

Impact énergétique et environnemental de l'éclairage : un enjeu pour l'avenir

L'éclairage artificiel consomme chaque année près d'un cinquième de l'électricité mondiale. Cependant, nous ne pouvons pas vivre sans éclairage car il garantit notre bien-être, notre sécurité et nous offre la possibilité de maintenir nos activités sociales pendant la nuit. Il est donc impensable de limiter ou même de réglementer l'utilisation des sources de lumière artificielle. La seule solution pour maîtriser la consommation énergétique est de s'orienter vers des systèmes d'éclairage innovants économes en énergie qui assurent une grande qualité de vie sans dilapider nos ressources. Aujourd'hui, une révolution se profile avec la LED ; tiendra-t-elle ses promesses ?

» Georges ZISSIS

Université de Toulouse ; Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie (LA PLACE).

georges.zissis@laplace.univ-tlse.fr

La longue histoire humaine de l'éclairage

Pendant des siècles, la société humaine a dû se contenter de l'utilisation du feu pour produire de la lumière. L'Homme a ainsi découvert, sans le savoir, un des deux procédés de production de lumière artificielle : l'incandescence.

Cependant des phénomènes comme la phosphorescence et la fluorescence montraient que la matière était capable d'émettre de la lumière sans qu'il soit besoin d'élever beaucoup la température. L'Homme a aussi voulu imiter les autres sources « naturelles » de la lumière qu'il connaissait, comme les lucioles, les minerais phosphorescents ou bien la foudre. Ces sources produisent de la lumière grâce au phénomène de la luminescence, bien plus efficace que l'incandescence. À l'époque, ce deuxième procédé est inexploité car ces sources sont soit très aléatoires, soit très difficiles à maîtriser (et par ailleurs l'efficacité énergétique n'était pas encore à l'ordre du jour).

Toutefois, durant cette longue période, l'Homme a toujours rêvé de mettre la foudre dans un bocal pour s'éclairer. C'est seulement au cours du XIX^e siècle qu'il a commencé à réaliser son rêve avec

l'arrivée de l'électricité. Cependant, le facteur déterminant pour que la lumière électrique domine le marché est un signe précurseur du développement durable : Edison a très vite réalisé que pour imposer son produit, il devait le « démocratiser ». Pour arriver donc à ce résultat, il a fallu apporter l'électricité chez les particuliers. Edison donc a créé la première société de production et de distribution d'électricité. Il s'agit ici d'un des premiers exemples d'une vision « systémique » de l'histoire. La société d'Edison existe encore aujourd'hui et elle est connue sous le nom du géant General Electric.

Éclairage et électricité

Consommation

L'éclairage électrique a profondément bouleversé notre vie quotidienne. Il serait inimaginable de s'en passer et son utilisation ne fait que croître. Aujourd'hui, du point de vue énergétique, l'éclairage consomme plus de 3418 TWh d'énergie électrique par an. Cette quantité représente approximativement 19 % de la production globale d'électricité mondiale [1] et un peu plus de 2 % des ressources énergétiques primaires.

Cependant, la situation varie d'un pays à l'autre. Ainsi la consommation énergétique d'un pays occidental pour l'éclairage varie entre 7 % et 15 % de sa propre consommation énergétique.

Plus précisément, la France consomme presque 12 % de son électricité pour l'éclairage dont 60 % par le secteur tertiaire, 10 % pour l'éclairage public et routier et 30 % pour l'éclairage domes-

tique (fig. 1). Il faut toutefois noter que ce dernier secteur a vu sa consommation multipliée par trois dans une période de deux décennies.

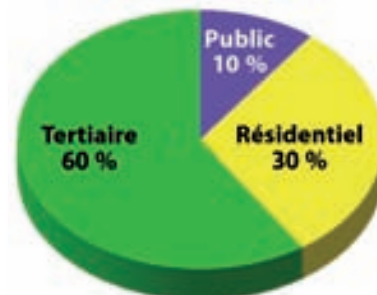


Figure 1. Répartition sectorielle de la consommation électrique correspondante à l'éclairage en France [1].

Aux États-Unis la consommation d'énergie électrique pour l'éclairage atteignait, en 2000, 659 TWh, ce qui représente 19 % de l'énergie électrique produite dans le pays (en valeur absolue, cette énergie équivaut à la production d'électricité combinée de la France et de l'Italie) [2]. En ce qui concerne maintenant les pays en voie de développement, la situation est différente. L'éclairage représente aujourd'hui la majeure partie de la consommation électrique : 30 % pour la Tunisie, presque 40 % pour le Madagascar et jusqu'à 86 % pour la Tanzanie (champion toutes catégories dans le domaine).

L'éclairage domestique prédominant s'explique facilement : la lumière étant un besoin intime de l'Homme, la mise en place de l'électrification s'accompagne en premier lieu de l'installation de lampes. Par ailleurs, dans ces pays, le coût de la lampe étant un facteur majeur, les

lampes à incandescence dominent le marché car les lampes « basse consommation » sont souvent inabordables. Ici encore, l'efficacité énergétique est délaissée au profit d'autres considérations...

