



Projet d'aide à la recherche industrielle ADEME
CITADEL
Caractérisation de l'Intégration et de la Durabilité des Dispositifs d'Eclairage à LED dans le bâtiment
<p>Coordinateur : CSTB - Christophe Martinsons</p> <p>Participants : CSTB, CEA-LETI, LNE, ENTPE, LAPLACE, PHILIPS</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>

Summary of the CITADEL project

Currently the field of lighting is in the midst of a technological revolution, unique in its history, with the advent of new generations of systems based on LEDs. Significant progress achieved by semiconductor specialists has led to robust and compact light sources, offering attractive control capabilities. In laboratory conditions, white LEDs reach luminous efficacies greater than those of most lamps used in lighting, and, above all, they exhibit far greater life expectancy. LEDs are therefore considered, as they well should be, as a major component in future solutions for interior and exterior lighting.

Despite all these advantages enthusiastically put forward by the semiconductor industry, it is commonly reported that the use of LEDs in buildings is slowed down by a certain number of deep problems. The requirements for successful building integration are very specific and often unrecognized by the LED manufacturers. Several types of constraints occur in building applications: visual comfort, performance sustainability in time, real life expectancy, total cost assessment, compliance with building standards and codes.

The objective of CITADEL is to promote the optimal integration of LEDs in buildings through research, with a view of supplying crucial information to all those concerned by lighting. The goal is to fully characterize LED lighting products, keeping in mind the specific needs of buildings and of those who use them. In this way, we shall define new measures of visual comfort and color rendering, specific to LEDs.

The optical and electrical measurement methods will be devised in such a way as to supply results which present the true performance of LEDs at their real working temperature. Ageing procedures will then be developed depending on the usage frequency of the products and the environmental factors which act upon them. Applying these procedures will enable us to analyze and identify, while adhering to a rigorous methodology, the diverse physical mechanisms of the LED breakdown. These steps of physical experimentation will allow us to determine and optimize the life expectancy of LED products and establish the total lighting cost. The CITADEL project will also involve the analysis of the LED products life cycle in order to ascertain their environmental impact during manufacturing, use and end-of-life.

The CITADEL consortium is formed by several public research laboratories, public institutions and a major lighting company. The partners have complementary skills and each specializes in a key aspect of LED lighting and building integration.

CITADEL is an ambitious initiative covering all the aspects of lighting in relation with the buildings and their users. In the CITADEL project, laboratory measurements will be carried out using several types of metrology, microanalysis and ageing setups. The project also includes numerical simulations, focus groups, economic calculations as well as a complete environmental analysis.

Résumé du projet CITADEL

Le domaine de l'éclairage connaît actuellement une phase de rupture technologique unique dans son histoire avec l'avènement de nouvelles générations de systèmes basés sur les LED. Les progrès considérables réalisés par les spécialistes des semi-conducteurs et des composants électroniques ont réussi à offrir des sources de lumière robustes, compactes, offrant de séduisantes possibilités de contrôle. Les LED blanches atteignent même en laboratoire des efficacités lumineuses supérieures à celles de la plupart des lampes utilisées en éclairage et, surtout, des durées de vie beaucoup plus longue. Les LED sont donc considérées, à juste titre, comme un composant majeur dans les solutions d'avenir pour l'éclairage du bâtiment, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Malgré tous ces avantages mis en avant avec enthousiasme par l'industrie des semi-conducteurs, on constate que l'utilisation des LED en éclairage du bâtiment est actuellement freinée par un certain nombre de problèmes profonds. En effet, les contraintes liées à l'intégration dans le bâtiment sont très spécifiques et souvent méconnues des industriels des LED. Ces contraintes sont de plusieurs types : confort visuel des usagers, maintien des performances dans le temps, durabilité, maîtrise du coût global, conformité aux normes et réglementations du bâtiment.

L'objectif de CITADEL est de promouvoir l'intégration optimale des dispositifs à LED dans le bâtiment par l'intermédiaire d'un travail de recherche visant à fournir les données cruciales pour les acteurs concernés par l'éclairage. Il s'agit d'aboutir à la caractérisation complète des LED et des produits d'éclairage à LED en partant des besoins liés au bâtiment et à ses usagers. Ainsi, on définira de nouveaux indices de qualité de la lumière mesurant le confort visuel et le rendu des couleurs spécifiques aux LED. Les méthodes de mesures optiques et électriques seront mises au point de manière à fournir des résultats qui traduisent les performances réelles aux températures d'usage des LED. Des protocoles de vieillissement seront ensuite mis au point en fonction des rythmes d'usages des produits et de leurs sollicitations environnementales. L'application de ces protocoles permettra d'analyser et d'identifier selon une méthodologie rigoureuse les différents mécanismes physiques de dégradation des LED et des dispositifs à LED. Ces étapes d'expérimentation physique permettront de déterminer et d'optimiser la durée de vie effective des produits et de fournir le coût global des solutions d'éclairage à LED. Le projet CITADEL comportera aussi l'analyse du cycle de vie des produits afin de cerner l'impact environnemental des LED et des produits à LED pendant les phases de fabrication, d'utilisation et de fin de vie.

