



**HAL**  
open science

# La normalisation européenne relative aux dispositifs d'éclairage général à LED et à leur intégration dans le bâtiment

Christophe Martinsons

## ► To cite this version:

Christophe Martinsons. La normalisation européenne relative aux dispositifs d'éclairage général à LED et à leur intégration dans le bâtiment. La Revue de l'électricité et de l'électronique, 2009, 10. <hal-04695447>

**HAL Id: hal-04695447**

**<https://hal.science/hal-04695447v1>**

Submitted on 6 Jan 2026

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

# La normalisation européenne relative aux dispositifs d'éclairage général à LED et à leur intégration dans le bâtiment

## Mots clés

Eclairage,  
Diodes  
électroluminescentes  
(DEL),  
Normalisation,  
Bâtiment

■ Christophe MARTINSONS  
*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*  
*Pôle Eclairage Electricité Electromagnétisme*

Le développement extrêmement soutenu de l'éclairage à LED observé ces dernières années génère beaucoup d'interrogations sur les performances des produits et leur sécurité, ainsi que sur les exigences liées à leur installation dans les bâtiments pour des applications d'éclairage général. Cet article dresse un panorama de l'ensemble des normes françaises et européennes qui concernent cette technologie et son déploiement dans le bâtiment. Les projets de normes et évolutions de normes existantes sont présentés de manière à donner au lecteur un état des lieux et une vision actualisée des travaux normatifs. Les réglementations et les certifications relatives à ce domaine sont également évoquées ici.

## 1. Introduction

Avec l'avènement des LED blanches, le domaine de l'éclairage connaît actuellement une phase de rupture technologique unique dans son histoire. A l'origine, leur faible puissance et leur émission sélective ne leur permettaient d'être utilisées que pour des applications d'indication lumineuse. Or, depuis l'invention des LED bleues en 1989, les LED sont maintenant capables de produire indirectement de la lumière blanche, soit par l'utilisation de luminophores, soit par l'association de plusieurs couleurs.

L'évolution des LED blanches est très soutenue depuis 10 ans. On trouve maintenant des composants qui

sont conçus pour des applications d'éclairage général qui émettent des flux supérieurs à 100 lm et dépassant parfois 1000 lm. A l'inverse des lampes traditionnelles utilisant des ampoules ou des tubes de verre, les LED sont compactes, robustes et particulièrement bien adaptées aux chaînes d'assemblage automatique. Les paramètres les plus prometteurs pour leur utilisation en éclairage sont leur durée de vie et leur efficacité lumineuse. Les fabricants annoncent couramment des durées de vie supérieures à 50 000 heures, ce qui pourrait amener à considérer les LED comme les sources d'éclairage les plus durables qui soient. L'efficacité lumineuse des LED blanches de forte puissance progresse quant à elle régulièrement. Elle

## L'ESSENTIEL

Cet article expose les normes françaises et européennes relatives à l'éclairage à LED et à son installation dans le bâtiment, pour des applications d'éclairage général. Il fait le point sur l'état actuel et les prochaines évolutions de la normalisation dans les domaines de l'électrotechnique et de l'éclairagisme. L'ensemble des exigences concernant les performances, la sécurité et l'installation des dispositifs d'éclairage à LED est traité dans cet article.

## SYNOPSIS

This article presents the French and European standards applicable to LED lighting devices as well as their installation in building facilities. It is an up-to-date review of new LED standards and forthcoming changes of existing standards. The whole set of requirements concerning the performance, the safety and the installation of LED lighting products is presented in this article.

Sécurité des produits	Performances des produits	Performances de l'installation	Sécurité de l'installation
Sécurité électrique Sécurité thermique Sécurité mécanique Exposition aux rayonnements optique et électromagnétiques	Consommation énergétique Caractéristiques électriques Compatibilité électromagnétique Caractéristiques photométriques et colorimétriques Durée de vie et maintien des performances dans le temps.	Performance visuelle Confort visuel Qualité de la lumière Performance énergétique	Sécurité thermique  Sécurité électrique

Tableau 1. Critères à examiner pour les systèmes d'éclairage dans le bâtiment.

	International	Europe	France
Filière électrotechnique	Commission électrotechnique internationale (CEI)	Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC)	Union Technique de l'Electricité (UTE) Association Française de Normalisation (AFNOR)
Filière « lumière, éclairage et éclairagisme »	Commission internationale de l'éclairage (CIE)	Comité européen de normalisation (CEN) Association française de l'éclairage (AFE)	AFNOR AFE CIE-France

Tableau 2. Les organismes en charge de la normalisation en éclairage.

dépasse à présent le seuil de 100 lm/W, efficacité comparable à celle des meilleurs tubes fluorescents.

Malgré ces performances remarquables, on constate que les LED ne se sont pour l'instant imposées que dans des applications d'éclairage très particulières, pour lesquelles les sources classiques n'étaient pas les plus adaptées : production de nouvelles teintes, éclairage avec variations combinées de couleur et de puissance, dispositifs éclairants de petite taille, éclairages directs. A côté de ces applications spécifiques en plein essor, c'est le remplacement des sources traditionnelles (lampes à incandescences, lampes fluorescentes, lampes à décharge) pour l'éclairage dit «général» qui représente le plus gros marché potentiel. Or, pour s'imposer comme la source de lumière universelle de demain, la LED devra pouvoir s'intégrer parfaitement dans les bâtiments.

La garantie d'une bonne intégration passe par la maîtrise d'un ensemble de critères très différents. Ces critères sont d'abord liés à la sécurité des produits et à leurs performances. Mais, au-delà des caractéristiques des seuls produits, la qualité de l'installation d'éclairage est fondamentale pour offrir aux usagers de bonnes conditions de confort visuel et la quantité de lumière suffisante selon les usages. Par ailleurs, l'installation électrique des produits à LED doit être effectuée de manière à garantir l'intégrité des composants du bâtiment et ne pas compromettre la sécurité des occupants.

Le tableau 1 donne la liste des critères à examiner pour tout système d'éclairage installé dans un bâtiment.

Cet article fait le point sur l'état des normes françaises et européennes applicables aux dispositifs d'éclairage à LED et couvrant ces différents aspects. Les réglementations et les certifications existantes seront également présentées.

## 2. Normalisation, réglementation ou certification ?

Avant de décrire les normes relatives à l'éclairage à LED, il est utile de préciser la nature de ces documents. En effet, il existe souvent une confusion entre la normalisation, la réglementation et la certification.

Les normes sont des référentiels techniques élaborés conjointement par les acteurs économiques d'une filière (industriels, installateurs, fournisseurs d'énergie, etc.) et des organismes indépendants (associations, laboratoires publics, etc.). Elles ont vocation à décrire les bonnes pratiques du métier qui garantissent la qualité des produits et des services, ainsi que la sécurité des biens et des personnes.

En tant que guides de bonnes pratiques, les normes sont de nature volontaire. Elles ne possèdent pas de valeur juridique et ne peuvent être considérées comme obligatoires en dehors d'un contexte réglementaire particulier. Cependant, elles fournissent un cadre de travail commun et partagé par toute une filière. Le respect des normes permet ainsi d'éviter la conception et l'installation de produits inefficaces, incompatibles entre eux, voire dangereux.

La normalisation en éclairage rassemble deux « filières » différentes : la filière électrotechnique et la filière éclairagisme. Le tableau 2 donne la liste des organisations internationales, européennes et françaises de ces deux filières.