Pollution

La production de l'énergie électrique pour satisfaire les besoins en éclairage entraîne inévitablement une pollution de l'environnement. On estime qu'elle engendre chaque année quelques 1900 millions de tonnes métriques de CO₂ contribuant à l'effet de serre.

La croissance à un rythme soutenu de la population mondiale avec, malgré tout, une progression du niveau de vie de la population et l'électrification de nouvelles régions du globe désormais éclairées à l'électricité, soulignent bien l'impact de l'éclairage sur la balance énergétique mondiale et nationale. Par ailleurs, les travaux de Mills [3], ont montré une relation quasi-linéaire entre le produit intérieur brut et la consommation énergétique pour l'éclairage par tête (fig. 2).

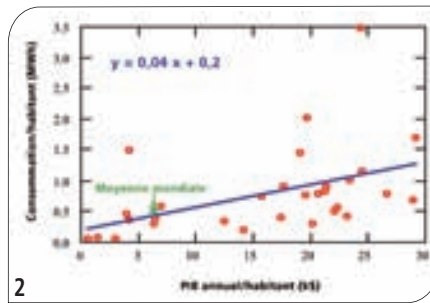


Figure 2. Une relation remarquable entre le PIB et la consommation énergétique pour s'éclairer [3] : la lumière est un signe extérieur de richesse !

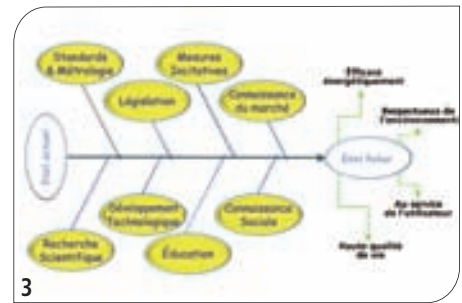


Figure 3. Comment satisfaire les besoins futurs en éclairage sans compromettre les ressources énergétiques et environnementales ?

Nous avons donc aujourd'hui la certitude que les besoins en éclairage de l'humanité ne feront que croître. On pourrait s'attendre à un facteur de l'ordre de deux pour les deux décennies à venir, mais il faut toutefois noter que certaines études, tenant compte de l'augmentation de la demande de l'humanité en éclairage, montrent qu'en utilisant simplement de façon plus raisonnée les sources existantes nous pourrions économiser entre 10 et 15 % de l'énergie

consommée pour l'éclairage dans la décennie à venir, mais d'autres donnent les résultat inverses...

Des solutions pour demain

Comment satisfaire cette croissance sans que la demande énergétique du secteur progresse dans la même proportion ? Une première réponse à cette question consisterait à mettre sur le marché des sources de lumière d'une efficacité >>>

HORIBA
Scientific

Micro-Analyse Moléculaire
Spectroscopie Raman
Fluorescence
SPRI
EDXRF

Spectroscopie Optique
Réseaux de Diffraction
Détecteurs
Spectromètres OEM
Monochromateurs

Explore the future

Caractérisation de Surfaces & de Couches Minces
Ellipsométrie
Cathodoluminescence
GD-OES

Analyse Élémentaire
ICP-OES
Analyseurs C/S & O/N/H
Analyseurs S & Cl dans les huiles

Analyse Granulométrique
Diffraction laser
Diffusion dynamique

Sciences Criminalistiques
Logiciel de traitement d'images
Sources de lumières

www.horiba.co a.d.sci@ho

Explore the future

Automotive Test Systems | Process & Environmental | Medical | Semiconductor | Scientific