Le projet CITADEL rassemble un consortium formé de laboratoires de recherche publique, d'établissements publics à caractère industriel et commercial, et d'un industriel leader mondial de l'éclairage. Les membres du consortium sont complémentaires et maîtrisent chacun un aspect clé de l'éclairage à LED et de son intégration dans le bâtiment.

CITADEL est un projet très ambitieux puisqu'il couvre tous les aspects de l'éclairage à LED touchant au bâtiment et à ses usagers. Il comporte des campagnes d'expérimentation longues menées à l'aide d'un grand nombre d'équipements de métrologie, d'analyse et de vieillissement climatique. Le projet fait également appel à des étapes de simulation numérique, des études sur sujets, une étude économique, une analyse environnementale complète.

Programme scientifique et technique/Description du projet

Le domaine de l'éclairage connaît actuellement une phase de rupture technologique unique dans son histoire, avec le développement de nouvelles générations de dispositifs basés sur des sources à semi-conducteurs. Ces sources sont des diodes électroluminescentes, appelées LED (*Light Emitting Diodes*) ou OLED dans leur version à base de semi-conducteurs organiques.

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 à la fin des

années 1980, les LED sont maintenant capables de produire indirectement de la lumière blanche, soit par l'utilisation de particules luminescentes, soit par l'association de plusieurs couleurs [2, 3].

L'évolution des LED blanches est très soutenue depuis 10 ans. On trouve maintenant des composants de fortes puissances (de 100 à 1000 lm) qui sont conçus pour des applications d'éclairage général. Ces sources de lumière présentent tous les avantages des composants électroniques standards. En effet, à l'inverse des lampes traditionnelles utilisant des ampoules ou des tubes de verre¹, elles 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 heures², ce qui pourrait amener à considérer les LED comme les sources d'éclairage les plus durables qui soient. L'efficacité lumineuse, qui mesure directement le rendement de la conversion de l'énergie électrique en lumière visible, progresse quant à elle régulièrement pour atteindre des valeurs de l'ordre de 100 lm/W, comparables à celles des tubes fluorescents³.

L'utilisation des LED a permis au marché de l'éclairage de proposer des innovations marquantes dans le domaine du bâtiment. On peut citer par exemple de nouvelles conceptions de luminaires qui, en intégrant des LED, se dégagent de toutes les contraintes liées à l'utilisation de lampes classiques. Ces dispositifs mettent à profit des capacités de contrôle et de régulation impossibles à réaliser autrement qu'avec des LED (gradation de la couleur et du flux, éclairages dynamiques).

Malgré ces avantages, on constate que des freins très importants limitent la généralisation à grande échelle des solutions d'éclairage à LED dans le bâtiment. Ces freins sont essentiellement de nature technologique, perceptive et économique. Ils sont le reflet d'une offre qui n'est pas encore bien adaptée à l'intégration dans le bâtiment, intégration qui nécessite de prendre en compte de manière globale les facteurs de performances⁴, de confort, de durabilité et de coût⁵.

Les principaux problèmes de l'éclairage à LED dans le bâtiment sont les suivants :

- problèmes technologiques : dérives des caractéristiques en fonction du temps
- problèmes de durabilité : dégradation des performances et défaillances inexplicables, notamment en extérieur
- problèmes de confort visuel : phénomènes d'éblouissement et de rendu des couleurs
- modèle économique en rupture avec les pratiques traditionnelles de l'éclairage qui implique une connaissance du coût global et du cycle de vie des produits

Ce projet a pour vocation d'apporter les éléments scientifiques permettant de proposer des solutions à ces problèmes, de manière à promouvoir la diffusion dans le bâtiment de systèmes d'éclairage à LED économes, confortables et pérennes. L'approche mise en avant consiste à étudier l'ensemble des besoins liés à l'intégration et à l'usage final des systèmes. De cette manière, on pourra définir des méthodes de caractérisation physique associées à des méthodes de qualification pertinentes (vieillesse, endurance) dont la mise en œuvre fournira les réponses aux problèmes posés.

Les systèmes étudiés dans ce projet couvrent les différentes échelles de produits à LED :

- le composant lui-même : diode constituée d'une puce montée en boîtier,
- le module de LED : matrice ou barrette montée sur circuit électronique avec dissipateur thermique,
- les luminaires à LED : encastrés, muraux, plafonniers, sur pieds, intérieur, extérieur, etc.

