

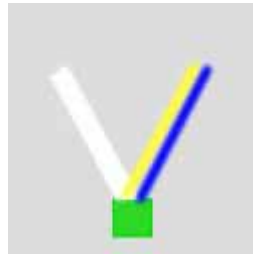
Les lampes à sodium

<http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/FAQ/QLLampeSodium>

Les lampes utilisées dans les tunnels (et dans de nombreux autres éclairages extérieurs) sont des lampes à sodium basse pression.

Les lampes à sodium basse pression, contrairement aux lampes à incandescence qui émettent dans tout le spectre visible (et au-delà), n'émettent que deux raies très proches l'une de l'autre, toutes deux dans le jaune (589 nm et 589,6 nm). Le rendu des couleurs est donc impossible avec une lampe à sodium basse pression alors qu'il est excellent avec une lampe à incandescence dont le spectre contient toutes les couleurs de la lumière visible.

Cet objet est éclairé en lumière normale, c'est-à-dire avec une lumière contenant toutes les couleurs du spectre visible. Il réfléchit les radiations bleues et jaunes et absorbe les autres : comme sa couleur est déterminée par la nature des radiations qu'il réémet, il apparaît alors vert.



Le même objet est éclairé avec une lampe à sodium. Il ne reçoit donc que du jaune, qu'il réfléchit : il apparaît alors jaune.



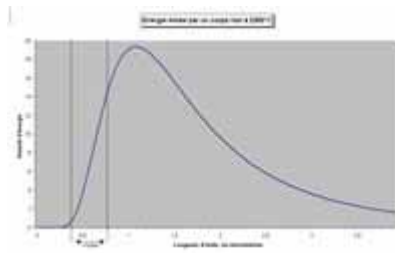
Si la qualité des couleurs obtenues avec une lampe à sodium basse pression est très mauvaise, le rendement énergétique d'un tel éclairage est par contre nettement supérieur à celui d'une lampe à incandescence : en fait, la lampe à sodium basse pression est, de tous les éclairages utilisés, celui qui a le meilleur rendement. A titre de comparaison, l'efficacité lumineuse (rapport du flux du rayonnement visible émis en Lumens lm sur la puissance consommée en Watts W) d'une lampe au sodium est de 150 lm/W environ, alors que celle d'une lampe à incandescence ordinaire est de 10 à 12 lm/W, une lampe halogène, qui est une lampe à incandescence améliorée, a une efficacité lumineuse de 15 lm/W et une lampe à décharge au néon, mercure ou xénon a une efficacité lumineuse comprise entre 40 et 100 lm/W... Quant à la première ampoule électrique inventée par Edison, elle avait une efficacité lumineuse d'environ 3 lm/W seulement!

L'importance des pertes énergétiques (sous forme de rayonnement infrarouge) dans les lampes à incandescence explique leur mauvais rendement. Une lampe à incandescence se comporte comme un corps noir (le filament) dont la température est comprise entre 2200° et 2400° (la lampe halogène a un rendement un peu meilleur car la température du filament est plus élevée).

La densité d'énergie du rayonnement émis obéit à la loi de Planck :

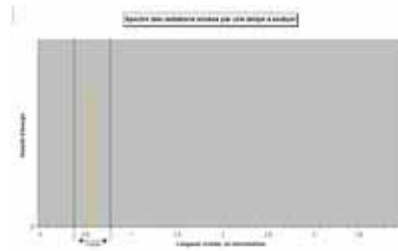
$$\rho_T(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)}$$

où λ est la longueur d'onde de la lumière émise, h (constante de Planck) = $6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s, c (vitesse de la lumière) = $2,99792 \cdot 10^8$ m/s et k (constante de Boltzmann) = $1,38066 \cdot 10^{-23}$ J.K⁻¹ et a un maximum pour $\lambda = hc / (4,965 k T)$, soit, pour une température de 2300°C, $T = 2573$ K, et $\lambda = 1,126 \mu m$ c'est-à-dire dans l'infrarouge. Ainsi, 90% environ de l'énergie émise l'est dans des gammes de fréquence invisibles à l'oeil humain et chauffe au lieu d'éclairer.



Spectre d'une lampe à incandescence

La lampe à sodium basse pression émet essentiellement deux raies, toutes deux dans le visible : il n'y a donc pas de pertes énergétiques par des longueurs d'onde hors du domaine visible.



Spectre d'une lampe à sodium basse pression

De plus, la couleur de la lampe à sodium (jaune) se situe au voisinage du maximum de sensibilité de l'oeil (pour une même énergie reçue, l'impression visuelle ressentie par l'oeil est maximale à 555 nm , c'est-à-dire dans le jaune).

La nature du spectre des lampes à sodium basse pression, totalement situé dans le visible et dans la partie la plus "efficace" du visible, explique donc pourquoi l'efficacité lumineuse des lampes à sodium basse pression est meilleure que celle des autres lampes.

La lampe à sodium basse pression a aussi une durée de vie plus importante (plus de 10000 heures) que celle d'une lampe à incandescence (1000 heures).

Bien que plus chères à l'achat, les lampes à sodium, qui éclairent mieux, durent plus longtemps, et consomment moins d'électricité, elles sont donc plus rentables à long terme.

Les lampes à sodium basse pression ne sont pas utilisées seulement pour les tunnels, elles sont utilisées pour de nombreux éclairages extérieurs (routes, monuments) dès que l'on n'a pas besoin d'avoir un bon rendu des couleurs, car ce sont alors les plus économiques. Enfin, les lampes à sodium basse pression sont utilisées au voisinage des observatoires astronomiques car leur lumière quasi-monochromatique est facile à filtrer. Dans d'autres contextes, on utilise aussi des lampes à sodium *haute* pression : elles sont moins économiques mais ont un spectre qui couvre l'essentiel du visible (avec toutefois une déficience dans le rouge) et rendent donc mieux les couleurs. Les lampes à sodium haute pression sont ainsi très utilisées pour l'éclairage des plantes. Une lampe basse pression ne serait pas un choix judicieux car les plantes n'absorbent pas toutes les longueurs d'ondes aussi efficacement et les lampes à sodium basse pression n'offrent pas l'ensemble des longueurs d'ondes nécessaires pour la croissance des plantes.