

S'éclairer efficace : les bons choix

La simple lampe à incandescence des débuts de l'électricité a évolué vers d'autres technologies beaucoup plus difficiles à appréhender, comme les LED. Les lampes sont devenues un produit d'électronique grand public dont la qualité de lumière, la durée de vie et l'impact sur l'environnement et la santé peuvent varier fortement de l'une à l'autre. Tour d'horizon.

Pour le non-spécialiste, le choix des lampes, au travail ou à la maison, est souvent fait à la légère, ce qui conduit à un éclairage domestique de faible qualité en moyenne. Dans le meilleur des cas, cela nuit au bien-être mais cela peut aussi être responsable de pathologies, voire d'accidents.

Aussi, quels sont les différents types de lampes disponibles sur le marché ? Et quels sont les critères de choix pour une lumière de qualité dotée d'une longue durée de vie ?

Lampe ou lampe ?

Veillez noter que le terme *lampe* est utilisé ici pour désigner les sources lumineuses qui équipent les luminaires, autrement dit les « ampoules », alors que dans le langage courant on appelle souvent *lampe* le « luminaire ».



De la bougie aux LED en passant par la lampe à incandescence ou aux tubes fluorescents, l'éclairage a connu une évolution déterminée notamment par son empreinte énergétique.

Les lampes pour l'éclairage domestique

Lampe à incandescence à filament

Lampe à filament

C'est la première lampe inventée en 1879 par Joseph Swan et améliorée par les travaux de Thomas Edison. Elle est constituée d'une ampoule de verre contenant un filament de tungstène et remplie d'un gaz inerte (azote, argon ou krypton). Par son principe (filament parcouru par un courant qui le chauffe par effet Joule jusqu'à incandescence), elle produit une lumière de grande qualité mais avec un rendement lumineux médiocre.

En effet, la consommation électrique de cette lampe est de 100 watts (W) pour produire seulement 5 W de lumière ! Les 95 W manquants sont perdus (dissipés) sous forme de chaleur. Une telle lampe est un excellent radiateur mais, il faut bien le dire, une médiocre source de lumière ! De plus, cette lampe est conçue pour une durée de vie de seulement 1 000 heures, ce qui représente une utilisation moyenne d'une année. Résultat : il faut la changer souvent. Ni économique ni écologique, elle

est interdite à la vente aujourd'hui.

Lampe halogène

Une amélioration de la lampe à incandescence à filament simple voit le jour au début des années 1960 : c'est la lampe halogène, ainsi nommée car le filament est dans un gaz halogène (idée d'un chimiste de la General Electric en 1959). Elle permet d'obtenir un flux lumineux plus important (car le filament peut être chauffé à plus haute température) et de concevoir des ampoules plus compactes. Le rendement lumineux de la lampe à incandescence halogène est légèrement amélioré mais reste médiocre : de 6 à 7 W de lumière pour une consommation de 100 W. De plus, ces lampes halogènes émettent plus d'ultraviolets que les autres lampes à filament, c'est pourquoi il est recommandé de ne les utiliser que pour de l'éclairage indirect. Cette lampe se décline sous forme de spots ou d'ampoules.

S'il semble aujourd'hui insensé de perdre ainsi 95 % de l'énergie électrique utile dans un système couramment utilisé et omniprésent, il faut pourtant attendre le premier choc pétrolier (1973) pour que la question de l'utilisation de sources de lumière plus économes soit évoquée et une solution proposée.

Les tubes fluorescents

Le tube néon

Coincidence, cette même année 1973, Philips (déjà fabricant de lampes à incandescence) découvre de nouveaux matériaux luminescents qui vont permettre de fabriquer des tubes néon avec une qualité de lumière acceptable pour l'éclairage courant et un rendement lumineux amélioré. C'est la raison pour laquelle ces tubes seront généralisés dans les bureaux et l'industrie. Mais ces tubes ont cependant au moins deux inconvénients majeurs :

- Par leur principe (tube à décharge), ils émettent un fort champ électrique dans leur voisinage ainsi qu'un scintillement important : le flux lumineux n'est pas constant mais varie avec la tension du réseau électrique. Si cette variation ne se voit pas grâce à la rémanence rétinienne, elle est pourtant source de maux de tête pour la plupart des personnes qui restent longtemps sous cet éclairage. Une solution est rapidement trouvée : les tubes néon sont installés par deux et un composant électronique permet de caler leur scintillement respectif en opposition de phase. Ainsi, quand l'un est au maximum de lumière, l'autre est au minimum : lorsque l'on est assez loin des tubes, le

phénomène de scintillement est alors atténué.