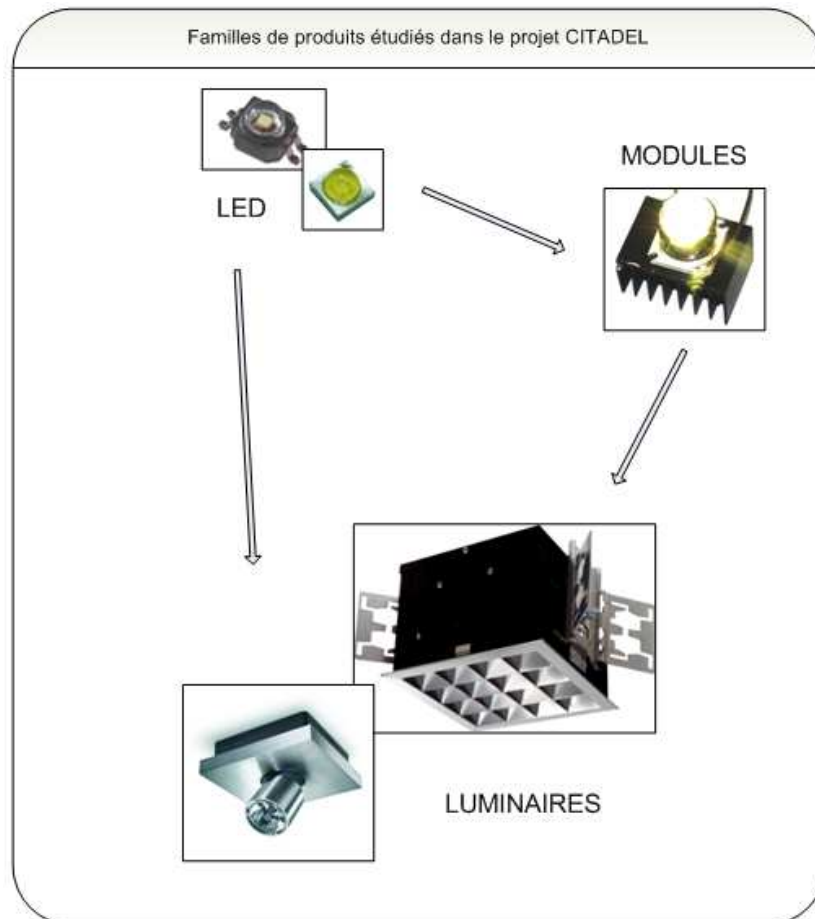
¹ Beyond the Vacuum Tube, Lighting Solutions for the 21st Century, Jerry Simmons, Michael Coltrin, Jeffrey Tsao, Optics & Photonics News, June 2007

² Une durée de 50 000h représente 11 années de fonctionnement à 12h par jour.

³ Notons qu'à l'heure actuelle, l'efficacité lumineuse des meilleures LED n'arrive pas encore au niveau de celle des meilleures lampes à décharge (pour une puce de 1 mm² alimentée sous 350 mA avec une température de jonction de 25°C).

⁴ Solid-State Lighting : A Systems Engineering Approach, Ian Ashdown, Optics & Photonics News, January 2007

⁵ LEDs shine brighter but cost concerns remain, Susan Curtis, Optics and Laser Europe, July/August 2007



La vocation de ce projet de recherche est très clairement applicative. Les travaux proposés intéresseront non seulement l'industrie de l'éclairage mais aussi l'ensemble des acteurs concernés par l'éclairage à LED :

Acteurs concernés par les performances et durabilité des LED :

- Industriels des luminaires à LED pour le bâtiment
- Industrie électronique, fabricants de circuits et de modules de LED pour l'éclairage
- Intégrateurs de LED pour d'autres usages liés au bâtiment : affichage, voyants, décoration
- Intégrateurs de LED pour d'autres usages : multimédia, sport, transports, accessoires

Acteurs concernés par les performances et la durabilité des modules de LED :

- Industriels des luminaires à LED pour le bâtiment
- Intégrateurs de modules de LED dans d'autres produits du bâtiment : domotique, sécurité intrusion, sécurité incendie
- Intégrateurs de modules de LED pour d'autres usages : multimédia, sport, transports, accessoires divers

Acteurs concernés par les performances et la durabilité des luminaires à LED :

- Installateurs électriciens et éclairagistes
- Bureaux d'études et concepteurs éclairagistes
- Collectivités locales, maîtrises d'ouvrage
- Grandes surfaces de bricolage
- Grande distribution, magasins spécialisés
- Utilisateur final

Objectifs et caractère ambitieux/novateur du projet

L'ambition de ce projet est de favoriser l'intégration optimale des systèmes d'éclairage à LED dans le bâtiment. L'approche choisie consiste à établir précisément les besoins technologiques, perceptifs et économiques liés aux différentes utilisations ; besoins qui serviront de base à l'élaboration de nouvelles méthodes de caractérisations physiques. Il s'agit donc d'une approche multi-échelle (LED,

électronique, luminaire, bâtiment, homme) et multi-disciplinaire (physique, économique, perception visuelle, étude environnementale) qui sera validée expérimentalement par différents essais ainsi que par des études sur sujets.

