qui contiennent généralement plusieurs LED la durée de vie de la LED isolée fonctionnant à 25 °C. Des mesures effectuées sur des systèmes d'éclairage courants ont montré que dans des cas extrêmes les LED peuvent perdre plus de 70 % de leur luminosité après 1000 h de fonctionnement [11]. Les

Libero Zuppiroli

Figure 3 En 2015, les lampes à vapeur de mercure et certaines lampes à vapeur de sodium haute pression disparaîtront de l'éclairage public. Elles commencent à être remplacées par des LED froides (image de gauche) (smart lighting). Une alternative consisterait à utiliser des lampes à vapeur de sodium performantes (image de droite).

Zusammenfassung **LED-Beleuchtung: die Qual der Wahl**

Kompensation fehlender Normen durch bessere Informationspolitik

Der Beleuchtungsmarkt ist im Wandel begriffen. Nachdem die Glühbirnen vom Markt genommen wurden und bei den Energiesparlampen Probleme mit dem Recycling auftreten, scheinen sich die LED-Lampen als eine energieeffiziente Lösung mit langer Lebensdauer durchzusetzen. Wie sieht es jedoch mit ihrer Beleuchtungsqualität aus? Und stimmen die Lebensdauerprognosen?

Ersetzt man eine Glühlampe durch eine als gleichwertig geltende LED-Lampe, so erhält der Verbraucher im Allgemeinen bei einem deutlich höheren Preis lediglich eine Beleuchtung mit geringerem Lichtstrom und enttäuschender Farbwiedergabe. Die Qualität der derzeit auf dem Markt befindlichen LEDs ist in der Tat sehr unterschiedlich. Was die angekündigte Lebensdauer (25 000 bis 100 000 h) angeht, so kann diese bei unzureichender Wärmeableitung erheblich kürzer ausfallen.

LED-Lampen sind jedoch grundsätzlich in der Lage, gutes Licht zu erzeugen. Daher ist es auch besonders wichtig, vollständige und verlässliche Etikettenhinweise zu verlangen und diese aufmerksam zu lesen, insbesondere in Bezug auf den Lichtstrom, die Energieeffizienz und die Farbwiedergabe. Da die entsprechenden Normen fehlen, ist eine bessere Verbraucherinformation äusserst wichtig. CHe

durées de vie devront donc être mieux testées suivant des procédures bien réglementées.

Reproductibilité

Il n'est actuellement pas possible de maîtriser parfaitement les défauts cristallins qui se forment aux interfaces des jonctions LED lors de leur fabrication. Ainsi, dans un même lot (réalisé par épitaxie par jet moléculaire) se trouvent des sources de qualité variable, à tel point que les chaînes de fabrication sont munies de spectromètres rapides qui, en 30 ms, mesurent chacune des LED et les trient. Mais il serait dommage de jeter les mauvaises LED. La tentation est forte de les utiliser dans des lampes à meilleur marché : une raison supplémentaire d'exiger un contrôle des LED mises en vente dans nos grandes surfaces par un organisme indépendant du lobby de l'éclairage.

Lors de l'étude présentée dans « Lumières du futur », des mesures effectuées sur des LED pourtant étiquetées « classe A » ont démontré que ces dernières n'appartenaient pas à cette catégorie énergétique. Des observations semblables ont été faites au Laboratoire photométrique et radiométrique de l'Office fédéral de métrologie (METAS) à Berne qui a effectué de nombreuses mesures sur les lampes vendues dans les grandes surfaces en Suisse [12].

Danger pour les yeux

Il convient finalement encore de noter que les LED sont des sources très ponctuelles. Pour fournir les puissances demandées, elles éblouissent les spectateurs. Or, attention à l'éblouissement par les lumières froides riches en bleu : elles sont dangereuses pour les yeux des enfants [13] !

Conclusions

Au terme de cette petite promenade dans le monde des LED réelles, et non des LED fantasmées, on ne peut que déplorer l'absence de transparence dans ce domaine. Nombre d'acteurs politiques opérant sur la scène de l'énergie reconnaissent la confusion qui règne, mais font confiance à la concurrence qui opère sur le marché de l'éclairage pour résoudre à terme tous ces problèmes.