La normalisation électrotechnique concerne les aspects liés aux performances et à la sécurité des produits ainsi qu'à l'installation électrique. Les normes d'éclairagisme portent sur les spécifications des projets d'éclairage en termes de confort, d'ergonomie et d'efficacité énergétique. Elles expriment un ensemble de valeurs photométriques à maintenir selon les activités des usagers et des locaux à éclairer et permettent d'aboutir à un éclairage de qualité.

La Commission internationale de l'éclairage (CIE) n'est pas un organisme normalisateur mais publie régulièrement des recommandations qui peuvent être reprises dans des normes.

Au niveau international, l'office international des standards (ISO) collabore avec la CEI et la CIE pour l'établissement de normes internationales qui sont des transpositions de recommandations CIE et/ou de normes CEI.

A l'opposé de la normalisation, la réglementation est imposée par décret. Dans le contexte européen, certains décrets relatifs à l'éclairage sont les transpositions directes de directives européennes. Les réglementations en éclairage touchent essentiellement aux domaines de la santé, de la sécurité, de l'environnement et de l'énergie. Il est intéressant de noter que les directives européennes et leurs décrets applicatifs s'appuient sur la normalisation pour fixer des exigences de conformité. La conformité réglementaire des produits est parfois attestée par un marquage, comme le marquage CE par exemple. Nous examinerons également dans cet article les réglementations applicables à l'éclairage à LED dans le bâtiment.

La certification est quant à elle une démarche volontaire de promotion de la qualité des produits, des processus ou des services, menée par un ensemble d'acteurs économiques et de laboratoires indépendants dit « certificateurs ». La certification donne lieu à une marque de qualité, délivrée après un ensemble de mesures de contrôle. Ces mesures sont décrites dans un référentiel de certification, élaboré conjointement par les industriels et les laboratoires. La conformité à certaines normes est très souvent pré-requise dans le référentiel de certification, celui-ci fixant généralement des critères plus exigeants que les normes. Il existe quelques certifications en éclairage que nous présenterons également dans cet article.

### 3. Normes relatives aux dispositifs d'éclairage à LED

#### 3.1. Terminologie

Il est nécessaire de préciser à présent ce que revêt la notion de dispositifs d'éclairage à LED. Dans le domaine de l'éclairage, la norme NF EN 12665 [1] donne la définition des termes de base : la lampe est le dispositif source tandis que le luminaire est un appareil servant à « répartir, filtrer ou transformer la lumière émise d'une ou de plusieurs lampes » et comprenant les circuits auxiliaires et la connectique, à l'exclusion des lampes elles-mêmes et de l'alimentation. Or, la plupart des luminaires à LED ont la propriété d'être totalement intégrés : la notion de lampes et de luminaires au sens de cette norme n'est pas adaptée. Une nouvelle norme spécifique à l'éclairage à LED est en préparation. Il s'agit de la future norme CEI TS 62504 [2] qui précise les définitions applicables aux LED et aux modules de LED. Selon cette norme, ainsi que selon la norme de spécifications de sécurité des modu-

les de LED présentée dans la suite, on distingue la diode électroluminescente (LED) et différents types de modules de LED :

- le module de LED : en complément à une ou plusieurs LED, il comprend d'autres composants (optique, mécanique, thermique, électronique) à l'exclusion de l'alimentation,
- le module de LED autoballasté (à ballast intégré) : module de LED conçu pour raccordement direct au secteur,
- le module de LED à intégrer : module de LED conçu généralement pour constituer une partie non remplaçable d'un luminaire,
- le module de LED autoballasté à intégrer,
- le module de LED à monter : module de LED conçu généralement pour constituer une partie remplaçable montée dans un luminaire,
- le module de LED autoballasté à monter,
- le module de LED indépendant : module de LED destiné à être placé à l'extérieur d'un luminaire et qui n'intègre pas nécessairement l'alimentation,
- le module de LED autoballasté indépendant et qui peut intégrer son alimentation.

Un luminaire à LED est constitué au moins d'un module de LED, de connecteurs et de parties assurant la fixation mécanique et la protection de l'ensemble. Il ne comporte pas nécessairement son appareillage d'alimentation.

Un module de LED autoballasté muni d'un culot de lampe est considéré comme une lampe à LED autoballastée. De nombreuses lampes à LED à culot standard apparaissent sur le marché en vue d'offrir une alternative aux lampes à incandescence et aux lampes fluorescentes compactes. Ces lampes, appelées lampes de substitution, sont couvertes par quelques normes récentes présentées à partir de la partie 3.6.

#### 3.2. Exigences de sécurité des modules de LED

Les exigences de sécurité des modules de LED sont décrites dans la norme NF EN 62031 [3]. La norme s'applique aux modules de LED sans appareillage d'alimentation et aux modules de LED autoballastés s'alimentant en courant continu jusqu'à 250 V ou en courant alternatif 50 Hz ou 60 Hz jusqu'à 1 000 V. Par contre, elle ne s'applique pas aux modules indépendants qui sont traités comme des luminaires.

Les contrôles correspondant à cette norme reprennent certaines exigences de la norme NF EN 61347-1 [4] : mise à la terre de protection, protection contre le contact accidentel avec des parties actives, résistance à l'humidité et isolement, rigidité diélectrique, résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement, résistance à la corrosion.

Comme dans la norme NF EN 61347-1, le module de LED ne doit pas altérer la sécurité lorsqu'il fonctionne sous des conditions de défaut qui peuvent se produire pen-

dant l'utilisation. Un essai en condition de surpuissance est donc prévu pour tester la résistance du module au bout de 15 minutes de surpuissance (150 % de la tension, du courant ou de la puissance nominale) et l'absence de production de feu, de fumée ou de gaz inflammable.

Certains marquages doivent figurer sur les produits. En plus du marquage des paramètres électriques, la valeur de la température maximale sur la surface extérieure du module doit être marquée. Le point particulier auquel se rapporte cette température doit être indiqué dans la documentation technique. Notons que la norme proscriit l'utilisation de certains matériaux inflammables pour l'isolation du module (bois, coton, papier, etc.).

### 3.3. Exigences de sécurité des appareillages d'alimentation et des connecteurs des modules de LED.

La norme NF EN 61347-2-13 [5] décrit les exigences relatives aux alimentations en courant continu ou alternatif des modules de LED. Les connecteurs font l'objet de prescriptions particulières décrites dans la norme NF EN 60838-2-2 [6].

### 3.4. Exigences de performance des modules de LED

Les exigences de performance des modules de LED ne font l'objet d'aucune norme et d'aucun projet de norme à l'heure où cet article est rédigé.

### 3.5. Exigences de performance des alimentations des modules de LED

Les exigences de performances des alimentations des modules de LED sont décrites dans la norme NF EN 62384 [7]. Cette norme impose notamment le marquage du facteur de puissance. Elle décrit des essais électriques en fonctionnements normal et anormal, des essais d'endurance en choc thermique et commutation de la tension d'alimentation.

L'interfaçage et l'adressage numérique des modules de LED fait l'objet de la norme NF EN 62386-207 [8], en phase de finalisation, qui inclut notamment le protocole de communication DALI.

### 3.6. Prise en compte des lampes à LED dans la classification internationale ILCOS des lampes

Le système international de classification des lampes ILCOS est décrit dans la spécification technique CEI TS 61231 [9]. Il fait actuellement l'objet du récent projet de norme européenne PR NF EN 61231 [10] qui doit inclure les lampes à LED.