- Ils contiennent du mercure, qui se répand dans l'environnement lorsque le tube est cassé. Aujourd'hui, ces lampes sont responsables d'une pollution généralisée au mercure.

La lampe fluocompacte

Enfin, dernier avatar du tube néon : la lampe fluocompacte, dite lampe basse consommation. C'est la même technologie que le tube néon mais elle est miniaturisée et pliée en deux, en trois ou en quatre, ou encore enroulée, et dotée d'un culot contenant un ballast électronique et un starter. Ces lampes ont donc les mêmes avantages que les tubes néon (efficacité lumineuse bien meilleure que les lampes à incandescence), mais aussi les mêmes inconvénients :

- Elles rayonnent un champ électrique qui dépasse les normes en vigueur (le Criirem – Centre de recherche et d'information indépendant sur les rayonnements électromagnétiques non ionisants – conseille de se tenir à plus d'un mètre de ces lampes, tandis que la Commission de la sécurité des consommateurs (CSC), plus dans le consensus avec les fabricants, préconise une distance de plus de 30 cm) : exit donc ces lampes sur le bureau ou la table de chevet !

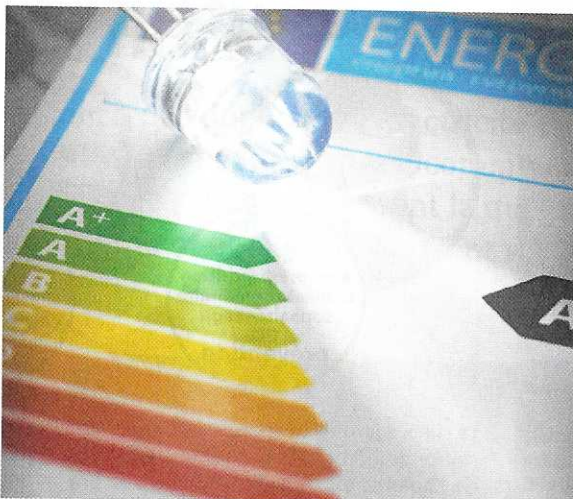
- Contenant du mercure, elles sont considérées comme des déchets dangereux : interdiction de les mettre au rebut dans les ordures ménagères ! Et en cas de casse (ce qui peut arriver, compte tenu de sa fragilité), le mercure se répand dans l'atmosphère intérieure des logements...

De plus, contrairement aux tubes néon, ces lampes ne peuvent pas être mises en tandem pour lutter contre le scintillement. Signalons aussi un retard au démarrage et une sensibilité toute particulière aux allumages/extinction répétés (durée de vie écourtée).

Les lampes LED

Cette toute dernière technologie utilise des puces électroniques émettrices de lumière que l'on appelle *diodes électroluminescentes* (DEL pour l'acronyme français, LED – *light-emitting diode* – pour l'anglais) ; ce sont des composants similaires aux voyants rouges, verts ou bleus des équipements électroniques, box Internet, télévision, etc. Ces lampes contiennent en outre une carte électronique dans le culot pour alimenter les puces avec un courant plus ou moins constant.

Pour un éclairage donné, ces lampes



Pour un éclairage donné, les LED consomment encore moins que les lampes fluocompactes sans aucun de leurs inconvénients majeurs.

consomment encore moins que les lampes fluocompactes sans avoir, pour les lampes LED de qualité, aucun de leurs inconvénients majeurs cités plus haut : ni mercure ni champ électrique ! En outre, cette technologie permet d'obtenir une durée de vie inégalée et n'est pas sensible aux allumages/extinctions répétés.

Si elle est de qualité, la lampe LED représente le meilleur compromis si l'on prend en compte le coût pour l'utilisateur, le confort et l'impact environnemental. Concernant ce dernier point, l'énergie grise (c'est-à-dire l'énergie totale nécessaire à l'obtention des matériaux et composants nécessaires à la fabrication d'un produit ainsi qu'à son assemblage et à son transport) de ces lampes se situe, selon les sources et la lampe, entre 10 kWh et 25 kWh. Ce qui veut dire que lorsqu'on remplace une lampe halogène de 75 W par une lampe LED équivalente, en considérant l'énergie grise la plus défavorable (25 kWh), on rembourse la dette énergétique au bout de 5 mois (hypothèse de calcul : 62,5 Wh d'économie d'énergie par heure de fonctionnement et utilisation moyenne de la lampe de 2,7 heures par jour). En d'autres termes, la dette énergétique est remboursée après 1/60 de la durée de vie de la lampe. Pour le recyclage, nous n'avons pas de données précises mais le plus critique à recycler reste la carte électronique et les puces LED.

