

ACTES



1^{ères} Assises de l'écologie de la lumière

Etat des lieux et Perspectives

pour un éclairage urbain de qualité



1^{ères} Assises de l'écologie de la lumière

pour un éclairage urbain de qualité

État des lieux et Perspectives

Vendredi 6 décembre (9h30 à 12h30)

Fête des Lumières 2002, 5-8 décembre, Ville de Lyon

Lieu

Auditorium du Palais Saint-Pierre
Musée des Beaux-Arts de Lyon

Organisation

Association Française de l'Éclairage
Centre régional Rhône Alpes



ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE

SIÈGE SOCIAL :

52, boulevard Malesherbes - 75008 PARIS

(Régie par la Loi du 1^{er} juillet 1901)

CENTRE RÉGIONAL RHÔNE-ALPES

**Non inscrit
au Registre du Commerce**

Coordinateur des Assises

Vincent Laganier, Architecte Éclairagiste

Coordination générale des Rencontres de la lumière

Roger Narboni, Concepteur Lumière

Contacts

ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE

Centre régional Rhône-Alpes

5, rue Charles de Gaulle, 42000 SAINT-ETIENNE

Tél. 04 77 43 89 00 - Fax : 04 77 43 89 13

E-mail : infos@afera-eclairage.org - <http://www.afera-eclairage.org>

S o m m a i r e

<u>PREAMBULE</u>	7
<u>PROGRAMME</u>	9
<u>ACTES</u>	13
<u>OUVERTURE</u>	15
<u>HISTOIRE RÉCENTE DE LA LUMIÈRE URBAINE</u>	17
<u>Questions-réponses</u>	26
<u>THÈME 1 : ÉTAT DES LIEUX</u>	30
<u>ECLAIRAGE URBAIN ET ÉCOLOGIE</u>	33
<u>Questions-réponses</u>	36
<u>L'ASTRONOME ET LE RÉVERBÈRE</u>	39
<u>Questions-réponses</u>	45
<u>RÉGULATION DES PLANTES PAR LA LUMIÈRE</u>	49
<u>Questions-réponses</u>	55
<u>THÈME 2 : PERSPECTIVES</u>	57
<u>RÉCUPÉRATION ET RECYCLAGE DES LAMPES EN FIN DE VIE</u>	59
<u>Questions-réponses</u>	65
<u>ÉCLAIRAGE URBAIN ET ÉCONOMIE D'ÉNERGIE</u>	67
<u>Questions-réponses</u>	71
<u>LES NOUVELLES TECHNOLOGIES D'ÉCLAIRAGE</u>	73
<u>Questions-réponses</u>	79
SYNTHÈSE	81
<u>CLÔTURE</u>	83
<u>RESUMÉS</u>	85
<u>LIENS INTERNET</u>	91
<u>BIOGRAPHIE</u>	92

PREAMBULE

Pour un éclairage urbain de qualité

En milieu urbain, les mises en lumières de ces 70 dernières années ont conduit à valoriser le cadre de vie des habitants tout en garantissant la sécurité des biens et des personnes. Cependant, avec le développement de l'astronomie amateur, les amoureux du ciel nocturne ont été les premiers à remarquer la perte progressive de la vision des étoiles. A côté, on connaît depuis longtemps l'influence bénéfique de l'éclairage sur la croissance des plantes en horticulture. Actuellement, les chercheurs étudient de près le rôle de la lumière bleue sur le développement végétal et animal. De même, la recherche de qualité en éclairage public n'est pas chose nouvelle. Les fabricants de matériel d'éclairage n'ont fait qu'améliorer leurs produits depuis le premier choc pétrolier d'octobre 1973. Fin des années 80, en développant de nouvelles manières de révéler l'architecture et les espaces publics, les concepteurs lumière ont même accéléré le mouvement. Les modes de vie des urbains ont évolué, intégrant de nouveaux besoins, de nouveaux loisirs ou plaisirs nocturnes.

Aujourd'hui, un changement des mentalités est en train de s'opérer lentement. L'action concomitante de l'Association Française de l'Éclairage (AFE) et des maîtres d'ouvrages, soutenue par l'ensemble des métiers de la lumière, conduit à une optimisation de la consommation électrique, au recyclage des lampes en fin de vie et à des systèmes d'éclairage plus performants. Au-delà de ces notions, « Écologie » et « Lumière » ouvre un débat de société auquel il est important que tous les acteurs économiques et sociaux participent. A l'aube du III^e millénaire, l'objectif de ces 1^{ères} Assises de l'écologie de la lumière est de dresser un état des lieux puis de nouvelles perspectives, vers un développement durable de la lumière urbaine.

Vincent LAGANIER

Coordinateur des Assises

Vice-Président et Webmaster de l'AFE Rhône-Alpes

PROGRAMME

Ouverture

Alain Van der Ham

Président du Centre Rhône-Alpes de l'AFE

Association Française de l'Éclairage

Introduction

Histoire récente de la lumière urbaine

1974-2004, l'évolution des mentalités

Vincent Laganier

Architecte Éclairagiste

Vice-Président du Centre Rhône-Alpes de l'AFE

Thème 1 : État des lieux

Présentation du thème et des intervenants

Roger Narboni

Concepteur lumière, Coordinateur des Rencontres de la Lumière

Fête des Lumières 2002

Éclairage urbain et écologie

Vrais et faux débats

Jean-Michel Deleuil

Maître de conférence en Géographie, Aménagement et Urbanisme

UMR/CNRS 5600, Équipe Développement Urbain, INSA de Lyon

L'astronome et le réverbère

La qualité du ciel nocturne

Gilles Adam

Astronome, Centre de Recherche Astronomique de Lyon

UMR/CNRS 5574, Observatoire de Lyon

Régulation des plantes par la lumière

Mécanismes et cryptochromie

Jean-Pierre Bouly

Maître de conférence, Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes

UMR/CNRS 7632, Université Pierre et Marie Curie

Thème 2 : Perspectives

Présentation du thème et des intervenants

Roger Narboni

Concepteur Lumière, Coordinateur des Rencontres de la Lumière
Fête des Lumières 2002

Récupération et recyclage des lampes en fin de vie

Exemple dans le département de la Loire

Michel Delrieu

Responsable du service Électrification Éclairage Équipements,
Syndicat Intercommunal d'Énergies du département de la Loire - SIEL

Éclairage urbain et économie d'énergie

Programme GreenLight

Dominique Fourtune

Ingénieur Énergéticien, Département Maîtrise de la Demande d'Électricité,
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie – ADEME

Les nouvelles technologies d'éclairage

De l'électron... à la conception lumière

Jean-Michel Miquel

Directeur du service Optique et Technologies, Philips Éclairage

Synthèse

Gilles Buna

Adjoint au Maire de Lyon,
Délégué à l'Urbanisme et au Développement Durable

Clôture

Gilbert Roubach

Président de l'Association Française de l'Éclairage

Les exposés des experts étaient de 15 minutes environ suivis de questions-réponses.

ACTES

Ouverture

Alain Van der Ham

Président du Centre Rhône-Alpes de l'Association Française de l'Éclairage (AFE)

Mesdames, Messieurs, et pour beaucoup d'entre vous, Chers Amis,

Sans doute ne serez-vous pas très étonnés si je vous exprime toute la satisfaction, la fierté, le grand honneur, que notre Centre Régional Rhône-Alpes de l'Association Française de l'Éclairage éprouve d'avoir, non seulement organisé cette matinée, mais encore de se trouver en tête pour l'ouverture du volet scientifique de ces « Rencontres de la lumière ».

Car c'est bien là que se situe une des particularités essentielles de cette grande manifestation lyonnaise, que de savoir unir toute l'euphorie et l'excitation d'une grand fête, avec la réflexion et la sérénité engendrées par cette série de rencontres sur le thème de la lumière qui s'ouvre ce matin et va donc se poursuivre jusqu'à dimanche par des entretiens et des débats autour de l'urbanisme lumière.

Et c'est donc tout naturellement que notre association, société savante en la matière, s'est investie dès l'année dernière en organisant le colloque « Lumière, Santé et Bien-être » couplé à l'exposition "Lumière d'été" et qui visait à démontrer tous les bienfaits qu'un bon éclairage pouvait apporter sur la santé et le bien-être des individus.

Mais comme toute activité humaine, la lumière mal maîtrisée peut engendrer des nuisances avec des effets négatifs sur notre environnement et devenir une source de désagréments pour la population. Encore que ceci soit bien en deçà des grandes pollutions que malheureusement notre planète connaît actuellement par ailleurs.

Il s'avère donc nécessaire de réfléchir sur les développements futurs de l'éclairage afin de progresser dans la qualité. Un sujet sans doute de première importance si l'on en juge par le nombre d'inscrits à ces premières assises, qui a largement dépassé les capacités de cette salle.

L'Association Française de l'Éclairage bien entendu, ne sera pas absente de ce débat puisque comme vous le rappellera certainement notre Président National qui nous a fait l'honneur d'être parmi nous ce matin, nous travaillons ardemment sur ces épineux problèmes des nuisances lumineuses ainsi que sur la qualité des installations d'éclairage.

Pour ma part, je souhaite adresser mes plus vifs et sincères remerciements à tous ceux qui auront permis de réaliser ces premières assises ce matin. La Ville de Lyon, tout d'abord, avec une importante participation aujourd'hui de ses élus d'une part, de ses services d'autre part, et qui de surcroît a bien voulu nous ouvrir les portes de ce magnifique Palais Saint-Pierre qui abrite par ailleurs le Musée des Beaux-Arts. A Roger Narboni, qui s'est proposé tout naturellement, eu égard à ses grandes qualités pour lesquelles nous n'avons aucun doute qu'il puisse bien les mettre à profit pour mener l'animation des différentes interventions. Vous

verrez des intervenants qui d'ailleurs sont tous d'éminents spécialistes dans les domaines d'activités que nous vous présenterons. Et enfin l'équipe régionale de l'Association Française de l'Éclairage dont deux de ses membres vont d'ailleurs intervenir ce matin : Monsieur Delrieu pour la partie récupération des lampes après usage et notre bouillonnant et dynamique Vice-Président, Vincent Laganier, qui a véritablement été l'artisan de toute cette matinée et auquel, sans plus tarder, je cède la parole en vous souhaitant, Mesdames, Messieurs, une excellente journée.

Histoire récente de la lumière urbaine 1974-2004, l'évolution des mentalités

Vincent Laganier
Architecte Éclairagiste
Vice-Président du Centre Rhône-Alpes de l'AFE

Cette histoire récente de la lumière urbaine ne se veut en aucun cas exhaustive. Elle vise à rappeler à chacun de nous quelques grandes étapes, techniques ou conceptuelles, qui nous mènent à réfléchir aujourd'hui sur la qualité environnementale de l'éclairage. Elle évoque aussi bien les innovations des grands constructeurs, que des réalisations remarquables de concepteurs lumière qui ont marqué l'évolution des projets d'éclairage et la réflexion générale de la profession depuis les trente dernières années. L'exposé procède donc par date sans suivre une logique démonstrative rigoureuse.

1973. État des lieux

L'éclairage public était fonctionnel, concentré sur la sécurité automobile et réalisé principalement par des lampes à décharge à vapeur de mercure de tonalité blanc intermédiaire (4 000 K). Toutefois les lampes à incandescence continuaient à délivrer dans de nombreuses villes une atmosphère chaleureuse (blanc chaud, IRC de 100). Ce besoin de convivialité et de fonctionnalité a amené Paris à inventer un concept à deux vitesses. L'éclairage public fut partagé en deux parties : la voirie et le trottoir, utilisant deux couleurs de sources : respectivement, sodium haute pression, blanc orangé (2 000 K), et vapeur de mercure. Ce principe d'éclairage est toujours mis en oeuvre aujourd'hui comme c'est le cas avenue d'Italie, éclairée récemment par l'éclairagiste lyonnais Laurent Fachard. La capitale fut la première à valoriser les arbres de ses avenues.



*Avenue d'Italie
(Laurent Fachard) - Photo Ville de Paris*

1974. Trois événements majeurs

- Une politique d'économie d'énergie globale s'instaure en France, effet indésirable du premier choc pétrolier. A l'époque, « *la part de l'éclairage public représentait moins de 2 % de la consommation totale d'électricité* ». Cela n'empêchera pas de couper les illuminations des bâtiments pendant plusieurs années car, politiquement parlant, c'était la manifestation la plus compréhensible des efforts à faire. L'électricité et la lumière sont symboliquement fortement associées dans les esprits.

- L'expression « ambiance lumineuse » est introduite dans les définitions de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). L'éclairage est alors considéré sous ses effets physiologiques et psychologiques notamment dans le « Vocabulaire de l'Éclairage » de l'AFE. L'association de la qualité et du confort arrive sur le devant de la scène.

- La lampe 150 W au sodium haute pression est commercialisée. Cette technologie n'existait auparavant que dans de fortes puissances (250 et 400 W) et produisait un flux lumineux trop important pour l'éclairage d'une simple voie publique. L'arrivée de cette source va permettre un remplacement progressif de l'éclairage des rues à vapeur de mercure et conduire à des puissances d'installation inférieures.

1974. Boulevard Laurent Bonnevay à Lyon : l'efficacité lumineuse

Cependant, sur des voies rapides à fort trafic, d'autres types d'éclairage s'affirment. Ils utilisent la lampe au sodium basse pression qui présente la meilleure efficacité lumineuse, c'est-à-dire le meilleur rapport flux lumineux / puissance installée. A Lyon, cet éclairage orange monochromatique de 180 W est employé sur la voie rapide du boulevard de Ceinture et au sud



pour l'A7 (2 x 4 voies). La position axiale de montage sur caténaire, à 12 m de haut, est une première en France après des expériences concluantes en Belgique et en Italie. Seul inconvénient : la couleur jaune est peu séduisante.

Boulevard Laurent Bonnevay, à Lyon - Photo DR

1975. Rue de Béthune à Lille : la qualité de l'ambiance

A l'opposé, côté ambiance lumineuse, Lille réalise une première expérience en matière de qualité dans les rues piétonnes de son centre-ville. L'idée consiste à doubler chaque point lumineux avec deux lampes différentes, qui ont une tonalité de couleur opposée : sodium haute pression 400 W, blanc orangé, et halogénures métalliques 380 W, blanc froid (4 500 K) comme la lumière du jour vers 16 h en hiver sous nos latitudes. Par synthèse additive, on obtient ainsi une couleur intermédiaire, blanche et dynamique, car le niveau d'éclairement est très élevé. Ici, il y avait environ 200 lux tandis qu'en éclairage public c'est plutôt 20 lux sur des voies de circulation. En éclairage piétonnier, on tombe entre 5 et 10 lux, et même parfois, en dessous selon l'environnement lumineux. Ces deux réalisations furent à l'époque extrêmement innovantes. Ce furent les premiers moments d'une réflexion qui n'a pas cessé depuis sur l'efficacité et la qualité des ambiances urbaines nocturnes.



*Rue de Béthune, à Lille
(J.-L. Barbery) - Photo Ville de Lille*

1977. Calculs sur ordinateur : l'optimisation photométrique

Une autre conséquence du premier choc pétrolier est de conduire à optimiser la photométrie des luminaires et à trouver des solutions techniques qui tiennent compte à la fois de l'éclairage (quantité de lumière reçue par une surface) et de la luminance (perçue par l'œil). Avec le recours à l'ordinateur, des logiciels vont être développés par les fabricants de luminaires pour trouver des solutions qui permettent de mieux maîtriser la consommation globale d'énergie notamment dans l'éclairage public. Dans le même temps, la réflexion s'engage sur l'incidence des revêtements de chaussée sur la luminance globale des routes. Les premières caractérisations expérimentales, notamment des asphaltes et des bétons, ont lieu.

1979. La carte aérienne nocturne de la France

La société Petitjean, spécialiste de la fabrication de mâts d'éclairage, réalise l'enquête "Les Villes Phares" : 265 villes françaises de plus de 15 000 habitants sont interrogées sur leurs pratiques en matière d'éclairage public. Cette enquête, publiée dans la revue Lux, est accompagnée d'une photo spatiale nocturne de la France, qui en fait la couverture. La carte montre que l'Hexagone est relativement sombre par rapport à ses proches voisins européens, principalement nordiques. Pour mémoire, le législateur, l'État français, n'a pas fait de l'éclairage public une obligation précise. Les communes sont simplement tenues d'assurer "la sûreté et la commodité" sur les voies publiques (article 97 du Code des communes). Seule l'AFE édite des recommandations plus détaillées sur l'éclairage des rues.

1981. Les huit fonctions de la lumière dans la ville

Abraham Moles, Directeur de l'Institut de Psychologie Sociale de Strasbourg et membre de l'Académie des Arts de la Rue, publie un article précurseur de 11 pages dans la revue Lux : "Des fonctions de la lumière dans la ville". Il ouvre la voie à l'urbanisme lumière des années 90, qui vise à planifier l'éclairage urbain, à introduire une logique des projets. Le scientifique y définit 8 fonctions de l'éclairage urbain, qui sont désormais entrées dans la terminologie : générale, balisage, psychomotrice, ambiance, sécurité, valorisation, promotion visuelle, spectacle.

1982. Fêtes nocturnes et nouveaux acteurs

- Les lois de décentralisation en 1982 conduisent à des campagnes de rénovation urbaine et de mise en valeur du paysage nocturne. Les communes ouvrent progressivement les yeux sur leur environnement et leur patrimoine. Simultanément, des événements nationaux annuels naissent sous l'impulsion du Ministre de la Culture d'alors, Jack Lang. Ils entraînent peu à peu une fréquentation massive de l'espace public la nuit. C'est d'abord, la « Fête de la Musique » en juin de cette année-là. Deux ans plus tard, naissent les « Journées du Patrimoine » en septembre. Elles seront déclinées en une « Nuit du Patrimoine » – parcours nocturne balisé de bougies autour de l'histoire d'un lieu – par l'association bordelaise « Renaissance des Cités de France », à partir de 1988.

• Dans le même temps, dès 1983, de nouveaux intervenants apparaissent : artistes, sculpteurs, plasticiens, éclairagistes, concepteurs lumière et scénographes vont intervenir dans l'espace public. En moins d'une dizaine d'années, plus d'une quinzaine de sociétés spécialisées vont être créées en France et ouvrir de nouveaux champs d'activités. Si la plupart de ces entreprises sont localisées en Île-de-France, 8 d'entre elles se situent en province. La région Rhône-Alpes devient le second pôle de compétence dans ce domaine, avec déjà 4 spécialistes à Lyon.

1985. Tour Eiffel à Paris

La dernière illumination de la Tour Eiffel par Pierre Bideau va ouvrir de nouvelles portes à la lumière architecturale. Le monument est silhouetté de l'intérieur par un effet de contre-jour au sodium haute pression. Deux ans plus tard, Yann Kersalé utilisera aussi cet effet pour l'éclairage éphémère de la verrière du Grand Palais à Paris par sa célèbre lumière bleue.

1986. Colline de Fourvière (Lyon) : vers la scénographie nocturne des villes

Puis, tout va en s'accélération dans la scénographie urbaine nocturne de la ville. Pour la venue du pape à Lyon, le compositeur Jean-Michel Jarre et l'éclairagiste Jacques Rouveyrolis mettent en lumière la Colline de Fourvière : faisceaux traceurs dans le ciel que l'on voit maintenant sur les toitures des discothèques, projections d'images géantes de Jean-Michel Quesne qui métamorphosent les façades des quais de Saône.



*Jean-Michel Jarre et la colline de Fourvière
Rendez-vous à Lyon - Photo DR*

1986. Lampes au sodium blanc

La même année apparaissent les premières lampes à décharge au sodium blanc de petite taille, chez Philips. Elles ont une tonalité de lumière nouvelle, d'un blanc chaud et doré (2 500 K) proche de l'incandescence. Le très bon rendu des couleurs et les petites puissances, 35 et 50 W, vont conduire à son utilisation progressive en milieu urbain pour rehausser le patrimoine, comme à Paris les lanternes de style suspendues de la galerie de la rue de Rivoli.

1987. Mini lampes aux iodures métalliques : la durée de vie et la qualité

Un an plus tard, 3 autres lampes compactes aux iodures métalliques de 35 à 150 W sont disponibles chez Osram. Pour une même taille d'ampoule et un très bon rendu des couleurs, d'abord en blanc chaud (3000 K), puis quelques années après en blanc intermédiaire (4 200 K), les tonalités de lumière se diversifient offrant de nouvelles possibilités en extérieur.



A Lyon, par exemple, on peut en apprécier la qualité quai Charles de Gaulle, le long de la Cité Internationale.

*Quai Charles de Gaulle
Cité Internationale de Lyon
Photo Ville de Lyon*

1989. La révolution des lumières touche l'architecture

• **Centre médiéval de Cordes : première illumination cohérente d'un ensemble urbain.** En marge des célébrations prestigieuses du bicentenaire de la Révolution à Paris, les concepteurs de spectacles « son et lumière », Pierre et Jean-François Arnaud illuminent le centre médiéval de Cordes. L'éclairage aux lampes halogènes à réflecteur dichroïque (2 900 K), utilisé jusqu'ici en intérieur, varie en intensité d'un niveau à un autre des maisons gothiques. L'intégration architecturale est discrète : de petits projecteurs sont réalisés sur mesure par un fabricant de luminaires. C'est la première fois qu'un ensemble urbain est éclairé de façon cohérente et que l'éclairage dynamique est utilisé de manière pérenne sur un ensemble architectural.



*Centre médiéval de Cordes
(Pierre et Jean-François Arnaud)
Photo DR*

• **Rotonde Ledoux à Paris : ombre et lumière.** Louis Clair introduit le noir dans la mise en lumière aux angles de la Rotonde de la Villette de Claude-Nicolas Ledoux et les sources au sodium blanc dans la lumière architecturale.

1989. Naissance de l'urbanisme lumière en France

Cette année « révolutionnaire » est aussi marquée par le début de la mise en oeuvre de « l'urbanisme Lumière », à travers les plans lumière et Schémas directeurs d'aménagement lumière (Sdal). Les premières déclinaisons sont l'oeuvre de Louis Clair, Jean-Marc Dupont, Alain Guilhot, Roger Narboni et Yves Trochel.

1990. Les bâtiments publics entrent dans la ronde

• **Notre-Dame de Paris : premier concours d'illumination.** Le premier concours pour la mise en lumière d'un bâtiment public - la cathédrale Notre-Dame de Paris - est instauré, sur l'initiative de la Caisse Nationale des Monuments Historiques et de la Mairie de Paris. Les projets de Roger Narboni et Italo Rota (en collaboration avec Louis Clair) sont retenus. Comme les grands projets méritent du temps, la concrétisation de la mise en lumière n'a commencé qu'en 2002, avec l'illumination de la façade occidentale de la cathédrale la veille de Noël.

• **Basilique de Fourvière (Lyon).** De son côté, Lyon illumine la basilique de Fourvière, qui reçoit une nouvelle robe lumineuse pour la traditionnelle Fête des lumières du 8 décembre. L'originalité du projet tient au double régime d'éclairage mis en place. Il s'éteint après minuit en semaine, à 1 heure du matin le week-end et durant les fêtes. Seule la statue de la Vierge reste éclairée toute la nuit.



Basilique de Fourvière, à Lyon

Photo DR

1991. Lampes à induction

La lampe à induction 55 W est commercialisée chez Philips. Cette source d'une durée de vie de 60 000 h sera déclinée en trois teintes, du blanc chaud au blanc froid. Elle possède un bon rendu des couleurs. Son premier utilisateur sera la Ville de Paris, pour la place du Tertre. Seul inconvénient notable : son prix, comparé à celui des lampes à décharge traditionnelles d'éclairage public.