Dans un proche avenir, les communes auront à changer certains de leurs éclairages publics. En particulier, les lampes à vapeur de mercure ne seront plus autorisées. On en profitera sans doute pour remplacer aussi certaines lampes à vapeur de sodium haute pression qui ne sont pas bien performantes non plus. Les solutions à plus basse consommation qui s'offrent aujourd'hui aux communes sont d'une part les LED froides (efficacité énergétique 85 lm/W, durée de vie présumée 60 000 h) et, de l'autre, les lampes à vapeur de sodium basse pression (efficacité énergétique 200 lm/W, durée de vie présumée 18 000 h) telles que celles qui se trouvent systématiquement à l'entrée des tunnels. La **figure 3** illustre cette alternative. Les compagnies d'électricité offrent actuellement des conditions très favorables aux communes pour qu'elles cèdent à la mode des LED. Mais est-ce vraiment la bonne solution ?

En 2011, la Chine, qui détient l'essentiel des ressources minières en terres rares, a investi 40 fois plus que l'Europe et 10 fois plus que l'Amérique en équipements de fabrication de LED [14]. Comme dans le cas des cellules solaires, les résultats ne se feront pas attendre. Même si dès à présent le marché primaire de l'optoélectronique échappe complètement à l'Europe, il reste beaucoup à faire pour passer de la LED fabriquée en Orient à la source économique qui éclairera demain harmonieusement nos demeures. Une solution permettant de remplacer une partie des phosphores chinois par des produits organiques fluorescents synthétisés en Europe a par exemple été présentée en 2010 dans les colonnes du Bulletin SEV/AES [15]. Ce genre d'initiative mériterait sans doute davantage d'encouragements.

Références

[1] Les ampoules éco ne brillent guère. Bon à savoir, avril 2012.
[2] Plus de lumière pour moins d'énergie. Fiche d'information « Lumière » du WWF, septembre 2011.
[3] Dans les catalogues de Toshiba, Osram, Sylvania et Senseco ne se trouve pas une seule lampe flamme éclairant en blanc chaud dont le flux lumineux nominal dépasse 250 lm. Ce n'est même pas l'intensité produite par une lampe à incandescence de 25 W.
[4] Guide « Lumière » publié par le WWF et Bon à Savoir, 2011. https://assets.wwf.ch/downloads/gzd_guide_lumiere.pdf.
[5] Catalogue Osram : L'incontournable lumière LED, Nouvelle gamme, p. 13, 2011. www.osram.ch.
[6] www.omslighting.com/data/images/ledacademy/pdf/lesson5.pdf
[7] Lampes LED : la qualité à moins de 20 fr. Bon à savoir, septembre 2012.
[8] L. Zuppiroli et D. Schlaepfer : Lumières du futur. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2011. Ce livre a été présenté dans le Bulletin SEV/AES 1/2012. www.bulletin-online.ch/uploads/media/1201_Seite_066.pdf.
[9] ibid. référence 8, pp. 50, 54, 88, 89 et 132-136.
[10] ibid. référence 8, 63-65.
[11] ibid. référence 13, p. 40.
[12] Peter Blattner, communication privée.
[13] Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED). Rapport d'expertise collective de l'ANSES, octobre 2010. www.anses.fr/ET/DocumentsET/10_11_LED_Rapport_saisine_n_2008_SA_0408.pdf.
[14] Semi, Opto/LED fab. Watch, February 2011. www.semi.org/en/Store/Marketinformation/photovoltaics/CTR_032195.
[15] Rolando Ferrini : Les enjeux du remplacement des lampes à incandescence. Bulletin SEV/AES 6/2010, pp.37- 42, 2010.

Informations sur l'auteur

Libero Zuppiroli est professeur de physique des matériaux à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et chargé de cours à l'Université de Lausanne. Il a dirigé le Laboratoire d'optoélectronique des matériaux moléculaires. Il est coauteur, avec la physicienne Marie-Noëlle Bussac, d'un « Traité de la lumière » (2010) et d'un « Traité des couleurs » (2012) et, avec l'artiste Daniel Schlaepfer, d'un petit livre intitulé « Lumières du futur » (2011).

PHB, Station 3, EPFL, 1015 Lausanne, libero.zuppiroli@epfl.ch