



LES TECHNOLOGIES D'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL SOUS L'ANGLE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ce document traite des technologies des sources de l'éclairage artificiel, sujet actuel et en constante évolution, sous l'angle de la consommation d'énergie, élargie aux problématiques environnementales.

Il ne constitue pas un guide de l'éclairage.

Cet article est ouvert : vos réactions, avis, commentaires, retours d'expérience, sont souhaités.

Une synthèse en sera faite et intégrée au document initial.

TABLE DES MATIÈRES

OBJECTIF DE CET ARTICLE	2
GÉNÉRALITÉS	2
VOCABULAIRE DE BASE	2
1.LES LAMPES À HALOGÈNE :	5
2.LES LAMPES À DÉCHARGE :	5
2.1.Principe de fonctionnement :	5
2.2.Les lampes à décharge les plus courantes :	5
2.2.1Les lampes à décharge basse pression :	5
2.2.2Les lampes à décharge haute pression :	6
3.LES BALLASTS :	6
3.1.Le premier : le Ballast ferromagnétique :	6
3.2.Le Ballast électronique :	6
4.LES LED :	7
4.1.Principe de fonctionnement :	7
4.2.Avantages et inconvénients des lampes à LED :	8
4.3.Exemples de LED :	8
4.4.Efficacité lumineuse :	9
4.5.Évolution de l'efficacité lumineuse des sources dans les 20 prochaines années :	9
5.DÉPENSES COMPARÉES DE DIVERSES SOLUTIONS D'ÉCLAIRAGE :	10
6.LE RECYCLAGE	10
6.1.Organisation de la collecte et du recyclage :	11
6.2.Recyclage d'un tube fluorescent, en pourcentage de sa masse :	11
7.ÉPILOGUE PROVISOIRE :	12
8.ANNEXES	13



OBJECTIF DE CET ARTICLE

Il a pour ambition d'établir une synthèse d'accès simple aux maîtres d'œuvre comme aux maîtres d'ouvrage concernant les technologies d'éclairage artificiel, sous l'angle de la maîtrise de l'énergie mais aussi des impacts sur l'environnement et la santé.

Ce thème étant en continuelle évolution, le présent document devra être régulièrement mis à jour.

GÉNÉRALITÉS

Depuis 1878 et la première lampe à incandescence de J. SWAN puis les améliorations de T. EDISON, les progrès technologiques ont permis d'éclairer plus en consommant moins d'électricité. Pour mémoire, rappelons qu'avant l'électricité, on utilisait pour s'éclairer la bougie, les lampes à huiles et les lampes à gaz.

Il existe aujourd'hui quatre types principaux de sources électriques d'éclairage, chaque type comportant des sous catégories :

- La lampe à incandescence (ampoule standard, lampe à halogène) qui produit de la lumière par l'incandescence d'un filament métallique.
- La lampe à décharge, qui est une lampe constituée d'un tube ou d'une ampoule en verre rempli de gaz ou de vapeur métallique, sous haute ou basse pression, au travers duquel on fait passer un courant électrique ; il s'ensuit une production de photons donc de lumière.
- La lampe à induction, qui fonctionne sur le principe d'une lampe à décharge (ionisation d'atome de gaz) mais sans électrode : le gaz s'illumine sous l'effet d'un champ magnétique (créé par une antenne) et d'une poudre fluorescente.
- La LED (ou DEL en français) où la création de photons se fait par un procédé électronique.

VOCABULAIRE DE BASE

- Le flux lumineux s'exprime en lumens (lm) :

C'est la quantité d'énergie émise par une source sous forme de rayonnement visible dans toutes les directions, par unité de temps.

- L'efficacité lumineuse s'exprime en lumens par Watt (lm/W) :

Elle exprime le rendement énergétique d'un équipement d'éclairage, c'est-à-dire le rapport entre un flux lumineux produit (exprimé en lm) et la puissance électrique absorbée exprimée en Watt (W). Il faut distinguer trois efficacités lumineuses, suivant que l'on tient compte :

- de la source lumineuse seule,
- de la source lumineuse et de son alimentation électrique (transformateur, redresseur, ballast...),
- de la source lumineuse, de son alimentation électrique et des pertes optiques de l'installation (diffuseur, réflecteur...)

- La température de couleur d'une source lumineuse s'exprime en degré Kelvin (K) :

La température de couleur, c'est la couleur apparente émise par une source lumineuse blanche. Elle s'exprime en degrés Kelvin (0 K = -273°C). Les lumières de teintes « chaudes » tirent sur le jaune-rouge et ont une température de couleur inférieure à 3 000 K (2 000 à 2 900 K pour les lumières à incandescence). Les lumières de teintes « froides » tirent sur le bleu-violet et ont une température de couleur comprise entre 5 000 et 10 000 K (6 500 K pour les sources de teinte dite "lumière du jour").



Selon la règle de *Kruithof*, plus la couleur apparente est « chaude » plus la température de couleur est faible. Exemple :

- La lampe à incandescence a une température de couleur de 2400 K ; or cette couleur est dite « chaude ».
- A contrario, les tubes fluorescents ont des températures de couleur allant jusqu'à 6500 K leurs couleurs sont plutôt « froides ».