1992. Cours des 50 Otages à Nantes, les premières équipes pluridisciplinaires

Au cœur de la Ville de Nantes, le cours des 50 Otages est réaménagé sous l'égide de l'architecte Italo Rota, par une équipe pluridisciplinaire à laquelle le concepteur lumière Roger Narboni est intégré. L'ambiance de façade à façade utilise un seul type de lampe : sodium blanc. L'éclairage piétonnier est indirect sur de grands chapeaux de 1,80 m et intègre une corolle lumineuse translucide réalisée par un système de fibre optique. Cette oeuvre collective signe l'amorce de l'association de plus en plus fréquente des concepteurs lumière aux concours d'architecture.



Le Cours des 50 Otages, à Nantes

(Italo Rota) – Photo DR

1994. Place des Terreaux à Lyon : même un plasticien ...

Mise en lumière par l'éclairagiste Laurent Fachard en association avec un architecte, Christian Drevet, et un plasticien, Daniel Buren. Seules trois façades de l'espace public sont éclairées. Les projecteurs au sodium blanc sont placés dans le sol en fosse encastrée et en console sur les murs. Au sol, on n'a plus d'éclairage significatif mais un balisage lumineux de chaque fontaine avec un système d'éclairage par fibre optique. Cette réalisation, et bien d'autres, vont amener les fabricants à développer progressivement des appareils encastrés dans le sol pour l'illumination.

1994. Lampes aux iodures métalliques à brûleur céramique

Une nouvelle technologie de sources arrive sur le marché chez Osram et Philips. Les lampes aux iodures métalliques à brûleur céramique, à très longue durée de vie, avec une excellente stabilité des couleurs et un bon IRC sont d'abord utilisées dans les commerces. Mais très vite, leurs qualités les font adopter par les architectes et concepteurs lumière. Mieux, les fabricants introduisent de nouveaux culots pour rendre ces lampes compatibles avec les matériels d'éclairage public. En 1999, on verra l'une des premières réalisations utilisant ces culots sur le prolongement de la ligne 1 du tramway à Nantes.



En 1999, on verra l'une des premières réalisations utilisant ces culots sur le prolongement de la ligne 1 du tramway à Nantes.

*Extension de la ligne 2 du tramway de Nantes
Photo DR*

1995. La lumière urbaine mise en texte

Le concepteur Roger Narboni publie aux Éditions du Moniteur : « La lumière urbaine, éclairer les espaces publics ». Il fait le point sur l'urbanisme lumière en traitant l'éclairage urbain sous ses différents aspects, explicite ses principes à travers plusieurs exemples de réalisations. Un long retour sur les réflexions qu'ont menées les concepteurs lumière.

1996. Porte de Bourgogne à Bordeaux : côté face, côté pile

Le 24 décembre, Sylvie Sieg met en lumière la porte de Bourgogne à Bordeaux d'une façon tout à fait inédite, sur le thème de l'accueil. L'éclairage n'est pas à 180° identique. Côté entrée de ville, l'ambiance est officielle, utilisant des réglottes xénon blanc chaud placées verticalement en éclairage rasant derrière les colonnes. Côté piéton, un soulignement discret des détails de la modénature de l'édifice est réalisé avec des barrettes de diodes électroluminescentes vertes.



*La Porte de Bourgogne, à Bordeaux
(Sylvie Sieg) – Photo DR*

1998. La Bibliothèque de la Cité à Lyon : le cadrage

Ce mur peint réalisé par “La Cité de la Création” est éclairé par Philippe Hutinet. Un cadrage parfait des fenêtres dessinées sur la façade est effectué par trois projecteurs d’images fixés sur l’immeuble situé en face. Ces appareils sont utilisés comme les projecteurs de découpe traditionnelle-mis en oeuvre dans l’éclairage scénique : l’idée est de ne pas tout éclairer.

1998. Les Journées Nationales de la Lumière de Poitiers : haro sur le halo



Aux Journées nationales de la lumière (JNL) de Poitiers organisées par l’Association Française de l’Éclairage, Christian Remande présente un exposé sur les performances des vasques de luminaires d’éclairage public au regard du halo lumineux du ciel nocturne et sur l’influence de la réflexion du revêtement dans l’appréciation globale. En fin d’année, il initie la création d’un nouveau groupe de travail AFE sur la pollution lumineuse.

Halo lumineux du ciel nocturne – Photo DR

1999. Fêtes des lumières à Lyon : une nouvelle configuration

A l’occasion de la traditionnelle Fête des lumières du 8 décembre, la Ville de Lyon crée la première édition d’un festival de quatre jours. C’est le début d’un événement qui, chaque année, sert de laboratoire grandeur nature aux concepteurs, aux artistes, aux amoureux de la lumière. Plus de dix ans après les premières réalisations du plan lumière, cette « *nouvelle configuration de la Fête des illuminations* », comme la définit le politologue Philippe Dujardin, « *mêle l’éphémère et le durable* ». Et dans tous les cas, la créativité est à l’œuvre. Sous la direction artistique de Laurent Fachard, l’éclairagiste Michel Paulet, notamment, y réalise une mise en couleur de l’Hôtel de la Communauté Urbaine (Grand Lyon), visible aujourd’hui tous les soirs, qui utilise l’éclairage fluorescent intérieur périphérique du bâtiment.

2000. Tour Eiffel à Paris : la vieille dame fait des clins d’œil magiques

Tournant d’un millénaire : Pierre Bideau fait scintiller la grande dame. C’est magique ! Le concepteur lumière fait ressentir à tous que la lumière peut rythmer la vie quotidienne comme les cloches d’une église ou l’appel du muezzin d’une mosquée. Son travail, d’une très haute qualité environnementale, redonne à l’éclairage urbain une valeur quasiment “écologique” au sens noble.



La Tour Eiffel en 2000 (Pierre Bideau) – Photo SNTE

2000. JNL de Paris : comment maîtriser les ambiances nocturnes ?

Cette prise de conscience se reflète dans les questionnements des Journées Nationales de la Lumière de l'an 2000 sur les aspects positifs et négatifs de l'éclairage public. Comment concevoir la lumière de nos villes ? Comment maîtriser les ambiances urbaines nocturnes ? A l'issue de ce congrès, le groupe de travail AFE qui se consacrait à ce thème va désormais parler non plus de « pollution lumineuse », car la lumière en soi ne pollue pas, mais de « nuisances lumineuses », intégrant à sa réflexion notamment l'aspect subjectif des effets de la lumière.

2000. Cathédrale Saint-Corentin à Quimper :nuances aquatiques

En fin d'année, la scénographie de la cathédrale de Quimper et du musée Breton est réalisée par l'éclairagiste grenoblois Pierre Nègre et Régis Clouzet. Un travail complexe, tout en nuances, à base d'ondulations lumineuses sur la façade, évoquant l'eau et utilisant des cadres changeants qui donnent un aspect mouvant à la lumière. A aucun moment, le monument ne disparaît sous l'illumination.

2002. Place à l'écologie de la lumière

Les nouvelles « Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques » de l'AFE comportent désormais un chapitre « Nuisances et halos lumineux » et des définitions précises dans le chapitre « Méthodologie d'une conception » : Schéma directeur de l'aménagement lumière (Sdal), plan lumière et charte lumière.

2004. Prospectives

Dans les années 90, les villes ont investi sur l'environnement nocturne en éclairant plus et mieux. Aujourd'hui, la réflexion s'affine, ajoutant la dimension "écologique" à ses thèmes. Les professionnels de l'éclairage font un distinguo entre la part de l'éclairage qui est « efficace », celle qui assure le « confort » et la part qui n'est « pas utile », autrement dit « perdue ». C'est elle qui peut générer des nuisances lumineuses indésirables pour les automobilistes, les riverains, les touristes, les astronomes, les animaux et les plantes. Le champ d'investigation dépasse également le seul éclairage public ou architectural. Certains professionnels tirent le signal d'alarme en montrant que les illuminations commerciales prolifèrent de façon inquiétante, sources de nuisances lumineuses qui agissent comme un « bruit visuel » pour les usagers. Les questions de demain seront : Comment concilier tous les types d'éclairage : automobile, piéton, public, signalétique, commercial, festif, événementiel ? Comment trouver l'équilibre ?

Il faudrait déjà des outils de gestion adaptés :

- **une charte de qualité nocturne** qui recense et protège tous les espaces sensibles. Un outil qui pourrait, par exemple, remplir les lacunes des règlements de publicité lumineuse et s'appuierait sur la concertation avec les usagers,

- **P'intégration dans les documents d'urbanisme de l'éclairage**, dans les POS (Plan d'Occupation des Sols) mutant en PLU (Plan Local d'Urbanisme), les schémas directeurs de transports, les secteurs sauvegardés... tous les documents d'urbanisme contractuels qui définissent actuellement certaines règles en matière d'aménagements,
- **la désignation de responsables de la qualité artistique des ambiances nocturnes urbaines** au même titre qu'il existe des directeurs de communication, des architectes des Bâtiments de France. Cela signifie un budget dédié permettant de mener des actions correctives de sensibilisation en matière d'éclairage auprès des propriétaires privés.

En conclusion, je vous donne rendez-vous aux prochaines Journées Nationales de la Lumière (JNL) en 2004 à Lille qui auront lieu les 25 et 26 septembre 2004 à l'occasion des Journées du Patrimoine.

Hommage à Van Gogh

En attendant les prochaines JNL, contemplons le magnifique tableau peint par Vincent Van Gogh en 1888 : « La nuit étoilée sur le Rhône ». On peut y admirer la Grande Ourse dans le ciel obscur et les reflets des lumières de la ville dans les eaux sombres du fleuve. Dans l'idée de construire ensemble ce que nous transmettrons aux générations futures, sans pour autant vouloir s'opposer aveuglément à l'évolution, travaillons à ce que ces lieux-là restent aussi beaux qu'il y a plus d'un siècle. Ce sont les enjeux du développement durable appliqué à l'éclairage extérieur.



*“La nuit étoilée sur le Rhône ”
(Vincent Van Gogh) – 1888 – Photo DR*

Questions-réponses

Roger Narboni : avant de prendre quelques questions dans la salle, j'aurais souhaité voir la carte satellite nocturne aujourd'hui...

Vincent Laganier : je crois que Gilles Adam, l'astronome de notre colloque, va nous montrer une très belle carte nocturne et même avec des visions prospectives à terme.

Roger Narboni : je pense qu'on se rendra compte alors de la différence. Depuis ces vingt dernières années, on a eu une démultiplication des actions, des concepteurs, des projets, des souhaits des maîtres d'ouvrages et des villes, on est aujourd'hui quasiment submergé par les demandes d'illuminations y compris celles nées des initiatives privées (tous veulent, et c'est un peu normal, se donner à voir). On a découvert l'urbanisme lumière vers la fin des années 80 mais on a connu les illuminations commerciales depuis 1910. Aujourd'hui, si on compare le patrimoine bâti public dans une ville par rapport à l'immense majorité des bâtiments privés, il est infime, même si on additionne les monuments et les bâtiments départementaux ou régionaux. Ma question est donc : cette démultiplication, cette prolifération est-elle exponentielle depuis vingt ans et si oui, jusqu'où ira-t-on ?

Vincent Laganier : ce qu'il faut savoir, c'est que l'on a vécu la période des années 80, en l'occurrence, jusqu'au début des années 90, qui étaient favorables, à la fois économiquement et politiquement parlant pour la lumière urbaine. Je pense qu'avec les lois de la décentralisation, les villes se sont réellement rendues compte de leur environnement. Aujourd'hui, on est dans une conjoncture où l'on se pose beaucoup de questions sur l'avenir et notamment le sujet de ce colloque. C'est sûr qu'on pourrait se poser la question à l'avenir de savoir où va l'éclairage ? Est-ce que la nuit existe encore ? etc. Des questions sur lesquelles nous n'avons pas forcément de réponse universelle. On ne peut pas dire c'est noir et blanc. Je pense que les intervenants de ce colloque sont assez divers et vont vous donner des points de vue très différents. Pour ma part, c'est vrai, étant architecte de formation, je suis toujours très partagé entre éclairer et rester dans le noir. Ce n'est pas facile de souvent faire des choix quand on fait un projet ou lorsque l'on conseille quelqu'un qui veut éclairer un bâtiment ou un espace public, parce que souvent on a en face de nous quelqu'un qui veut, facilement, avoir plus de lumière. Donc, lui dire : « Non, attendez ! Il faut vous calmer et peut-être créer un peu d'ombre », ce n'est pas facile !

François Jousse, *Conseiller scientifique en éclairage public de la Ville de Paris* : je suis toujours très gêné quand je vois des interprétations sur la carte de nuit, parce que pour moi elle a deux significations. La première est qu'elle colle parfaitement avec la carte de la densité des populations en Europe. La seconde est qu'elle est aussi la carte des mauvais éclairages qui envoient plus de lumière vers le haut que vers ce qui doit être éclairé.

Vincent Laganier : cette carte montre vraiment la différence du monde rural et du monde urbain. C'est beaucoup plus tragique que ce qu'on peut dire sur la densité de population qui est un copié-collé de la carte de jour. Montrer des cartes de ce type peut donc être interprété de nombreuses manières différentes.

Roger Narboni : nos amis belges ont fait le choix d'éclairer systématiquement les autoroutes, ce qui se voit très bien sur la carte. Ce n'est pas notre cas, même s'il y a des débats de longues dates à ce sujet. Je pense que c'est un choix fondamental qui a été fait de préserver le paysage nocturne, au moins sur notre système autoroutier.

Gilles Adam : j'ai vu avec intérêt qu'on avait des lampes à 4 000 K qui se rapprocheraient petit à petit du soleil. Où peut-on voir ces lampes en activité ?

Roger Narboni : précisons, pour les non-spécialistes, qu'une lumière froide, blanche bleutée, d'une température de couleur de 4 000 K n'est pas du tout proche de la lumière solaire (qui varie de 6 000 à 6 500 K). L'indice de rendu des couleurs de ces lampes n'a absolument rien à voir avec celui du soleil. Par exemple, les lampes aux iodures métalliques ont un nombre de raies faible dans certaines couleurs notamment dans le jaune, le vert ou l'orange.

Vincent Laganier : en milieu urbain, vous pouvez ressentir l'ambiance de ces lampes 4 000 K dans les parcs et jardins. Pour apprécier leur rendu des couleurs, il faut se rendre sur les parkings commerciaux de grandes chaînes de supermarché mais je ne citerai par de marque ici. Cependant, dans les rues, cette température de couleur blanc froid n'est pas très utilisée.

Antoine Bouchet, Directeur de l'éclairage public de la Ville de Lyon : jusqu'à présent, la lumière était réservée plutôt aux zones urbaines. On voit apparaître progressivement l'éclairage de zones naturelles, en particulier, dans un certain nombre de gorges, en France, même les alentours du Pont du Gard. Je voudrais savoir ce que vous en pensez ? Est-ce que ce n'est pas, effectivement, une limite de ce qu'on peut ou de ce qu'on devrait faire dans le domaine de la pollution lumineuse ?

Vincent Laganier : Roger Narboni pourrait aller très loin. Il parle de zones protégées, de zones d'ombres. Moi, je n'irai pas jusque-là. Le problème, c'est qu'il y a une pression touristique dans ces lieux-là qui fait qu'à un moment donné il y a un souhait de valoriser le lieu par la lumière. Il faut dire ici quelque chose qui est quand même évident, mais il faut peut-être tout juste le rappeler. La principale manifestation d'électricité est la lumière. C'est une manifestation visible. Si on a coupé les illuminations en 1974, ce n'était pas pour rien. C'est parce qu'aussi, politiquement parlant, ça se voyait ! Au premier coup d'œil, on avait une action sur la limitation des économies d'énergie, mais en fait, à l'époque, l'énergie primaire de l'éclairage public ne représentait que 2 % de la consommation totale, ce qui est rien du tout. Donc, sur la question des zones naturelles éclairées, personnellement, je pense que tout dépend du lieu : des rochers, oui, ça me dérange. Puisque vous avez cité le pont du Gard, je dois dire qu'il fait partie du patrimoine mondiale de l'UNESCO et que c'est le premier monument français. Donc, c'est dur de ne pas l'éclairer celui-là ! De toutes façons, l'éclairage scénographique est coupé à onze heures ou minuit, comme la plupart des illuminations dans les villes.

Roger Narboni : il faut faire la part des choses lorsqu'on parle de paysages naturels, parce que très souvent, et je crois que ce sera aussi le cas dans nos débats, on se focalise sur les illuminations. Tous ceux qui se promènent de nuit en France, parfois au fin fond de notre territoire, ont pu apercevoir des éclairages fades, parfois polluants, des éclairages de carrefours giratoires, des éclairages de petites routes départementales, des éclairages de centres d'accueil de parcs naturels, des éclairages domestiques, industriels. Tous ces éclairages mitent nos paysages nocturnes. C'est pourquoi, je suis plutôt partisan d'apporter un peu de poésie et de rêve au sein de ces espaces naturels, de préserver l'environnement et de baisser les niveaux lumineux. Donc, d'engager une véritable rénovation de tous ces éclairages fonctionnels et industriels qui, pour l'instant, ont surtout pollué nos paysages et n'ont pas apporté la beauté nocturne qu'on pouvait en espérer.

Thème 1 : État des lieux

Présentation du thème et des intervenants

Roger Narboni

Concepteur lumière, Coordinateur des Rencontres de la Lumière

Fête des Lumières 2002

Notre demi-journée se passe en deux parties. On va d'abord faire un petit état des lieux avec Vincent Laganier puis on abordera différents thèmes liés à cette réflexion sur l'écologie qu'il nous semble important d'initier ici, avec la Ville de Lyon.

On parlera tout d'abord de sociologie urbaine avec Jean-Michel Deleuil de l'INSA de Lyon. Je crois qu'il y a un vrai débat à engager sur la ville et la nuit urbaine. A qui appartient cette nuit urbaine ? Pour qui doit-on œuvrer ? Comment se partager ces espaces, la nuit ? Il y a une pression aujourd'hui en terme touristique mais il y a aussi des usages et des modes de vie qui ont évolué. Il y a des nocturnes dans différents bâtiments et des tentatives (par exemple à Paris lors de la « Nuit Blanche ») de laisser allumer toute la nuit un certain nombre d'édifices publics, des bibliothèques, des piscines, des musées. Il y a un public pour ces démarches innovantes car dans la journée certaines personnes n'ont plus le temps, mais aussi parce que d'autres apprécient cet isolement et cette douceur de la nuit. Il y a aussi des gens qui travaillent la nuit et il ne faut pas l'oublier. Il y a enfin des lieux très difficiles dans la ville où l'éclairage peut être effectivement un facteur d'ambiances et de réappropriation du territoire. Dans tous ces lieux la lumière a un rôle à jouer.

Il y a également un ciel nocturne, c'est ce que va nous expliquer Gilles Adam du Centre de Recherche Astronomique de Lyon. Certains veulent œuvrer pour que ce ciel là soit inscrit au patrimoine mondial de l'humanité. Cela pose une vraie question sur ce que doit être une protection du ciel nocturne et sur le rôle des citadins et des citoyens que nous sommes. Doit-on construire la ville seulement en fonction de certaines catégories d'habitants (les astronomes amateurs, par exemple) ? Doit-on la développer en fonction des grandes actions commerciales ou touristiques pour les citadins de longue date que nous sommes ?

Enfin, dans la ville actuelle, il y a des espèces animales et végétales (certains ont employé même le terme de « ville sauvage »). Nous essaierons donc de voir avec Jean-Pierre Bouly du Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes à Paris, quels rôles bénéfiques ou pénalisants peut jouer la lumière par rapport à ces espèces urbaines.

Eclairage urbain et écologie

Vrais et faux débats

Jean-Michel Deleuil

Maître de conférence en Géographie, Aménagement et Urbanisme
UMR/CNRS 5600, Équipe Développement Urbain, INSA de Lyon

« Éclairage urbain et écologie » constituent un intitulé à trois entrées :

- *éclairage* (entrée énergétique de la lumière et de sa consommation d'électricité)
- *urbain* (dans le rapport à l'urbanité, à l'espace public et aux usages nocturnes des urbains)
- *écologie*, couplée à ces problématiques, énergétiques et urbanistiques.

On serait tenté d'évoquer une écologie urbaine à propos de tels thèmes, mais rappelons que cette notion est très ambiguë, polysémique. À l'origine, l'écologie urbaine est un concept de sociologues, ceux de l'École de Chicago, dans les années 1920, qui parlent de la ville comme d'un environnement déterminant les comportements sociaux. Cette notion a été reprise dans les années 70-80 en intégrant des approches biologiques et idéologiques, pour donner des champs d'opinion assez intéressants mais non scientifiques. Je me garderai donc d'utiliser ce terme.

Éclairage et énergie

En ce qui concerne notre première approche « éclairage et énergie », remarquons que depuis les années 1980, chaque initiative en matière d'éclairage provoque l'expression de discours désapprouvés, selon lesquels l'éclairage serait un gaspillage choquant d'énergie et participerait aux pollutions causées par la production d'énergie, etc.



Brasília la nuit - Photo INSA

Ces discours, dont la légitimité n'est pas en cause, se sont diffusés en France à partir de la Suisse et de l'Allemagne. Ces pays participent à une tradition d'éclairage à l'économie, qui s'explique par leur histoire culturelle et leurs relations à la lumière, notamment via la religion. En France, comme dans les pays latins en général, la lumière est sécurisante, bienfaitrice et support d'une urbanité et de relations conviviales dans la ville. En Allemagne comme en Suisse, la culture protestante a généré un regard différent sur la lumière artificielle qu'on questionne et qu'on suspecte. Si dans la culture latine l'éclairage urbain permet d'observer les obstacles et les dangers, donc de sécuriser, en Allemagne et en Suisse, la lumière est perçue comme étant susceptible de désigner une cible ou une victime à un agresseur. C'est alors

l'obscurité qui sécurise. De plus, la lumière permet le contrôle social, le contrôle de l'État, le contrôle policier, donc elle est liberticide. La politique genevoise d'éclairage est symptomatique de ces questions-là. Dans les années 80-90, ces représentations politiques et culturelles de la lumière, de l'énergie, de l'écologie, sont arrivées en France.

Conséquences

Simultanément, les agglomérations françaises ont redécouvert les vertus promotionnelles de l'éclairage, notamment Lyon, qui souffrait d'un déficit d'image considérable et qui revendiquait un label de métropole internationale. Les agglomérations suisses et allemandes étaient déjà des métropoles internationales et n'avaient nul besoin d'améliorer leur image. De sorte que le fossé s'est élargi entre les partisans latins de l'esthétique et les tenants protestants de l'éthique.

Les discours condamnant la consommation énergétique de l'éclairage public se sont d'autant plus diffusés quand les éclairages les plus « gratuits », illuminations, spectacles, etc. se sont multipliés comme des débauches choquantes d'électricité et des maquillages urbains tapageurs. Or, il convient de distinguer deux échelles : d'une part, un débat à l'échelle nationale sur la politique énergétique, d'autre part, un débat à l'échelle locale des politiques d'éclairage. Pour intéressants et légitimes que soient les deux débats, les amalgamer n'est pas opératoire et mène à des impasses. Si on veut parler d'écologie à propos d'éclairage, la question de l'énergie doit être renvoyée à sa vraie place, c'est-à-dire à un vaste débat sur la production d'énergie qui n'intéresse pas directement l'éclairage. Condamner les illuminations n'apportera rien au débat sur le nucléaire, par exemple.