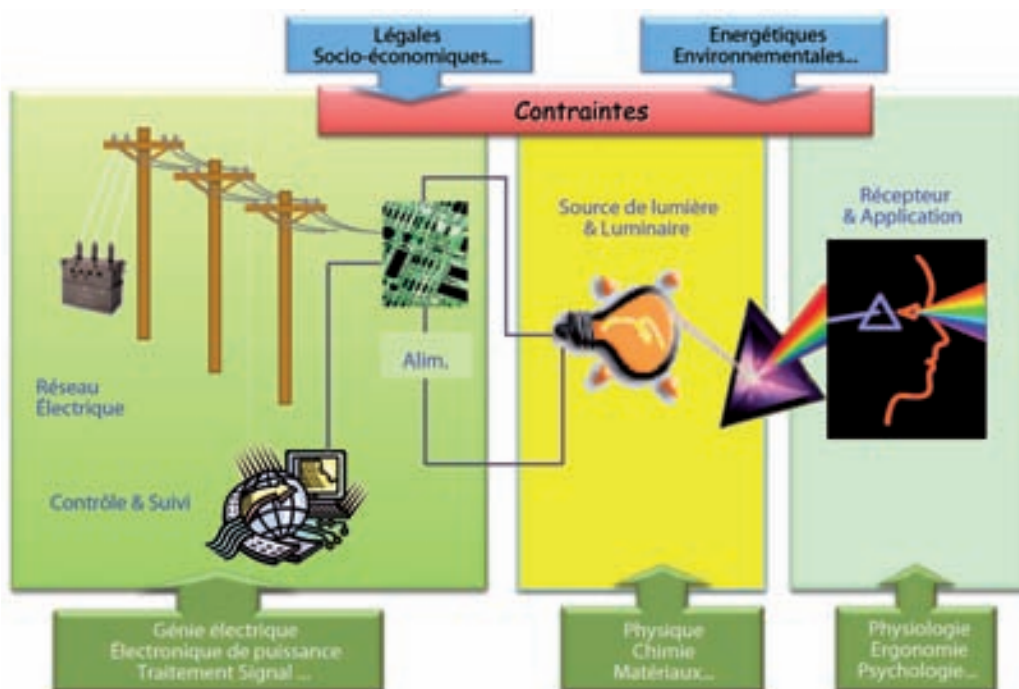


Figure 4. L'optimisation d'une source de lumière ne peut pas être réaliste sans prendre en compte l'intégralité du système allant de la source de puissance au photorécepteur. Il s'agit d'une étude vraiment pluridisciplinaire !

accrue. Cependant, comme nous le verrons plus tard, la réponse est bien plus complexe que cette première approximation. En réalité la réponse relève à 100 % du développement durable. La figure 3 illustre de façon très synoptique des moyens que nous devons mettre en œuvre pour répondre à cette question. Le système d'éclairage futur issu de ce processus doit évidemment satisfaire les besoins en lumière, mais il doit respecter les ressources énergétiques et environnementales, contribuer à la qualité de vie de l'Homme et être au service de l'utilisateur.

Les qualités demandées touchent de plus en plus à l'aspect chromatique des sources, à leur durée de vie et à leur stabilité (chromatique en particulier) ainsi qu'à des conditions d'emploi adaptées. Augmenter la durée de vie de la lampe, améliorer son rendu de couleur, miniaturiser la source et le système, supprimer le mercure et autres éléments toxiques sans perte d'efficacité, obtenir une mise en régime instantanée, etc. ; voilà bien des objectifs intéressants pour le futur. Cependant, si l'on veut réussir le pari d'une meilleure source de lumière, économe, respectueuse de l'environne-

ment et contribuant à l'amélioration de la qualité et du confort de vie, on doit traiter tous les aspects d'un système complexe, ce qui ne peut se faire que par le biais d'une étude vraiment pluridisciplinaire (fig. 4).

Ainsi, à l'aube du 21^e siècle, le monde de l'éclairage électrique est à nouveau en effervescence comme il le fût cent ans plus tôt, lors de la démocratisation de la lampe à incandescence. Aujourd'hui, pendant que l'incandescence tire sa révérence, nous vivons une vraie révolution grâce à l'arrivée d'un « intrus » venant du monde du semi-conducteur : la LED (light emitting diode).

En 1968, la première LED produisait une très faible lumière rouge : impossible même de songer à une application éclairagiste. Puis, bien que le flux lumineux ait augmenté à une vitesse frénétique, la LED s'est cantonnée à des applications signalétiques. Mais l'invention de la LED bleue en 1992 a ouvert la voie vers la production de composants de puissance et de la lumière blanche. L'éclairage ainsi devenu une cible accessible, une voie de croissance inespérée s'offrait à l'industrie du semi-conducteur, déprimée par la crise des télécom-

munications. Incités par l'industrie, les pouvoirs publics consentirent de vastes investissements dans la R&D et une longue phase de maturation démarrait. Aujourd'hui, tous les indicateurs montrent que cette phase touche à sa fin.

Des produits éclairagistes fiables et dignes de ce nom commencent à être commercialisés, des installations pilotes démontrent la validité du concept, la technologie se démocratise, elle devient même « à la mode ».

Conclusion

Les LEDs vont-elles remplacer les autres sources de lumière ? Pour

y répondre, il faut prendre en compte non seulement des considérations technologiques, mais, il faut surtout placer les LEDs dans les contextes énergétique et économique contemporains. La question est loin d'être tranchée. Cependant, le monde de l'éclairage subit une pression considérable afin d'amortir les investissements souvent au détriment de l'utilisateur final, qui risque d'être déçu irréversiblement par des produits de piètre qualité qui polluent le marché et des affirmations à la limite du mensonge qui portent tort à une technologie prometteuse.

Quant aux LEDs organiques (OLEDs), elles font actuellement l'objet de recherches intensives et elles commencent à être commercialement disponibles... Imaginez ce que peut faire un concepteur lumière avec des feuilles plastiques émettant de la lumière ; une nouvelle révolution se dessine ! ■

Références

- [1] Données de l'International Association for Energy Efficient Lighting, accessibles sur le site web <http://www.iaeel.org/>
- [2] SCHOLAND M., BRODRICK J., PETROW E., "Lighting Energy Consumption Trends and Conservation Opportunities in U.S. Buildings", Présentation au 1st COST-529 meeting, Toulouse (France), June 2002
- [3] MILLS P., "Why we're here: The \$230-billion global lighting energy bill", Proc. 5th Right Light Conference, pp. 369-385, Nice (France), May 2002.