Important : les températures de couleur chaude sont compatibles avec les faibles niveaux d'éclairage alors que les températures de couleur froides ne sont bien acceptées que dans les niveaux d'éclairage élevés.

- Indice de rendu des couleurs « IRC » (en %) :

Cet indice compris entre 0 et 100 définit l'aptitude d'une source lumineuse à restituer les différentes couleurs des objets qu'elle éclaire, par rapport à une source de référence.

. La lumière solaire a un IRC de 100, tandis que des lampes à vapeur de sodium basse pression (utilisées dans les tunnels routiers par exemple) ont un IRC de 20.

Dans les magasins, les locaux scolaires ou les bureaux, l'IRC devrait toujours être supérieur à 80.

Voici les différentes classes de rendu des couleurs selon la DIN (réglementation allemande) :

Tableau 1: Classe de rendu des couleurs

Classe de rendu des couleurs	1-A	1-B	2-A	2-B	3	4
Indice de Rendu des Couleur en %	90-100	80-89	70-79	60-69	40-59	20-39
Utilisations	Ateliers de dessin, de peinture, magasins de textile...	Bureaux, établissements scolaires...				Autoroutes, surveillances de parking

D'autres dimensions se rencontrent sur le thème de l'éclairage : ils ne sont pas directement spécifiques aux sources de lumières. En particulier :

La brillance :

qu'on appelle aujourd'hui luminance, d'une source de lumière s'exprime en candéla/cm² (jadis en « bougies ») :

Cette notion est indissociable du couple lampe / luminaire : les sources de forte puissance et de petite dimension sont éblouissantes lorsque, non protégées, elles se situent dans le champ visuel.

Les fortes différences de luminance dans le champ visuel provoquent des éblouissements par contraste de luminance.

Le niveau d'éclairage d'un plan de travail s'exprime en lux.

C'est le résultat mesurable de l'émission de lumière d'une source, de la qualité du luminaire qui supporte la source, de la réflexion des parois de la pièce.



Tableau 2: Tableau synthétique des principales sources lumineuses destinées à l'éclairage d'ambiance disponibles sur le marché :

	Lampe à incandescence	Tube fluorescent	Lampe au sodium basse pression	Lampe à iodure métallique	Lampe au sodium haute pression	Lampe fluo compacte	LED de puissance	Lampe à induction****
Puissance W	25 à 100	18 à 80	35 à 1000	70 à 2000	35 à 1000	5 à 55	0.2 à 5**	55 à 165
Flux lumineux lm	220 à 1 420	1 350 à 6 000	1300 à 32 000	5 900 à 189 000	1 300 à 13 000	250 à 4 800	12 à 100	3 500 à 12 000
Efficacité lumineuse lm/W	9 à 15	14 à 100	100 à 200	76 à 95	32 à 150	50 à 70	10 à 30, ***	65 à 70
Durée de vie h	1000	8 000 à 20 000	16000	10 000 à 18 000	12 000 à 25 000	5 000 à 15 000	50000	60000
IRC	1-A	2-B à 1-A	4	1-B	4*	1-B	2-A à 1-B	1-B
Température de Couleur K	2 400 à 2 700	2 700 à 6 500	2000	3 000 à 4 200	2000	2 700 à 4 000	2 500 à 18 000	2 700 à 4 000
Exemples d'utilisation	Eclairage domestique, éclairage à forte intermittence	Secteur tertiaire de bureaux, de grands volumes comme les gymnases, mais aussi Ateliers de l'Industrie	Eclairage urbain	Eclairage architectural et urbain	Eclairage architectural et urbain	Eclairage domestique, circulations communes, bureaux	Balisage, éclairage urbain, éclairage domestique Feux tricolores	Endroit où la maintenance est difficile et dans des endroits isolés

* Certains fabricants parviennent à un rendu des couleurs pour la lampe au sodium HP plutôt acceptable.

** Les LED sont généralement utilisées en module de plusieurs LED, souvent de différentes couleurs ; nous donnons ici les puissances d'une LED seule de couleur blanc chaud.

*** On trouve des annonces jusqu'à 75 lm/W. L'écart constaté entre les efficacités lumineuses des LED provient de la diversité de fabrications des LED et peut-être d'un marketing agressif. Par ailleurs, les LED sont souvent associées en modules de plusieurs LED, certains fabricants combinent différentes couleurs, aux efficacités lumineuses différentes.

**** Les LED ont en général une température de couleur compris entre 7000K et 10000K. En fait les LED peuvent couvrir une gamme de température de couleur plus étendue. Certains fabricants proposent des LED dites "warm white" qui permettent d'avoir une température de couleur inférieure à 5000K. Par exemple, la société Nichia propose différents produits couvrant une gamme de température de couleur s'échelonnant de 2500K à 18000K. Voir aussi chez Philips

***** La lampe à induction est une lampe à décharge fluorescente, dont les électrodes sont remplacées par un champ magnétique haute fréquence.