Les objectifs scientifiques et techniques de ce projet :

1. Identifier l'ensemble des besoins et des contraintes d'intégration dans le bâtiment

L'objectif sera d'identifier l'ensemble des contraintes et des besoins fonctionnels (flux lumineux, ergonomie visuelle, etc.) et non-fonctionnels (échauffements, consommation, etc.) de l'éclairage dans le bâtiment.

2. Définir de nouveaux indices de qualité de la lumière adaptés aux systèmes d'éclairage à LED

L'éclairage du bâtiment, particulièrement en intérieur, est très exigeant sur le confort visuel et le rendu des couleurs. L'industrie ne dispose actuellement pas d'indices normalisés décrivant l'éblouissement et le rendu des couleurs applicables aux LED. Ce manque freine considérablement la diffusion de produits à LED de qualité pour l'éclairage intérieur.

3. Evaluer l'acceptation des dispositifs à LED par les usagers

Nous chercherons, à l'aide d'études sur sujets, à valider expérimentalement l'acceptation des éclairages à LED en intégration dans le bâtiment. Cette étape consolidera la définition des nouveaux indices de qualité de lumière.

4. Etablir les méthodes de caractérisation physique des LED, modules et luminaires (optique, thermique, électrique)

La difficulté provient du fait que les caractéristiques physiques des LED sont très dépendantes de la température de la jonction p-n, qui elle-même est fortement liée aux conditions d'intégration et d'usage dans le bâtiment. L'objectif est de déterminer les méthodes de caractérisation des LED, des modules et des luminaires qui tiennent compte notamment des aspects thermiques. Ces méthodes devront couvrir la photométrie, la colorimétrie, les propriétés électriques, tout en contrôlant parfaitement la température des composants.

5. Etablir les méthodes de vieillissement et d'endurance adaptés aux usages du bâtiment

Ces méthodes seront conçues de manière à tenir compte des rythmes d'usage et des sollicitations environnementales spécifiques aux applications du bâtiment. Nous disposerons au terme de ce projet de protocoles expérimentaux qui n'existent pas à l'heure actuelle.

6. Analyser et identifier les mécanismes physiques de dégradation des LED et des dispositifs à LED

L'application des protocoles de tests permettra de déterminer les causes physiques de la dégradation des LED et des produits à LED. Ces mécanismes sont encore mal connus et feront l'objet d'investigations poussées effectuées à l'aide d'outils de diagnostic précis. Les résultats de ce projet vont contribuer significativement à une meilleure connaissance du vieillissement de la puce et de son boîtier. Les phénomènes macroscopiques apparaissant dans les modules et les luminaires, seront identifiés et analysés.

7. Détermination de la durée de vie effective des systèmes d'éclairage à LED

La détermination de la durée de vie effective des produits à LED constitue sans doute l'objectif le plus applicatif de ce projet. Cette détermination est basée sur l'établissement des critères de qualité de la lumière et sur l'étude de leurs variations dans le temps, évaluées à l'aide de protocoles de vieillissement. Le projet fournira donc des estimations fiables de la durée de vie en usage des produits à LED, paramètre fourni actuellement de manière très approximative par les fabricants, essentiellement par manque d'informations.