Le code colorimétrique d'une lampe est défini dans le nouveau système ILCOS. Le code colorimétrique 830/4A correspond par exemple à :

- « 8 » : indice de rendu des couleurs compris entre 77 et 86,
- « 30 » : température de couleur corrélée de 3000 K,
- « 4 » : une dispersion de la température de couleur corrélée comprise dans une ellipse de MacAdam de 4 pas,
- « A » : une diminution du flux lumineux inférieure ou égale à 10 % du flux initial, évaluée à 25 % de la durée de vie nominale de la lampe.

### 3.7. Exigences de sécurité des lampes à LED de substitution

Cette norme est en chantier à la CEI. Il s'agit pour l'instant d'un « circulated committee draft with vote » (CCDV). La future norme sera référencée CEI 62560 [11]. La date de publication de la norme est prévue pour la fin de l'année 2010. Elle remplacera pour les lampes de substitution à LED, la norme NF EN 60968 [12] valable pour les lampes à culot de types baïonnette et Edison (culot à vis).

La nouvelle norme ne s'appliquera pas aux lampes fonctionnant en très basse tension (TBT), correspondant à une tension d'alimentation inférieure à 50 V efficace en courant alternatif et inférieure à 120 V en courant continu. Les lampes à LED de substitution destinées à remplacer les lampes halogènes dichroïques, à culot GU 5,3 par exemple, ne sont pas couvertes.

### 3.8. Exigences de performances des lampes à LED de substitution

La norme correspondante n'a pas été finalisée mais, confrontée à l'arrivée massive de lampes à LED à destination du secteur résidentiel, les acteurs économiques impliqués dans la normalisation ont souhaité rendre accessible un premier document. Il s'agit d'un pré-standard PAS (public available specification) dont la référence est CEI PAS 62612 [13]. Comme pour la future norme de sécurité des lampes à LED de substitution, cette spécification ne couvre pas les lampes à LED de substitution alimentées en TBT.

Cette spécification propose des exigences de performance beaucoup plus strictes et bien plus adaptées aux lampes à LED que la norme en vigueur pour les performances des lampes autoballastées en général (norme NF EN 60969 [14]). Les notions de maintenance du flux lumineux, de fin de vie, de dérives colorimétriques sont ici traitées de manière adaptée à la technologie LED. Par ailleurs, la spécification CEI PAS 62612 propose un marquage spécifique lié aux performances du produit. Ce marquage comprend les informations suivantes :

- flux lumineux nominal en lumen,
- code colorimétrique de la lampe,
- durée de vie nominale avec le facteur de maintenance du flux lumineux  $L_x$  correspondant,
- taux de lampes défectueuses  $F_x$  correspondant à la durée de vie nominale,
- catégorie de maintenance du flux lumineux,
- température de couleur corrélée nominale,

- catégorie de tolérance sur la température de couleur nominale,
- indice de rendu de couleur.

### 3.8.1. Évaluation de la durée de vie dans la spécification CEI PAS 62612

La durée de vie nominale des lampes correspond à une diminution du flux lumineux d'au moins 50 % ( $L_{50}$ ) pour les applications résidentielles ou d'au moins 70 % ( $L_{70}$ ) pour les applications professionnelles, avec un taux de lampes défectueuses généralement donné à 50 % dans le résidentiel ou à 10 % dans le professionnel. La fin de vie des lampes est donc déterminée en général à ( $L_{50}, F_{50}$ ) pour les applications résidentielles et à ( $L_{70}, F_{10}$ ) pour les applications professionnelles.

La durée de vie typique des lampes autoballastées à LED est très longue. On conçoit donc facilement qu'il est difficile d'attendre la diminution du flux lumineux à  $L_{50}$  ou  $L_{70}$  pour mesurer expérimentalement la durée de vie. Le projet de norme propose une méthode approximative basée sur la diminution du flux lumineux au bout de 25 % de la durée de vie nominale, avec un maximum de 6 000 heures. Cinq catégories de maintenance du flux lumineux sont proposées selon les critères donnés dans le tableau 3.

Le document fournit également un protocole d'essais d'endurance destiné à vérifier le taux de défaillance des lampes. Les essais comprennent des cycles de chocs thermiques, des essais d'allumages-extinctions répétés et un essai de longue durée à température ambiante élevée (45°C). Ces essais visent essentiellement à tester le ballast électronique intégré, qui ne peut être démonté de la lampe.

### 3.8.2. Tolérance en température de couleur dans la spécification CEI PAS 62612

La spécification CEI PAS 62612 recommande que les lampes aient une température de couleur corrélée choisie parmi six valeurs : 2 700 K, 3 000 K, 3 500 K, 4 000 K, 5 000 K et 6 500 K. Ce paramètre doit être mesuré initialement puis au bout de 25 % de la durée de vie nominale, avec un maximum de 6 000 h. La catégorie de tolérance en température de couleur est définie par la taille de l'ellipse de MacAdam qui inclut les valeurs mesurées de températures de couleur corrélées. Ainsi la catégorie 3 correspond à des points de couleur inclus dans une ellipse de MacAdam à 3 pas.

## 3.9. Exigences de sécurité des luminaires à LED

Les luminaires à LED sont couverts par la norme « luminaires » NF EN 60598-1 ainsi que par la série de normes NF EN 60598-2 [15]. Ces normes sont applicables à tous les types de luminaires, selon leur usage et indépendamment de la technologie des lampes. Les luminaires à LED ne font donc pas l'objet d'un traitement spécifique. Cependant, ils sont couverts au même titre que d'autres luminaires

Diminution du flux lumineux mesuré à 25 % de la durée de vie nominale (maximum 6 000 h), par rapport au flux initial	Catégories de maintenance du flux lumineux		
Supérieure ou égale à 10 % du flux nominal	A	catégories valables pour $L_{70}$	catégories valables pour $L_{50}$
Supérieure ou égale à 20 % du flux nominal	B		
Supérieure ou égale à 30 % du flux nominal	C		
Supérieure ou égale à 40 % du flux nominal	D		
Supérieure ou égale à 50 % du flux nominal	E		

Tableau 3. Catégories de maintenance du flux lumineux des lampes à LED autoballastées.

res comportant des lampes intégrées et non remplaçables.

Ces normes décrivent les exigences, les essais et les marquages relatifs à la sécurité électrique, thermique et mécanique des luminaires. La partie 2-22 spécifique sur l'éclairage de secours comprend également des exigences de performance visuelle, quantifiée par des mesures de luminances.

La norme luminaire donne une classification des luminaires basée sur les indices de protection électriques (chocs électriques) et mécaniques (humidité, choc, poussières, etc.). On y trouve toutes les exigences en termes d'isolement, de rigidité diélectrique, de lignes de fuite et distances dans l'air, de résistance à la chaleur, au feu, etc. Un protocole d'essais d'endurance est décrit.

Pour garantir la sécurité des usagers qui sont susceptibles de manipuler le luminaire, la norme NF EN 60598-1 donne des prescriptions de températures de surface maximales admissibles des luminaires. Des protocoles d'essais d'échauffements, normal et anormal, sont proposés à cette fin. Les températures de surfaces maximales admissibles sont spécifiées selon la partie du luminaire considérée, l'accessibilité de ses parties à l'utilisateur, la nature des matériaux utilisés. Par exemple, en fonctionnement normal, les parties destinées à être saisies fréquemment à la main ne doivent pas dépasser 70 °C si elles sont métalliques et 85 °C si elles sont non-métalliques. Pour les luminaires à LED qui dissipent un flux thermique important, il est bon que ces critères soient attentivement examinés.