Remarques :

- les lampes à halogène, dont les lampes dichroïques, sont des lampes à incandescence améliorées en terme de durée de vie (2000 à 4000 h) et de rendement lumineux. On reste toutefois très loin des performances des lampes à fluorescence.
- Les lampes à iodes des voitures sont des lampes à halogène, donc à incandescence, d'une efficacité lumineuse comprise entre 10 et 17 lm/W, et d'une durée de vie de 1000 à 2000 h.
- Les lampes à incandescence, les lampes à fluorescence avec ballast électronique adapté, peuvent être graduées.



1. LES LAMPES À HALOGÈNE :

Les lampes à halogènes se sont multipliées dans le secteur domestique pour remplacer les lampes à incandescence de base. Leurs principaux atouts : une lumière agréable, une bonne compacité, à quoi on peut rajouter un rendement lumineux amélioré (par rapport à l'incandescence) et une durée de vie augmentée. Elles sont aussi présentes dans les domaines de l'automobile, du spectacle et souvent dans les endroits qui accueillent du public.

Les principales caractéristiques de ces lampes sont une température de couleur élevée et un IRC de bonne qualité, mais elles ont une durée de vie bien plus faible (2 000 à 4 000 h pour les meilleures) et une consommation électrique bien plus importante que les lampes à fluorescence.

Les lampes à halogène sont très courantes dans le monde du spectacle (théâtre, concert, circuit automobile...) où elles sont à ce jour irremplaçables en raison de leur souplesse d'utilisation (allumage et extinction rapides et multiples); certains professionnels se sont posés la question de remplacer les lampes à halogène par des modules de LED. En fait dans ces applications là, les temps de fonctionnement à pleine puissance sont faibles, ce qui limite leur consommation.

Par contre dans l'habitat il est plus économe de remplacer les lampes à incandescence par des lampes à fluorescence que par des lampes à halogène. Cela permet d'avoir une consommation moins importante et une durée de vie supérieure. Les LED ne rivalisent pas au niveau de la température de couleur avec les lampes à halogène, pour un rendement lumineux équivalent.

Les lampes à halogène ont comme les lampes à incandescence de base le défaut de ne pas être recyclables.

2. LES LAMPES À DÉCHARGE :

2.1. Principe de fonctionnement :

Les molécules du gaz métallique utilisé ont la faculté de pouvoir se ioniser lorsqu'elles sont soumises à la différence de potentiel créée entre les électrodes situées de chaque côté de la lampe. Les électrons libérés sont attirés par une des électrodes et les ions positifs par l'autre. Un énorme flux d'électrons traverse l'ampoule ou le tube.

Au cours du passage de ce flux d'électrons se produisent de nombreuses collisions entre les électrons libres et ceux présents dans le gaz de la lampe. Lors de ces collisions, les électrons des atomes sont chassés de leur orbite, changent de couche et y reviennent. Ce phénomène entraîne la création d'un photon dont la longueur d'onde (sa couleur) dépend de l'énergie qu'il contient mais elle est habituellement comprise dans le spectre du visible ou de l'ultraviolet.

Il existe différents gaz métalliques, leur choix est fonction de leurs applications et de leurs couleurs. Les plus utilisés sont le krypton, l'argon, les vapeurs de sodium, le xénon. La vapeur de mercure, jadis très courante, est souvent remplacée par des iodures métalliques, moins polluantes et donnant un meilleur rendu des couleurs.

Les lampes à fluorescence contiennent un peu de mercure sous forme de vapeur, ce qui justifie l'obligation de recyclage qui leur est appliquée.

2.2. Les lampes à décharge les plus courantes :

2.2.1 LES LAMPES À DÉCHARGE BASSE PRESSION :

- Les tubes fluorescents :

Le principe de fonctionnement repose sur la fluorescence, une décharge électrique traverse un gaz qui émet une première lumière ultraviolette invisible. Cette lumière rencontre ensuite une poudre fluorescente (qui recouvre la paroi interne de l'ampoule ou du tube) et donne naissance à de la lumière "visible". Leur efficacité lumineuse atteint près de 100 lm/W. Ce sont les sources lumineuses les plus utilisées dans le domaine du tertiaire.

L'IRC varie de 25, parfois acceptable dans l'industrie, jusqu'à 95, en passant par les valeurs moyennes de 84 généralement considéré comme acceptable dans les bureaux.

- Les lampes fluo compacte :

Le principe de fonctionnement est le même que celui des tubes fluorescents pour des performances énergétiques légèrement moindre. Les améliorations apportées par ces lampes par rapport aux tubes portent sur leur faible encombrement relatif et la variété de leurs formes, et donc une variété d'utilisation plus importante, ainsi que leur capacité à remplacer des lampes à incandescence.

- Les lampes à vapeur de sodium basse pression :

ce sont les plus efficaces elles produisent jusqu'à 200 lm/W mais leur IRC est très faible, elles sont surtout utilisées dans l'éclairage périurbain.



2.2.2 LES LAMPES À DÉCHARGE HAUTE PRESSION :

- Les lampes à iodure métallique (ou métal halide en anglais) :

ces lampes produisent une lumière presque blanche et atteignent 100 lm/W, elles sont souvent utilisées dans des grands volumes (parking, magasin, immeuble, terrains de sports...), mais aussi en éclairage d'accentuation dans les magasins, les halls, les musées.

Elles nécessitent un appareillage spécifique d'amorçage, généralement situé en dehors de la lampe. L'ensemble est assez encombrant.