8. Déterminer le coût global des solutions d'éclairage à LED

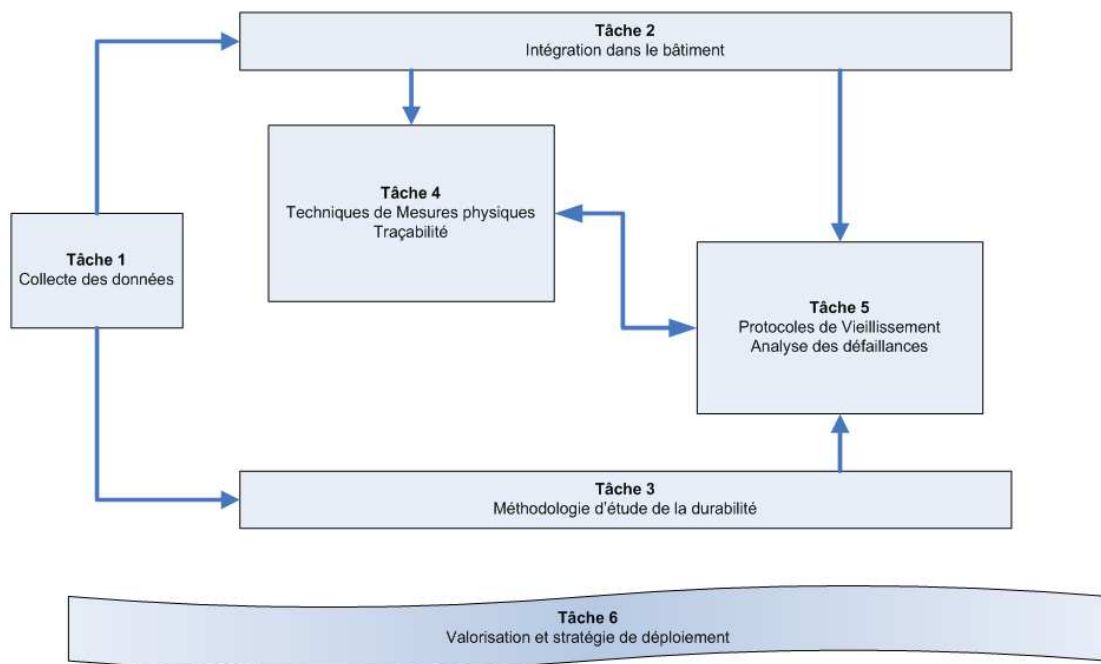
Avec l'estimation de la durée de vie effective, le coût global des solutions d'éclairage à LED sera calculé en fonction des paramètres économiques et techniques (coût initial, consommation électrique, efficacité lumineuse, etc.) associés aux paramètres d'utilisation réelle des produits (cadences d'usages, etc.). La méthode de calcul constituera en soit une contribution importante dans l'élaboration des nouveaux modèles économiques liés à l'éclairage à LED. Les résultats intéresseront tous les acteurs concernés par ces solutions (utilisateurs, prescripteurs, fabricants, etc.)

9. Effectuer l'analyse du cycle de vie des systèmes d'éclairage à LED

L'analyse environnementale des LED et des dispositifs à LED sera effectuée tout au long du cycle de vie des produits. Cette approche globale aboutira à des résultats importants concernant l'impact des éclairages à LED sur l'environnement, pendant les étapes de fabrication, d'utilisation et de fin de vie.

Description des travaux : programme scientifique et technique

Ce projet comprend 6 tâches qui s'articulent schématiquement selon le diagramme suivant :



Organisation du partenariat

Le projet CITADEL fédère des équipes ayant des compétences complémentaires sur les LED et l'éclairage :

- **CEA-LETI** (EPIC)
Expertise microélectronique, connaissance du semi-conducteur
- **CSTB** (EPIC):
Eclairage bâtiment, photométrie des matériaux et des luminaires, durabilité, éco-conception et analyse du cycle de vie
- **ENTPE** (URA CNRS)
Eclairage intérieur, aspects physiologiques de l'éclairage, indice de qualité de la lumière
- **LNE** (EPIC)

- Métrologie, étalonnages, réalisation de dispositifs étalons
- **LAPLACE** (UMR CNRS)
Electronique de contrôle et régulation des LED, éclairage extérieur à LED
- **PHILIPS ECLAIRAGE** (INDUSTRIEL)
Leader mondial de l'éclairage, fabricant de LED et de luminaires à LED

Présentation du CSTB

Contact :

Christophe Martinsons

Responsable du pôle 3^E Eclairage, Electricité, Electromagnétisme

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB Grenoble)

24 rue Joseph Fourier - 38400 St Martin d'Hères - France

Tél : 04 76 76 25 45 - Port : 06 16 54 59 25

Fax : 04 76 44 20 46

christophe.martinsons@cstb.fr

Le CSTB, établissement public à caractère industriel et commercial, a pour mission d'améliorer les performances des bâtiments tout en garantissant le bien-être, le confort et la sécurité de leurs usagers. Ses activités de recherche et de consultance ont été labellisées CARNOT par l'ANR. Trois équipes du CSTB sont impliquées dans le projet CITADEL : le pôle 3^E (éclairage électricité électromagnétisme), la division CPM (caractérisation physique des matériaux) et la division Environnement.

Représentation nationales et européennes

Le CSTB a des représentants dans la division 3 de la Commission Internationale de l'Eclairage (éclairage intérieur). Le CSTB est également membre de l'association française de l'éclairage (AFE). Par ailleurs, le CSTB fait partie des instances normatives française (AFNOR, commission X90X sur l'éclairage) et européenne (CEN, comité technique TC169 sur l'éclairage intérieur).