## 3.10. Exigences de performances des luminaires à LED

À l'exception des luminaires d'éclairage de secours, il n'existe pas de normes de performances des luminaires, quelle que soit la source qu'ils intègrent (LED ou non). À l'instar des modules de LED, les exigences photométriques et colorimétriques des luminaires à LED ne font donc l'objet d'aucune norme française ou européenne.

## 4. Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les dispositifs d'éclairage sont sources de perturbations électromagnétiques qui peuvent exercer une influence sur les réseaux de distribution et d'autres équipements électriques. Ceux-ci peuvent réciproquement perturber leur fonctionnement. La compatibilité électromagnétique fait l'objet de plusieurs normes et d'une réglementation européenne.

En dehors de la compatibilité électromagnétique, qui est relative au bon fonctionnement des équipements, les appareils d'éclairage ne doivent pas exposer les usagers à des champs électromagnétiques dépassant certaines limites qui seront détaillées dans cette partie.

### 4.1. Normes de compatibilité électromagnétique (CEM)

Les prescriptions de compatibilité électromagnétique (CEM) valables pour les produits d'éclairage, qu'ils soient à LED ou non, sont données dans des normes européennes qui sont la transposition de normes CEI.

La norme EN 61000-3-2 [16] incite les fabricants à limiter l'émission de courants harmoniques sur le secteur. L'amendement A14 de cette norme range dans une même classe (classe C) les équipements d'éclairage dont la puissance nominale dépasse 25 W, à l'exception des gradateurs pour lampes incandescentes (classe A). La norme spécifie des limites pour les courants harmoniques mais ne spécifie pas le taux global de distorsion harmonique. Pour la classe C, par exemple, les courants harmoniques d'ordre 3, fréquemment produits par les convertisseurs simple phase, ne doivent pas dépasser, en pourcentage du fondamental, 30 fois la valeur du facteur de puissance. En pratique, la norme implique un taux de distorsion harmonique en courant inférieur à 33 % et un facteur de puissance supérieur à 0,95. Cependant, pour les lampes autoballastées dont la puissance active est inférieure à 25 W, il n'y a pas de valeurs limites prescrites pour ces deux paramètres. Les lampes autoballastées à LED ne sont donc pas soumises à ces prescriptions, ce qui peut poser un certain nombre de problèmes dans les réseaux et les systèmes de distributions électriques, monophasés ou triphasés : pas de maîtrise de la puissance réactive, défaillances et surchauffes d'équipements de puissance provoqués par les courants harmoniques, etc. Les autres normes CEM intéressant l'éclairage et l'éclairage à LED sont la NF EN 61000-3-3 [17], la norme NF EN 61547 [18] portant sur les prescriptions d'immunité CEM pour les équipements d'éclairage général (actuellement en révision) et la norme NF EN 55015 [19] portant sur les perturbations radioélectriques produites par les appareils électriques d'éclairage.

### 4.2. Directives européennes CEM et « basse tension », marquage CE

La directive européenne CEM en vigueur (2004/108/CE) a été transposée en décret français en 2006 (décret

n°2006-1278). Cette directive a pour objectif de limiter les risques de perturbations électromagnétiques des équipements électriques et électroniques, tout en garantissant leur libre circulation dans l'Union Européenne. L'évaluation de la conformité aux normes CEM s'appliquant aux équipements considérés est laissée à la responsabilité du fabricant. Le fabricant peut néanmoins s'adresser à un organisme officiellement notifié qui délivrera un avis qualifié. Dans le domaine de l'éclairage à LED, les normes utilisées comprennent celles qui ont été listées dans le paragraphe précédent.

La directive basse tension (BT) (2006/95/CE) couvre les risques résultant de l'utilisation de matériel électrique. Les appareils doivent permettre un raccordement fiable, disposer d'une isolation et d'une protection adaptée, ne pas produire des températures, arcs ou rayonnements dangereux. La directive BT devant également garantir la prise en compte de tous les risques non-électriques, les fabricants et les distributeurs de produits d'éclairage à LED doivent examiner les problématiques d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques (voir le paragraphe suivant) et aux rayonnements optiques (risques photobiologiques, voir le paragraphe 5 de cet article).

Comme dans le cas de la directive CEM, l'attestation de conformité à la directive BT est une déclaration de conformité du fabricant ou du distributeur, qui peut faire appel à un laboratoire tiers. Pour les dispositifs d'éclairage à LED, les normes entrant dans le cadre de la directive sont celles relatives aux prescriptions de sécurité des produits, citées précédemment. Le suivi de production est obligatoire dans le cadre de la directive BT.

Il est important de noter que la directive BT ne s'applique pas aux produits dont la tension d'alimentation est inférieure à 50 V continu ou 75 V alternatif, ce qui exclut les lampes et luminaires TBT (très basse tension), qui représentent un marché très important pour l'éclairage à LED.

Le marquage CE est le symbole visuel apposé sur le produit et attestant la conformité aux exigences des directives auxquelles il est soumis : directive CEM, directive BT mais aussi directive EuP, présentée dans la suite de l'article. Il s'agit d'un marquage obligatoire, exigé sur les territoires de l'union européenne.

### 4.3. Limites d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques

Comme tous les dispositifs rayonnants, les dispositifs d'éclairage à LED ne doivent pas exposer les usagers à des niveaux de champs électromagnétiques qui présentent des risques pour la santé. A l'inverse des exigences CEM, les valeurs limites de champs ne dépendent pas de l'équipement considéré. Elles ont été définies au niveau international par l'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) dans la référence [20]. Ces valeurs limites sont données pour les composantes électrique et magnétique du champ. Elles dépendent de la bande de fréquence considérée et ont été établies sur

la base des effets thermiques provoqués par l'absorption des champs par les tissus humains.

Le projet de norme PR NF EN 62493 [21] propose une méthode physique d'évaluation de l'exposition produite par les équipements d'éclairage : conditions de mesure, protocole, analyse des résultats, critères de conformité aux recommandations de l'ICNIRP. Ces critères concernent les densités de courant induit respectivement par les composantes électriques et magnétiques pour des fréquences allant de 20 kHz à 10 MHz. De plus, le débit d'absorption spécifique (DAS) est évalué pour les fréquences comprises entre 100 kHz et 300 MHz. Le protocole d'essai repose sur l'utilisation d'un modèle de tête de Van der Hoofden au-dessus duquel est placé le luminaire ou la lampe à tester. Les distances entre le luminaire et la sphère conductrice représentant la tête sont spécifiées en fonction de l'application typique du matériel à tester.

## 5. Normes de sécurité photobiologique

Les rayonnements optiques émis par les sources utilisées en éclairage peuvent potentiellement présenter des risques d'endommagement de l'œil et de la peau. Les effets biologiques des rayonnements optiques sont pour la plupart bien connus. Ils sont spécifiques à certaines gammes de longueur d'onde et le risque dépend à la fois de l'énergie incidente sur le tissu considéré et du spectre d'action du mécanisme d'endommagement considéré.

Comme dans le cas des champs électromagnétiques, les limites d'exposition aux sources de rayonnement optique incohérentes et de large bande sont données dans une recommandation internationale de l'ICNIRP [22]. Ce document est la référence internationale pour l'évaluation des risques photobiologiques. Il concerne les lampes, mais aussi les autres sources de rayonnement comme les fours industriels, les décharges électriques, etc.