- Les lampes à sodium haute pression :

elles produisent jusqu'à 150 lm/W, selon un spectre de lumière plus large que celui des lampes à sodium basse pression. Elles ont des utilisations comparables à celles des lampes à iodures métalliques, et sont aussi utilisées pour l'éclairage public, pour les mise en valeur architecturales à l'intérieur comme à l'extérieur, et pour la photo assimilation artificielle dans la culture des plantes.

- Les lampes à vapeur de mercure :

cette lampe est la lampe haute pression la plus ancienne, longtemps utilisée en éclairage public. Elle a été remplacée dans la majeure partie des utilisations par des lampes à iodures métalliques et des lampes à vapeur de sodium haute pression, pour des raisons environnementales, et un mauvais rendu des couleurs.

3. LES BALLASTS :

Les économies d'énergies ne sont pas uniquement dues à la lampe. En effet si l'amélioration de l'efficacité lumineuse a permis de réduire la puissance électrique des lampes à fluorescence, toutes ces lampes ont besoin pour fonctionner de « ballasts ». Cet équipement est lui aussi en continuel évolution technologique afin d'améliorer son rendement et limiter les perturbations qu'il peut induire au niveau du réseau de distribution électrique.

Les ballasts sont nécessaires à tout circuit électrique qui possède une résistance négative (une lampe à fluorescence par exemple). Si un tel dispositif était connecté à une source de tension constante, le courant augmenterait sans cesse jusqu'à la destruction de la source de tension. Pour éviter cela, un ballast fournit une résistance positive permettant de limiter le courant au niveau désiré. Dans un [tube fluorescent](#), le rôle du ballast est double: il permet de fournir la haute tension nécessaire à l'allumage du tube puis, une fois le tube allumé, il permet de limiter le courant le traversant.

3.1. Le premier : le Ballast ferromagnétique :

Souvent utilisé pour les tubes fluorescents les ballasts ferromagnétiques posèrent un sérieux problème de poids et de volume qui limita longtemps les applications des lampes à économie d'énergie. Ce n'est que vers le milieu des années 1980 que les premières lampes fluo compactes à alimentation électronique seront mises sur le marché. Et peu à peu les ballasts ferromagnétiques vont disparaître pour faire place aux ballasts électroniques qui ont beaucoup d'avantages.

3.2. Le Ballast électronique :

Un ballast électronique utilise un circuit à semi-conducteur afin de fournir un démarrage plus rapide tout en étant capable d'alimenter plusieurs lampes. En général, les ballasts électroniques augmentent la fréquence de fonctionnement des lampes à 20kHz ou plus afin d'éliminer le « papillotement » à 100Hz (ou 120Hz) soit deux fois la fréquence d'alimentation. De plus, le rendement des lampes fluorescentes augmente de 9% aux environs des 10kHz puis continue à augmenter lentement jusqu'à 20kHz. L'augmentation de la fréquence permet donc d'augmenter le rendement énergétique de l'ensemble lampe-ballast. Simultanément le ballast électronique augmente la durée de vie des lampes d'environ 50%.

Tableau 3: Exemple de classification des ballasts par le C.E.L.M.A. (ensemble des syndicats européens de l'éclairage):

Exemple des 7 classes IEE pour une lampe T8 (T26)			
Classe	Description	Puissance du système	Consommation ballast
D	Ballasts magnétiques à forte pertes	>45 W	+ de 9 W
C	Ballasts magnétiques à pertes moyennes	<45 W	9 W
B2	Ballasts magnétiques à faible pertes	<43 W	7 W
B1	Ballasts magnétiques à très faibles pertes	<41 W	5 W
A3	Ballasts électroniques	<38 W	2 W
A2	Ballasts électroniques à pertes réduites	<36 W	0 W
A1	Ballasts électroniques graduable	<38/19 W (de 100 % à 25 %)	2 W



Évolution de la réglementation concernant l'utilisation des différents types de ballast :

- 21 mai 2002 fin d'utilisation des ballasts de classe D.
- 21 novembre 2002 fin d'utilisation des ballasts de classe C.

L'objectif est que pour janvier 2006 le ballast électronique et les luminaires équipés de ces ballasts représentent la majorité du marché européen en éclairage tertiaire.

Illustration 1: Exemple de ballasts électroniques :



4. LES LED :

LED = acronyme de « Light Emitting Diode », soit en français « diode électroluminescente »

4.1. Principe de fonctionnement :

Les diodes électroluminescentes sont constituées de plusieurs couches de semi-conducteurs qui transforment directement le courant électrique en lumière. Comment ? Lorsque le semi-conducteur est traversé par un courant électrique, certains électrons perdent une partie de leur énergie en changeant de couches. Au cours de ce processus, cette énergie « perdue » est restituée sous forme de photons c'est-à-dire d'énergie lumineuse.

Une LED diode émet une lumière monochromatique. La couleur de la LED dépend du mélange des matériaux semi-conducteurs utilisés ou du convertisseur disposé sur la surface émettrice. Par combinaison de semi-conducteurs, on produit des couleurs très variées. Le rendement énergétique est fonction des semi-conducteurs utilisés et de leur nombre.