Cependant, l'offre de lampes LED est aujourd'hui si importante que le choix est difficile : de très bonnes lampes en côtoient de médiocres, la majorité étant de qualité moyenne (fabrication, durée de vie). De nombreuses lampes LED ont en effet un aspect à peu près convenable mais, sous le capot, des composants LED et des cartes électroniques médiocres. On est alors sûr d'avoir une lumière

de piètre qualité et une lampe qui ne durera pas. D'autres lampes LED peuvent être durables et avoir une qualité de lumière convenable au début mais qui va se dégrader assez rapidement dans le temps.

On peut dire de façon incontestable aujourd'hui qu'il est urgent de passer à la lampe LED mais pas à tout prix ! Il faut être capable de choisir une lampe LED de bonne qualité, c'est-à-dire capable d'émettre pendant longtemps une lumière agréable.

Critères de qualité pour une lampe LED

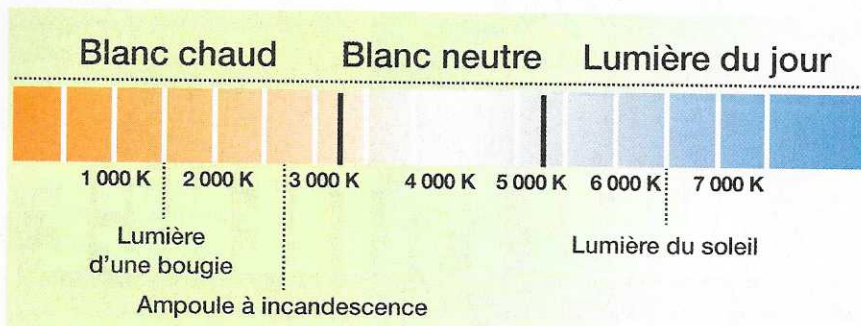
Durée de vie

Dans un foyer quelconque, une lampe est allumée en moyenne 2,7 heures par jour. Cela correspond à 1 000 heures par an, soit la durée de vie d'une lampe à incandescence. Les lampes LED de qualité ont une durée de vie très longue, de 25 000 heures, soit de 25 ans en moyenne.

En principe, la fin de vie d'une lampe LED ne signifie pas qu'elle n'éclaire plus ! Cela signifie que son flux lumineux est inférieur à 70 % du flux lumineux initial : la lampe marche encore mais éclaire moins. Elle peut donc, en pratique, continuer à être utilisée dans une zone où l'on a besoin de moins de lumière.

Cependant, bien que les fabricants affichent tous au moins 25 000 heures de durée de vie, la réalité est tout autre : seules les lampes d'une bonne qualité de fabrication (bons composants électroniques, bonne conception pour assurer un bon refroidissement) vont réellement connaître une telle longévité. Une bonne partie des lampes LED proposées à la vente vont avoir une fin prématurée et les fabricants ne seront pas incriminés car les performances annoncées sur la boîte font l'objet de tolérances statistiques, notamment pour la durée de vie, impossible à vérifier, à moins d'une étude coûteuse sur un grand nombre de lampes.

Une règle de base, donc : choisir des lampes « garanties 5 ans ». Cette garantie couvre une utilisation d'au maximum 14 heures par jour pendant 5 ans, soit environ 25 000 heures. Peu de fabricants offrent cette garantie, même s'ils indiquent une telle durée de vie ! En effet, la durée de vie affichée par le fabricant sur l'emballage n'est pas la durée de garantie : 25 000 heures équivalent à presque 3 ans en allumage continu ; vous pourrez donc, en théo-



rie, demander le remplacement de la lampe dans ces 3 années mais, en pratique, la durée de garantie est en général, comme pour la plupart des produits d'électronique grand public, d'une seule année. Dans le cas contraire, si la garantie est de plus d'une année, ce sera spécifié sur l'emballage !

Scintillement

De nombreuses lampes LED ont une lumière qui scintille en raison des variations du courant d'alimentation de la puce LED. Ces variations sont dues à la mauvaise qualité de la carte électronique contenue dans la lampe LED. Ce défaut étant aussi bien souvent présent pour les lampes fluocompactes ou les tubes néon. Vous pouvez observer vous-même ce phénomène de scintillement à l'aide du mode « appareil photo » d'un téléphone portable : si vous voyez des rayures, cette lampe scintille d'autant plus que les rayures sont contrastées. Une lampe correcte montre très peu ou aucune rayure.