Les valeurs limites ont été reprises dans la directive européenne 2006/25/CE visant à limiter l'exposition des personnes et à garantir la sécurité et la santé des travailleurs. Le respect de ces seuils d'exposition acquiert ainsi un caractère obligatoire.

Dans le domaine de l'éclairage, la publication CIE S009:2002 [23] reprend également les mêmes seuils. Ce document fournit en plus les conditions de mesures des paramètres optiques qui servent au calcul de l'exposition : taille de source effective, spectre, luminance et éclairage effectifs, etc. La recommandation de la CIE définit trois classes de risques : sans risque, risque faible et risque élevé.

La norme NF EN 62471 [24] est le document normatif de référence dans ce domaine en Europe. Il présente les méthodes d'application des valeurs limites de l'ICNIRP aux cas particuliers des systèmes utilisant des lampes. Cette norme rappelle les limites d'exposition et donne une procédure de mesure et d'analyse pour déterminer l'appartenance du dispositif étudié à un groupe de risque : groupe sans

risque, groupe de risque 1 (faible risque), groupe de risque 2 (risque modéré), groupe de risque 3 (risque élevé).

La dernière révision de la norme NF EN 62471 précise explicitement la prise en compte des dispositifs à LED. Auparavant, les LED étaient couvertes par la norme de sécurité laser NF EN 60825-1 [25], mal adaptée aux sources incohérentes.

La lumière émise par les LED utilisées pour l'éclairage ne comportant pas de composantes infrarouge et ultraviolette, seuls les effets de la lumière visible sont à examiner. De manière générale, une exposition à une source de lumière visible intense est susceptible d'induire des lésions rétinienne et cutanées de type thermique (brûlures). Toutefois, dans le cas des LED, le risque le plus probable est celui lié à l'endommagement de la rétine par la lumière bleue (photorétinite). Il s'agit d'une réaction photochimique dégradant l'épithélium pigmentaire rétinien, agissant entre 400 nm et 700 nm, mais avec un pic marqué à 445 nm.

Les limites de risque rétinien lié aux expositions à la lumière bleue sont exprimées en éclairage ou en luminance énergétique, pondérée par le spectre d'action normalisé pour ce risque. A partir des limites d'exposition, on peut déduire une durée maximale d'exposition à la source lumineuse.

Deux constats justifient que les risques à la lumière bleue soient examinés pour les LED dans le cadre de la norme NF EN 62471 :

- le spectre d'émission des LED blanches comporte un pic bleu marqué en raison de l'utilisation de jonctions émettant des photons bleus,
- le flux lumineux important des LED blanches. Compris typiquement entre 100 et 1 000 lm par composant, il est émis sur des surfaces de l'ordre de quelques mm<sup>2</sup>, ce qui conduit à des luminances dépassant 10<sup>7</sup> ou 10<sup>8</sup> cd/m<sup>2</sup>. Or, d'après la norme NF EN 62471, seules les sources dont la luminance est inférieure à 10<sup>4</sup> cd/m<sup>2</sup> peuvent être raisonnablement considérées sans risques photobiologiques.

Afin d'aider les fabricants d'appareils incorporant des lampes à évaluer les risques photobiologiques, la CEI travaille sur le document CEI TR 62471-2 [26], dont le DTR (draft technical report) a été approuvé en avril 2009. Ce rapport technique est relatif à la fabrication des appareils comprenant des sources non-laser. Il donne notamment les spécifications d'une distance minimale de sécurité de vision, distance à laquelle le rayonnement rentre dans le groupe de risque le plus bas. Ce guide propose un marquage des produits, optionnel pour le groupe de risque 1 et obligatoire pour le groupe de risque 2.

## 6. Normes de mesures photométriques des dispositifs d'éclairage à LED

### 6.1. Recommandations de la CIE

La Commission internationale de l'éclairage (CIE)

élabore depuis sa création des recommandations sur les mesures photométriques et colorimétriques des lampes et des luminaires. Bien que ces publications ne soient pas des normes, ce sont des documents de référence qu'il convient de citer ici car elles constituent les bases scientifiques des travaux normatifs européens et internationaux.

Dans le domaine de la photométrie des LED, la publication de référence est la recommandation CIE-127 [27]. Ce travail ne porte que sur la caractérisation des composants LED et non celle des modules et des luminaires à LED. La publication introduit des géométries standards pour les mesures d'intensité et de flux lumineux. Elle donne également des recommandations sur l'usage de spectroradiomètres pour les caractérisations des LED.

Pour les dispositifs à LED, la publication CIE-177 [28] suggère de redéfinir un nouvel indice de rendu des couleurs. En effet, la détermination de l'indice actuel (IRC) est en général mal adaptée aux spectres des LED. D'autres publications de la CIE sont en cours d'élaboration pour préciser les conditions de mesure des caractéristiques photométriques des modules, lampes et luminaires à LED.

## 6.2. Norme européenne de mesure des luminaires

La norme NF EN 13032-1 [29] s'appuie sur les travaux de la CIE pour décrire les méthodes de mesures de l'intensité, de la luminance et du flux lumineux des lampes et des luminaires. Les instruments autorisés (goniophotomètres, sphères d'intégration, etc.) sont listés ainsi qu'une structure normalisée de fichiers de données (format CEN).

La méthode de caractérisation des luminaires proposée dans la norme NF EN 13032-1 a été élaborée pour caractériser les luminaires munis de lampes démontables. Cette méthode est une méthode relative (photométrie relative) qui repose sur la connaissance des caractéristiques photométriques intrinsèques des lampes. Les données de mesures sont ainsi exprimées pour 1 000 lm de flux de lampe. La mesure permet de connaître le rendement du luminaire, rapport entre le flux lumineux émis par le luminaire muni de sa lampe et le flux lumineux émis par la lampe nue.

On conçoit facilement l'impossibilité de caractériser un luminaire à LED dans ces conditions, puisque ce sont généralement des produits intégrés. Il serait donc nécessaire de disposer d'une norme européenne de photométrie absolue pour les modules et les luminaires à LED.

## 6.3. Guide technique pour la mesure de l'angle d'ouverture du faisceau des lampes à réflecteur

La deuxième édition du guide technique CEI TR 61341 [30] va fournir des prescriptions améliorées pour la mesure de l'angle d'ouverture du faisceau des lampes à réflecteur, en incluant notamment les lampes à LED. Le guide devrait être disponible en novembre 2009. Il complète la norme CEI 61341 de 1994 [31].

## 6.4. Normes américaines en photométrie et colorimétrie applicables aux LED

Bien que non-applicables en France et sur le territoire de l'Union Européenne, les normes américaines de photométrie des LED méritent d'être consultées car elles définissent des méthodes de mesure très pertinentes, sur lesquelles reposent de nombreux autres travaux, comme les référentiels de certification Energy Star par exemple, que nous évoquerons plus loin.

On peut citer la norme IESNA LM-79-08 [32] qui présente notamment des méthodes de photométrie absolue applicables aux luminaires et aux lampes de substitution.

La norme ANSI\_NEMA\_ANSI C78.377 [33] définit les spécifications et les exigences colorimétriques des dispositifs d'éclairage à LED.

La norme IESNA LM-80-08 [34] décrit une méthode de mesure de la dépréciation du flux lumineux des LED et des modules de LED. Elle ne s'applique toutefois pas aux luminaires.