Éclairage et espaces publics

En revanche, une réflexion écologique et environnementale sur la lumière urbaine s'avèrerait fructueuse, d'une part, parce que l'éclairage urbanise le ciel, dernier paysage naturel et sauvage de la ville, d'autre part, parce que l'éclairage participe à l'urbanité, c'est-à-dire à l'environnement des urbains, à la façon dont nous exprimons des relations à nos espaces et à nous-mêmes, aux autres, dans le cadre de la ville.

Première de ces entrées, le ciel éclairé, urbanisé par la lumière. C'est avant tout une contingence qu'on se doit de constater et de regretter, de façon à ce que les améliorations technologiques puissent éventuellement diminuer cette pollution paysagère.

Le ciel comme espace public

La question devient plus complexe quand cet éclairage est une stratégie plus qu'une contingence. La diffusion des lasers et des techniques d'éclairage du ciel à des fins promotionnelles, publiques ou privées, transforme le ciel nocturne, patrimoine commun, en écran publicitaire. D'ici quelques années, il sera facile de projeter sur les nuages des images, des slogans. Débattre et légiférer sur la question constituent des priorités environnementales en matière d'éclairage.

L'espace public comme environnement

De façon plus générale, à travers l'environnement c'est la notion d'espace public qui est en jeu, qu'il soit céleste et commun à nos regards, ou au sol, support historique de notre convivialité, de nos relations aux autres, à la société, à la ville. L'espace public est aujourd'hui bien pris en compte dans les politiques d'aménagement par la concertation et le questionnement des services que l'on peut attendre de l'espace public. A ce titre, Lyon peut s'enorgueillir d'une politique d'espace public qualitative et fructueuse. Pourtant, l'espace public fait figure de parent pauvre dans sa dimension nocturne. Jusqu'aux années 1980, les services techniques d'éclairage privilégient un seul usage : circuler en voiture. A partir des années 1980, la contemplation des usagers motive commerçants, propriétaires et élus. Le tout produit une dichotomie lumineuse, un éclairage de voirie pour circuler, un éclairage de façades-vitrines faisant admirer. Aujourd'hui, un pas supplémentaire est franchi par les concepteurs dont la finalité est de mettre en lumière les usages à travers les objets et les volumes. La question se pose enfin de savoir comment, pourquoi et pour qui éclairer les espaces publics. Qu'attend-on de tels éclairages, pour quelles ambiances et pratiques nocturnes ? Selon quelles méthodes transformer en dispositifs techniques d'éclairage les demandes des usagers, en cohérence avec les demandes des secteurs politiques et économiques ? Ce sont là des questions d'avenir dans la mesure où elles recouvrent des enjeux certains et nécessitent la consolidation de savoir-faire naissants.

Éclairage et écologie ?

In fine, les problématiques "écologie et éclairage" restent diverses et d'intérêt inégal. C'est certainement par le biais d'une écologie sociale que les travaux peuvent s'avérer les plus intéressants pour éclairer les relations qu'entretiennent les acteurs et les usagers de la ville avec leur environnement construit et lumineux. A terme, l'enjeu n'est pas de cantonner ces problématiques à des questionnements strictement scientifiques mais de participer à l'évaluation et à l'innovation en matière de démarches professionnelle et décisionnelle, de façon à améliorer les environnements urbains nocturnes.

Questions-réponses

Roger Narboni : j'ai une question qu'il faut qu'on aborde quand même aussi aujourd'hui dans ces vrais et faux débats. Pour nous, concepteurs lumière, il y a l'éternel débat sur la sécurité et le rôle que l'éclairage peut y jouer. Certains, effectivement, prônent la protection du ciel nocturne et donc l'abaissement des lumières parasites ainsi que le retour à l'obscurité, D'autres encouragent le sur-éclairage dans certains lieux, places, espaces publics et quartiers difficiles alors que les professionnels savent que le sur-éclairage est plutôt facteur d'angoisse et générateur de sentiment d'insécurité. J'aimerais avoir votre réaction par rapport à ces vrais et faux débats sur lumière et sécurité.

Jean-Michel Deleuil : Vaste question : lumière et sécurité. Si c'est un état autoritaire qui éclaire pour faire de la sécurité, une contrainte et une pression sur les urbains quels qu'ils soient en les suspectant de pouvoir se comporter mal ? Je pense que ça donnera lieu à des dispositifs insécurisants, de mauvaise qualité et qui généreront des sentiments d'insécurité. Si c'est un éclairage qui est monté dans le cadre d'un projet, c'est-à-dire en associant des gens qui ont envie d'en parler, d'apprendre les techniques, les enjeux, si c'est un éclairage concerté, je pense qu'on se donnera davantage les moyens d'être bien ensemble autour d'une table pour parler et dans l'espace public pour se rencontrer. Ces deux exemples ne donneront pas lieu aux mêmes éclairages, aux mêmes dispositifs, aux mêmes sentiments. Maintenant, est-ce que l'éclairage peut avoir une vertu miraculeuse de disparition de l'insécurité et de la criminalité ? Je ne crois pas qu'il faille lui demander plus que ce qu'il ne peut produire ! C'est une vieille utopie que l'on retrouve même dans les politiques de Louis XIV en matière d'éclairage ! Donc, n'attendons pas monts et merveilles de l'éclairage. Attendons surtout beaucoup de choses de nous-mêmes si autour de la question de l'éclairage nous nous associons pour réfléchir à ce que nous voulons.

Antoine Bouchet : en tant que techniciens de l'éclairage, nous sommes sollicités pour répondre aux demandes de nos collègues qui s'occupent de sécurité, et qui effectivement, installent un certain nombre de caméras de vidéosurveillance. On sait bien que dans pratiquement toutes les grandes villes de France, ce sont les systèmes qui sont installés pour surveiller une partie de l'espace public qui nécessitent des niveaux d'éclairage suffisants pour pouvoir être efficaces. Ici, je crois qu'on est en totale contradiction, c'est-à-dire, qu'est-ce qu'on peut faire, qu'est-ce qu'on doit faire par rapport à ces deux demandes un peu contradictoires ?

Roger Narboni : c'est peut-être aux politiques de répondre.

Jean-Michel Deleuil : certainement. Je profite du micro pour répondre. D'après moi, la question de la vidéosurveillance n'est pas simplement un débat entre des opinions pour et contre. Je pense que trop souvent on oublie que si on a recours à de tels dispositifs, ça veut dire que l'espace public, lui-même, est complètement en échec. La caméra vidéo, c'est la surveillance de toute la ville dans l'espace public, c'est le contrôle social qui s'opère par la présence de tous d'une façon rassurante et conviviale. Si on est obligé de mettre des dispositifs techniques, des yeux qui regardent l'espace public de façon technocratique aux services de la

police et de la politique, cela veut dire que les usagers ne font plus œuvre de publicité dans l'espace public et ça c'est grave ! Maintenant, je pense que quand on arrive à ce constat d'échec du fonctionnement de l'espace public, on peut mettre n'importe quel type de lumière. Effectivement, on peut mettre l'espace public sous projecteur pour faciliter le travail de la vidéosurveillance mais, à terme, je ne vois pas quel est l'objectif du projet.

Roger Narboni : mais il y a aussi des moyens techniques, c'est-à-dire des caméras bas niveaux qui acceptent deux lux, c'est à peine proche du clair de lune par temps non nuageux. Je crois qu'au-delà de la question du politique, effectivement, il y a aussi la question des moyens. Si on voulait sécuriser certains espaces, aujourd'hui, je pense aux espaces extérieurs des centres commerciaux, par exemple, on pourrait le faire avec des niveaux très bas et du coup, on aurait une réflexion globale sur cette idée écologique de la lumière, c'est-à-dire, avoir moins de niveaux d'éclairage donc consommer moins d'énergie, renvoyer moins de lumière et, aussi, participer à une maîtrise totale de ces aspects-là.

Pascale Bonniel Chalier, Adjointe au Maire de Lyon, déléguée aux événements et animations culturelles, en charge de la Fête des Lumières : j'entendais bien Antoine Bouchet, on travaille souvent ensemble, notamment au moment de la Fête des Lumières. Pour installer un certain nombre de spectacles lumineux ou pour projeter par exemple, du cinéma, c'est bien le paradoxe, on est obligé de baisser l'éclairage public, voire de l'éteindre. Quand on demande à le faire, on a de la part des riverains, des réactions extrêmement vives. « Oh la la, c'est la Fête des Lumières, la première chose à faire, c'est surtout de ne pas baisser l'abat-jour ». Je pense que ce qui est effectivement à organiser autant par les politiques que par les techniciens eux-mêmes, les professionnels, les concepteurs et les aménageurs, c'est effectivement une éducation à la question de la lumière. On ne mobilise pas suffisamment les habitants, je crois, lors d'événements festifs comme lors d'une installation de lumières pérennes. Dans les grandes métropoles, on se donne, je crois, en tous les cas insuffisamment, le temps du débat et de la pédagogie autour des questions de la lumière. On considère que soit c'est une affaire de spécialistes, donc de techniciens, soit c'est l'affaire des politiques et les habitants ne sont pas mobilisés, ne sont pas concernés. C'est vrai que moi, quand je vous entends parler ce matin de lampes à quatre mille choses et trucs bidules, je ne comprends rien du tout. Je pense qu'un certain nombre de lyonnais ne comprennent pas grand chose non plus. Je crois qu'en tous cas, sur des moments festifs comme sur des moments de concertation autour, par exemple, de la mise en lumière d'un bâtiment public, il est maintenant de notre ressort d'être, non seulement dans la consultation mais dans la pédagogie.

Gérald Karlikow, Concepteur lumière : je vais juste rappeler un point important des statistiques de la préfecture de police, il n'y a pas d'agression dans les lieux noirs. C'est-à-dire que, quand c'est complètement noir, ce sont les lieux où le taux d'agression est le plus faible. Pourquoi ? Parce que les gens se sentent en insécurité ne passent pas dans les lieux noirs et, en conséquence, les bandits ne restent pas dans un lieu où il ne passe personne. Donc, il s'agit, bizarrement, d'une question d'éducation sur la lumière. Sur le problème des politiques, si dans le discours on explique que la lumière n'est pas si sécurisante, c'est la version allemande, on se retrouve dans une situation où on peut descendre les niveaux d'éclairage de manière générale sur une ville. Pour les spécialistes, si tout est à 30 lux, on a le même résultat

que si tout est à 100 lux, sauf que les astronomes sont beaucoup plus contents ! Finalement, on a besoin de moins d'énergie. C'est aussi de l'écologie.

Roger Narboni : à ce sujet, il y a une excellente étude sur les agressions dans les parcs qui a été publiée dans la Lettre de l'ACE. Elle montrait que les agresseurs étaient dans des fonctionnements psychologiques de chasseurs et qu'ils avaient besoin de voir leur proie très correctement pour agir.

Jean-Michel Deleuil : vos deux interventions ont un mot commun qui est « pédagogie », l'éducation des profanes : les habitants. Je travaille sur la lumière mais aussi sur d'autres dispositifs techniques comme sur la voirie. La pédagogie des techniciens auprès des usagers consiste à répéter : « vous conduisez mal, il faut conduire mieux ». En matière de collecte sélective des ordures ménagères, on se retourne vers les usagers en leur disant : « vous trie mal, il faut jeter mieux ». C'est-à-dire que les services techniques s'acharnent sur les malheureux usagers en les culpabilisant d'être incultes, de ne pas être responsables et de ne pas savoir se servir des outils que les techniciens mettent à leurs services. Je voudrais mettre en garde les techniciens et les politiques sur ces approches qui finissent par fatiguer les usagers. Pendant ce temps, on oublie qu'ils ont des compétences, non pas techniques, mais des compétences à user les dispositifs que les politiques et les techniques mettent en œuvre. Si on tient compte de ces compétences, on aura moins de frais de maintenance. Cela a aussi une traduction économique. Donc, méfions-nous de la pédagogie quand elle est à sens unique.

L'astronome et le réverbère

La qualité du ciel nocturne

Gilles Adam

Astronome, Centre de Recherche Astronomique de Lyon
UMR/CNRS 5574, Observatoire de Lyon

L'homme moderne, dans son environnement urbain, ignore souvent la richesse du ciel nocturne ; la ronde des constellations avec les saisons, le ballet des planètes, la succession des phases lunaires, sont absents de ses pensées. Les raisons en sont multiples mais toutes liées à un mode de vie qui tend à s'affranchir de l'emprise de la nature pour mieux (du moins le croît-on naïvement) maîtriser l'environnement. L'abondance de l'éclairage nocturne a effacé la voûte étoilée au nom de la sécurité, de la promotion, de la théâtralisation du bâti. L'homme de la rue ne sait pas ce qu'il perd, mais l'astronome, à qui la société a confié la mission d'étudier les objets célestes, voit sa mission compromise par ceux-là même qui l'ont commanditée.

De trop rares photons

L'astronomie étudie des objets dont certains émettent de formidables quantités d'énergie. Notre étoile, le Soleil, émet environ 4×10^{26} W (4 suivi de 26 zéros...) et une galaxie contient typiquement 100 milliards d'étoiles. Mais les distances qui séparent les astres dans l'univers sont encore plus formidables que les quantités d'énergie qu'ils émettent. Une grande galaxie, observée à la distance (modérée) de trois milliards d'années-lumière, apparaît un milliard de milliards de fois plus faible que le Soleil... Les astronomes sont donc, pour ce qui concerne l'observation, les spécialistes des objets faibles, difficiles à détecter. On peut montrer que la limite inférieure des éclats accessibles dépend de plusieurs paramètres, parmi lesquels :

- le diamètre de l'instrument utilisé,
- la brillance du ciel.

De lunettes en télescopes

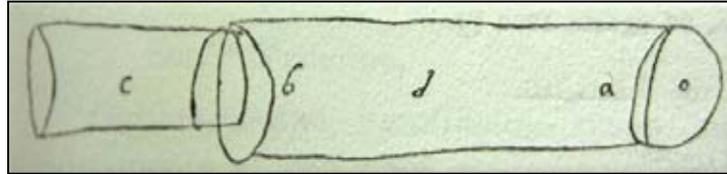
Les premières observations astronomiques se sont faites à l'œil nu ; la lumière reçue était alors limitée par l'ouverture de la pupille, soit 7 mm au maximum. Les possibilités de détection sont dans ce cas très modestes, restreintes aux "objets visibles à l'œil nu". Pour aller plus loin, il faut mettre devant l'œil un "entonnoir à lumière". La technologie nécessaire ne devient disponible qu'à la fin du XVI^e siècle, lorsque Gianbaptista della Porta (pense-t-on) invente la lunette d'approche. Cette lunette grossit, (c'est pourquoi elle est restée un temps un secret militaire) mais surtout comporte à l'entrée une lentille de verre d'un diamètre qui peut être assez important : c'est l'entonnoir à lumière qu'attendaient les astronomes !

Schéma de lunette d'approche de Gianbaptista della Porta (1590)

Lunettes astronomiques de Galilée (1608)

Document UMR/CNRS 5574

Centre de Recherche Astronomique de Lyon



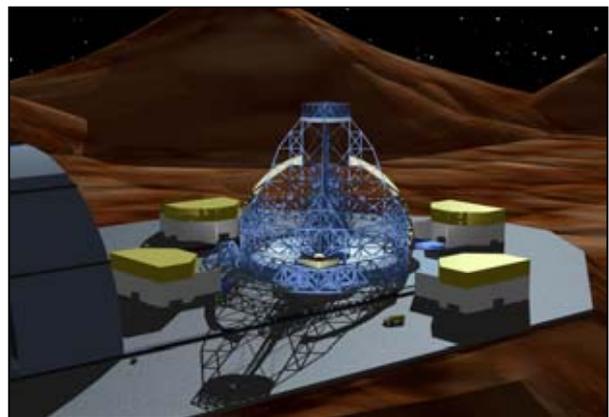
Dès 1609, Galilée tourne une lunette vers le ciel. Il aurait pu se contenter d'acheter cet instrument qui est alors en vente courante, mais il préfère réaliser lui-même plusieurs lunettes de bonne qualité. Les objectifs ont alors des diamètres qui vont de 2 à 3 cm. C'est un gain considérable en superficie par rapport à la simple pupille de l'œil (environ 18 fois) et le savant pisan fait une véritable moisson de découvertes. Il entend en faire profiter la société, raconte ce qu'il a vu, donne son interprétation, ce qui lui vaut les ennuis que l'on sait...



Observatoire de Lyon

Photo Centre de Recherche Astronomique de Lyon

L'impulsion est donnée. Les astronomes se lancent immédiatement dans une course au diamètre qui les amène de 3 cm à l'aube du XVIII^e siècle jusqu'à 1 m à la fin du XIX^e siècle, toujours avec des lunettes astronomiques. Mais on se heurte alors aux limites de la technologie et il faut abandonner les lunettes pour passer aux télescopes à miroirs. En 2003, ceux-ci culminent, pour l'instant, aux 10 m de diamètre des deux Keck jumeaux installés à Hawaï. En attendant les 100 m du projet européen OWL, vers 2025.



Projet européen OWL

Télescope de 100 m de diamètre pour 2025.

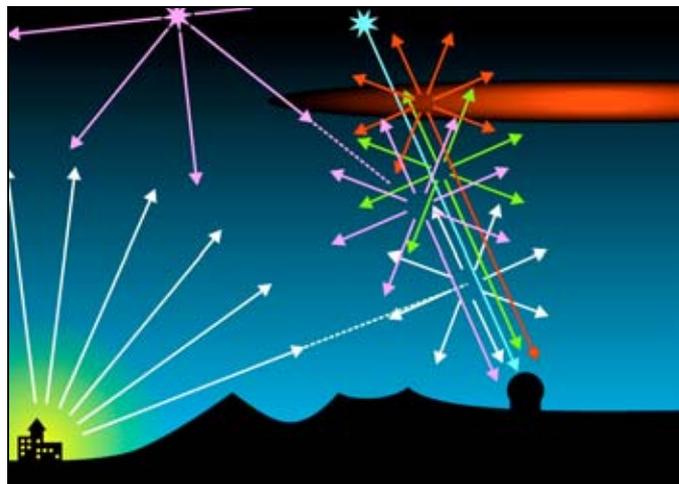
Document European Southern Observatory

Le ciel « noir »

Chacun comprend que plus le ciel est « noir », plus facilement on y distingue des objets faibles ; c'est le second paramètre important. Mais les exigences de l'astronomie moderne sont extrêmes, au point qu'il ne subsiste aucun site en Europe où l'on puisse envisager une recherche de pointe sur l'univers lointain. Les sites urbains ont sombré depuis des dizaines d'années dans une illumination anarchique, tandis que climat et pollutions physico-chimiques se liguent pour rendre l'atmosphère absorbante et diffusante. Les sites astronomiques mondiaux se comptent sur les doigts d'une main et sont tous situés dans des zones désertiques d'altitude ; les plus célèbres et les meilleurs sont à Hawaï et au nord du Chili.

Mais le ciel, même en ces lieux privilégiés, n'est jamais totalement noir. Quatre phénomènes concourent à son illumination :

- les molécules qui composent l'atmosphère émettent naturellement de la lumière,
- la lumière de l'ensemble des étoiles du ciel est diffusée uniformément par ces mêmes molécules ; c'est « l'obscur clarté qui tombe des étoiles »...
- les poussières du Système solaire diffusent la lumière du Soleil, et cette *lumière zodiacale* est visible de nuit,
- enfin, les éclairages urbains, proches ou lointains, illuminent l'atmosphère. Par rétro-diffusion, cette lumière parasite est redirigée vers les observateurs au sol. C'est cette dernière pollution lumineuse qui, seule, peut être partiellement maîtrisée.



Phénomènes illuminant

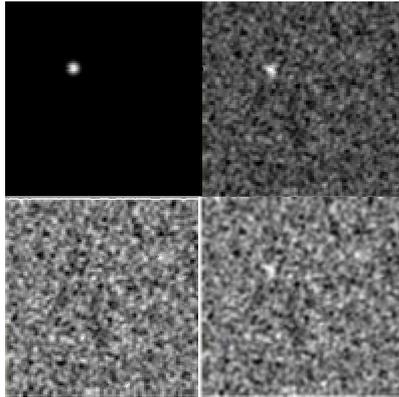
le ciel nocturne :

- lumière des étoiles (en rose),
- lumière zodiacale (en rouge),
- émissions atmosphériques (en vert),
- lumière urbaine (en blanc.)

Document UMR/CNRS 5574

*Centre de Recherche Astronomique
de Lyon*

La limitation imposée aux astronomes par la brillance du ciel nocturne est due au fait que cette brillance n'est pas uniforme (une simple soustraction l'éliminerait) mais « bruitée » (granuleuse en termes courants). Ceci découle d'un principe statistique incontournable. La physique nous apprend que plus le ciel est brillant plus il est « granuleux » : les faibles étoiles, sur les images, sont alors facilement perdues dans cet océan de grains ...



Phénomènes de granulosité du ciel nocturne :

la brillance du ciel n'est pas uniforme, mais « bruitée ».

- étoile dans un ciel noir sans bruit. (en haut à droite),

- bruit dans un ciel noir sans étoile. (en bas à droite),

- ciel ou le bruit = $0,8 \times$ l'étoile. (en haut à gauche),

- ciel ou le bruit = $1,5 \times$ l'étoile. (en bas à gauche).

Documents UMR/CNRS 5574

Centre de Recherche Astronomique de Lyon

Finalement, toutes les fois que l'on éclaire une voie, toutes les fois que l'on illumine un monument, on dérobe un peu plus d'étoiles à la vue des astronomes et des poètes, des citoyens tout simplement...

Les cartes de l'éclairage urbain mondial, obtenues ces dernières années par divers satellites, montrent la situation catastrophique dans laquelle se trouvent les régions technologiquement "avancées". Les projections à vingt ans sont claires : nos enfants ne connaîtront plus que le Soleil et la Lune, et encore : le moindre sondage dans une classe en zone urbaine montre déjà aujourd'hui l'ignorance extrême des enfants du spectacle du ciel.

La pollution lumineuse terrestre en

Europe vue du ciel :

aujourd'hui (à gauche),

prévision pour 2020 (à droite).

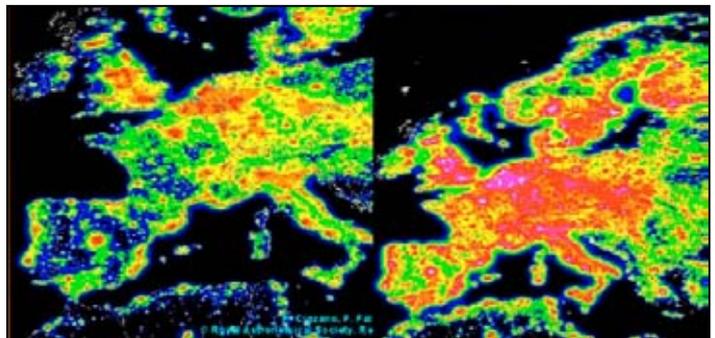
Document P. Cinzani,

F. Falchi, Université de

Padoue, et C.D.Elvidge,

NOAA. © Royal Astronomical

Society and Blackwell Science.



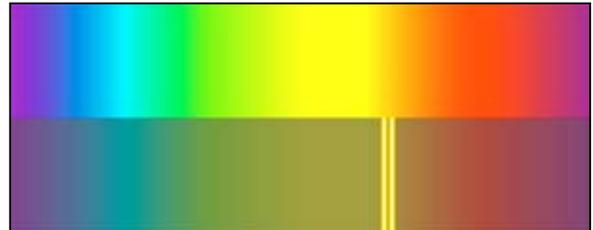
A quoi servent les astronomes ?