Matériaux utilisés :

Les semi-conducteurs courants sont constitués à base de nitrure de Gallium (GaN).

On commence à rencontrer des semi-conducteurs constitués à base de matériaux organiques (OLED) et même de Polymères (PLED).

De quelques millimètres à peine, les LED pourraient devenir une alternative aux sources de lumière conventionnelles dans certains domaines de l'éclairage général.



4.2. Avantages et inconvénients des lampes à LED :

Avantages	Inconvénients
Allumage instantané	Coût d'investissement supérieur aux solutions traditionnelles
Très longue durée de vie	Faible qualité d'éclairage (IRC) même si en constante évolution
Moins (ou pas) de maintenance	Phénomène de « halo » sur les LED blanches à partir de lumière bleu et jaune
Insensibilité aux allumages répétés et aux basses températures	Très fort danger pour les yeux en raison d'éblouissements dues à la forte luminance des LED.
Directivité large (15° à 120°)	
Contrôle de l'intensité lumineuse par variation de tension d'alimentation	
Contrôle de la température de couleur par mélange de LED colorées	
Utilisation possible à basse puissance et basse tension (directement sur batteries)	
Large gamme de couleurs possibles (sans filtre)	
Petite taille et esthétique (par rapport aux lampes basse consommation)	
Peu d'émission de chaleur	

4.3. Exemples de LED :

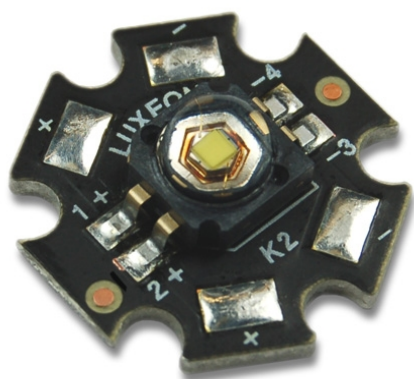


Illustration 2: Lumileds Luxeon K2 Philips lumiled

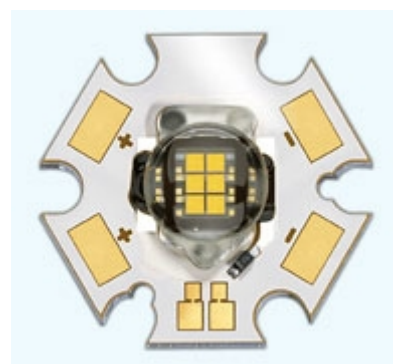


Illustration 3: Osram Ostar

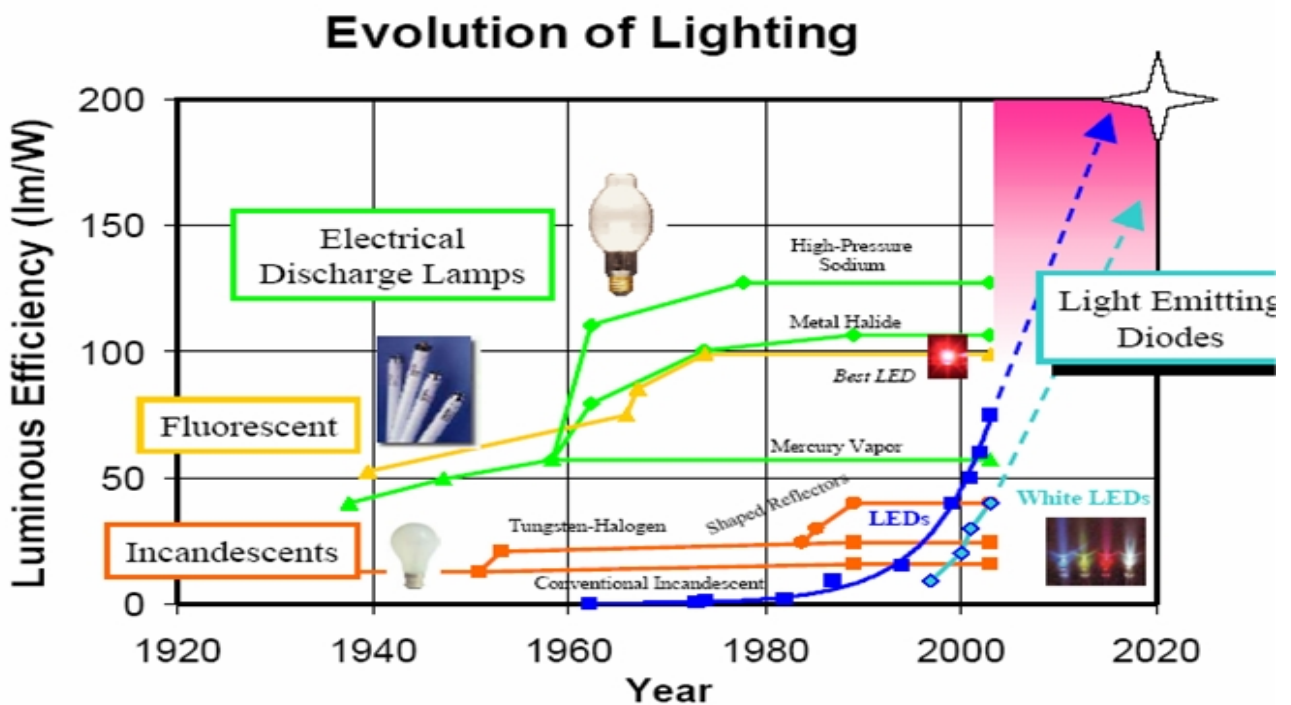
4.4. Efficacité lumineuse:

Selon les types de LED, le rendement lumineux effectif des lampes disposant d'un rendu des couleurs correct est compris actuellement entre 10 et 20 lm/W chez les grands de l'éclairage (OSRAM, PHILIPS). L'efficacité des leds monochromatiques bleues et les leds blanches est supérieure mais n'excède pas les 40 lm/W, alors que les vertes peuvent avoir un rendement bien plus élevé (jusqu'à 100 lm/W selon certains fabricants), soit une grande disparité dans les performances et les couleurs.

La limite théorique d'une source qui transformerait intégralement toute l'énergie électrique en lumière visible est de 683 lm/W ; pour cela il faudrait qu'elle possède un spectre monochromatique de longueur d'onde 555nm. Une LED peut s'en approcher mais, à l'heure actuelle, nous en sommes loin.

Les performances des LED sont limitées par l'IRC qui, suivant la source, peut être médiocre.

4.5. Évolution de l'efficacité lumineuse des sources dans les 20 prochaines années :



Source : Future electronics.

Ce tableau nous montre le potentiel d'évolution des LED, les fabricants tablent sur une progression de l'efficacité lumineuse de 25% par an. Ils espèrent que les LED remplaceront les lampes classiques dans le domaine de l'éclairage urbain et qu'elles prendront place dans l'éclairage domestique.



5. DÉPENSES COMPARÉES DE DIVERSES SOLUTIONS D'ÉCLAIRAGE :

On compare le coût total matériel + électricité d'installations avec lampes à incandescence, tubes fluorescents avec ballasts B2 (ferromagnétiques à faibles pertes) et tubes fluorescents avec un ballast A2 (électronique à pertes réduite) produisant un même flux lumineux pendant 10 000 h.

Exemple : bureau de 12,5 m², besoin à assurer 200 lux, donc 400 lm/m² pour un rendement global d'éclairage de 50%, soit environ 5000 lm,

Les solutions examinées	Puissance source lumineuse en W	Puissance consommée en W	Durée de vie en h	Prix d'achat en € HT	Prix des matériels pour 10 000 h en € HT	Consommation d'électricité en kWh	Dépense d'énergie en €	Dépense totale en €
Lampes à incandescence	100	5*100=500	1 000	2,23	10 lampes = 22,3€	0,5*10000 =5000	395	417,3
Tubes fluorescents avec ballast ferromagnétique à faibles pertes-B2	18	4*18+2*8=88	10 000	4*6,14+2*93,42 =211,4	0 remplacement = 211,4€	0,088*10000 =880	69,52	280,92
Tubes fluorescents avec ballast électronique à pertes réduites-A2	18	4*18+7=79	20 000	4*6,14+121,01 =145,57	0 remplacement =145,57€	0,079*10000 =790	62,41	207,98

1kWh coûte 0,079 € TTC utilisation : tertiaire, abonnement : option de base 2500 heures tarif vert au 15 Avril 2007,

La main d'œuvre de remplacement n'est pas prise en compte dans ce comparatif.

On constate que la lampe à incandescence consomme beaucoup d'énergie et que sa durée vie est très faible, ce qui se répercute sur le coût global. Le tube fluorescent avec un ballast B2 quant à lui consomme beaucoup moins que l'incandescence. Le tube fluorescent avec un ballast A2 consomme moins que toutes les autres solutions, et grâce à son ballast électronique voit sa durée de vie allongée.

6. LE RECYCLAGE

En France, les équipements électriques et électronique génèrent à eux seuls 16 kg/an/personne et peuvent contenir des substances dangereuses (CFC dans les réfrigérateurs, métaux lourds dans les écrans et certaines lampes...)

En 2005 moins de 20 % de ces déchets ont été recyclés.

Selon le Décret DEEE (article 17) et la loi de Finances Rectificative 2005 (article 87), l'Eco-Contribution doit obligatoirement être répercutée à partir du 15 novembre 2006 par les producteurs et leurs clients. Ces derniers doivent la répercuter obligatoirement à l'identique jusqu'aux utilisateurs finaux.

L'Eco-Contribution est non négociable (pas de prise de marge, ni de réfaction) et doit être visible sur la facture. Elle est de 0.25 € HT/ lampe (la TVA s'applique aussi), réduite au 1er janvier 2008 à 0,20 € HT/ lampe.