Présentation CEA-LETI

Contact :

Stéphane Bernabé

Laboratoire Packaging et Assemblage

CEA-Leti Minatec - Département Optronique

17 rue des martyrs - F38054 Grenoble

☎ + 33 4 38 78 05 10 - <http://www-leti.cea.fr>

Laboratoire du CEA implanté à Grenoble, le LETI est l'un des principaux centres européens de recherche appliquée en électronique. Son activité est consacrée à plus de 85 % à des recherches finalisées avec des partenaires extérieurs. Interlocuteur privilégié du monde industriel, le LETI a été labellisé CARNOT par l'ANR. Le LETI a suscité la création de près de 30 start-up de haute technologie, dont Soitec, leader mondial du silicium sur isolant. Il dépose quelque 180 brevets par an et gère un portefeuille de 1000 inventions protégées par des brevets. Les principaux domaines d'activité sont les suivants:

- Micro et nanotechnologies pour la microélectronique,
- Technologies, conception et intégration des microsystèmes,
- Technologies d'imagerie,
- Micro et nanotechnologies pour la biologie et la santé,
- Technologies de communication et objets nomades.

Grâce au financement Carnot attribué au LETI pour lancer des projets de ressourcement, le département optronique a démarré depuis 2006 un important programme de développement de

technologies de diodes électroluminescentes de puissance permettant de répondre aux limitations rencontrées par la filière actuelle pour s'imposer dans le domaine de l'éclairage. Le projet « Carnot éclairage » auquel contribuent une vingtaine d'acteurs a déjà donné lieu au dépôt de 5 brevets.

Dans ce cadre, le LETI vise à proposer des filières alternatives à celle reposant sur des LED bleues à base de GaN en structure planaire, qui est la plus avancée et en plein essor industriel aujourd'hui. Deux filières de LED sont donc développées au LETI présentant le potentiel d'être compétitives à l'échéance 2010 par rapport à l'état de l'art, tant sur le plan des performances que sur celui du coût : les LEDs planaires à base de ZnO, les LEDs à base de nanofils ZnO ou GaN. Un autre aspect important est le développement d'expertises génériques sur le composant, notamment dans les domaines de la conception, de la caractérisation fonctionnelle, de la thermique et du packaging des diodes électroluminescentes de puissance.

Présentation LNE

Contact :

Jimmy DUBARD

Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE)

Centre Métrologie Scientifique et Industrielle (CMSI)

Division thermique et optique

29, avenue Roger Hennequin

78197 TRAPPES CEDEX

tél : 01 30 69 12 37

fax : 01 30 69 10 82

Le LNE (Laboratoire National de Métrologie et d'Essais) est un établissement public sous tutelle du Ministère Français de l'Industrie qui fait autorité en terme d'évaluation technique et de réalisations d'essais, sur des instruments de mesure, et sur les matériaux et produits utilisés dans l'industrie ou pour les besoins de la société. Dans le domaine de la métrologie, le LNE est chargé d'une part de coordonner la métrologie française, et d'autre part de mettre en place puis de maintenir les références nationales dans les principales grandeurs fondamentales suivantes : longueur, masse et grandeurs dérivées, température et grandeurs thermiques, grandeurs optiques et chimiques avec notamment le concours du LNE-INM basé au CNAM à St Denis.

Le LNE a de nombreuses actions tant au plan national qu'international, au niveau des grandeurs optiques avec par exemple la réalisation de bancs métrologiques de référence en radiométrie classique de l'ultraviolet à l'infrarouge, en radiométrie laser, fibronique et pyrométrie optique ; les comparaisons inter-laboratoires au niveau international en radiométrie classique, cryogénique, laser. Le LNE réalise de nombreux équipements techniques à usage interne ou pour les industriels et fournit de l'assistance technique dans ses domaines de compétence. L'unité technique du LNE réalise des études en métrologie des rayonnements optiques et propose des prestations d'étalonnage et d'essais en radiométrie-photométrie.

L'intérêt pour les LED est grandissant et les principaux laboratoires de métrologie ont mis en place des moyens pour caractériser ce type de source⁶. Une comparaison métrologique internationale pilotée par le laboratoire coréen KRISS est actuellement en cours et implique les plus importants laboratoires de métrologie dans le monde, dont fait partie le LNE. Cette comparaison porte sur la métrologie optique des LED colorées et blanches. Un nouveau gonio-photomètre est en cours de construction et sera opérationnel en mai 2008 pour les mesures dans le cadre de la comparaison internationale.

Le LNE est aussi impliqué dans son programme 2006-2010 sur une étude qui traite de la « qualité » de la lumière émise par les LED.