Ainsi, l'évolution que l'on considère comme naturelle de notre planète nous conduit vers une consommation toujours croissante d'énergie, avec les effets pervers, à court ou long terme, que chacun connaît.

Pour fixer les idées concernant les niveaux de la pollution électromagnétique qui concerne les astronomes, voici un exemple : imaginons que des astronautes, lors d'un séjour sur la Lune, y oublient un téléphone portable ordinaire (2 W) en fonctionnement et oublient aussi d'éteindre la lampe de 100 W qui éclaire la porte d'entrée de la base. De retour sur Terre, les astronomes peuvent observer ces nouvelles sources. La lampe leur apparaît aussi brillante qu'une galaxie située à cinq milliards d'années lumière, pas très loin dans l'univers. Le portable, lui, serait cinquante fois plus brillant que la radiosource naturelle la plus brillante du ciel...

Un autre problème posé aux astronomes est le remplacement des lampes à incandescence d'éclairage public par des lampes à décharge de diverses espèces, notamment au sodium haute pression, pour d'excellentes raisons de rendement : ces lampes ont un spectre marqué par la présence d'intenses raies brillantes qui viennent compliquer terriblement les études spectroscopiques.

*Spectres comparés d'une lampe à incandescence
(arc-en-ciel lisse, en haut)
et d'une lampe au sodium haute pression
(faible arc-en-ciel, deux raies intenses, en bas).
Document UMR/CNRS 5574 Centre de
Recherche Astronomique de Lyon*



Pour ce qui concerne la qualité du ciel nocturne, l'avenir à moyen terme semble donc assez sombre pour les astronomes, les poètes et tous les habitants des pays développés, voire de la planète entière. Il est certes possible – et très souhaitable – de mieux penser l'éclairage urbain : ne jamais éclairer vers le haut, éclairer de telle façon que la diffusion verticale soit la plus faible possible, cesser de confondre éclairage et traitement des problèmes divers de sécurité, n'éclairer que lorsque c'est nécessaire. Néanmoins, le niveau d'illumination nocturne semble fortement corrélés avec le niveau de développement d'un pays ; les pays riches du Nord oseraient-ils engager les pays pauvres du Sud à limiter le développement de leur éclairage public au nom de la qualité du ciel nocturne ?

Le futur lointain est clair : l'astronomie devra un jour mettre tous ses télescopes en orbite ou sur la face cachée de la Lune. Mais le coût en est colossal. Ceci est pour l'instant impossible, et, d'ailleurs, non nécessaire ; il reste quelques sites de qualité sur notre planète.



Projet de télescope spatial JWST à miroir de 6,5 m de diamètre. Le miroir est en haut de l'image ; la structure inférieure feuilletée est un bouclier thermique. Lancement prévu après 2007. Document NASA.

A plus ou moins long terme, la société devra décider à quoi servent les astronomes et dans quelle mesure doit-on préserver leurs possibilités d'observation du ciel ?

Comme d'autres scientifiques, ils pratiquent une recherche fondamentale. Leur motivation première est la connaissance, pas l'application immédiate. Mais c'est seulement sur ce terrain fertile que peut se développer ensuite la recherche appliquée dont les effets transforment sans cesse notre vie.

Il existe toutefois une application immédiate des observations du ciel : ce sont les astronomes qui alerteront la planète le jour (demain ou dans mille ans...) où un astéroïde voyageur se révélera être sur une trajectoire de collision directe, prêt à nous rejouer l'extinction des dinosaures ...

Enfin, je le pense très profondément, l'astronomie est aussi là pour faire rêver, pour faire réfléchir à notre place dans l'univers. Notre société a cruellement besoin de cette mise en perspective, besoin de savoir que la science, aussi, peut apporter des éléments de réponse, besoin de rêve et de paix.

Alors, Mesdames et Messieurs les urbanistes, n'oubliez pas le ciel nocturne, les poètes et les astronomes !

Questions-réponses

Roger Narboni : au vu de l'avenir et du futur de l'astronomie, on entend aussi beaucoup parler de déchets spatiaux. Donc, si on envoie beaucoup de choses dans l'espace pour observer le ciel, verra-t-on encore avec tous ces déchets un petit peu de jour comme de nuit ce qu'il y a autour de nous ?

Gilles Adam : en effet, les déchets spatiaux sont très nombreux au-dessus de nos têtes, mais le volume dans lequel ils sont répartis est suffisamment énorme. D'une part, pour qu'il y ait très peu de risque de collision et, d'autre part, pour qu'ils n'obscurcissent pas de façon sensible notre vision. Par contre, il existe pour les radio-astronomes un risque très réel de voir la Terre s'entourer bientôt d'une coquille de satellites qui soient des émetteurs d'ondes radio (constellations de satellites de positionnement genre GPS, réseaux de satellites-relais de télécommunications,...). On créerait là un brouillage généralisé du rayonnement radio des objets naturels, radio-galaxies et autres, qui mettrait en grande difficulté les observateurs. On peut espérer qu'en parallèle à cette évolution catastrophique, les hommes coloniseront la Lune, pour y transférer leurs moyens d'observation du cosmos.

Roger Narboni : et les astronomes amateurs dans tout ça ? Parce que les râleurs contre les halos lumineux, ce sont souvent eux. Quels rôles jouent-ils dans cette réflexion sur la lumière qui nous vient du ciel ?

Gilles Adam : les astronomes ont largement abandonné l'espoir de pratiquer des observations professionnelles à partir des observatoires urbains construits au XIX^e siècle. Par contre, ils conservent une tâche de diffusion des connaissances qui les amène à recevoir de très nombreuses personnes dans ces observatoires (grand public, scolaires,...). Ils ont donc le besoin d'observer le ciel en zone péri-urbaine. Ils rejoignent ainsi les préoccupations des astronomes amateurs, eux-aussi installés majoritairement près des agglomérations et très impliqués dans la diffusion de la connaissance scientifique ; d'où les requêtes communes pour une maîtrise de l'éclairage urbain. Leur problème commun est en fait lié à la faiblesse de leur effectif : les grèves d'astronomes, qu'ils soient amateurs ou professionnels, n'ont jamais bouleversé la société, ni motivé la classe politique. Sans parler des grèves de poètes ...

Roger Narboni : la grève du ciel.

Gilles Adam : oui. Organisée par une toute petite frange de la population... Ne pourrait-on pas considérer que le spectacle du ciel nocturne est également une chose que la ville doit aux citoyens ?

Roger Narboni : en Europe, il y a des pays qui ont commencé à légiférer sur cette pollution lumineuse, l'Italie au niveau régional et tout récemment la République Tchèque depuis février 2002, en interdisant des illuminations qui sont proches des observatoires, en interdisant l'éclairage du bas vers le haut, en interdisant des luminances supérieures à 1cd/m² par rapport à l'environnement lumineux. Donc le paradoxe par rapport à ce que vous nous montrez, c'est que le Chili devrait légiférer et tous ces pays qui sont encore protégés en terme

de ciel nocturne, si j'ai bien compris ! Qu'est-ce que vous pensez de ces législations ? Est-ce qu'elles ont un sens, compte tenu de ce que vous nous avez dit du nombre d'informations visuelles et lumineuses qui arrive encore jusqu'à nous. Est-ce qu'elles ont un sens pour les amateurs justement et pour le grand public qui serait féru d'observer les étoiles ou est-ce qu'elles ont encore un sens pour l'astronomie professionnelle ?

Gilles Adam : Les législations européennes évoluent dans le bon sens pour répondre au besoin que je viens d'évoquer. Il est clair qu'il est trop tard pour la partie professionnelle de l'astronomie, celle qui se traduit par des publications dans des revues scientifiques. Même en l'absence de pollution lumineuse urbaine, le climat de l'Europe ne présenterait pas les caractéristiques recherchées par l'astronomie moderne. Par exemple, la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère, ou encore le nombre annuel de nuits claires, ne correspondent pas du tout à ce qui est exigé aujourd'hui. Quand une législation régleme la pollution lumineuse nocturne, c'est donc très bénéfique, même indispensable pour la diffusion du savoir astronomique dans la société, pour la connaissance du ciel en général, pour la poésie et le rêve. Près des grands sites astronomiques mondiaux, dans ces déserts d'altitude hantés par les professionnels, on n'imagine pas quelle urbanisation pourrait être envisagée dans un futur proche. Néanmoins, un problème peut un jour se poser et alors il faut espérer que les gouvernements locaux auront la sagesse de préserver ce qui sera alors pour eux une richesse : le ciel noir.

Carine Lenfant, Journaliste : ça m'a beaucoup frappée quand vous disiez que s'il y avait simplement un portable qui était allumé de deux watts sur la Lune, on le verrait. Il y a, je crois, 30 millions de portables, ne serait-ce qu'en France ; quelle est la vision que pourrait avoir des gens dans une autre galaxie ? Notre vision de notre galaxie à nous, de la Terre, qu'est-ce que ça peut donner ? Je veux dire, ça fausse tout alors ?

Gilles Adam : absolument. La Terre était un objet à peu près inerte sur le plan électromagnétique depuis sa naissance il y a 4,5 milliards d'années. Tout d'un coup, sa brillance (lumière et radio) s'est vue en un siècle multipliée peut-être par un million. S'il y a des petits hommes verts qui observent le Système solaire, leur attention a du être attirée par ce phénomène.

Roger Narboni : enfin, au bout de milliards d'années quand même, le temps que cela arrive jusqu'à eux.

Gilles Adam : oui, s'ils sont vraiment très loin de nous...

Carine Lenfant : donc, ils la pensent plus proche ?

Gilles Adam : non, ils se disent : " Voilà une planète qui était jusque-là obscure et qui tout d'un coup se met à émettre des ondes radio, etc. Les terriens ont découvert la radio, ils sont donc civilisés ! " Ils peuvent capter nos émissions de télévision, étudier notre mode de vie. Eventuellement se dire : voilà, le moment est venu d'entrer en contact avec les terriens...

Albert Kamerlo, *Théâtre de la Pleine Lune* : je voudrais rebondir sur ce que vous avez dit. C'est vrai que c'est trop tard pour les astronomes pour faire des observations dans le ciel profond. Nous avons développé un instrument qui est Le Théâtre de la Pleine Lune qui utilise la lumière de la pleine Lune. Nous nous situons à mi-chemin entre l'astronomie professionnelle et les astronomes amateurs. En fait, l'intérêt de travailler avec la lumière naturelle par rapport à l'écologie de la lumière, ce qui m'apparaît, c'est qu'on a besoin d'une sorte d'étalon de savoir. Où se situerait un équilibre pour maintenir un contact entre les urbains et le ciel et donc la mécanique céleste ? Il y a une chose qui est très intéressante, c'est que la Lune nous renvoie la lumière du Soleil filtrée à 5 400 K. Le problème, c'est que c'est un 1/100 000^e de la puissance du Soleil. Cela dit, pour voir les couleurs, il suffit de la multiplier par un très grand nombre de fois et on perçoit les couleurs sous pratiquement la même température de couleur que le Soleil. Dans la lumière qu'elle nous renvoie, et vous me contredirez si je fais une erreur, c'est pratiquement l'intégralité la frange visible. Ça veut dire que la Lune nous renvoie ce que notre œil voit. Elle renvoie peu d'infrarouges, peu d'ultraviolets, par rapport au spectre solaire. Je crois qu'il faut préserver des lieux, notamment en Europe, où l'on puisse encore, d'une façon amateur ou poète comme vous disiez, avoir ce contact avec le ciel. Je crois que pour les professionnels de l'éclairage et de la lumière artificielle, il serait bien de se repencher un peu sur la lumière naturelle que nous donne la pleine Lune une fois par mois.

Régulation des plantes par la lumière

Mécanismes et cryptochromie

Jean-Pierre Bouly

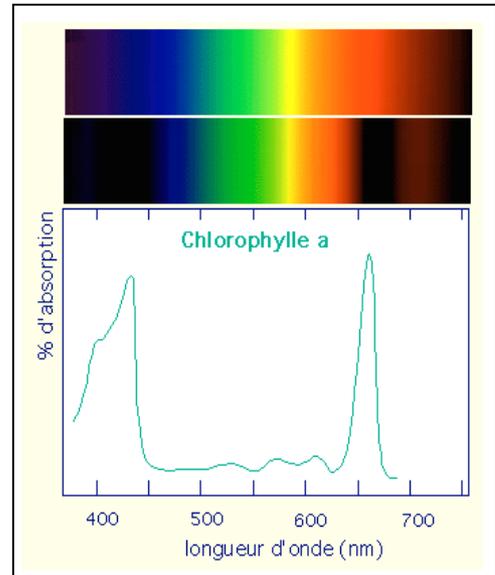
Maître de conférence, Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes
UMR/CNRS 7632, Université Pierre et Marie Curie

La lumière est un élément indispensable pour le développement des plantes, en jouant deux rôles. Elle peut être une source d'énergie pour les plantes mais aussi une source de signal. Durant cet exposé, je parlerai brièvement de la lumière source d'énergie et essentiellement de la lumière source de signal.

La lumière, une source d'énergie

Pour percevoir cette lumière, les plantes possèdent un certain nombre de pigments qui vont être sensibles à la quantité et la qualité de la lumière mais aussi à la durée de l'éclairage. Concernant la lumière source d'énergie, les plantes sont capables de convertir l'énergie lumineuse en une énergie chimique. Cette conversion se concrétise par la transformation du carbone minéral, celle du CO² qu'il y a dans l'atmosphère, en carbone organique que l'on va retrouver sous forme de sucre et qui va être à la base de nombreuses chaînes alimentaires. Pour percevoir cette lumière source d'énergie, les plantes possèdent des pigments que l'on appelle chlorophylle. Ils sont sensibles à une certaine qualité de la lumière. Quelles sont les lumières qui vont être réellement perçues par les chlorophylles ? Selon le spectre d'absorption de ces chlorophylles, nous pouvons voir qu'elles ne sont capables d'absorber que les lumières bleues et les lumières rouges. C'est-à-dire que si nous éclairons des plantes avec une lumière verte, on aura une absence complète de photosynthèse.

*Diagramme de transmission de la lumière blanche
et de la chlorophylle a et son spectre d'absorption.
Les lumières bleues et les lumières rouges ne sont pas
absorbées par la chlorophylle.
Document UMR/CNRS 7632
Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes*



La lumière, une source de signal

Le deuxième aspect de la régulation des plantes par la lumière, c'est la lumière source de signal. En effet, la lumière va être capable d'influencer la forme que va pouvoir prendre la plante. Ainsi, si nous avons placé des plants de haricot soit en absence de lumière, soit en présence de lumière, ces plantes vont avoir un aspect complètement différent. Lorsqu'elles sont en absence de lumière, les plantes obtenues sont dites étiolées : elles sont blanches, ont



des tiges relativement longues et des feuilles très peu développées. Par contre, en présence de lumière, on va observer un changement de morphologie qu'on appelle la photomorphogenèse. Dans ce cas, les plantes sont beaucoup plus courtes, vertes et ont des feuilles développées ; ce qui signifie que nous avons, ici, une synthèse de la chlorophylle.

Croissance de plants de haricots : en absence de lumière (plante étiolée à gauche), avec de la lumière (plante dé-étiolée à droite). La lumière influence la forme que prend la plante au cours de sa croissance.
Photo UMR/CNRS 7632

Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes

Cette photomorphogenèse représente énormément de mécanismes chez les plantes que l'on va retrouver tout au long du cycle des plantes : la germination (formation des graines), le verdissement (l'apparition des chlorophylles), la croissance (notamment la taille des tiges), le phototropisme (l'orientation des plantes vers la lumière), certains mouvements (photataxie) et la floraison.

Perception de la lumière signal

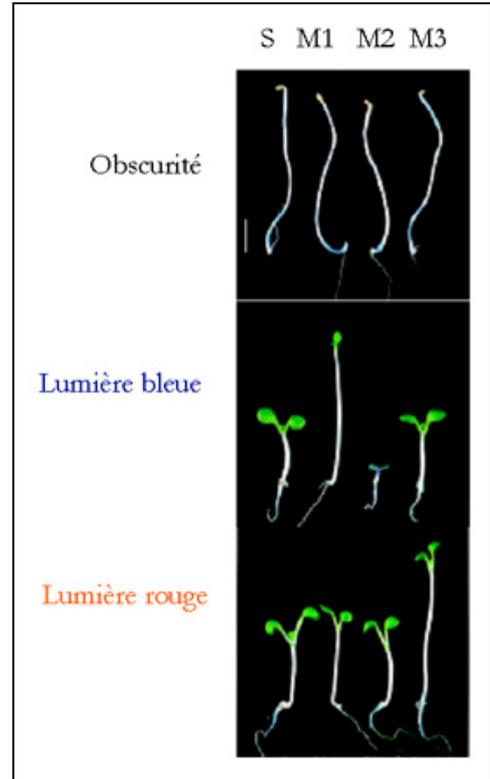
Ce qui est important avec cette lumière signal, c'est l'intensité lumineuse qui va être nécessaire pour diriger tous ces mécanismes. Pour la lumière source d'énergie, la plante a besoin d'un éclairage important. Par contre, pour tous ces phénomènes, les plantes n'ont besoin que d'une très faible intensité lumineuse. Si on regarde le phototropisme ($0,005 \text{ kJm}^{-2}$), on va avoir besoin d'un million de fois moins de lumière par rapport à la photosynthèse (5 kJm^{-2}). Les physiologistes se sont alors demandé quels étaient les pigments capables de recevoir cette lumière à de si faibles intensités ? Pour répondre à cette question, deux approches ont été utilisées.

La première a consisté à comparer ce que l'on appelle les spectres d'action et les spectres d'absorption. Prenons l'exemple de la germination. On a éclairé des graines avec différentes lumières monochromatiques. Puis, on a observé quelles étaient les lumières qui étaient capables d'influencer la germination ? Ensuite, dans ces plantes, on a essayé de trouver des pigments qui avaient des spectres d'absorption pouvant se superposer avec ces spectres d'action.

La deuxième approche beaucoup plus récente est génétique. Elle s'est faite notamment sur une plante *Arabidopsis thaliana*, l'arabette des dames, (le modèle en physiologie végétale) à partir d'une plante sauvage ainsi que trois mutants. À l'obscurité, les plantes ont exactement la même morphologie. Si on place des graines en lumière bleue, on s'aperçoit que la plante sauvage a bien reçu cette lumière bleue et s'est développée en fonction de cette lumière. Par

contre, le premier mutant n'a pas du tout perçu la lumière bleue, donc on retrouve une plante qui ressemble plus à une plante qui a poussé dans l'obscurité. Le deuxième mutant, au contraire, a été hyper sensible à la lumière bleue tandis que le dernier mutant s'est développé exactement comme la plante sauvage. Si on prend les mêmes graines et qu'on les place en lumière rouge, on s'aperçoit que les deux premiers mutants se comportent comme une plante sauvage. Par contre, le troisième a moins bien perçu la lumière.

Croissance d'un plant d'Arabidopsis thaliana, l'arabette des dames. Une plante sauvage (S) et trois mutants (M1, M2, M3), exposées à l'obscurité, sous une lumière monochromatique bleue et rouge.
Photos UMR/CNRS 7632
Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes



Phytochromes et cryptochromes

Par ces approches, on a pu montrer qu'il existait au moins deux pigments spécifiques de la lumière qui pouvaient percevoir ce signal, un pour la lumière bleue et un autre pour la lumière rouge. Ces pigments sont appelés photorécepteurs car récepteurs de photons. Si on reprend l'exemple de la germination de la laitue, on a pu voir que ce phénomène répondait essentiellement à la lumière rouge. On a pu ainsi définir un spectre d'action.

Quelques années plus tard, on a effectivement pu caractériser ces pigments que l'on a appelés : « phytochrome. » Ils sont capables d'absorber eux aussi uniquement la lumière rouge et on a pu superposer les spectres d'absorption de ces récepteurs avec leurs spectres d'action.

Prenons un autre phénomène comme le phototropisme. Lors d'une autre expérience, nous avons mis des plantes dans l'obscurité. Nous avons simplement fait un flash de lumière très bref, de quelques secondes, avant de les à replacer dans l'obscurité. Dans ce cas, on s'aperçoit que ces plantes ont emmagasiné ce signal lumière et qu'elles ont poussé en direction de cette source lumineuse.



Croissance de plantes dans l'obscurité soumis à un flash de quelques secondes en direction de cette source lumineuse.
Photo UMR/CNRS 7632 Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes

Ces phénomènes ont été mis en évidence il y a longtemps, puisque Darwin a réussi à montrer que

le phototropisme dépendait de la lumière bleue dans les années 1860. On a essayé de rechercher quels étaient les pigments qui étaient responsables de ces phénomènes mais les physiologistes étaient incapables de trouver les pigments qui permettaient d'absorber cette lumière. Par référence au phytochrome, ils ont appelé ces pigments « cryptochromes » du grec *Cryptos*, qui veut dire caché, c'est-à-dire le pigment caché. En 1996, par des approches génétiques, on a pu mettre en évidence effectivement un pigment qui avait un spectre d'absorption très proche des spectres d'action du phototropisme. Il a pu être montré que ces pigments étaient les pigments spécialisés dans la lumière bleue et l'on a gardé le nom de cryptochrome.

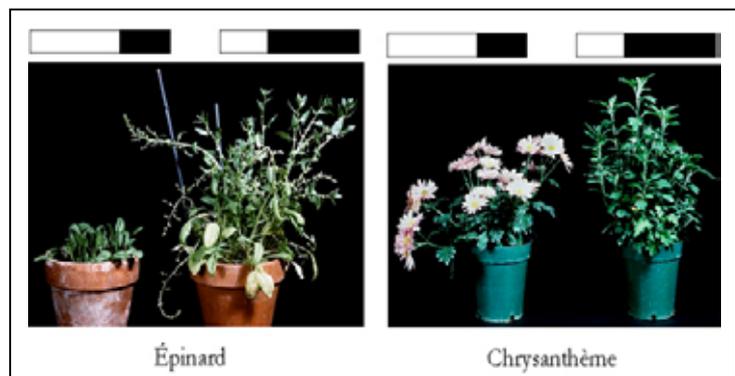
La réception du signal lumière

Comment fonctionnent ces récepteurs ? Ceux-ci sont généralement dans un état inactif dans l'obscurité. Dès qu'il va y avoir présence de lumière, ils vont pouvoir la percevoir. Les cryptochromes vont percevoir cette lumière bleue tandis que les phytochromes vont percevoir la lumière rouge. A partir de ce moment un certain nombre de changements de forme de ces pigments va devenir actif. Donc, même si on éteint la lumière, ces pigments restent actifs un certain temps et agissent pour donner une réponse physiologique : la photomorphogénèse.

Photorécepteurs et contrôle de la floraison

Un autre aspect intéressant concerne ces photorécepteurs, c'est le contrôle de la floraison. Prenons deux types de plante, deux catégories que l'on va retrouver quasiment dans la nature, l'épinard et le chrysanthème. Elles vont répondre différemment à la durée de la lumière pendant la journée. Dans le cas de l'épinard, on s'aperçoit que si on a des journées relativement longues, ensoleillées et courtes en période de nuit, ces plantes ne vont pas fleurir. Par contre, lors des journées, peu lumineuses suivies de nuits relativement longues, ces plantes vont fleurir. Au contraire, le chrysanthème lui va plutôt fleurir lorsqu'on a des journées longues, donc plutôt en été. Ce dernier ne va pas fleurir lorsque les journées sont relativement courtes.