Le projet de norme américaine IESNA TM-21 [35] traite quant à lui de l'extrapolation de la durée de vie des luminaires à LED à partir de mesures effectuées sur des durées plus courtes.

## 7. Réglementation concernant le marquage énergétique des lampes

La directive européenne 98/11/CE impose le marquage de la classe énergétique des lampes à usage domestique (classe A à G). Le marquage comprend également le flux lumineux de la lampe, la puissance électrique et la durée de vie nominale. La détermination de la classe énergétique est effectuée conformément à la norme NF EN 50285 [36].

Il est important de noter que certaines lampes échappent à la classification énergétique : les lampes dont la puissance est inférieure à 4 W et les lampes à réflecteur (lampes MR16 fonctionnant à TBT par exemple). Par conséquent, la plupart des lampes à LED ne rentrent pas dans cette classification, alors que ces formats de lampes se développent énormément à l'heure actuelle. La Commission européenne étudie l'extension de la classification énergétique pour parer à ce problème.

## 8. Impact de la directive européenne EuP sur les produits d'éclairage à LED

La directive 2005/32/EC, dite EuP (Ecodesign requirements for Energy Using Products), est une directive cadre qui fixe les grands principes d'éco-conception des produits consommateurs d'énergie. Un règlement a été approuvé au printemps 2009 pour définir une interdiction progressive des lampes les plus énergivores, en fonction de leur classe énergétique et de leur technologie. Ainsi, dès le 1<sup>er</sup> septembre 2009, les lampes à incandescence non claire (ampoules dépolies) seront bannies. L'interdiction

portera ensuite progressivement sur les autres types de lampes non-directionnelles de classe D et supérieure à D.

Les lampes directionnelles, les lampes à réflecteur et les lampes de puissance inférieure à 4 W échappant à la classification énergétique, le règlement EuP actuel ne s'applique pas à la plupart des lampes à LED.

## 9. Normes relatives aux performances lumineuses de l'installation d'éclairage

Quelles que soient les technologies d'éclairage considérées, les installations d'éclairage doivent remplir des critères fondamentaux pour assurer le bien-être et la sécurité des usagers, tout en étant respectueuses des performances énergétiques et des nuisances lumineuses. Ces critères sont décrits dans les normes européennes et françaises d'éclairagisme qui constituent les meilleurs référentiels techniques pour garantir la qualité de l'éclairage selon l'usage considéré. Les normes d'éclairagisme spécifient notamment des critères d'éclairement moyen à maintenir, de confort visuel et de qualité de la lumière.

Dans le domaine de l'éclairage intérieur des lieux de travail, le code du travail français donne des prescriptions obligatoires mais extrêmement minimalistes. La norme européenne d'éclairage intérieur des lieux de travail NF EN 12464-1 [37] est beaucoup plus précise. Elle détaille des exigences relatives à chaque type de local (bureau, salle de restauration, chambre d'hôpital, etc.). Les spécifications concernent les paramètres suivants :

- éclairement moyen à maintenir sur la tâche de travail,
- indice d'éblouissement unifié (UGR) limite,
- uniformité de l'éclairement,
- indice de rendu des couleurs minimal.

Il est primordial pour les développeurs de solutions d'éclairage à LED d'examiner l'ensemble de ces critères afin que les systèmes puissent un jour être installés dans le secteur professionnel. En particulier, il existe à l'heure actuelle très peu de solutions d'éclairage général à LED susceptible de fournir un éclairage conforme aux prescriptions de la norme NF EN 12464-1. Les difficultés sont essentiellement dues à la quantité de lumière à fournir mais aussi à la limitation de l'éblouissement d'inconfort. La luminance des LED étant intrinsèquement élevée, il est nécessaire de concevoir des systèmes optiques qui empêchent la vision directe de la source à certains angles, sans trop induire de pertes optiques lors de la formation des faisceaux.

Le phénomène d'éblouissement d'inconfort est quantifié par l'indice d'éblouissement unifié UGR, qui fait actuellement l'objet de travaux à la CIE pour revoir son application à des sources de petites dimensions comme les LED.

La norme NF EN 12464-1 tient compte de spécificités liées à l'âge et à la criticité de certaines tâches visuelles à accomplir. Il existe également une norme française d'ergonomie visuelle, la norme NF X 35-103 [38], qui

décrit précisément les exigences de répartition spatiale de la lumière dans le champ de vision de la personne. Cette norme fait l'objet d'une révision importante qui va spécifier ces exigences en termes de luminance, ce qui est le plus pertinent pour la vision et posera certainement le plus de difficultés pour l'éclairage à LED.

Les certifications de qualité environnementale des bâtiments, comme la certification HQE en France, donnent également des critères très précis sur l'installation d'éclairage électrique, en termes de température de couleur, d'indice de rendu de couleur et d'éclairement à maintenir.

## 10. Normes relatives à la sécurité électrique de l'installation d'éclairage

Les installations électriques d'éclairage dans les bâtiments doivent être conformes aux prescriptions de la norme française NF C 15-100 [39]. De manière générale, les luminaires doivent être installés conformément aux marquages requis par les normes luminaire NF EN 60598-1 [15] et suivantes. La norme NF C 15-100 fournit des prescriptions contre les effets thermiques qui peuvent être critiques pour les lampes et luminaires à LED : puissance maximale admise dissipée par les lampes, tenue au feu des matériaux à proximité, distance minimale entre les luminaires et les matériaux combustibles, etc.

L'installation des dispositifs d'éclairage à LED est plus particulièrement traitée dans le guide pratique UTE C 15-559 [40]. Ce guide comporte des exigences importantes pour l'installation de luminaires à LED. En particulier, le montage de luminaires à LED n'est pas admis sur des surfaces d'appui de type « facilement inflammable » (classement M4). On veillera donc à respecter les épaisseurs minimales des panneaux de bois dans lesquels peuvent être montés les luminaires. Pour les matériaux de catégorie M1, M2 ou M3, les luminaires à LED ne doivent pas dépasser une température de surface de 90 °C. Pour les matériaux incombustibles comme le métal, le verre ou le béton par exemple, une température supérieure à 90 °C est autorisée. La norme précise que les dissipateurs thermiques de systèmes à LED doivent être correctement dimensionnés et mis en œuvre selon les indications du fabricant.

Notons également que le guide déroge à la norme NF C 15-100 en autorisant le collage direct sur les parois des conducteurs isolés lors de l'installation de luminaires à LED. Par ailleurs, le guide décrit les modes de protection contre les courts-circuits dans les circuits primaire et secondaire. De même, les prescriptions d'accessibilité des installations à LED pour la maintenance ne sont pas obligatoirement applicables pour leurs circuits secondaires (câblage et luminaires à LED).

Dans le cas de systèmes à LED encastrés, l'installation dans les coffrages ou les boîtes à rideaux par exemple ne doit pas nuire aux conditions de fonctionnement des luminaires. Des indications très utiles sont données à ce sujet dans le guide UTE C 15-801 [41].

## 11. Impact des normes et réglementations énergétiques des bâtiments

Les normes de performances énergétiques des bâtiments couvrent l'évaluation de la consommation annuelle de l'éclairage. En particulier, la norme NF EN 15193 [42] quantifie de manière très précise les économies d'énergie liées à la gestion intelligente de l'éclairage artificiel en fonction de l'apport de lumière naturelle et de l'occupation effective des locaux (détection de présence).