Les lampes recyclables :

- Les tubes fluorescents
- Les lampes à économies d'énergies avec ou sans ballast
- Les lampes au sodium basse et haute pression
- Les lampes à vapeur de mercure
- Les lampes à iodure métallique

Elles portent le marquage « poubelle barrée », cela signifie qu'elles doivent faire l'objet de collecte sélective (recyclage)



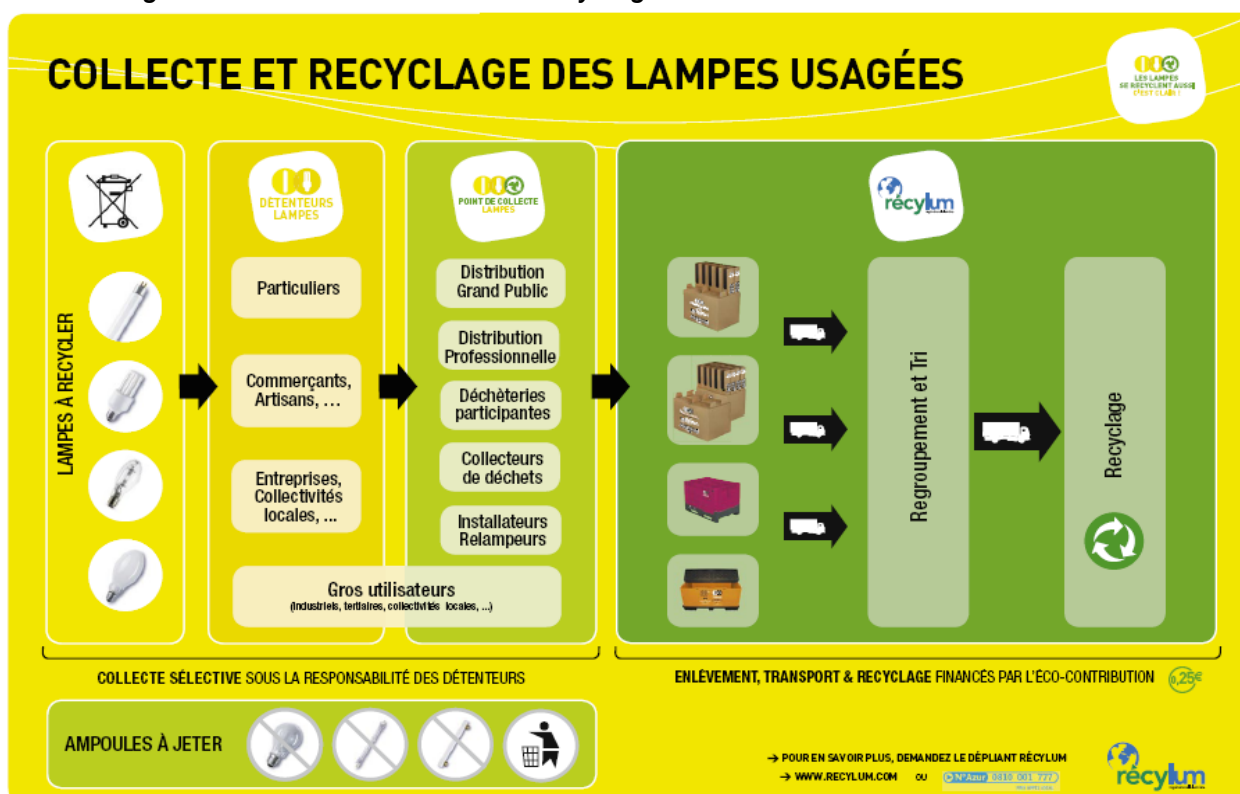
Les lampes non recyclables :

- Les lampes à incandescence
- Les halogènes
- Les linolites

Il faut les jeter dans les poubelles avec les déchets banals, mais pas dans les bacs de collecte de « spéciale verre » car cela rends le recyclage du verre ménager plus difficile.

Pour le recyclage, les particuliers, comme les prescripteurs et les installateurs doivent ramener leurs lampes usagées aux distributeurs ou à une déchetterie spécialisée.

6.1. Organisation de la collecte et du recyclage :



6.2. Recyclage d'un tube fluorescent, en pourcentage de sa masse :

- Verre 88 % : réutilisé pour la fabrication de tubes fluorescents neufs, d'abrasifs, de céramique...
- Métaux 5% : Totalement recyclés dans la filière métaux.
- Poudre fluorescentes 4% : Neutralisées puis enfouies dans un centre de classe 1.
- Mercure <0.02 % : Totalement récupéré et purifié, puis réutilisé.
- Autres 4 % : Valorisation énergétique.



7. ÉPILOGUE PROVISOIRE :

Dans le bâtiment, les économies d'énergies sont devenues une exigence incontournable. Dans le domaine de l'éclairage, de grandes évolutions techniques sont constatées depuis quelques années.

Les concepteurs de nouvelles technologies d'éclairage ne se sont pas tournés seulement vers l'amélioration des sources lumineuses mais aussi vers leur environnement, à savoir les ballasts, les transformateurs de courant, les luminaires, la gestion – programmation de l'éclairage (éclairer ce qu'il faut quand il faut). De ce point de vue, les ballasts électroniques améliorent sensiblement les performances énergétiques de l'éclairage tout en augmentant la durée de vie des équipements.

Du point de vue des sources de lumière d'ambiance, l'évolution vers la disparition progressive de l'incandescence y compris de l'halogène non technique semble inéluctable, remplacée par la fluorescence (compact ou linéaire), les sources à décharge, et peut-être un jour par les LED qui ont une durée de vie très longue mais une efficacité lumineuse encore très insuffisante. Les fabricants affirment qu'ils amélioreront les rendements de ces LED de 25 % chaque année...