Fleurissement des épinards et des chrysanthèmes soumis à des plages de lumière du jour et de nuit plus ou moins longues. Réactions différentes des deux plantes à la photopériodicité journalière, le photopériodisme. Photos UMR/CNRS 7632 Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes



Cela signifie que les plantes sont capables de réagir à la photopériodicité journalière, c'est-à-dire à la durée de la lumière. Il est difficile de savoir si elles répondent vraiment à cette durée de la lumière ou à la quantité de la lumière qu'elles pouvaient absorber pendant la journée. Pour cela, quelques expériences ont été faites. Par exemple, prenons une plante qui va plutôt fleurir lorsque les jours sont longs, en été, et qui ne va pas fleurir en hiver. Si on la place dans les conditions lumineuses d'hiver mais que l'on fait simplement un flash lumineux à certains moments de l'obscurité, on va s'apercevoir que ces plantes vont fleurir. Cela signifie que les photorécepteurs que j'ai définis, les cryptochromes et les phytochromes sont impliqués dans des mécanismes qui vont vraiment être capables de calculer une durée d'éclairement.

Beaucoup de phénomènes sont contrôlés par ce photopériodisme, notamment, la chute des feuilles. Si vous observez en automne, l'influence d'un lampadaire sur un arbre, on remarque que toutes les branches qui sont situées très proche de la source lumineuse ont encore leurs feuilles. Dans certains cas, ces feuilles sont encore vertes. Elles sont donc capables de réaliser la photosynthèse alors que le reste de l'arbre a déjà perdu ses feuilles.

Les branches d'un arbre situées très proche d'un lampadaire ou d'une source lumineuse ont encore leurs feuilles.

C'est un phénomène contrôlé par ce photopériodisme.

Photo UMR/CNRS 7632

Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes



Photorécepteurs et horloges circadiennes

Comment ces plantes sont-elles capables de mesurer la durée de l'éclairement ? Il faut savoir que beaucoup d'organismes possèdent en eux des horloges biologiques internes qui vont tourner sur 24 heures. Celles-ci sont présentes chez les plantes, les insectes tels que cette mouche diurne (appelée *Drosophila*) qui dort la nuit et se déplace le jour, ou les mammifères tel que le rat qui est nocturne. Récemment, il a été mis en évidence que ces organismes possédaient aussi des cryptochromes. Ces pigments étaient capables de contrôler le rythme circadien. Regardons, par exemple, les activités motrices de cette mouche et de ce rat chez les espèces sauvages et mutantes, sans cryptochrome. Les organismes mutés sont devenus arythmiques, c'est à dire qu'ils n'ont plus d'activité régulée sur 24 heures. D'autre part, il a pu être montré que la lumière bleue et potentiellement les cryptochromes pouvaient jouer un rôle dans le contrôle du stress chez les poissons.

Notre laboratoire travaille principalement sur les cryptochromes végétaux mais nous essayons aussi de voir si ces modes de fonctionnement sont également conservés chez les animaux. Il peut y avoir un grand nombre d'applications à ces études tel que le contrôle de la floraison par exemple. Sous nos latitudes, il faut savoir que le maïs fleurit relativement tard.

En comprenant ses mécanismes, on pouvait contrôler un peu mieux sa floraison, sélectionner des plantes qui fleuriraient beaucoup plus tôt et avoir un meilleur contrôle du rendement.

D'autres applications concernent la santé humaine, notamment les phénomènes impliquant les rythmes circadiens. En effet, les mécanismes contrôlant ces rythmes semblent être conservés chez les hommes et chez les végétaux. Si on arrive à les comprendre, on pourra certainement soigner des maladies qui sont liées à ces horloges internes, notamment des maladies du sommeil, mais aussi maîtriser la gestion du décalage horaire. Voilà quelques applications que l'on pourrait développer en travaillant sur ces récepteurs spécialisés dans la lumière bleue.

En résumé, une plante verte n'absorbe que les lumières bleue et rouge. Pour la photosynthèse, une forte intensité lumineuse est nécessaire tandis que pour le développement, une faible intensité lumineuse est suffisante.

Questions-réponses

Roger Narboni : si j'ai bien compris, les chrysanthèmes à la Toussaint, ce n'est pas normal alors ?

Jean-Pierre Bouly : les chrysanthèmes que l'on achète sont sélectionnés. Ainsi, si vous regardez un chrysanthème naturel, il ressemble plus à une marguerite que ceux que l'on trouve à la Toussaint, car une sélection a été opérée. De plus, toutes les plantes que l'on achète poussent en serre où les conditions lumineuses sont parfaitement contrôlées. Actuellement, on peut faire fleurir les fleurs à n'importe quelle période de l'année.

Roger Narboni : donc la lumière métallisée fait le bonheur des commerçants. C'est bon à savoir.

Gilles Adam : pourquoi dites-vous que les poissons sont moins stressés en lumière bleue qu'en rouge, sachant qu'ils ne voient jamais de rouge ?

Jean-Pierre Bouly : on a pu montrer qu'il y avait ces photorécepteurs de la lumière bleue qui existaient chez les poissons mais dont on ne connaît pas la fonction. A partir de cela, on a essayé de voir quels pouvaient être les effets de la lumière bleue. Généralement, il y a énormément de phénomènes dont on connaît les réponses physiologiques, notamment dans le monde animal. Comme pour l'homme, il est très difficile de tester, au niveau biologique, ce qui se passe. Pour cela, il y a un certain nombre de modèles : les poissons, les rats,... qui sont utilisés pour comprendre les mécanismes.

Gilles Adam : j'ai constaté que la courbe d'absorption de la chlorophylle avait un grand trou dans le jaune vert. C'est un peu curieux parce que l'évolution a sélectionné les espèces qui étaient efficaces dans le maximum solaire. On a l'impression que la chlorophylle est très peu efficace dans le maximum solaire. Pourquoi ? En quoi cela est-il un avantage évolutif ?

Jean-Pierre Bouly : en fait, ce n'est pas réellement un avantage évolutif mais une adaptation. Lorsqu'il y a eu l'apparition de la vie sur la Terre, les premières lumières utilisées ont été jaunes et vertes. Dans les océans, il y avait, notamment, un certain nombre de bactéries qui absorbaient déjà ces lumières. D'autres bactéries, appelées « cyanobactéries », sont à l'origine des plantes mais elles apparurent plus tard. Finalement, ce qui leur restait comme lumière disponible, c'étaient les lumières rouges et les lumières bleues. Il y a donc eu une sélection vers ces deux sources de lumière.

Roger Narboni : la question que tous les concepteurs lumière se posent par rapport à ces espèces animales et végétales, c'est comment faire ? On est souvent soumis à la commande de mises en scène de parcs, de jardins, d'espaces naturels y compris intra urbains. Comment pourrait-on travailler avec les chercheurs que vous êtes pour faire la bonne lumière ? Pour trouver les radiations chromatiques qui seraient respectueuses de l'environnement et en même temps susceptibles d'être porteuses de mise en scène, comment développer ces dialogues entre vous et nous ?

Jean-Michel Bouly : Bonne question... Tout ce qui est physiologie de la lumière est extrêmement bien connu et il y a déjà énormément d'applications. Par exemple, tout ce que l'on peut voir chez les fleuristes. On connaît parfaitement toutes les conséquences de la lumière et les longueurs d'ondes qui sont effectives pour les plantes. Notre travail est plutôt d'essayer de comprendre ces phénomènes. Donc, pour tout ce qui est du paysagisme, on pourrait effectivement concevoir certaines applications ; l'idéal serait en fait de reproduire la lumière solaire.

Roger Narboni : est-ce qu'il ne faudrait pas envoyer les fabricants de lampes en formation chez vous par rapport à ces problèmes de radiations et de spectres chromatiques ?

Jean-Michel Bouly : Il faut replacer les choses dans leur contexte. On a une lumière solaire qui est présente et tous les organismes qui s'y sont adaptés et ont été sélectionnés pour cette lumière naturelle. Tant qu'on n'arrivera pas à reproduire cette lumière naturelle, on aura beau créer différentes lampes, il sera difficile de recréer cette lumière naturelle sur une journée. Par ailleurs, je pense qu'il faut rester réaliste ; les plantes n'ont pas réellement leur place en ville. On met des plantes en ville pour faire plaisir aux citadins parce que, effectivement, c'est beaucoup plus agréable ; cependant, en soi, ce n'est pas du tout naturel ! Lorsqu'on met des plantes sur un trottoir ou dans un parc, c'est extrêmement difficile de recréer la situation naturelle. Pour un arbre, pousser dans du goudron, ce n'est pas l'idéal ! Il y a énormément de contraintes qui les affectent. S'il n'y avait pas de fuites dans les canalisations d'eau, on pourrait se demander comment les arbres réussiraient à puiser cette eau ? Si nous prenons les arbres sur les trottoirs, effectivement, la lumière solaire n'y arrive pas forcément parce que les bâtiments vont empêcher l'arrivée de cette lumière naturelle. On a des réverbères qui influencent aussi tout ceci. On pourrait peut-être arriver à améliorer les conditions lumineuses. Pourquoi ne pas recréer une ambiance naturelle avec des lumières très proches du soleil ? Je pense qu'on peut améliorer certaines choses et qu'on peut en contrôler d'autres comme pouvoir faire fleurir des fleurs à des moments bien précis, grâce à des systèmes de lampes. Ce qui est beaucoup plus difficile, c'est de contrôler la nuit. Il y a la lumière des étoiles et de la Lune. Certaines plantes ont des récepteurs qui sont capables de différencier la lumière nocturne de la lumière diurne. Elles peuvent ainsi gérer leurs cycles et la façon dont elles mesurent ces périodes lumineuses. En ville, c'est très difficile de pouvoir recréer cette situation naturelle car on perturbe forcément les plantes.

Roger Narboni : d'où la réflexion sur la nature et l'artificier.

Gérald Karlikow : vous faites des observations sur les cycles de 24 heures en plongeant les plantes dans l'obscurité. Nous, notre problème, c'est qu'en milieu urbain, les plantes et les humains sont plongés dans le jour sur des périodes de 24 heures. Est-ce que vous faites également des observations sur les plantes ou les animaux plongés systématiquement dans la lumière 24/24 heures ?

Jean-Pierre Bouly : oui, la réponse est très simple. On perd complètement ses rythmes biologiques. Si on regarde, par exemple, le mouvement des feuilles, l'horloge ne va plus tourner sur 24 heures. C'est un petit peu comme les mutants que je vous ai présentés : animaux ou végétaux n'ont plus de réponses circadiennes, d'où une absence complète de rythme.

Thème 2 : Perspectives

Présentation du thème et des intervenants

Roger Narboni

Concepteur Lumière, Coordinateur des Rencontres de la Lumière

Fête des Lumières 2002

Nous commençons à présent la deuxième partie de ces 1^{ères} Assises. Nous essaierons d'ouvrir des perspectives, d'apporter des débuts de réponses à cette prise de conscience environnementale. Nous allons démarrer avec Michel Delrieu du Syndicat Intercommunal d'Énergies du département de la Loire. Il va nous parler de la manière dont on peut recycler et récupérer les lampes usagées. Ensuite, Dominique Fourtune de l'ADEME nous parlera d'efficacité énergétique. Enfin, Jean-Michel Miquel de Philips Eclairage aura la lourde tâche de conclure sur les nouvelles technologies et les dernières perspectives envisageables pour mieux maîtriser cette lumière dans son environnement, avant les synthèses de nos éminents invités.

Récupération et recyclage des lampes en fin de vie Exemple dans le département de la Loire

Michel Delrieu

Responsable du service Électrification Éclairage Équipements,
Syndicat Intercommunal d'Énergies du département de la Loire - SIEL

Comme on l'entend souvent dans le langage courant, pour un usage professionnel, une source lumineuse ou une lampe en fin de vie n'est pas forcément une « ampoule grillée ». D'une part, elle peut perdre en vieillissant jusqu'à 25 % de son efficacité lumineuse (rapport lumen par watt ou quantité de lumière sur puissance utilisée). D'autre part, à consommation équivalente, elle ne remplit plus correctement sa fonction initiale tout en étant plus fragile. Les sources sont caractérisées par une durée de vie optimale : 2 à 5 ans selon les usages. Pour une gestion optimisée de l'éclairage public, elles sont souvent renouvelées à cette échéance. Ainsi, les interventions de remplacement sur panne s'en trouvent considérablement réduites.

Après cette introduction terminologique, je ne me placerai pas en spécialiste des sources, mais plutôt en producteur de déchets à travers le Syndicat Intercommunal d'Énergies de la Loire, le SIEL, structure départementale avec, entre autres compétences, l'éclairage public. Je vais vous présenter une rétrospective des étapes de la mise en place de notre filière de récupération et traitement des lampes usagées en fonctionnement depuis 1998.

Les faits générateurs de la démarche

Le principal fait générateur de cette démarche fut notre activité de maintenance des installations d'éclairage public, génératrice de milliers de lampes usagées. Sur 177 communes du département (parmi les 322 adhérentes du SIEL), fin 1997, elle représentait 37 300 lampes, soit environ 13 000 sources usagées par an. Actuellement, en 2002, avec 242 communes et groupements de communes, elle représente 49 300 lampes, 17 000 sources usagées par an. Avec notre service spécialisé « Environnement » qui mène de nombreuses actions, nous étions déjà sensibles à la récupération des sources.

L'activité du service s'organise à travers une gestion bien structurée basée sur une surveillance périodique du sol qui détecte les problèmes, des interventions ponctuelles sur panne, un contrôle annuel de sécurité électrique et mécanique des installations, une visite annuelle sur chaque foyer avec nettoyage et un remplacement systématique des sources tous les 3 ans pour les raisons précédemment évoquées.



Opération de changement des lampes
Photo SIEL

L'autre fait générateur fut, depuis 1998, l'obligation réglementaire de recycler les produits dangereux et toxiques est une obligation réglementaire. En effet, le décret 97-517 du 15 mai 1997 classe les fractions de déchets contenant du mercure comme dangereux. En conséquence, la loi 75-633 du 15 juillet 1975 interdit leur stockage dans les décharges de classes 1 et 2. Pour mémoire, les décharges classe 1 n'admettent que des déchets ultimes, non susceptibles d'être traités, notion plus liée au potentiel de traitement qu'à la nature du déchet, ce qui n'est pas le cas des lampes puisque des filières existent.

Ainsi, le traitement des sources en fin de vie est maintenant obligatoire. Nous avons donc décidé la mise en place d'une filière de récupération et traitement de ces sources en coopération avec la Région, le Département et avec les participations de l'ADEME et de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse.

Dans un premier temps, nous avons mené une étude préliminaire à cette mise en œuvre portant sur : la toxicité des sources, les gisements et flux à gérer, les procédés connus de traitement, ce qui a permis de retenir le scénario et le schéma de fonctionnement de la filière.

Familles de lampes à décharge

Les sources lumineuses existantes se répartissent en 2 grandes catégories : les lampes à incandescence et les lampes à décharge. Les lampes à incandescence, y compris les halogènes, qui brillent de leur filament porté à blanc, sont non toxiques et sans produit dangereux ; elles sont exclues de l'étude. Ensuite, on distingue 2 grandes familles de lampes à décharge : basse pression et haute pression.

Les lampes à décharge basse pression, plus connues sous le nom de lampes fluorescentes, se présentent souvent sous forme d'un tube appelé, à tort, « néon », par le grand public car ce gaz est minoritaire. La tension sous décharge s'effectue dans un mélange de gaz (argon, néon, krypton) et de vapeur de mercure qui produit un rayonnement ultra violet transformé en lumière visible par une couche fluorescente sur le tube. Les lampes fluo-compactes basse consommation sont dans cette catégorie. Ces lampes sont utilisées principalement en éclairage intérieur et se trouvent pour 8 % chez les particuliers. Elles contiennent de 3 à 20 mg de mercure et doivent être recyclées.



*Exemples de lampes à décharge basse pression :
tubes fluorescents et lampes fluocompactes.*

Photos DR

Les lampes à décharge haute pression au sodium et à vapeur de mercure sont connues sous le nom de « ballon fluo. » Les sources à vapeur de mercure utilise la même technique que les tube fluorescents mais avec un gaz haute pression. Pour les sources au sodium haute pression, le rayonnement émis par la vapeur métallique se situe essentiellement dans le spectre visible et ne nécessite pas ou peu de conversion par le biais de poudres luminescentes. Les lampes à sodium basse pression sont aussi dans cette famille. Elles n'ont pas de mercure mais contiennent des produits dangereux. Ces sources lumineuses sont utilisées en éclairage public à hauteur de 70 % et pour 22 % dans l'industrie. Elles contiennent de 25 à 30 mg de mercure et pour certaines jusqu'à 15 mg de sodium. Elles doivent donc également être recyclées.



Par leur teneur en mercure, les lampes à décharge sont donc particulièrement toxiques. A titre d'exemple, il faut savoir qu'une seule lampe cassée peut contaminer 10 m³ d'eau. Toutefois, la technologie des lampes à décharge a amélioré considérablement l'efficacité lumineuse et présente le bilan énergétique le plus favorable.

*Exemples de lampes à décharge haute pression :
sodium haute pression tubulaire
et au ballon fluo à vapeur de mercure.
Photos DR*

Le gisement

Les volumes annuels à traiter dans la Loire, issus d'une étude en 1997, tenaient compte des remplacements préventifs, très pratiqués en éclairage public. Cependant, ils ne concernent qu'un quart des entreprises du secteur industriel et restent très marginaux dans le tertiaire :

- 520 000 tubes et lampes fluorescentes,
- 45 000 lampes à décharge, dont 31 500 pour l'éclairage public,
- 90 tonnes de verre, 5 tonnes de métaux,
- 10 kg de mercure.

Au total, 565 000 lampes à traiter pour lesquelles l'éclairage public représentait environ 6 % du gisement total, donc 70 % des lampes à décharge à recycler. Pour votre information, en Rhône-Alpes, c'est 5,1 millions de lampes et 56,5 millions en France à traiter chaque année.

Il a été constaté que la majorité des lampes se brisaient dans les bennes à déchets ou les bacs à ordures. Certains croyaient que la reprise de ces lampes par des prestataires faisait qu'elles seraient traitées tandis qu'on aboutissait souvent également au bris des lampes. Rares sont les

entreprises qui faisaient appel à des sociétés de traitement spécialisé. Cette enquête a confirmé le besoin d'information en matière de réglementation, de toxicité des lampes et de solutions pour le traitement. Deux tiers des établissements enquêtés étaient intéressés par un service de collecte spécifique. C'était très encourageant et nous avons décidé de poursuivre.

Procédés de traitement et scénario retenu

L'étude préliminaire a fait ressortir 5 procédés performants de traitement dont 4 sur un schéma identique. D'abord, un broyage sous vide ou dans une solution aqueuse, assure l'absence de dispersion des produits internes. Ensuite, par lavage ou aspiration, une séparation des matériaux solides s'effectue par tri ou criblage. Enfin, une distillation thermique ou un traitement physique et chimique sépare les éléments toxiques. Le 5^e procédé adapté aux tubes fluorescents consiste à dissocier les embouts, puis à emporter les éléments polluants par soufflage. La démercurisation est réalisée par distillation thermique.

Le prestataire retenu utilise le principe de distillation thermique après broyage sous vide. La récupération dissociée du mercure se fait par piégeage dans un filtre à charbon actif. Les embouts ne sont pas envoyés dans le four et l'aluminium est récupéré directement. Les autres métaux sont récupérés, soit purs, soit sous forme d'alliage.

Suite à ces traitements, le verre et les métaux sont recyclés en cascade, c'est à dire, valorisés dans d'autres usages que les lampes, moins exigeants en terme de qualité. Les poudres sont enfouies ou mises en décharge, sauf pour le 5^e procédé qui en permet la réutilisation pour de nouvelles lampes.

Il est apparu que les volumes, la demande et l'intérêt suscités rendent possible le lancement de la filière, celle-ci pouvant être initiée sur la base des volumes annuels de notre activité maintenance.

Le scénario retenu établit une logistique de collecte s'appuyant sur le gisement issu de l'éclairage public des collectivités tout en construisant un système ouvert au maximum de détenteurs : les propriétaires des lampes, les prestataires qui en ont la charge par contrat. Pour une meilleure maîtrise des coûts, il faut séparer l'activité transport/collecte et le recyclage, d'où l'intérêt de travailler avec deux prestataires, même si certains proposent des formules globales. A terme, il s'agira également de créer une dynamique d'augmentation rapide du taux de récupération de ces lampes grâce, notamment, à une sensibilisation des acteurs de la filière.

Schéma et mise en place de la filière Loire

Les détenteurs importants qui produisent plus de 1 000 à 2 000 sources par an, selon leur activité, ont leur propre lieu de stockage. Les petits et moyens détenteurs trouvent des stockages en déchetterie. Dans les deux cas, ceux-ci peuvent utiliser le stockage de leur fournisseur ou installateur.

Les lampes récupérées sont placées dans des emballages pour éviter la casse lors du stockage et du transport, et pour faciliter les manipulations et l'enlèvement. Il est donc nécessaire d'avoir des emballages palettisables. Nous avons acheté des caisses-palettes en carton d'une capacité de 1 000 tubes fluorescent ou 500 lampes à décharge. Elles ne sont pas recyclées. Enfin, il est une obligation que le stockage soit abrité.

*Caisses-palettes en carton de stockage
et transport des lampes à décharge
en cours de remplissage.
Photo SIEL*



A la demande, en fonction d'un volume minimum, les sources sont collectées par le prestataire, puis regroupées et transportées sur le lieu de traitement. Il est préférable de faire appel à un collecteur spécialisé, conventionné pour une garantie de qualité et d'expertise, habilité pour le transport et le stockage de masse et travaillant déjà avec une filière de traitement.

Notre filière a débuté en 1998. Des conteneurs ont été installés dans les entreprises titulaires de marchés de maintenance afin de récupérer les sources issues de cette activité sur 10 sites dans le département. 2 sont en filière associée pour un complément de sources issues d'autres provenances. Chaque responsable des sites de stockage gère seul et contrôle ses niveaux de remplissage et son stock de conteneurs. Il avertit nos services qui lancent une tournée sur l'ensemble des points de stockage lorsque les emballages sont pleins.

La première année, trois tournées de collecte ont été nécessaires. Un peu plus de 4 tonnes de produits ont été recyclées, soit environ 21 000 lampes. Un stock antérieur, accumulé par des entreprises qui avaient eu connaissance de notre démarche, est inclus, dans ce chiffre.

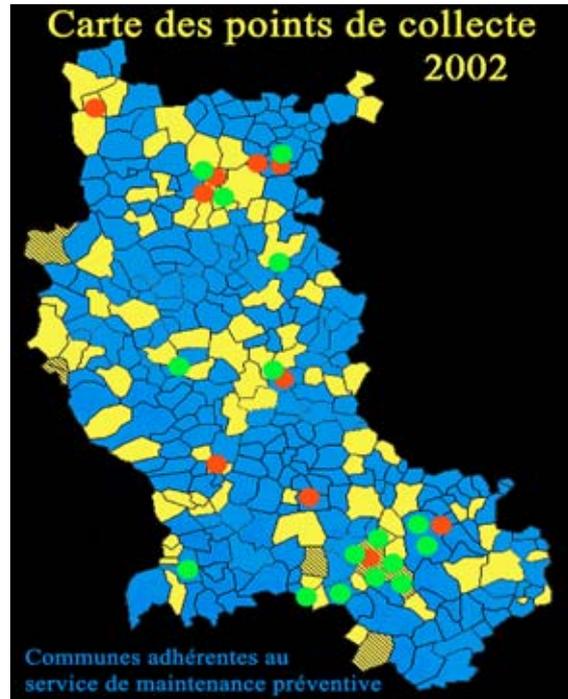
L'extension de la filière

Par la suite, nous avons recherché à étendre la portée de son action à d'autres acteurs du département en créant des filières associées. L'implication des différents partenaires déjà cités devait servir de levier à une démarche globale. Dans ce cadre, des contacts ont été noués avec l'ensemble des collectivités adhérentes et le secteur industriel, les distributeurs de matériel électrique, les entreprises du secteur électrique, toutes les entreprises ISO 14 000, déchetteries et les services techniques communaux ou intercommunaux.