Lumière et couleur

Température de couleur

Le kelvin (K) est l'unité de mesure de la « température » de couleur de la lumière. Plus la valeur est faible, plus la lumière semble chaude et vice-versa. La lumière d'une LED peut être chaude ou froide. La meilleure solution pour remplacer la lumière blanc chaud d'une lampe à incandescence est de choisir une lampe LED de 2 700 K. Pour faire un travail minutieux, une lampe froide à 4 000 K (blanc froid) convient très bien, pendant quelques heures mais pas de façon permanente. Il existe aussi des lampes très chaudes (2 000 K) qui émettent une lumière semblable à celle du coucher de soleil : elles conviennent très bien le soir et permettent de mieux préparer le sommeil.

Fidélité et rendu des couleurs

Le rendu des couleurs de la lumière (mesuré par l'indice Ra, ou CRI – *color rendering index*,

en français IRC – *index de rendu de couleur*) est une caractéristique essentielle pour la qualité d'éclairage des lampes LED. La valeur 80, minimum imposé par la loi, correspond à un rendu des couleurs moyen et 90 à un très bon rendu sur une échelle allant jusqu'à 100. Plus l'indice est élevé, plus les couleurs sont authentiques. Il est recommandé de choisir des lampes avec un IRC de 90 quand c'est possible, surtout pour les pièces de vie.

Puissance

La question qu'on se pose souvent : quelle lampe LED diffuse une lumière aussi puissante que ma lampe à incandescence halogène ?

Auparavant, on choisissait les lampes à incandescence en fonction de leur puissance : 25 W pour une lampe de chevet, 100 W pour la cuisine, etc. Aujourd'hui, c'est la valeur exprimée en *lumens* (lm) qu'il faut prendre en compte. Le lumen est une unité de puissance lumineuse qui indique combien de lumière utile à l'éclairage est émise par une lampe. Cette valeur doit obligatoirement être inscrite sur les emballages des lampes LED et fluocompactes.

Une règle approximative des associations de consommateurs explique que le nombre de watts d'une lampe à incandescence multiplié par 10 correspond au nombre de lumens nécessaires pour la lampe LED qui va la remplacer. Exemple : une lampe de 60 W peut être remplacée par une lampe LED de $60 \times 10 = 600$ lumens.

Le spectre des LED

Pour terminer, un point important : le spectre des LED. Ce qui suit conduit à préférer dans l'éclairage domestique des lampes LED de couleur chaude (autour de 2 700 K), voire très chaudes pour le soir (autour de 2 000 K).

En effet, pour obtenir une lumière blanche, la technologie utilisée aujourd'hui repose sur une LED qui émet de la lumière bleue sur laquelle sont déposées des couches fluorescentes. Il en résulte que le spectre d'une LED connaît une dépression, entre le bleu et le jaune, qui corres-

pond à l'absorption maximum d'un pigment de l'œil appelé mélanopsine.

Ce pigment sensible à la lumière est présent dans des cellules spécialisées de la rétine qui régulent les fonctions non visuelles comme la synchronisation du rythme circadien (rythme veille/sommeil), la constriction de la pupille ou l'humeur (dépression automnale dans certains pays). Ces fonctions pourraient donc être potentiellement perturbées en raison du manque d'activation de la mélanopsine par la lumière issue des LED. (1) En d'autres termes, certaines lampes LED peuvent perturber le sommeil et l'humeur.

Quand on mesure les spectres de différentes lampes LED de qualité, on voit que les lampes de couleurs chaudes (2 700 K) et très chaudes (2 000 K) limitent fortement ce phénomène. Il est donc conseillé d'utiliser des lampes de qualité avec une couleur chaude (2 700 K au maximum).

Sans concession

Si les lampes LED sont incontournables aujourd'hui en raison de leur consommation électrique très faible, de leur longue durée de vie et de leur impact environnemental modéré comparé aux lampes fluocompactes, toutes cependant ne se valent pas : des écueils existent, sources de désagréments pour la santé et le bien-être. Il convient donc d'être très vigilant : s'informer et choisir sans concession des lampes LED de qualité. Répétons-le : en pratique, si possible, des lampes LED garanties 5 ans ■

> **Philippe Veyssière.**
Ingénieur Télécom.
Créateur et président de
NET4G : développement
d'équipements de
production et stockage
d'électricité renouvelable
mis en réseau, optimisation
de la consommation électrique, stockage
d'hydrogène.

> **Contact**
NET4G
Technopole Albi-Innoprod
8, avenue Pierre-Gilles-de-Gennes
81000 Albi
Sites : www.NET4G.eu
et www.LEDaDomicile.fr
Tél. : 06.61.38.35.80

1. Berson *et al.*, 2002 ; Zhu *et al.*, 2007.