⁶ « Measurements of LEDs », Publication CIE 127, Technical Report, 2nd edition, 2007

Représentation nationales et européennes

- Représentation dans le COFRAC depuis 1993 (ISO 17025) pour les essais « lanterne automobile », « Modules photovoltaïques » et « Optique », « Radiométrie-photométrie »
- Représentation auprès de la CTA « Electricité-Rayonnement-Technologies de l'information » du COFRAC
- Représentant français au Comité Consultatif Photométrie-Radiométrie du Bureau International des Poids et Mesures
- Représentant français EURAMET-PHORA
- Participation à des comités de l'AFNOR, notamment « couleur et colorimétrie ».

Présentation ENTPE / DGCB / LASH

Contact :

Dr Marc Fontoynt
Directeur, Laboratoire Sciences de l'Habitat (LASH)
Département Génie Civil et Bâtiment (DGCB) – URA CNRS 1652
Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE)
Rue Maurice Audin - F 69120 Vaulx-en-Velin, Lyon, France

Secretariat: marie-claude.jean@entpe.fr
Tel: +33 4 72 04 70 27 (70 31)
Fax: +33 4 72 04 70 41
<http://www.entpe.fr/Prive/index-recherche.htm>

Organisme de recherche publique, le Département Génie Civil et Bâtiment de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat est une unité de recherche associée au CNRS (URA 1652). Il mène des recherches destinées à développer des méthodologies de conception de solutions d'éclairage performantes, qui vont au-delà des recommandations nationales et internationales. Le DGCB / CNRS dispose ainsi de compétences dans les domaines de l'éclairage et de l'exploration du champ visuel, une attention particulière étant accordée à la répartition des luminances et à la caractérisation des sources potentielles d'éblouissement.

Les membres du laboratoire ENTPE-DGCB participent activement à de nombreux comités techniques internationaux au niveau des normes et recommandations (Commission Internationale de l'Eclairage CIE-ISO). Marc Fontoynt a été pendant 8 ans le directeur de la Division Eclairage Intérieur de la CIE, et il exerce actuellement la fonction de Vice Président de cette organisation, il contribue à la prise en compte par la CIE des nouvelles préoccupations en matière d'énergie et d'environnement, ainsi qu'au développement de la filière d'éclairage à base de LED.

Ce savoir-faire est actuellement développé dans le cadre de la qualification de scénarios d'éclairage intérieur, et est étendu à l'analyse des conditions lumineuses en milieu urbain, en situations routières, et à l'intérieur de tunnels.

A cet effet, le laboratoire développe des modèles comportementaux et des dispositifs expérimentaux pour qualifier les performances de solutions d'éclairage naturel et artificiel. Ce qui a amené l'équipe à mettre au point des dispositifs de mesures innovants à partir de capteurs CCD ainsi que des dispositifs d'exploration en réalité virtuelle puis à tester des éclairages à base de semi-conducteurs.

Le laboratoire a également engagé un travail de recherche sur la détermination des mélanges optimaux de LED selon des exigences d'éclairage spécifique. Ce travail a nécessité la mise en place de dispositifs expérimentaux calibrés qui permettent la comparaison de scènes présentées sous des éclairages différents. Sur le plan des applications, il est apparu dès les premières investigations que l'étude du mélange chromatique de LED présentait un attrait considérable pour un certain nombre d'applications. La première application envisagée fut la mise au point par le laboratoire, en 2004, d'un projecteur conçu pour éclairer le tableau de La Joconde à Paris. Le mélange de couleurs a pu permettre de retrouver une couleur plus naturelle, tout en compensant la coloration du verre de protection et en atténuant légèrement la coloration des vernis du tableau. Une deuxième application

a été possible dans le cadre d'un contrat de recherche destiné à proposer un système d'éclairage autonome, où des LED fourniraient une lumière synchronisée avec le rayonnement naturel grâce à l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques (Projet PV-LEDs).

Participation à des projets de recherche collaborative

Le protocole expérimental (simulation / évaluation par panels d'observateurs) est notamment utilisé au sein du projet ANR VIVRE 2 pour sélectionner des dispositifs lumineux susceptibles d'améliorer la visibilité de véhicules industriels, dans le but de contribuer à la diminution de l'accidentologie impliquant ce type de véhicules. Au sein du projet ANR LEDs HABITAT, le DGCB / LASH a réalisé des simulations numériques calibrées photoréalistes d'éclairages à LEDs dans divers bâtiments.

Représentation nationales et européennes

Le laboratoire a des représentants dans les instances dirigeantes de la Commission Internationale de l'Eclairage (vice-présidence et représentation française de la division 3 sur l'éclairage intérieur). Les membres du laboratoire sont également impliqués dans l'association française de l'éclairage.