Ces filières associées bénéficient de notre organisation opérationnelle ; leur point de stockage étant simplement ajouté aux tournées existantes. Nous fournissons gratuitement aux communes et communautés de communes adhérentes de notre syndicat, les conteneurs qui leur sont nécessaires. Une plaquette de présentation a été réalisée à cet effet. Elle est distribuée aux collectivités et aux entreprises. Les organismes concernés peuvent alors remplir rapidement leurs obligations réglementaires.

16 points de collecte supplémentaire ont ainsi été créés : 3 en déchetterie, 6 en entreprises, 5 dans des communes importantes, ces deux derniers pour leur besoins propres et 2 en entreprise en filière SIEL. En 2002, nous avons

26 points de collecte au total.



Après presque 5 ans de recyclage des lampes en fin de vie, fin 2001, 14 tonnes de déchets ont été traitées :

- 9 700 tubes fluorescents,
- 60 300 lampes à décharge,
- 1,5 kg de mercure.

Carte des points de collecte des lampes en fin de vie dans le département de Loire, décembre 2002.

- en rouge, points de collecte initiaux,
- en vert, nouveaux points créés depuis 1998,
- en bleu, communes adhérentes au service de maintenance préventive du syndicat.

Document SIEL

Retour d'expériences, coûts et perspectives

Avec l'augmentation du nombre de points de collecte, les tournées globales devenaient difficiles à mettre en place. Le fonctionnement a donc été modifié. Maintenant, nous procédons à des collectes, à la demande, pour seulement un point et, si nécessaire, jusqu'à 5 avec des tarifs dégressifs. Nous sommes actuellement à environ une collecte tous les mois. Cette augmentation des volumes a aussi permis la réduction des coûts.

Au départ, le coût moyen obtenu était de 3 Euros HT/Kg recyclé, soit environ 0,60 Euro par lampe. Nous sommes actuellement à 2,20 Euros HT/Kg recyclé, soit environ 0,44 Euro par lampe. Ce chiffre fait apparaître une baisse réelle obtenue, en milieu de l'année 2000, suite à la renégociation des tarifs.

Aujourd'hui, la filière fonctionne régulièrement. Sur ces acquis, il faut poursuivre la sensibilisation au recyclage des sources et exploiter l'important potentiel que représente les déchetteries ; il y en a 23 dans la Loire. Des contacts ont été pris avec la communauté d'agglomération Saint Etienne Métropole, ce qui permettra de toucher les artisans et les particuliers. Il faut aussi poursuivre les contacts avec les collectivités et les entreprises.

Ainsi, à partir d'un volume à recycler correspondant à ses seuls besoins, très faible par rapport au potentiel global du département, le SIEL a mis en place une filière opérationnelle. Cette récupération et ce recyclage des lampes en fin de vie se sont élargis progressivement à d'autres acteurs. Démarche exemplaire s'il en est, elle illustre à la fois le rôle initiateur que peuvent jouer les collectivités locales et l'intérêt d'une organisation mutualisée à l'échelle départementale.

Questions-réponses

Roger Narboni : vous ne nous avez pas parlé de la dangerosité des halogénures métalliques et autres lampes aux iodures métalliques qui prennent une importance croissante dans les centres villes et en illuminations. Est-ce qu'elles sont très dangereuses et difficilement recyclables, autant que les lampes à vapeur de mercure, par exemple ?

Michel Delrieu : comme je l'ai expliqué tout à l'heure, je ne me plaçais pas en spécialiste des sources mais en gestionnaire « éclairage public ».

Roger Narboni : une autre réflexion : les lampes à vapeur de mercure tendent à disparaître pour être progressivement remplacées par les lampes au sodium haute pression. Si l'essentiel de l'activité de recyclage est actuellement sur le mercure, quel sera son évolution lorsque l'on aura principalement du sodium à recycler ?

Michel Delrieu : je parlais essentiellement d'un parc existant qui est encore en place pour pas mal d'années. Les nouvelles lampes, sans mercure, au sodium haute pression sont encore très peu installées. Donc, la situation telle qu'elle est actuellement va durer encore au moins pendant cinq ou sept ans.

Xavier Peyrou, *Syndicat de l'Éclairage* : je voudrais répondre aux questions de Roger Narboni. Sur le deuxième point d'abord, il faut savoir que la directive des produits électriques et électroniques en fin de vie et la directive sur les substances dangereuses vont rentrer en vigueur au début de l'année 2003. Elles seront effectives à partir probablement de l'automne 2005, date à laquelle les obligations financières et de logistiques seront mises en place. Dans la partie éclairage public, les candélabres et les projecteurs, en fait l'ensemble des produits électriques est concerné par l'application de ces deux directives. Toutes les lampes dont tu as parlé seront effectivement prises en compte.

Sur le premier point, pour le moment, je pense que le mercure est la seule substance dangereuse qui est concernée par la directive. Ça ne concerne pas les halogénures métalliques, mais elles seront, de toutes façons, collectées et traitées.

Olivier Charrier, *Concepteur lumière* : quel est le pourcentage de recyclage atteint aujourd'hui par rapport au volume commercialisé et exploité en France, ou du moins dans votre région ?

Michel Delrieu : je n'ai pas les données en France. Dans notre région, notre activité « éclairage public » représente déjà 6 % des sources du département. Avec l'extension de la filière qu'il y a eu, je pense que l'on a atteint ces 6 % puisque, en fait, c'est l'activité « éclairage public » du SIEL ajoutée à l'activité « éclairage public » des collectivités qui n'adhèrent pas à notre syndicat.

Éclairage urbain et économie d'énergie

Programme GreenLight

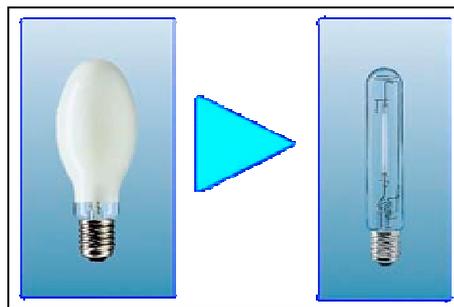
Dominique Fourtune

Ingénieur Énergéticien, Département Maîtrise de la Demande d'Électricité

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie – ADEME

Comment introduire la rationalité de l'efficacité au niveau des utilisations de l'énergie, ce que l'on appelle couramment la demande d'électricité ? Pour la filière électrique comme pour l'éclairage, les usages que vous utilisez nécessitent des systèmes de production, de transport et de distribution, toute une infrastructure puisque l'électricité ne peut pas être stockée. Les actions que nous pouvons tous mener, même chez nous, peuvent aboutir à réduire fortement la demande sur les systèmes électriques. L'éclairage, pas seulement public mais aussi domestique, industriel, etc. est une cause très importante d'appel de puissance sur le réseau. Il détermine aussi son dimensionnement, sa distribution, son transport, et bien entendu, sa production. Il y a quelques années, l'ADEME avait fait faire une étude pour estimer le potentiel possible d'économie de l'infrastructure si on remplaçait toutes les lampes domestiques par des lampes basse consommation qui sont beaucoup plus efficaces. On avait besoin d'environ deux à trois tranches nucléaires de moins. Bien sûr ces chiffres peuvent être discutés, mais l'ordre de grandeur par contre est juste car la pointe maximale d'appel de puissance sur le réseau français contient énormément d'éclairage. La maîtrise des énergies, c'est donc aussi la maîtrise des puissances, en tous cas pour ce qui concerne l'électricité. Mon propos a pour objectif de vous prouver que l'on peut, au niveau des utilisations de l'éclairage, viser des économies potentiellement très importantes de l'ordre de 30 à 50 %.

Les techniques d'économie d'énergie



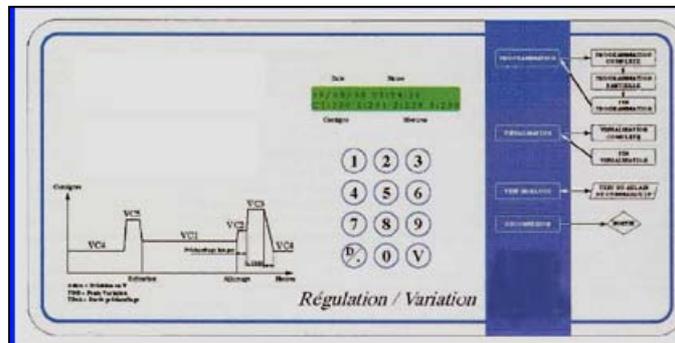
Exemple de remplacement des lampes à décharge à vapeur de mercure par des lampes au sodium haute pression.

Photos DR

La principale technique est la source lumineuse elle-même. On estime qu'on peut faire, avec la même quantité de lumière émise, des économies de l'ordre de 50 %. En éclairage public, c'est en passant des sources lumineuses traditionnelles à vapeur de mercure, vers des lampes au sodium haute pression plus efficace. Une bonne partie du parc a été renouvelée certes, mais, à ma connaissance, il y a encore un parc très important de lampes à vapeur de mercure qui pourrait être remplacé et donner d'importantes économies.

Horloge astronomique de commande précise de l'éclairage public. Photos DR

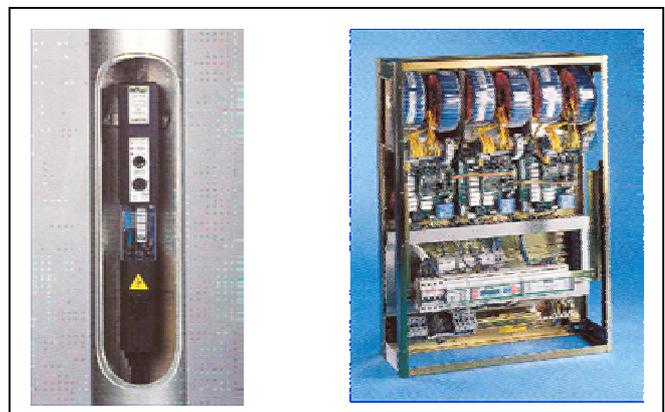
Autres techniques majeures de maîtrise de l'énergie : mieux contrôler, mieux réguler, mieux commander. Par exemple, l'usage d'un système d'horloge astronomique est, en général, plus précis que les systèmes traditionnels de commande détectant la lumière ambiante. Ce dernier calcule, en fonction de la latitude du lieu, les heures précises de lever et de coucher du soleil, puis en déduit les heures d'allumage et d'extinction du réseau d'éclairage public. Il y a d'autres systèmes de contrôle-commande, en particulier ceux qui sont régis par des courants porteurs sur le réseau, ou des systèmes voisins. Ainsi, par l'amélioration des systèmes de contrôle et de commande de l'éclairage urbain, on peut obtenir des économies non négligeables de l'ordre de 5 à 10 %.



Face avant d'une armoire de commande avec en bas à gauche le profil type d'une courbe de puissance modulée. Photos DR

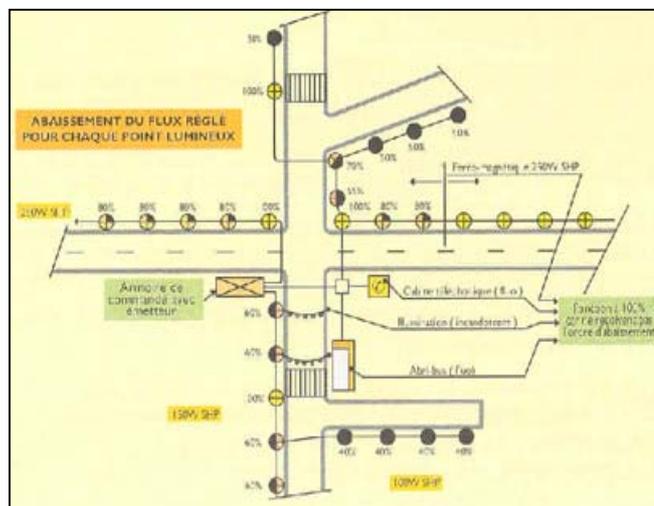
On peut également faire varier l'intensité de l'éclairage en fonction des périodes de la nuit pour lesquelles l'éclairage public est plus ou moins critique. En modulant les tensions, les puissances transmises aux lampes, on leur permet d'émettre plus ou moins de lumière. Ce système est d'autant plus intéressant que la quantité de lumière émise en fonction d'une tension qui est appliquée à une source n'est pas proportionnelle directement avec la tension. Ainsi, on peut diminuer sensiblement, de l'ordre de 30 %, les puissances délivrées sans quasiment aucune modification du service d'éclairage.

*Equipements individuels de variation de tension,
- en pied de mat (à gauche),
- par circuit, dans une armoire de commande (à droite.)
Photos DR*



Deux grandes familles de techniques permettent ces variations : des équipements de réglage individuels lampe par lampe en pied de mat, des transformateurs toriques regroupés dans une armoire de commande qui permettent de faire varier la puissance alimentant un ensemble de lampes. On peut obtenir de l'ordre de 30 % d'économie avec ces systèmes.

Ecran de visualisation des pannes d'un système de télégestion de l'éclairage urbain. Photos DR



Dernière technique et non des moindres, la télégestion : un système complet de surveillance-mesure-contrôle-commande qui permet, entre autres, de rendre beaucoup de services au niveau de la consommation d'énergie, des pannes, etc.

Qu'est-ce que Greenlight ?

C'est un programme volontaire lancé en février 2000 par la Direction Générale Transport Energie de la Commission Européenne. Il vise à sensibiliser les maîtres d'ouvrages, de quelque taille que se soit, pour qu'ils fassent des efforts concrets d'investissement sur leurs équipements afin d'améliorer fortement l'efficacité énergétique de leurs systèmes d'éclairage. C'est un programme sans subvention auquel les principaux maîtres d'ouvrages peuvent accéder, à partir du moment où ils s'engagent dans la démarche. Très simplement, elle consiste à faire un auto-diagnostic, puis à mettre en place une série d'investissements dont les résultats seront mesurés et contrôlés dans le temps. Ce programme a le mérite d'indiquer que tel ou tel partenaire a réalisé une action modèle dans le domaine. Il s'agit d'installer des systèmes performants par des investissements rentables. Bien entendu, il y a un seuil d'efficacité économique des programmes à engager. Il est également demandé un engagement sur le maintien de la qualité des installations dans le temps afin que ce ne soit pas seulement un effet d'annonce. Deux possibilités d'engagements sont possibles. La première consiste à rénover 50 % d'un parc comme l'éclairage public, c'est-à-dire que le maître d'ouvrage s'engage à bâtir son programme sur, au minimum, 50 % de son parc. Avec le deuxième engagement, le maître d'ouvrage choisit volontairement et librement une partie de son parc, un bâtiment ou une zone qu'il traite spécifiquement. Elle sera ensuite déclarée conforme au programme.

Il se trouve qu'en France, on est un petit peu en retard en éclairage public. Aussi, je dois dire que l'on a encore assez peu de maîtres d'ouvrages français importants qui se sont engagés dans la démarche Greenlight. Donc, voici un exemple italien. La Ville de Sassari a mis en place, sur quasiment l'ensemble de son parc, un système de variation de puissance. L'économie réalisée est d'un peu moins de 2 millions de kW/h/an, la réduction de consommation de l'ordre de 30 %, l'économie financière d'environ 200 000 Euros, le temps de retour sur investissement de 3 ans, le taux de rentabilité de 33 %. Il n'est pas question de faire un programme exhaustif, mais il faut cibler les actions les plus intéressantes, les plus efficaces. Un site Internet est consultable sur ce programme où vous trouverez toutes les documentations, dont une bonne partie en français, pour prendre les initiatives que vous souhaitez : www.eu-greenlight.org.

*Rénovation de l'éclairage public
de la Ville de Sassari, Italie.
Photo ADEME*



Les aides de l'ADEME

Le programme GreenLight ne propose pas de financement. L'ADEME aide les maîtres d'ouvrages pour aller plus vite, particulièrement pour sous-traiter les parties importantes, comme les études préalables nécessaires. Voici une indication du montant des taux d'aides au financement de projet :

- études préalables, diagnostic, études de faisabilité : 50 %,
- opérations exemplaires : 20 à 30 %,
- innovations technologiques : 30 à 40 %.

Pour toute information, contactez les délégations régionales de l'ADEME.

Questions-réponses

Roger Narboni : vous n'avez pas évoqué deux pistes qui nous intéressent particulièrement, nous les concepteurs lumière. D'une part, le travail qui pourrait être fait pour éclaircir les matériaux de sol puisque, à luminance égale, on pourrait faire des économies considérables en terme de flux lumineux et donc de consommation électrique. On nous rétorque tout le temps que les projets coûtent cher à l'investissement mais nous pourrions faire d'énormes économies en fonctionnement. J'aurais voulu avoir votre avis là-dessus ? D'autre part, comment pourrait-on imaginer de différencier les niveaux d'éclairage requis pour ne pas les appliquer systématiquement dans toutes les zones urbaines de la même manière, voire les réduire puisqu'on a eu une inflation des niveaux d'éclairage requis depuis l'après-guerre jusqu'à nos jours ?

Dominique Fortune : sur les revêtements de sol clairs, malheureusement je vais vous décevoir. Si je n'en ai pas parlé, c'est que je n'ai pas d'avis et d'opinion. On n'a pas exploré ce sujet car c'est une activité qui est plus liée à l'urbanisme et qui est un peu loin de notre métier concernant l'utilisation de l'énergie. Sur la deuxième partie, pour nous la voie royale c'est de faire faire des études préalables qu'on peut soutenir financièrement. En éclairage, il est prévu systématiquement des mesures des niveaux d'éclairage, donc le diagnostic vérifie l'adaptation de la fourniture aux besoins d'éclairage. Quand on a accès à ce genre d'outils, on peut moduler, on peut adapter plus précisément, plus finement. C'est bien le sens de la maîtrise de l'énergie.

Roger Narboni : mais, il faudrait aussi agir en amont, sur la réglementation ? Je pense qu'en travaillant des deux côtés, de l'utilisateur au producteur, on progresserait.

François Jousse : Dominique Fortune ne va pas être surpris que j'intervienne sur la variation de puissance. D'abord, parce qu'il y a une contrevérité qui a été dite : quand on baisse la puissance d'une lampe, on détruit son efficacité lumineuse. En diminuant de 30 % la tension d'alimentation d'une lampe, son efficacité lumineuse passe de 100 lm/W à 70 lm/W, et ça, tout le monde est d'accord, c'est prouvé. On le voit dans n'importe quel labo, le mien ou mon ancien, si on refait les expériences. Je dirais que les premiers gisements, quand on parle d'économie d'énergie, c'est à service constant ! Sinon, économiser l'énergie, c'est éteindre. Donc, la première économie, c'est connaître les niveaux. Qu'est-ce que ça veut dire ? C'est ce qu'a un petit peu effleuré Roger Narboni tout à l'heure. C'est aussi sous-jacent dans pas mal de parties du débat de ce matin : on éclaire pour quoi ? On éclaire pour voir quoi ? On voit quelque chose pour modifier son comportement. Donc, il y a des situations d'urgence où il faut rapidement changer son comportement, d'autres où l'on a le temps d'intégrer les informations. Donc, en effet, il y a des niveaux. Contrairement à ce qu'a dit Roger Narboni, il n'y a pas eu une inflation depuis au moins un quart de siècle au niveau des éclairages puisque depuis les recommandations de l'AFE de 1974 jusqu'au projet de normes européennes actuellement à l'étude, ce sont les mêmes niveaux, même plutôt à la baisse, et en plus, avec une identification des fonctions. Il faudra passer le message aux services techniques qui utilisent les lampes pour bien connaître le niveau pour la fonction. On s'aperçoit que lorsque cette dernière condition est remplie, il faut que la fonction change pour qu'on change le niveau.

Généralement, on fait de la variation non pas parce que les conditions environnementales changent mais parce qu'il est une heure du matin et qu'il y a moins de voitures. Aussi, parce que d'un seul coup, le risque de délinquance tombe brusquement. La seule raison qui serait possible et justifiable techniquement, c'est que les commerces ont aient leurs boutiques et leurs enseignes. C'est le seul cas où on pourrait accepter de la variation de puissance intelligente. Enfin, une autre piste qui a été dite aussi ce matin : la première économie qu'on peut faire, c'est en éclairant que ce qu'on veut éclairer, c'est-à-dire, en n'envoyant la lumière qu'à l'endroit où on en a besoin. Si on fait ça, on fait des économies d'énergie, on fait plaisir à nos amis astronomes, on fait plaisir à nos amis les arbres et à nos amis les oiseaux.

Roger Narboni : En conclusion, j'encourage l'ADEME à rencontrer les urbanistes et les aménageurs de sol parce qu'honnêtement, en terme de gains, on est dans des niveaux très importants. Si l'on pouvait obtenir des revêtements de chaussée qui soient vraiment adéquats aux éclairages plutôt que de s'épuiser à éclairer des chaussées noires... Si Laurent Fachard, concepteur lumière, était là, je crois qu'il pourrait discuter une journée entière sur ce thème. Merci beaucoup en tous cas.

Les nouvelles technologies d'éclairage De l'électron... à la conception lumière

Jean-Michel Miquel

Directeur du service Optiques et Technologies, Philips Éclairage

L'innovation technologique est au cœur des préoccupations des fabricants d'appareils d'éclairage. L'objectif est de mettre à la disposition des concepteurs lumière des systèmes d'éclairage performants tout en apportant des réponses aux contraintes environnementales tout au long du cycle de vie d'un produit. Cela commence par la prise en compte des critères environnementaux à la conception, la réduction de la consommation énergétique en fonctionnement jusqu'à la récupération et au recyclage des composants en fin de vie. La diminution des nuisances lumineuses est aussi un objectif prioritaire pour la protection du ciel nocturne et le confort des habitants.

Les diodes électroluminescentes à fort flux (DEL)

Les diodes électroluminescentes à fort flux (DEL) constituent une innovation technologique qui répond pour une large part à ces objectifs. Depuis ces quatre dernières années les performances des DEL ont augmenté au même rythme que la technologie des semi-conducteurs avec un doublement des performances tous les deux ans. L'obtention d'importants flux lumineux par émetteur dans les couleurs primaires et en lumière blanche permet maintenant d'envisager l'illumination d'éléments architecturaux, la signalisation et l'éclairage fonctionnel des lieux publics par des DEL.

Loin de vouloir se substituer aux lampes à décharge, ces nouvelles sources de lumière constituent une formidable opportunité pour innover dans l'éclairage urbain à travers des systèmes compacts, la couleur et l'éclairage dynamique, autant de solutions visant un développement durable de l'éclairage urbain.