Les concepteurs de projets d'éclairage ont eux appris à mieux doser les niveaux d'éclairage à atteindre, par exemple en distinguant dans un bureau un niveau d'éclairage général (250 lux) ET un niveau d'éclairage ponctuel sur le plan de travail de 400 lux.

Concernant la protection de l'environnement et la gestion des déchets, la France a depuis 2006 imposé le recyclage des lampes. Il s'applique à toutes les lampes vendues sous la forme d'une taxe de 0,20 euro non négociable, sauf aux lampes à filament (les lampes à incandescence ne sont pas recyclables).

SANTÉ :

Concernant la protection de la santé, les technologies des hautes fréquences (ballasts électroniques utilisés avec la fluorescence par exemple) renforcent les champs électromagnétiques de notre environnement, comme le font d'ailleurs les téléphones sans fil, les téléphones cellulaires, les réseaux Wifi, les écrans d'ordinateurs, les lignes très haute tension, etc.

Les enjeux de cet "electrosmog" sont-ils bien mesurés aujourd'hui par la législation? Les normes françaises (en particulier la série NF EN 61000-...1) qui traitent de la compatibilité électromagnétique (CEM) sont-elles suffisantes?

Le débat est ouvert, à l'OMS et dans le grand public, quand il s'agit des antennes relais de la téléphonie mobile ou des émetteurs radio.

FOURNISSEURS CITÉS:

- PHILIPS Lumiled
- Osram
- Future electronics
- Nichia

SUJETS À DÉBAT :

Fluo compactes et intermittence :

L'usage des lampes fluo compactes en utilisation très intermittente (dans les circulations, WC collectifs, etc.) écourte encore souvent leur durée de vie malgré l'association des lampes de grandes marques à des ballasts électroniques rapides. A tel point que certains organismes HLM préfèrent maintenir un éclairage permanent, ce qui permet en outre d'économiser les minuteries, elles aussi assez fragiles. Mais quid des économies d'énergie !

Le vieillissement accéléré des lampes est dû au fait qu'elles n'atteignent par leur température d'équilibre lors d'allumages trop brefs, perturbant à la longue l'équilibre des composants à l'intérieur de l'ampoule.

Un appel à témoignage sera fait sur le forum pour voir si certains d'entre nous ont des solutions ayant produit effectivement des retours positifs sur des durées significatives.

COMMENTAIRE LIBRE SUR LA « LEDOMANIE GALOPANTE »:

Les LED sont à la mode, comme l'ont été les halogènes dichroïques il y a 10 ans. Les contre-références ont été nombreuses en raison de leur utilisation hors de propos.

Évitons le « tout LED » comme il aurait fallu éviter le « tout dichroïque », parce que les LED sont encore à leur balbutiements, que leur performances sont encore médiocres, et parce qu'il n'existera jamais une source unique de lumière répondant à tous les besoins.



8. ANNEXES

Illustration 4: Exemples d'utilisation de LED. Pont de la rocade intérieure-Bangkok, Thaïlande :



Dans le cadre des célébrations du 60ème anniversaire de l'accession au trône du roi Bhumibol Adulyadej (Rama IX), le pont de la rocade intérieure de Bangkok a été officiellement inauguré le 9 septembre 2006. Cet ouvrage remarquable intègre un système d'éclairage architectural de dernier cri à base de LED qui a été conçu et installé par Philips.

Le système d'éclairage du pont de la rocade intérieure de Bangkok comporte 26 880 LED Luxeon de 1 Watt. Grâce à 4 LM200, le système est en mesure de synchroniser l'éclairage des 4 pylônes du pont.

Extrait de Philips

Illustration 5: Pont George V, Glasgow et Victoria– Glasgow, Ecosse :



Trois ponts routiers de 120 m de long sur la rivière Clyde ont été illuminés de manière spectaculaire grâce à la technologie LED, dans l'une des premières installations du genre au monde. Le service des Domaines du Conseil municipal de Glasgow reçut pour mission de mettre en lumière les faces inférieures et externes des arches des Ponts George V, Glasgow et Victoria.

Les luminaires pourront durer 20 ans à raison de 2 500 heures de fonctionnement par an.

Extrait de Philips



LIENS UTILES :

- Le site officiel de l'AFE (Agence française de l'Eclairage) : <http://kheops.champs.cstb.fr/DECI/>
(utiliser de préférence le navigateur Firefox)
- Un site commercial dédié aux LEDS : www.led-fr.net
- www.osram.fr ; voir en particulier le calculateur Energy Saver
- Les LEDS sur le site de Philips : www.lumileds.com
- L'éco-organisme agréé responsable des lampes usagées : <http://www.recylum.com/>
- Mieux s'éclairer à coûts maîtrisés : www.feder-eclairage.fr/pdf/publications/mieux_eclairer_couts_maitrises.pdf
- O.M.S.: un article sur les champs électromagnétiques et santé publique :
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/fr/index.html>
- Centre de Recherche et d'Information Indépendantes sur les Rayonnements ElectroMagnétiques :
www.criirem.org