La réglementation thermique actuelle (RT 2005), portant sur les bâtiments neufs et la rénovation des bâtiments existants, valorise également l'utilisation de la gestion électronique de l'éclairage. La prochaine version (RT 2012) sera applicable dans les bâtiments neufs tertiaires dès janvier 2011. Elle reprendra en partie les méthodes d'évaluation de la norme NF EN 15193 [42] et précisera de manière plus détaillée les gains énergétiques apportés par chaque mode de fonctionnement de la gestion d'éclairage : zonage avec contrôle individuel par zone, allumage et/ou extinction automatique selon occupation, gradation automatique avec la lumière naturelle, etc. Cette nouvelle réglementation devrait naturellement valoriser les solutions d'éclairage qui s'interfacent avec les systèmes domotiques et de gestion technique du bâtiment. Les systèmes d'éclairage à LED semblent particulièrement bien placés dans ce domaine.

## 12. Autres réglementations européennes impactant les dispositifs d'éclairage à LED

Comme tout produit électronique, les systèmes d'éclairage à LED sont soumis aux directives européennes RoHS (directive 2002/95/CE) et DEEE (directive 2002/96/CE) visant à limiter les quantités de substances toxiques et à favoriser le recyclage des déchets. Les lampes et les luminaires à LED doivent donc être recyclés. En France, la société Récyllum est un organisme agréé pour la collecte et le recyclage des lampes usagées. Ses activités couvrent à présent les lampes à LED.

## 13. Présentation des certifications applicables aux dispositifs d'éclairage à LED

Il n'existe actuellement en France qu'une seule certification portant sur les luminaires. Il s'agit de la certification NF-Luminaire, étendue en Europe avec la marque ENEC-Luminaire, sous l'impulsion du syndicat français de l'éclairage et du syndicat européen des fabricants de luminaires et de composants électrotechniques associés (CELMA). Ces deux marques sont applicables aux produits dit « professionnels » et ne concerne pas les applications domestiques. Cette certification délivre une marque de qualité portant sur la sécurité des produits. Le référen-

tiel de certification repose sur la série de normes lumineuses NF EN 60598. Ce référentiel n'inclut pas de critère relatif à la lumière émise. Les luminaires à LED peuvent être certifiés mais les points sensibles comme la durée de vie, la maintenance du flux lumineux et les dérives colorimétriques ne sont pas abordés.

La certification nord-américaine Energy Star couvre quant à elle les luminaires à LED de manière très précise, dans plusieurs référentiels de certification (parfois conflictuels) élaborés par le ministère américain de l'énergie (DoE) et par l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA). Ces documents présentent des critères de certification qui reposent sur des essais conformes à des normes américaines. Bien que ces normes ne soient pas applicables en France, les référentiels de certification Energy Star méritent de retenir notre attention car ils couvrent les points les plus critiques des systèmes d'éclairage à LED :

- efficacité lumineuse en lm/W,
- flux lumineux, température de couleur, indice de rendu des couleurs,
- maintenance du flux lumineux et dérives colorimétriques,
- uniformité spatiale de la couleur,
- facteur de puissance,
- températures de surface.

Il existe une initiative comparable au Royaume-Uni menée sous l'égide de l'organisation indépendante Energy Saving Trust, subventionnée par le gouvernement britannique. Le référentiel de certification est applicable aux lampes et luminaires de substitution à LED. Il repose sur les normes en vigueur en Europe, tout en mentionnant que la plupart des normes pertinentes dans ce domaine sont encore à l'état de projet ou d'avant projet.

## 14. Conclusion

Dans cet article, nous avons dressé le panorama des normes en vigueur relatives aux dispositifs d'éclairage général à LED à leur installation dans le bâtiment. Nous avons également évoqué les réglementations et les certifications applicables, qui sont basées essentiellement sur ces normes.

Le défi de la normalisation dans le domaine de l'éclairage à LED est de réussir à accompagner les développements très rapides de cette technologie. En effet, établir des normes est un processus généralement long qui nécessite une connaissance approfondie des produits. Il existe à l'heure actuelle un net décalage entre les nouveaux produits disponibles sur le marché et les normes destinées à garantir leurs performances et leur sécurité ainsi que la conformité de leur installation.

Ainsi, il n'existe pas de normes de performances sur les modules de LED et sur les luminaires à LED. Les normes relatives aux lampes à LED sont à l'état de projet ou d'avant projet, alors que le marché est inondé de produits de ce type. Certains manques sont à déplorer, comme

l'absence de norme sur les dispositifs à barrettes de LED visant à remplacer les tubes fluorescents, qui peuvent poser des problèmes de sécurité lors de la substitution. Dans le domaine des performances colorimétriques des lampes, on spécifie des tolérances sur la température de couleur corrélée, mais pas sur la déviation du point de couleur par rapport à la courbe du corps noir. Ces déviations font apparaître des teintes de lumière souvent jugées indésirables. On rappelle également que la plupart des lampes à LED que l'on trouve actuellement dans le segment domestique échappent à la classification et au marquage énergétique, ainsi qu'au règlement européen EuP en vigueur.

De ce point de vue, la normalisation européenne est quelque peu en retard par rapport à la normalisation nord-américaine qui a notamment déjà produit les documents concernant les mesures photométriques et colorimétriques des dispositifs à LED. Le développement de l'éclairage à LED étant une problématique mondiale dont les industries sont des multinationales, il semble aujourd'hui primordial d'harmoniser les normes au niveau international afin de promouvoir la qualité des produits de manière coordonnée dans chaque continent. En effet, la situation actuelle est que le marché de l'éclairage domestique est partout confronté à un véritable foisonnement de nouveaux produits à LED dont certains présentent des problèmes considérables. Les mesures effectuées dans plusieurs laboratoires et les retours des usagers révèlent des défauts de plusieurs natures :

- inadaptation à l'usage (éblouissement, mauvais rendu des couleurs, papillotement, etc.),
- problèmes de qualité (dérives anormales des spécifications, courte durée de vie, défaillances prématurées, etc.),
- défauts de conception (compatibilité électromagnétique, distorsion harmonique, échauffement anormal, etc.).

Face à ces constats, il est important que les acteurs de la filière (fabricants, distributeurs, prescripteurs, installateurs, usagers, pouvoirs publics) se mobilisent afin que la qualité des nouvelles solutions d'éclairage à LED s'améliore et que la technologie ne souffre pas d'un effet de rejet de la part des consommateurs, comme cela a pu se produire avec les premières lampes fluorescentes compactes. En parallèle à l'évolution et à l'harmonisation des normes, des initiatives sont soutenues par des organismes publics pour accompagner le développement de l'éclairage à LED et de sa normalisation. Ainsi, l'ADEME finance le projet CITADEL, coordonné par le CSTB, qui vise à fournir les connaissances scientifiques et techniques nécessaires à la caractérisation complète des dispositifs d'éclairage à LED en intégration dans le bâtiment [43].

Favoriser l'acceptation des nouvelles technologies de l'éclairage est un enjeu non seulement économique mais aussi écologique. Les performances énergétiques et le bilan environnemental prometteur de l'éclairage à LED devraient permettre de réaliser des économies d'énergie et de ressources naturelles substantielles pour en faire la source d'éclairage du XXI<sup>ème</sup> siècle.