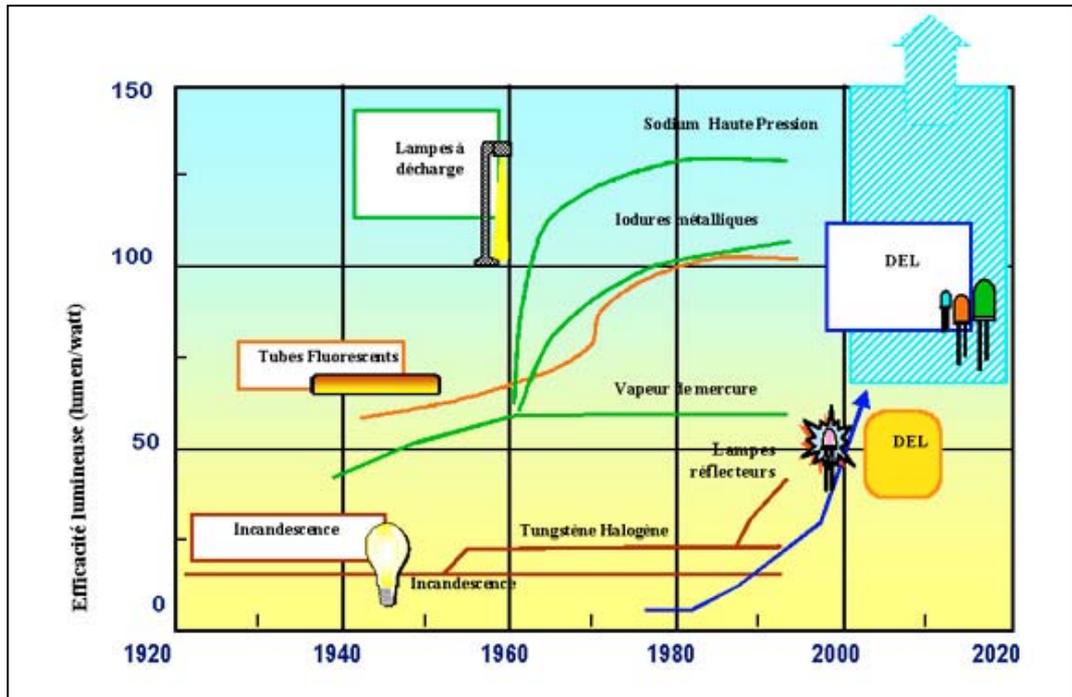
Évolutions des performances

Pour chacun des critères décisifs en éclairage urbain, il est important d'analyser l'évolution des performances des DEL au cours des dernières années :

- l'efficacité lumineuse est le rapport de la quantité de lumière ou flux lumineux émis par la diode par unité de puissance électrique consommée. On l'exprime en lumen par Watt,
- le flux lumineux par émetteur dépendra de la capacité de la diode à supporter une puissance électrique suffisante,
- l'obtention de radiations monochromatiques est liée à l'utilisation de différents dopages et de semi-conducteurs pour la jonction de la diode.

La comparaison des efficacités lumineuses des DEL, et surtout de leurs évolutions, avec les sources de lumière traditionnelles est édifiante. Depuis 1998, la progression des efficacités des diodes s'est accélérée. A l'horizon de 2005, des efficacités de 70 lm/W sont envisagées.

Les limites technologiques des lampes à décharge, sodium haute pression et iodures métalliques sont maintenant clairement établies. Par exemple, pour une puissance équivalente de 150 W, on ne pourra dépasser des efficacités de 120 à 130 lm/W. Seule une légère diminution des dimensions des sources reste envisageable.



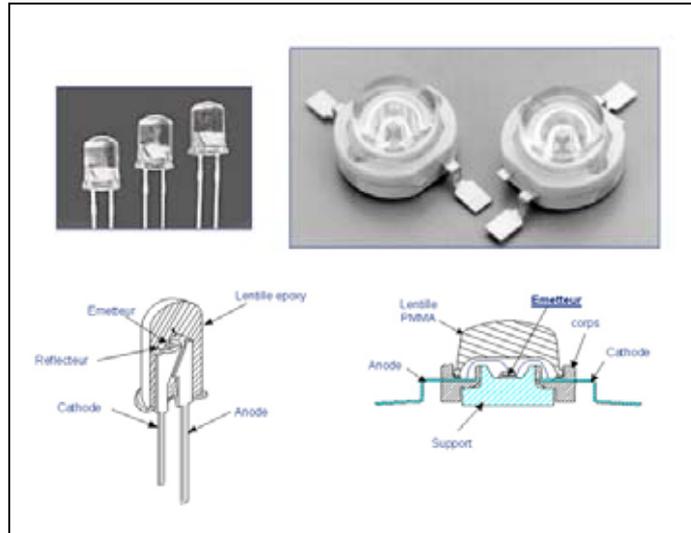
Évolution de l'efficacité des sources lumineuses électriques depuis leur apparition. Graphique Philips

Au vu de ces données, on pourrait comparer ces évolutions avec celles que l'on a connues pour les tubes électroniques et le transistor dans les années 50. Cependant, il faut éviter de comparer ces performances en envisageant les mêmes applications d'éclairage et les mêmes conceptions de luminaires pour les sources traditionnelles que pour les DEL.

L'architecture d'une diode

L'architecture d'une diode est déterminante pour l'optimisation du flux lumineux émis. Le facteur principal est l'efficacité de l'émetteur, puis le rendement du système optique (réflecteur et lentille) et enfin, la dissipation thermique qui permet d'augmenter la puissance électrique, et donc, le flux lumineux. On trouve actuellement deux types de diodes sur le marché :

- **les diodes dites « 5 mm »** qui admettent de faibles puissances et ont des efficacités d'émetteur limitées. Ces diodes sont utilisées pour la signalisation et présentent de faibles luminances,
- **les diodes dites à fort flux** (ou de forte puissance) admettent des puissances plus élevées pouvant aller jusqu'à 5 W et donc émettre jusqu'à 120 lm par diode. Toutefois, ces diodes de 5 W sont toutes récentes et ne présentent pas encore des durées de vie suffisantes pour les applications d'éclairage.

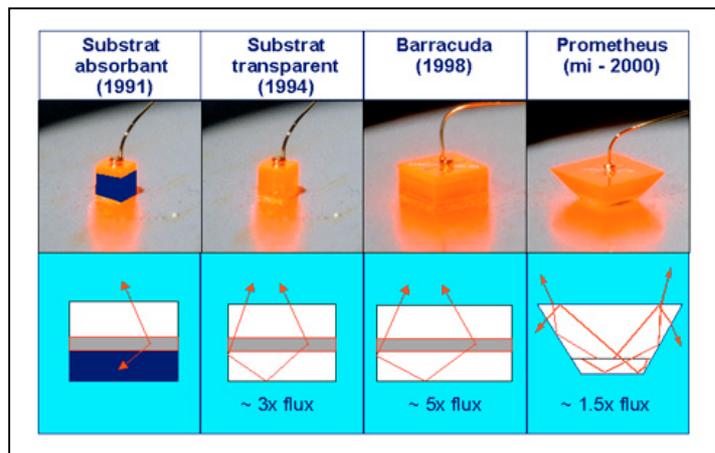


Exemples :

- de diodes « 5 mm » (à gauche),
- diodes à fort flux (à droite).

Documents Philips

Les forts flux ont pu être atteints par de meilleures efficacités des émetteurs, un meilleur rendement des optiques (lentilles en PMMA) et des capacités thermiques accrues. L'efficacité des émetteurs a fait un bond considérable en l'espace de 6 ans. En effet, en 1994, soit trois ans après l'apparition des premières diodes pour les applications d'éclairages, le flux a été multiplié par trois simplement en utilisant des substrats transparents pour le semi-conducteur. Quatre ans plus tard, les flux ont été multipliés par cinq avec l'augmentation de la taille des semi-conducteurs et des émetteurs. Enfin l'utilisation d'une géométrie spécifique (pyramide inversée) du semi-conducteur a permis d'augmenter l'émission de lumière de 50 %.

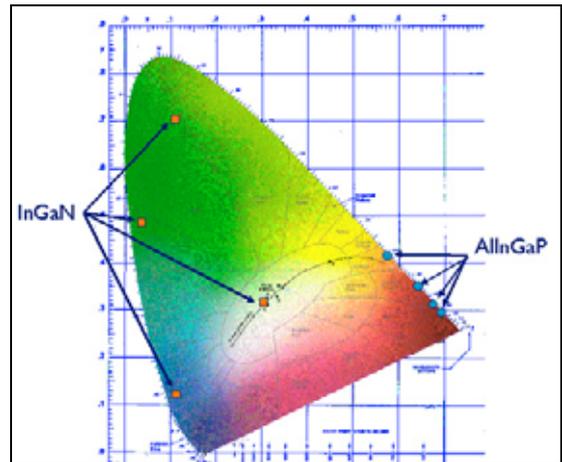


Rétrospectif technologique de l'efficacité de l'émetteur des diodes électroluminescentes à fort flux.

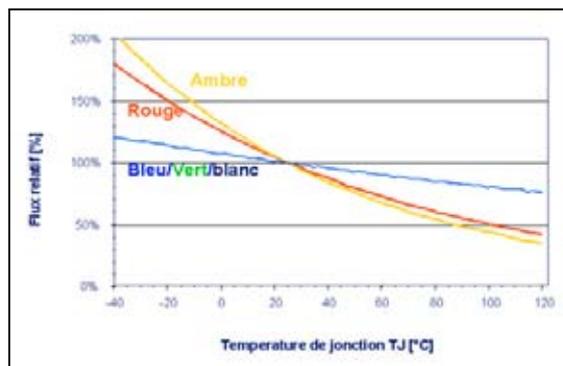
Document Lumileds

En ce qui concerne l'émission de couleurs, on utilise principalement deux types de semi-conducteurs et de dopage qui permettent : l'un, d'obtenir des radiations rouges et ambres (AlInGaP), l'autre, des radiations qui varient du bleu au vert en passant par le cyan (InGaN) et aussi l'ultraviolet permettant d'obtenir des émissions en lumière blanche, après conversion du rayonnement. Les efficacités lumineuses varient pour ces sources monochromatiques mais toutes vont, en l'espace de cinq ans, augmenter de façon impressionnante, leurs évolutions restant à peu près identiques d'une couleur à l'autre.

Triangle des couleurs CIE et position des couleurs des diodes électroluminescentes à fort flux des deux types de semi-conducteurs et de dopage : InGaN et AlInGaP. Graphique Philips



L'efficacité des diodes est fortement dépendante de la température de la jonction. Au-delà de 25°C on perd 10 % de flux pour 10°C d'augmentation de température. Il faudra donc tenir compte de ces contraintes thermiques pour la conception des appareils d'éclairage.



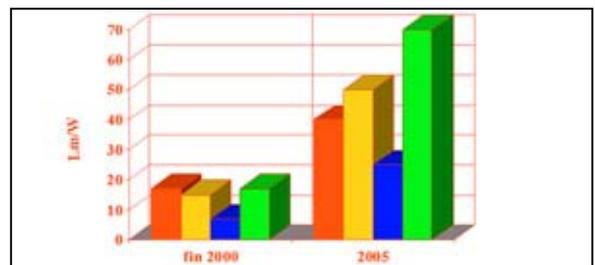
Graphique de variation du flux relatif (%) des diodes électroluminescentes à fort flux en fonction de la température de jonction (°C). Graphique Lumileds

L'émission de lumière blanche peut être obtenue de deux façons :

- en mélangeant les radiations de diodes rouges, vertes et bleues,
- en convertissant la radiation UV en lumière blanche avec un dépôt de phosphore.

Cette deuxième méthode est la plus couramment utilisée. En lumière blanche, les efficacités sont à ce jour de l'ordre de 25 lm/W avec une température de couleur de 5 000 K et un indice de rendu des couleurs de 70. On note à l'horizon 2005, une nette augmentation des efficacités et de l'indice de rendu des couleurs.

Graphique prospectif de l'évolution de l'efficacité lumineuse (lm/W) des diodes électroluminescentes à fort flux de fin 2000 à 2005. Graphique Lumileds



Les diodes électroluminescentes représentent donc de nombreux avantages pour réaliser des systèmes d'éclairage, le premier étant la durée de vie. En effet la technologie des semi-conducteurs, à la différence de celles mises en jeu pour les lampes à décharge, n'utilise pas des matériaux fragiles comme le verre, ni des constructions complexes comme les tubes à décharge confinant des sels complexes et des atmosphères contrôlées avec des températures très élevées. Les fabricants de DEL garantissent actuellement une durée de vie exprimée en heures ; pour les diodes de faible puissance, 100 000 heures est une garantie actuelle pour 50 % du flux, par contre pour les diodes à haut flux la garantie est de 50 000 heures pour 80 % du flux pour les diodes de couleur et 70 % du flux pour celles émettant en lumière blanche.

Parmi les nombreux autres avantages pour l'éclairage urbain, on retiendra que les composants fonctionnent à des températures basses comparées aux lampes à décharge. Les optiques permettant de contrôler les flux lumineux sont de dimensions réduites, ce qui permet de concevoir des appareils d'éclairage plus légers et compacts. L'absence de radiations dans le domaine de l'ultraviolet et de l'infrarouge autorise l'emploi de polymères sensibles aux UV et à la température. En théorie, on dispose d'une gamme de couleurs infinie avec trois diodes émettant dans les couleurs primaires. On travaille en alimentation basse tension. La gradation continue du flux lumineux s'effectue sans perte de la qualité colorimétrique. L'émission lumineuse est instantanée. Enfin, l'impact sur l'environnement reste très limité par rapport aux lampes à décharge par l'absence de mercure, une plus grande durée de vie et aussi une réduction de la consommation énergétique.

Exemple de réalisations

Je vous propose maintenant d'illustrer ces innovations par deux exemples de réalisations, l'un actuellement commercialisé depuis avril 2002, l'autre au stade de prototype.



*Essai du Led line au centre de démonstration OLAC.
Photo Philips*

Le premier produit est un luminaire compact, appelé « Led line », destiné à l'éclairage architectural de monuments historiques et contemporains avec un faisceau étroit et linéaire permettant de mettre en valeur les façades, corniches, ponts, murs et statues. En utilisant des diodes à fort flux, on a pu concevoir un projecteur linéaire, compact s'intégrant au décor, facile à installer. Des modules de longueur variable permettent de s'adapter à de nombreuses configurations.

La durée de vie des diodes a aussi permis de concevoir un produit scellé (hors alimentation) évitant toute maintenance pendant plus de 10 ans. Les optiques adaptées aux distributions d'intensité des DEL permettent d'extraire plus de 90 % du flux avec des faisceaux intensifs et des distributions lumineuses parfaitement contrôlées. Les faisceaux de $2 \times 3^\circ$ sont parfaitement délimités sur les bords. La compacité des modules permet de les accoler sans dégrader l'uniformité d'éclairage.

Le deuxième produit, au stade de prototype, est appelé « Multipole ». C'est un mât à multiples fonctions pour l'éclairage des places et des rues. Le concept de luminaire présente sur un seul mât 5 applications possibles à base de diodes à fort flux :

des balises en haut de mât en éclairage trichrome et blanc programmable,

- un module d'éclairage de rue géré en fonction de l'heure et de la fréquentation,
- un module d'éclairage piétonnier aussi géré en fonction de l'heure et de la fréquentation,
- un module d'éclairage individuel interactif d'appoint pour les piétons,
- un éclairage décoratif dynamique trichrome en pied de mât.

Essai du Multipole au centre de démonstration OLAC.

Photo Philips

Ce concept utilise aussi la combinaison de diodes avec des fibres optiques permettant de transporter le flux lumineux en divers points du système afin d'éviter les câblages électriques et permettre une centralisation des sources, de leurs alimentations et des contrôleurs pour la gestion dynamique de l'éclairage. La modularité du système permet de l'adapter aux différentes configurations et besoins d'éclairage dans la cité.

Pour conclure, je vous propose de visualiser les effets lumineux au travers d'une vidéo; le but n'étant pas de restituer un rendu réaliste parfait mais de donner une idée des effets attendus.



Questions-réponses

Roger Narboni : Merci beaucoup. Nous devons conclure car le temps nous est compté. J'aurais juste une remarque au-delà du débat sur la durée de vie des lampes qui reste très ouvert : compte tenu des déboires que nous avons pu avoir sur certaines lampes annoncées avec des durées de vie exceptionnelles et dont les appareillages ou les ballasts ne suivaient pas, j'attendrais de voir au moins dix ans de retour d'expérience. J'ai aussi une remarque sur la chance historique que nous avons avec les diodes électroluminescentes pour développer l'énergie solaire. Je trouve dommage que les fabricants de lampes ne s'intéressent pas à l'alimentation solaire (capteurs et batteries). Avec la diode électroluminescente, nous avons des consommations et des puissances électriques qui nous permettraient enfin de développer en France l'ensemble des énergies renouvelables.

Synthèse

Gilles Buna

Adjoint au Maire de Lyon, Délégué à l'Urbanisme et au Développement Durable

Je serai très bref puisque comme le disait Pendar, "il est si tôt si tard", que je vais jeter mon intervention préparée avant les travaux, sensée conclure et faire la synthèse de ces travaux aux orties. Je serai bref également parce que comme le disait Rabelais, en cette heure-là l'esprit des gens est à la cuisine et vous avez fait preuve d'une attention remarquée puisque les interventions qui se sont succédées, fort riches, étaient remarquables. Je me réduirai à propos disons avec trois observations.

La première que c'est la dimension du grand public et des journalistes qui sont là. Nous avons commencé à recevoir des lettres d'inquiétude par rapport à la pollution lumineuse. Le grand public mettant quelques fois au même niveau que la pollution atmosphérique, la pollution sonore, demain la pollution électromagnétique, la pollution lumineuse. Je crois qu'il est bien d'avoir modifié l'intitulé du colloque. Au départ c'était "pollution lumineuse et écologie de la lumière" et c'est devenu "écologie de la lumière et qualités urbaines..." Je crois qu'il faut le répéter : le constat qui a été fait ce matin, c'était qu'effectivement il n'y avait pas de dimension biologique, sauf marginale, à la pollution lumineuse.

La deuxième remarque, c'est que dans ces conditions, on peut réfléchir sur la moyenne et la longue durée, s'engager dans l'écologie de la lumière, c'est-à-dire inscrire la lumière dans le développement durable. On en a vu des exemples multiples comme dans le département de la Loire. Je veux souligner ici le travail remarquable qui a été fait par les services de la Ville de Lyon ou les préoccupations qui ont été exposés sont intégrés. Nous allons faire acte de candidature au programme européen qui a été évoqué par le représentant de l'ADEME. Et puis, dire que nous luttons tous effectivement, mais c'est un angle mort qui a quelques racines culturelles et industrielles, nous savons recycler, nous savons revaloriser, intégrer, voire intégrer la voirie. On le sent, non seulement dans l'ambiance lumineuse mais également dans son renouvellement. Par contre, nous ne savons pas ou nous n'avons pas vraiment toujours la volonté politique de réduire. C'est vrai en matière de déchets. C'est vrai en matière évidemment de consommation électrique, mais je suis sûr que tout ça va changer.

Ma troisième remarque est pour cette ville qui passe pour avoir été pionnière à travers sont plan lumière et la prise en compte de la question de la lumière, donc des ambiances lumineuses, lorsqu'il y avait des espaces à retraiter, non seulement de l'éclairage des bâtiments mais également des espaces publics. Je tenais à rendre hommage à mon prédécesseur qui était innovant, en la matière. On a fait parfois allusion à une ville qui n'était pas... ou dont les muscles étaient encore un peu faibles pour se hisser au niveau des métropoles concurrentes. Oui, aujourd'hui, il y a un certain malaise. Vous ne pouvez pas imaginer le nombre de demandes d'éclairages ponctuels que je reçois et qui ferait pâlir Prévert ! La dernière, c'est le Crématorium !!! Mais, j'ai eu aussi la demande que la Vierge Marie, semble-t-il, ne rayonne pas suffisamment à certaines heures de la nuit ! En passant par des éclairages de chaque institution

que nous ne contrôlons plus. On a vu dernièrement Lyon Parc Auto qui n'a finalement demandé à personne avant d'éclairer mais qui ne s'est pas interrogé malgré le côté remarquable de cette expérience, sur ce qu'il y avait derrière. Et derrière, il y avait quelque chose d'un peu plus doux. Donc, j'ai une demande inflationniste d'illuminations.

La conclusion, c'est qu'il faut réfléchir effectivement, pour qui, pour quoi éclaire-t-on ? Sans doute essayer de mieux maîtriser, alors j'ai été intéressé par les propositions d'inscription dans un urbanisme réglementaire de la question lumineuse. Avant, il me semble qu'il y a une urgence qui sera la réalisation d'un plan d'occupation des sous-sols : la question de l'eau, et celle-là viendra, sans doute, plus vite, que la question d'un plan d'occupation lumineux. Oui, il y a une charte nécessaire pour penser l'inter-scalaire et faire en sorte qu'on pense aussi bien ponctuel qu'agglomération et intégrer la topographie.

Ensuite, oui à une tentative pour penser globalement des plans lumière qui ne gèrent pas qu'un point de vue. Sachant qu'on ne sait pas gérer l'agglomération en matière lumineuse, quand on a des collines, on est vu et on voit très très loin. Il va falloir se pencher sur cette question puisque j'ai là aussi des demandes : cinquantième anniversaire d'une institution H.L.M., il faut peindre le jour et éclairer la nuit ! Ca paraît un réflexe immédiat. C'est difficile à gérer parce que c'est visible à cent kilomètres à la ronde ; j'exagère mais à peine !

Donc, je crois qu'il est nécessaire effectivement de faire appel à de nouveaux métiers, on a des concepteurs lumière, on a un certain nombre de gens qui nous aident sur des plans lumière de quartier, nous devons essayer d'élargir la réflexion et de lui donner une forme sinon réglementaire du moins plus incitative. Il y a des Architectes des Bâtiments de France, il y a l'archéologie préventive, il y aura sans doute, demain, des hommes lumières payés par l'état qui viendront nous aider, nous conseiller, nous interdire.

En attendant il y a un chantier, non pour les collectivités, mais qui concerne la Ville de Lyon puisque je suis chargé de réfléchir pour les dix ans, m'a-t-on écrit dans ma lettre de mission, pour les dix ans, au plan lumière ! Ca nous laisse un peu de temps ! Je vous invite à nous rejoindre ensemble puisque je vais mettre en place dès le mois de janvier - j'attendais que la période de l'agitation brownienne autour de l'événement festif soit terminée - la participation à une réflexion dans le cadre d'un organigramme que je préciserais. Je ne tiens pas à rester lyonnais. Je ne tiens pas à exclure les Lyonnais. Evitons les querelles d'anciens et de modernes. J'ai entendu dans certains colloques des formules un peu outrancières et outrecuidantes. Les vérités d'hier sont les erreurs d'aujourd'hui, mais nos vérités d'aujourd'hui sont nos erreurs de demain. Soyons modestes. Je retiendrais trois mots en matière de lumière et de projection dans l'avenir : sobriété, douceur et sensibilité. Si nous arrivions à transformer un éclairage, un plan lumière un peu spectaculaire qui a ses vertus en une notion où le plaisir retrouverait une acuité et où la déambulation, l'esthétique ne serait pas agressées par certaines formes de violence, alors j'aurais réussi, mais nous aurions réussi en commun à transgresser les phases initiales, mais nécessaires : dépasser, c'est passer par. Merci.

Clôture

Gilbert Roubach

Président de l'Association Française de l'Éclairage

Je voudrais tout d'abord adresser des remerciements à tous ceux qui ont permis l'organisation de cette rencontre, tout particulièrement, bien sûr, la Ville de Lyon et les infatigables dirigeants du Centre Régional Rhône-Alpes de l'Association Française de l'Éclairage, l'AFE

En effet, l'AFE, parmi ses missions, a un désir tout particulier : établir par le débat un savoir-partagé et une fois ce savoir établi, le diffuser et le faire connaître. Ce qui passe notamment par des journées comme celle d'aujourd'hui.