Présentation du LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie)

Prof. Georges Zissis
Directeur Adjoint/Deputy Director
LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie)
Universite Paul Sabatier - Toulouse III
Build. 3R2; 118 rte de Narbonne
F-31062 Toulouse Cedex 9 ; FRANCE

tel: +33 5 61556996
fax: +33 5 61558447 or +33 5 61556332
E-mail: georges.zissis@laplace.univ-tlse.fr

<http://www.laplace.univ-tlse.fr>
<http://www.efficient-lighting.org>

Le LAPLACE est une unité mixte de recherche (UMR) dépendant du CNRS, de l'INP de Toulouse et de l'Université Paul Sabatier. Le laboratoire rassemble la plus forte concentration en recherche au niveau national dans le domaine de l'énergie électrique et des plasmas. Ses recherches tissent un continuum d'activités qui englobe la production, le transport, la gestion, la conversion et l'usage de l'électricité, couvrant ainsi tous les aspects depuis l'étude des matériaux jusqu'au développement de procédés et de systèmes. Dans ce domaine étendu, les thématiques fortes concernent les décharges et les applications des plasmas, l'étude des matériaux diélectriques (polymères en particulier) et de leur intégration dans les systèmes, l'étude et la conception de systèmes électriques, l'optimisation des commandes et des convertisseurs. Les recherches, par essence pluridisciplinaires, s'appuient sur un socle de sciences physiques avec la volonté d'étudier des phénomènes de base et d'introduire de nouveaux concepts issus des sciences fondamentales, mais sont évidemment fortement motivées par des contraintes et des verrous technologiques ou environnementaux ; elles sont donc liées aux activités industrielles à travers de nombreuses collaborations et participent au transfert technologique.

Le Groupe de Recherche LM - Lumière et Matière du LAPLACE est constitué de deux équipes de recherche : équipe SIP (Sources Intenses de Photons) et l'équipe SCO (Semi Conducteurs Organiques). Les principaux axes de recherche actuellement développés dans le groupe sont associés à la conversion électrons-photons, à partir de gaz (lampes à décharge) ou de matériaux semi-conducteurs (LED, OLED, cellules photovoltaïques organiques). Le groupe de recherche est en train de développer ces activités dans le domaine des sources de lumière à LED et il s'intéresse surtout aux aspects systémiques de ces dispositifs : interaction avec l'alimentation, fiabilité, vieillissement, etc.

Implications dans des projets de recherche collaborative :

- mise en place et direction du réseau Européen COST-529 «Efficient Lighting for the 21st Century». Ce réseau a fédéré pendant 5 ans 80 institutions de 20 pays.
- coordination du projet Européen EnERLIn (EIE-05-0176) sur la qualité des systèmes d'éclairage économes en énergie dans le domaine résidentiel. Ce projet regroupe 14 partenaires européens.
- exécution du projet QuAlimEP entre l'ADEME et 20 syndicats d'électrification départementaux qui vise l'étude de la qualité des systèmes d'alimentation électronique pour les réseaux d'éclairage urbains.

Représentation nationales et européennes

Le LAPLACE a des représentants dans les instances normatives française (Union Technique de l'Electricité UTE), européenne (CENELEC) et internationale (Commission Electrotechnique Internationale CEI).

Présentation de Philips Eclairage

Contact :

Benoit Bataillou

SSL Technology Manager - Innovation Group

Philips Lighting - Rue des Brotteaux - 01708 Miribel Cedex - France

- Benoit.Bataillou@philips.com

Tel: +33 (0) 4 78 55 81 52

Mobile +33 (0) 6 12 65 11 08

Philips (Royal Philips Electronics, Pays-Bas) est un leader mondial dans les secteurs de l'électronique grand public, de l'éclairage et des équipements de santé. Philips emploie environ 124000 personnes dans plus de 60 pays dans le monde. Avec des ventes atteignant 27 milliards d'euros, l'entreprise domine les marchés de l'éclairage et de l'imagerie médicale.

L'activité éclairage de l'entreprise représente plus de 5 milliards d'euros de chiffre d'affaire et emploie plus de 50 000 personnes. Philips Eclairage est en phase de croissance externe avec le rachat récent d'acteurs important aux Etats-Unis⁷, notamment dans le secteur des LED.

La division éclairage de Philips France à Miribel (Ain) emploie environ 350 personnes qui conçoivent, développent et fabriquent des appareils d'éclairage destinés au marché professionnel. L'activité R&D représente 50 personnes. Le site de Miribel est le centre de compétence européen de Philips en charge des technologies HID (lampes à décharge), CFL (lampes fluo-compact) et LED.

⁷ Lumileds, Genlight, Color Kinetics