## Remerciements

L'auteur tient à remercier pour leurs contributions Bernard Duval, délégué général de l'Association française de l'éclairage et président du comité AFNOR X90X « lumière et éclairage », Frédéric Guiraud, responsable de la normalisation électrotechnique française chez Philips et représentant du comité technique 34A « lampes » de la CEI, ainsi que Dominique Renoux du LNE et Michel Garcia du CSTB.

## Références

- [1] Norme NF EN 12665 (2002) : Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage.
- [2] Spécification Technique CEI TS 62504 (à paraître) : Termes et définitions pour les DEL et les modules DEL en éclairage général.
- [3] Norme NF EN 62031 (2008) : Modules de DEL pour l'éclairage général : spécifications de sécurité.
- [4] Norme NF EN 61347-1 (2008) : Appareillages de lampes – partie 1 : exigences générales et exigences de sécurité.
- [5] Norme NF EN 61347-2-13 (2006) : Appareillage de lampes – partie 2-13 : exigences particulières pour les appareillages électroniques alimentés en courant continu ou alternatif pour les modules de LED.
- [6] Norme NF EN 60838-2-2 (2006) : prescriptions particulières des connecteurs pour modules de LED.
- [7] Norme NF EN 62384 (2006) : Appareillages électroniques alimentés en courant continu ou alternatif pour modules de DEL : exigences de performances.
- [8] Norme NF EN 62386-207 (2007) : Interface d'éclairage adressable numérique - Partie 207 : exigences particulières pour les appareillages de commande - Modules de DEL.
- [9] Spécification Technique CEI TS 61231 (1999) : Système international de codification des lampes (ILCOS).
- [10] Projet de norme PR NF EN 61231 (2009) : Système international de codification des lampes (ILCOS).
- [11] Norme CEI 62560 (à paraître) : Lampes à DEL autoballastées pour l'éclairage général fonctionnant à des tensions > 50 V - Spécifications de sécurité.
- [12] Norme NF EN 60968 (2001) : Lampes à ballast intégré pour l'éclairage général : prescriptions de sécurité.
- [13] Spécification technique CEI PAS 62612 (2009) : Lampes à DEL autoballastées pour l'éclairage général fonctionnant à des tensions > 50 V – Exigences de performances.
- [14] Norme NF EN 60969 (1993) : Lampes à ballast intégré pour l'éclairage général : prescriptions de performances.
- [15] Norme NF EN 60598-1 (2009) : Luminaires : partie 1 – prescriptions générales et essais, normes NF EN 60598-2 : Luminaires : parties 1 à 25 : règles particulières.
- [16] Norme NF EN 61000-3-2 (2006) Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-2 : limites - Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils inférieur ou égal à 16 A par phase).

- [17] Norme NF EN 61000-3-3 (2005) : Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-3 : limites - Limitation des variations de tension, des fluctuations de tension et du papillotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension pour les matériels ayant un courant assigné inférieur ou égal à 16 A par phase et non soumis à un raccordement conditionnel.
- [18] Norme NF EN 61547 (1996) : Equipements d'éclairage général : prescriptions d'immunité EMC.
- [19] Norme NF EN 55015 (2007) : Limites et méthodes de mesure des perturbations radioélectriques produites par les appareils électriques d'éclairage et les appareils analogues.
- [20] ICNIRP, "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)", Health Physics 41, 449-522 (1998).
- [21] Projet de norme PR NF EN 62493 (2008) : Evaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques.
- [22] ICNIRP, "Guidelines on Limits of Exposure to Broadband Incoherent Optical Radiation (0.38  $\mu\text{m}$  to 3  $\mu\text{m}$ )" Health Physics 49, 331-340 (1985) and 56, 971-972 (1989).
- [23] Publication CIE S009 (2002) : Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems.
- [24] Norme NF EN 62471 (2008) : Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes.
- [25] Norme NF EN 60825-1 (1994) : Sécurité des appareils à laser.
- [26] Projet de rapport technique CEI TR 62471-2 (à paraître) : Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems - Part 2: Guidance on Manufacturing Requirements Relating to non-Laser Optical Radiation Safety.
- [27] Publication CIE-127 (2007) : Measurements of LEDs.
- [28] Publication CIE-177 (2007) : Colour Rendering of White LED Light Sources.
- [29] Norme NF EN 13032-1 (2004) : Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires – partie 1 : mesurage.
- [30] Projet de rapport technique CEI TR 61341 Ed.2 (à paraître) : Method of Measurement of Centre Beam Intensity and Beam Angle(s) of Reflector Lamps.
- [31] Norme CEI 61341 (1994) : Méthode de mesure de l'intensité dans l'axe et de l'angle (ou des angles) d'ouverture des lampes à réflecteur.
- [32] Norme IESNA LM-79-08 (2008) : Approved Method for the Electrical and Photometric Testing of Solid-State Lighting Devices.
- [33] Norme ANSI\_NEMA\_ANSLG C78.377 (2008) : Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products.
- [34] Norme IESNA LM-80-08 (2008) : Approved Method for Measuring Lumen Maintenance of LED light sources.
- [35] Norme IESNA TM-21 (à paraître) : Predicting Lumen Maintenance of LED Sources.
- [36] Norme NF EN 50285 (2000) : Efficience énergétique des lampes électriques à usage domestique - Méthodes de mesure.
- [37] Norme NF EN 12464-1 (2003) : Eclairage des lieux de travail – partie 1 : lieux de travail intérieurs.
- [38] Norme NF X 35-103 (1990) : Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail.
- [39] Norme NF C 15-100 (2002) : Installations électriques à basse tension.
- [40] Guide pratique UTE C 15-559 (2006) : Installations d'éclairage en très basse tension.
- [41] Guide pratique UTE C 15-801 (2009) : Installations électriques à basse tension - guide pratique - produits mobiliers comportant un équipement électrique, mise en œuvre des règles de sécurité électrique : prescriptions de marquage pour les luminaires encastrés.
- [42] Norme NF EN 15193 (2007) : Performance énergétique des bâtiments – Exigences énergétiques pour l'éclairage.
- [43] C. MARTINSONS, "French CITADEL Project Looks at LED Lighting in Buildings", LEDs Magazine 26 12-13 (avril 2009).

## L' a u t e u r

**Christophe Martinsons**, né en 1970, a suivi un cursus universitaire de physique, puis a travaillé au CEA-CESTA avant d'obtenir en 1998 un doctorat de l'université de Reims. Recruté ensuite par le NPL (National Physical Laboratory), il y a développé de nouveaux étalons optiques de mesures thermophysiques. En 2000, Christophe Martinsons a rejoint le groupe HAGER, spécialiste de la gestion de l'électricité dans les bâtiments, pour prendre la responsabilité des développements optiques, en détection infrarouge et en éclairage. Depuis 2007, il dirige le pôle 3<sup>e</sup> (éclairage, électromagnétisme et électricité) du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Le pôle 3<sup>e</sup> conduit des études visant à optimiser l'environnement lumineux à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments en exploitant au mieux la lumière naturelle, les nouvelles sources d'éclairage artificiel et leur gestion électronique. Le pôle 3<sup>e</sup> travaille également sur la propagation des champs électromagnétiques dans le cadre bâti afin de déterminer les niveaux d'exposition et optimiser le fonctionnement des systèmes communicants, dont les réseaux de capteurs sans fils de très faible consommation. Christophe Martinsons est membre de la section française de la commission internationale de l'éclairage (CIE), membre du comité de normalisation AFNOR X90X « lumière et éclairage » et représentant français du comité de normalisation européenne CEN TC169 WG2 sur l'éclairage intérieur.