Vous avez montré à Lyon, par votre présence importante que, même dans cette ville, où l'on connaît particulièrement bien la lumière, et bien on a envie d'apprendre sur la lumière. Ce n'est pas si fréquent. Souvent, nous constatons qu'en matière de lumière, on a plutôt un défaut : croire à peu près tout savoir, par exemple que la lumière est quelque chose qui correspond à des technologies bien établies. Dans cette opinion courante, la lampe d'Edison nous a à peu près tout apporté et peu de choses a changé. Rien n'est plus faux ! Vous l'avez vu, vous le savez ! Nous sommes en phase d'évolutions technologiques extrêmement rapides, des progrès technologiques qui permettent des économies considérables et l'ADEME, à juste titre, a insisté sur le fait que pratiquement tout le monde à l'heure actuelle - éclairagiste public, responsable d'un commerce, particulier chez lui, responsable d'une tour de bureau - peut réaliser des économies tout à fait considérables. Pas seulement en terme d'énergie mais d'économies globales en se penchant sur son installation d'éclairage compte tenu des progrès technologiques qui ont été effectués et qui sont en cours de progression permanente.

Dans le défaut que nous notons d'une connaissance approximative de la réalité de la lumière, il y a aussi le fait que bien des effets de la lumière sont peu connus. Je remercie en particulier l'enseignant chercheur de Paris VI, d'avoir un peu focalisé l'attention sur des aspects assez particuliers comme ceux des photorécepteurs. Un peu en décalage par rapport à ce qu'il a indiqué, je retiendrai plutôt l'image d'association de la lumière avec la vie plutôt que celle qui résultait de la fin de son propos quand il nous disait que les photorécepteurs étaient peut-être générateurs des mécanismes qui conduisent, dans certains cas, au cancer. Je rappellerai que dans cette même salle, il était arrivé l'an dernier de dire, pour faire sentir au fond combien la lumière a un impact sur chacun d'entre nous, combien nous avons des applications concrètes de la lumière qui sont particulièrement méconnues de la population alors qu'elles concernent finalement le grand public. Nous avons eu l'an dernier, dans cette même salle, un exposé particulièrement intéressant qui nous avait montré comment on soignait les dépressions saisonnières par les flux lumineux et avec quelle efficacité on arrivait à soigner par la lumière. J'avais rappelé, me semble-t-il, que si on ne fait plus d'exsanguino transfusion aux bébés qui naissent avec un ictère mortel, c'est tout simplement parce qu'on a trouvé qu'on pouvait se passer de vider le sang de certains bébés frappés de maladie à la naissance par le seul fait de

les exposer à de la lumière bleue ! Alors cette association de la lumière avec la notion de vie, pour moi, elle rejoint aussi le thème de notre rencontre d'aujourd'hui.

Alors, l'écologie de la lumière, c'est quoi ? C'est la lumière au cœur de la vie, donc la lumière au cœur de préoccupations différentes, au cœur des contradictions de la vie, au cœur du débat de la vie. Dans ce débat, je reviendrai sur la caractéristique que j'ai donnée en introduction de mon propos, à savoir, la potentialité considérable de progrès techniques déjà obtenus et non mis en pratique dans les installations de lumière. C'est ce qui me permet de dire que dans toutes les contradictions de l'utilisation de la lumière. Faut-il restreindre la lumière pour éviter certains dommages à l'environnement, faut-il éclairer davantage pour la sécurité ou pas la sécurité ? Nous sommes au cœur des débats normaux de la vie mais nous avons une grande chance compte tenu de ces progrès techniques qui sont inutilisés. C'est en nous mettant autour d'une table, en dialoguant ensemble et en prenant en compte ces progrès techniques que je constate qu'à chaque fois qu'une telle démarche est engagée, des progrès considérables sont faits dans toutes les directions, avec réductions des tensions et avec finalement des choix qui procèdent d'une amélioration globale de la satisfaction de tous les intervenants et les acteurs. Dans le thème qui nous occupait aujourd'hui, je voudrais signaler, par exemple, le groupe de travail qui a été animé par Monsieur Remande au sein de l'AFE au niveau national sur le thème justement de l'écologie de la lumière, de la préoccupation des astronomes, de la qualité du ciel nocturne, où effectivement, par cette méthode de partage du savoir et de la discussion, des progrès tout à fait considérables ont pu être réalisés, progrès qui viennent d'être reconnus même au niveau européen et qui marquent finalement tout l'intérêt de cette démarche de société savante de l'AFE

Je terminerai en vous disant que pour l'année prochaine, je connais déjà le souhait de notre Président Régional Rhône-Alpes qui est de vouloir poursuivre la démarche engagée avec un thème qu'il aimerait bien retenir qui consiste à apprendre la lumière aux autres. On est finalement au cœur de ce qui a été notre démarche initiée aujourd'hui. Je ne peux que l'encourager à poursuivre dans cette voie.

Vous aurez enfin, et je fais un peu de pub pour l'Association Française de l'Éclairage, pour ceux qui le souhaitent, la possibilité à la sortie de récupérer certaines brochures qui vous illustrent les différents travaux de l'AFE : les publications de recommandations du bon usage de l'éclairage, les formations que nous dispensons sous forme de cours à l'égard de tous ceux qui sont intéressés et un exemplaire de la revue LUX possédée par l'AFE et que beaucoup d'entre vous connaissent. Tous ces documents vous seront offerts à la sortie. Merci encore pour votre participation. Aux prochaines manifestations de la lumière de Lyon qui sont toujours merveilleuses.

RESUMÉS

Histoire récente de la lumière urbaine

1974-2004,

l'évolution des mentalités

Début 1974, le monde de l'éclairage est marqué par deux événements majeurs : le premier choc pétrolier d'octobre 1973 et l'introduction du mot « Ambiance lumineuse » dans les définitions de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Il s'agit ici de l'éclairage considéré sous ses effets physiologiques et psychologiques d'après le « Vocabulaire de l'Éclairage » de l'AFE. A l'époque, l'éclairage public était fonctionnel, concentré sur la sécurité automobile et réalisé principalement par des lampes à la vapeur de mercure. Ces atmosphères n'incitaient guère à la déambulation nocturne qu'on connaît aujourd'hui.

Grâce à une conjoncture politique et économique favorable en France, les communes, après s'être pourvues de grands équipements vont se lancer dans des campagnes de rénovation urbaine et de mise en valeur du paysage nocturne. Sans doute, les lois de décentralisation de 1982 ont ouvert les yeux des élus sur leur environnement mais elles ont aussi permis à des nouvelles idées d'éclorre. Ainsi, progressivement, une nouvelle façon de considérer la mise en scène de la ville par la lumière s'affirme en France. Hors des sentiers battus, concomitants à l'évolution des techniques en éclairage, de nouveaux intervenants apparaissent en milieu urbain : artistes, sculpteurs ou plasticiens, éclairagistes, concepteurs lumière, scénographes. La nouvelle illumination de la tour Eiffel par Pierre BIDEAU va en être le signal, fin 1985. A Lyon, Jean-Michel JARRE embrase la colline de Fourvière pour la venue du Pape en octobre 1986. Ce concert-spectacle hors norme conduira Michel NOIR et Henry CHABERT à initier le plan lumière de la Ville de Lyon en 1989 et une nouvelle pratique urbaine : l'Urbanisme Lumière.

Parallèlement, l'apparition de lampes miniatures de petite puissance et d'un blanc intermédiaire proche de l'incandescence ont conduit à une diversification des pratiques : sodium blanc de Philips (1986) et iodures métalliques d'Osram (1987). Dans le même temps, la création de projecteurs à optique circulaire compacts, réalisés au début sur mesure, va permettre une intégration architecturale progressive.

Les mises en lumière de la Rotonde de la Villette et les façades de la Grand rue de Cordes sont parmi les premières réussites de ces avancées conceptuelles et technologiques. L'exposé présentera ensuite quelques-unes de ces principales réalisations conçues par des concepteurs lumière et éclairagistes français sur des espaces publics.

Avec ce travail sur un éclairage urbain de très haute qualité environnementale, la lumière va progressivement être considérée comme un élément à part entière de notre espace de vie quotidien par les élus comme par les usagers eux-même. La lumière devient ainsi une source de plaisir, de confort, de rêve et d'émotions, pour l'usager, en révélant l'espace par ses couleurs. A côté de cette acception courante, une autre va voir le jour : la lumière peut être source de gêne, d'inconfort pour le citoyen en perturbant le champ visuel ou l'esthétique urbaine. La fusion de ces deux dimensions conduit à s'interroger sur la lumière urbaine actuelle de nos villes et la notion de maîtrise des ambiances urbaines nocturnes. Cette réévaluation de l'éclairage urbain est en cours par les professionnels dont les publications et les nombreux colloques démontrent l'envie d'échanger leur savoir-faire avec tous.

Vincent LAGANIER

Eclairage urbain et écologie

Vrais et faux débats

Pour introduire aux problématiques « éclairage urbain et écologie », trois entrées sont envisagées :

- la consommation d'énergie par l'éclairage,
- les impacts de l'éclairage sur le paysage céleste,
- l'éclairage comme outil de la qualité des espaces publics.

Quelles dimensions de l'écologie sont concernées par ces débats, et quelle est la pertinence de ces questionnements ?

Pour certains, l'éclairage urbain est une source de gaspillage électrique et de pollution, pour d'autres, un outil indispensable de diffusion massive de la lumière dans la ville. Quelles représentations culturelles et quelles influences sont à l'œuvre dans ces discours ?

Par ailleurs, nous constatons que l'éclairage urbanise le ciel, le paysage et le patrimoine commun. Y a-t-il dans cette tendance, de plus en plus marquée, matière à réflexion et à débat en termes environnementaux ?

Enfin, l'éclairage participe à la production de l'environnement urbain. L'espace public, support historique de notre urbanité, est maintenant sérieusement pris en compte dans les projets d'aménagement, la face nocturne fait figure de parent pauvre : pour quels usages éclaire-t-on et cette question relève-t-elle d'une écologie urbaine ?

Jean Michel DELEUIL

L'astronome et le réverbère

Qualité du ciel nocturne

Certains astres sont extrêmement lumineux mais ils sont aussi extrêmement éloignés. Tous nous apparaissent donc très faibles. L'histoire de l'astronomie observationnelle est celle de la quête de trop rares photons venus de très loin. Pour cela, depuis le XVII^e siècle, on s'est lancé dans une course sans fin vers le gigantisme des télescopes. Lyon, à sa mesure, a participé à cette évolution, dans ses observatoires successifs. Mais lorsqu'un grand télescope enregistre la lumière d'un astre, il enregistre aussi la lumière du ciel nocturne situé au premier plan. Nous dirons pourquoi ceci pose une limitation fondamentale à la brillance des objets détectables et pourquoi les astronomes recherchent les lieux où le ciel nocturne est le plus « noir » possible. Cette recherche est malheureusement tout à fait opposée à l'évolution des sociétés de type occidental où l'éclairage public se développe de façon souvent mal contrôlée. Il appartiendra un jour au politique de mettre un frein à cette illumination de nos nuits ou de décider de mettre un terme à la recherche astronomique sur notre planète.

Gilles ADAM

Régulation des plantes par la lumière

Mécanismes et cryptochromie

La lumière est un élément essentiel pour le développement des plantes. En effet, elle peut être perçue en tant que source d'énergie pour la photosynthèse et en tant que signal d'activation pour de nombreux processus physiologiques. Cette perception lumineuse est assurée par différents pigments ainsi la lumière « source d'énergie » est perçue essentiellement par les chlorophylles, alors que la réception de la lumière « signal » est assurée par deux autres catégories de pigments appelés phytochromes (pigments ne pouvant percevoir que la lumière rouge) et les cryptochromes (pigments ne pouvant percevoir que la lumière bleue).

Chez les végétaux, les cryptochromes sont impliqués dans le phototropisme (développement des plantes vers la lumière), la floraison ou l'entraînement des rythmes journaliers. Des pigments similaires aux cryptochromes et capables de percevoir la lumière bleue ont aussi été découverts chez les animaux tels que la mouche, la souris ou l'homme. Cependant, ces derniers semblent avoir un rôle limité à la régulation des rythmes journaliers. Un des sujet de recherche de notre laboratoire porte sur l'étude des modes de fonctionnement des cryptochromes animaux et végétaux ainsi que sur leur régulation afin de regarder si les fonctions de ces pigments ont été conservées au cours de l'évolution.

Jean-Pierre BOULY

Récupération et recyclage des lampes en fin de vie

Exemple dans le département de la Loire

Plusieurs faits ont été générateurs de cette démarche :

- les faibles quantités de produits dangereux et toxiques contenues dans les lampes au sodium et au mercure,
- l'activité de maintenance des installations d'éclairage public du SIEL (Syndicat Intercommunal d'Énergies du département de la Loire) productrice de milliers de lampes en déchets,
- l'aspect réglementaire définit par le décret 97-517 du 15 mai 1997.

Une étude préliminaire a alors été engagée en partenariat avec la Région Rhône-Alpes, le Département de la Loire, l'Agence de l'Eau RMC et l'ADEME. Elle a permis de caractériser la filière de récupération et le recyclage des lampes en fin de vie sur le territoire concerné avant sa mise en place sur le terrain en 1998. C'est ce que nous expliquerons plus en détail dans cet exposé.

Cette expérience devait servir de levier à une démarche globale sur l'ensemble du département. La filière s'est donc étendue à d'autres acteurs. Après quatre années de fonctionnement, le bilan est positif avec plus 70 000 sources traitées et 14 T de déchets recyclés à la fin de l'année 2001. Elle montre aussi le rôle initiateur d'une collectivité locale mutualisant ses services à l'échelle d'un département.

Michel DELRIEU

Éclairage urbain et économie d'énergie

Programme GreenLight

L'éclairage public est un point majeur du poste "énergie" des communes françaises, quelle que soit leur taille. En effet, les consommations pour ce poste représentent 45 % de leurs consommations totales d'électricité et 37 % des dépenses. En outre, les équipements sont souvent anciens et sont appelés à jouer un rôle de plus en plus important pour la sécurité routière et la lutte contre le vandalisme.

Au niveau européen, l'éclairage a un impact conséquent sur l'environnement puisqu'il représente autour de 40 % des consommations totales d'électricité du secteur tertiaire. Face à ces enjeux, la Commission Européenne a lancé le programme GREENLIGHT pour promouvoir des systèmes d'éclairage performants dans les locaux du secteur tertiaire et l'éclairage public. Il s'agit d'un programme volontaire dans lequel les partenaires s'engagent à réaliser une analyse et des travaux rentables d'amélioration de l'éclairage de l'ensemble de leur patrimoine (intérieur et extérieur). Ils s'engagent également à publier les résultats pour sensibiliser leurs pairs. Tous les types de maîtres d'ouvrages sont concernés, y compris les collectivités locales. Pour les aider, l'ADEME propose des conseils et des aides financières pour des études préalables (taux d'aide de 50 %) et des travaux exemplaires (taux d'aide 20 à 30 %).

Les travaux d'amélioration de l'éclairage public peuvent donc être classés en différentes catégories qui génèrent des économies financières, hors subventions diverses. Les pourcentages donnés ci-dessous sont non cumulables :

- vérification des comptages et de la tarification (10 % d'économie),
- maintenance préventive des sources lumineuses (15 % d'économie),
- remplacement des lampes à vapeur de mercure haute pression par du sodium haute pression (50 % d'économie),
- systèmes de commande (10 % d'économie),
- variateurs de puissance (30 % d'économie),
- télégestion (20 % d'économie).

Par exemple, la Ville de Sassari (Italie) a mis en place un système centralisé de variation de puissance sur 85 % de son parc, soit 45 appareils. L'économie réalisée s'élève à 172 551 €/an, grâce à une réduction des consommations de 30 %. Le temps de retour de l'investissement est de 3 ans.

Dominique FOURTUNE

Les nouvelles technologies d'éclairage

De l'électron...

à la conception lumière

L'innovation technologique est au cœur des préoccupations des fabricants d'appareils d'éclairage. Le but étant de mettre à la disposition des concepteurs lumière des systèmes d'éclairage performants tout en apportant des réponses aux contraintes environnementales tout au long du cycle de vie d'un produit. Cela commence par la prise en compte des critères environnementaux à la conception, la réduction de la consommation énergétique en fonctionnement jusqu'à la récupération des composants en fin de vie. La diminution des nuisances lumineuses est aussi un objectif prioritaire pour la préservation de l'environnement.

Les diodes électroluminescentes (DEL) à fort flux constituent une innovation technologique qui répond pour une large part à ces objectifs. Depuis ces quatre dernières années, leurs performances ont augmenté au même rythme que la technologie des semi-conducteurs avec un doublement des performances tous les deux ans. L'obtention d'importants flux lumineux par émetteur dans les couleurs primaires et en lumière blanche permet maintenant d'envisager l'illumination d'éléments architecturaux, la signalisation et l'éclairage fonctionnel des lieux publics.

Loïn de vouloir remplacer les lampes à décharge, ces nouvelles sources de lumière constituent une formidable opportunité pour innover dans l'éclairage urbain en apportant de la couleur et de l'éclairage dynamique dans des systèmes compacts et des solutions pour un développement durable. Deux exemples de réalisations illustrent ces défis : un luminaire compact pour l'éclairage architectural et un mat à multiples fonctions pour les places et les rues.

Jean-Michel MIQUEL

Liens Internet

autour des interventions

[Maire de Lyon](http://www.mairie-lyon.fr/)

<http://www.mairie-lyon.fr/>

[INSA de Lyon](http://www.insa-lyon.fr/)

<http://www.insa-lyon.fr/>

[UMR/CNRS 7632](http://pcmp.snv.jussieu.fr/)

[Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes](http://pcmp.snv.jussieu.fr/)

<http://pcmp.snv.jussieu.fr/>

[UMR/CNRS 5574](http://www-obs.univ-lyon1.fr/)

[Centre de Recherche Astronomique de Lyon](http://www-obs.univ-lyon1.fr/)

<http://www-obs.univ-lyon1.fr/>

[ANPCN](http://astrosurf.com/anpcn/)

<http://astrosurf.com/anpcn/>

[ADEME](http://www.ademe.fr)

<http://www.ademe.fr>

[GreenLight](http://www.eu-greenlight.org/)

<http://www.eu-greenlight.org/>

[SIEL](http://www.siel42.fr)

<http://www.siel42.fr>

[Philips Éclairage](http://www.eur.lighting.philips.com/)

<http://www.eur.lighting.philips.com/>

[ACE](http://www.ace-fr.org)

<http://www.ace-fr.org>

[AFE – site National](http://www.afe-eclairage.com.fr/)

<http://www.afe-eclairage.com.fr/>

[AFE – site Rhône-Alpes](http://www.atera-eclairage.org/)

<http://www.atera-eclairage.org/>

Biographie

Gilles ADAM

Étudiant les radiogalaxies lointaines, Gilles Adam est un observateur pointu de la cinématique des astres et du rayonnement émis/absorbé par les nuages de gaz. Au sein d'une équipe de spécialistes en astronomie de Saint Genis Laval, depuis une dizaine d'années, il a développé la technique de spectroscopie 3D et des instruments et logiciels, tel que OASIS, restés longtemps uniques au monde. Pour obtenir les performances maximales, une optique et des détecteurs de pointe sont nécessaires mais aussi un site où le ciel nocturne soit d'une qualité irréprochable ; c'est pourquoi il travaille aussi à Hawaïi ou aux Canaries.

Jean-Pierre BOULY

Depuis sa thèse sur l'étude du complexe AKIN chez l'*Arabidopsis thaliana* fin 1998, Jean-Pierre Bouly ne va cesser de travailler sur cette plante plus connue sous le nom de « Arabette des dames. » Ce modèle en physiologie végétale va le conduire en Écosse au sein du Biochemistry Department de l'Université de Dundee. En septembre 2002, il intègre le Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Moléculaire des Plantes de l'Université Paris 6. Sous la direction du Docteur Margaret Ahmad, il réalise actuellement une étude des cryptochromes chez l'*Arabidopsis thaliana*.

Jean-Michel DELEUIL

Auteur d'une thèse intitulée « Lyon la nuit, espaces, pratiques et représentations », d'une recherche post-doctorale sur « Genève la nuit », de diverses conférences et articles sur ce domaine depuis 1993, Jean-Michel Deleuil fait partie d'un laboratoire associant sciences de l'ingénieur et sciences sociales. Leur objectif : observer comment les dispositifs techniques de la ville rencontrent les usages des habitants. Dans ce cadre, il travaille sur de nombreuses techniques urbaines : la propreté, l'éclairage public ou les espaces publics.

Michel DELRIEU

Propriétaire et concédant des réseaux électriques de distribution sur 322 communes du département de la Loire, le Syndicat Intercommunal d'Énergies du département de la Loire, le SIEL, a développé différentes compétences comme l'éclairage public, les infrastructures de télécommunications, le gaz ou l'environnement. Depuis 1997, Michel Delrieu dirige une équipe de 17 personnes dans sa spécialité : l'électricité et l'éclairage. Son activité : maîtrise d'ouvrage / maîtrise d'œuvre de l'ensemble des travaux réalisés par le Syndicat sur les « réseaux secs ». Au total, 50 000 foyers lumineux sont suivis pour la maintenance et 9 millions d'Euros de travaux sont réalisés par an en éclairage public.

Dominique FOURTUNE

De 1984 à 1995, Dominique Fourtune est chargé de mission « énergie » au sein de la Délégation Régionale ADEME Limousin. En 1995, il passe au niveau national pour le développement des énergies locales et renouvelables et de la maîtrise de la demande de l'électricité. Début 1999, il est en charge d'actions visant à limiter les impacts des réseaux électriques sur l'environnement et à développer les technologies performantes dans l'éclairage public, les réseaux d'eau potable et l'assainissement.

Vincent LAGANIER

Fondateur et animateur du club « l'Envers du Décor » à l'École d'Architecture de Nantes de 1993 à 1996, Vincent Laganier a ensuite été assistant éclairagiste chez Concepto et Aartill. 2^{ème} Prix de Thèse de la Ville de Nantes en 1997 pour son travail « Lumière d'Agglomération », il est depuis 1998, membre de la commission AFE « Maîtrise des nuisances lumineuses » et conseiller en éclairage urbain au sein du LiDAC Outdoor Europe (Lighting Design and Application Centre) de Philips Lighting. Auteur d'articles publiés dans la presse spécialisée européenne sur l'architecture, la lumière, l'art et la scénographie, il donne également des conférences en France et à l'étranger sur ces thèmes.

Jean Michel MIQUEL

Chargé du développement et de l'innovation des systèmes optiques et des technologies associées pour des appareils d'éclairage intérieur et extérieur depuis 1998, Jean Michel Miquel dirige une équipe internationale d'ingénieurs opticiens et de spécialistes des matériaux. Ils conçoivent, développent et industrialisent des systèmes optiques intégrés aux luminaires pour l'éclairage public, architectural et décoratif intérieur et extérieur, industriel et de bureaux.

Roger NARBONI

Après un parcours d'artiste plasticien et de scénographe d'expositions de grande dimension, Roger Narboni fonde l'agence Concepto en 1988. Sa spécialité : la planification urbaine de l'éclairage et la conception de mises en lumière à l'échelle monumentale. Auteur de plusieurs livres « La lumière urbaine, éclairer les espaces publics », « La lumière et le paysage, créer des paysages nocturnes (éditions du Moniteur). Il a aussi initié des colloques sur la ville et la lumière. En 1995, il fonde l'Association des Concepteurs lumière et Eclairagistes (ACE) et devient son premier Président. Homme chef d'orchestre, il expérimente la direction artistique lumière en France et enseigne dans des cursus universitaires français. Depuis 2002, il est membre de la commission AFE « Maîtrise des nuisances lumineuses ».