

A background image featuring several dandelion seed heads against a clear blue sky. One large, detailed seed head is in the bottom right corner, with its green stem visible. Numerous other seed heads are scattered across the upper and middle portions of the frame, some appearing to be blowing away. A semi-transparent white horizontal band is positioned across the middle of the image, serving as a backdrop for the chapter title.

Chapitre 8 : Réhabilitation de l'éclairage public

Agenda

1. Introduction
2. Objectif de l'éclairage public
3. Types d'éclairage
4. Lumière
5. Grandeurs photométriques
6. Eblouissement
7. Indice de rendu des couleurs
8. Température de couleur
9. Principaux composants d'un réseau d'éclairage public
10. Luminaires
11. Types d'implantation dans l'espace public
12. Efficacité énergétique

Introduction

❑ L'éclairage public (EP) consiste à installer un système de plusieurs appareils d'éclairage qui permettent d'offrir une ambiance confortablement éclairée selon l'espace considéré.

❑ L'éclairage des espaces considérés comme espace public sont:

- éclairage des espace verts ;
- éclairage décoratif ;
- éclairage routier (voirie).



Objectif de l'éclairage public

- ☐ Favoriser la sécurité des déplacements .
- ☐ Diminuer l'éblouissement du aux feux de véhicules .
- ☐ Améliorer l'estimation des distances .
- ☐ Favoriser la sécurité des personnes et des biens .
- ☐ Permettre une vie urbaine nocturne .
- ☐ Valoriser les espaces publics.



Types d'éclairage

Eclairage fonctionnel :

- L'enjeu premier est de **sécuriser**.
- L'esthétique du matériel d'éclairage et le rendu des couleurs ne sont pas prioritaires.
- Il s'agit souvent d'un éclairage routier.



Types d'éclairage

Eclairage d'accentuation :

- L'éclairage doit mettre en valeur un site, en créant une ambiance singulière.
- Il lui offre ainsi un visage nocturne par une illumination et/ou un balisage adapté.
- L'éclairage d'accentuation n'est à priori pas destiné à sécuriser un lieu.



Types d'éclairage

Eclairage décoratif :

- L'éclairage participe à l'esthétique urbaine.



Types d'éclairage

Illumination festive :

- Les illuminations non permanentes s'attachent à un évènement particulier, souvent synonyme de fête.
- Les illuminations festives ne sont pas destinées à sécuriser un lieu.



Lumière

La lumière émise par une source lumineuse est constituée d'un ensemble de radiations élémentaires .



1. Flux lumineux :

- Quantité totale de lumière émise par une source.
- Unité : Lumen (lm).

Symbole : Φ

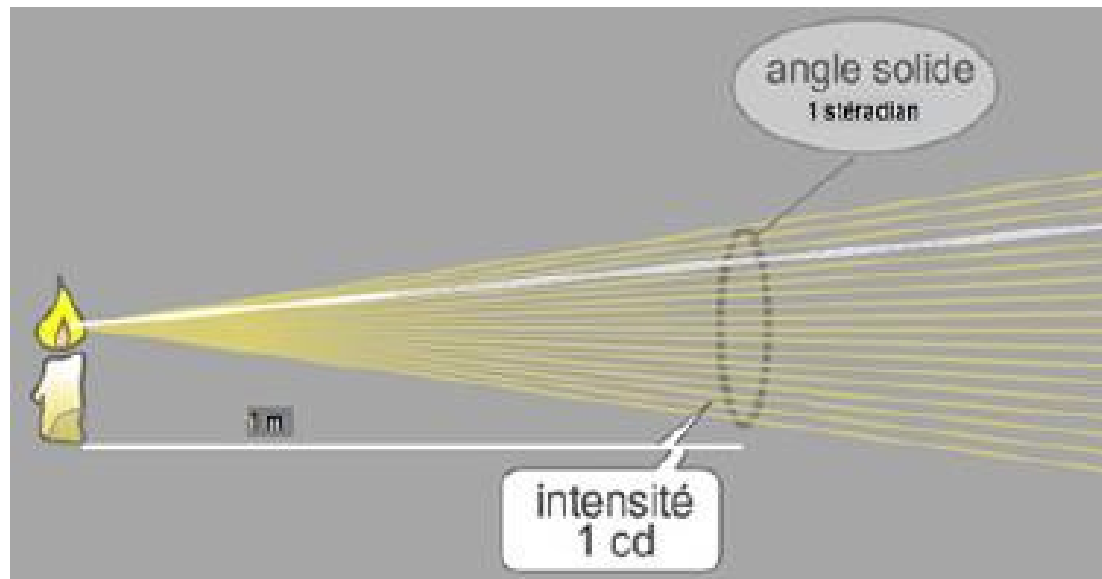


Par exemple une lampe incandescente de 60 W, émis 500 lm

2. Intensité lumineuse :

- C'est le flux émis dans une direction de l'espace par la source.
- Unité : Candela (Cd).

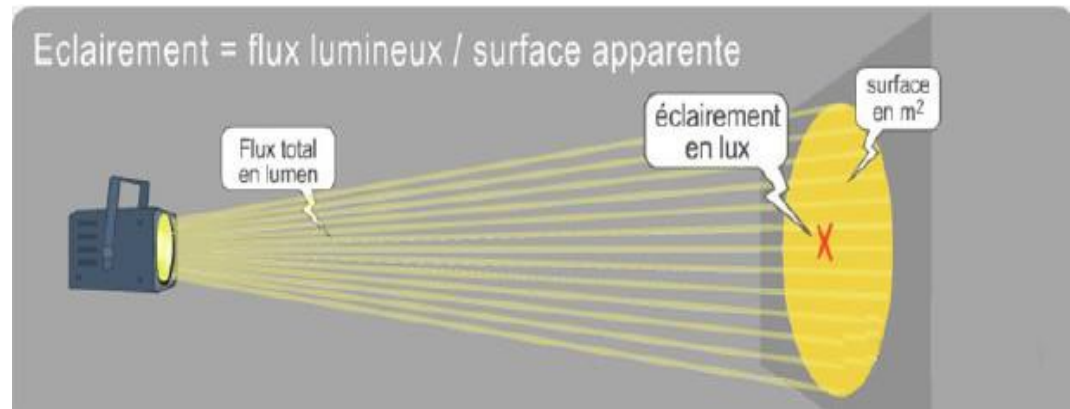
Symbole: I



3. Eclairement :

➤ C'est le rapport de la quantité de lumière reçue par une surface sur l'aire de celle-ci.

➤ Unité : Lux (Lm/m²).



Formule de calcul: $E = \frac{\Phi}{S}$

Φ : Flux lumineux, en lumens (lm)

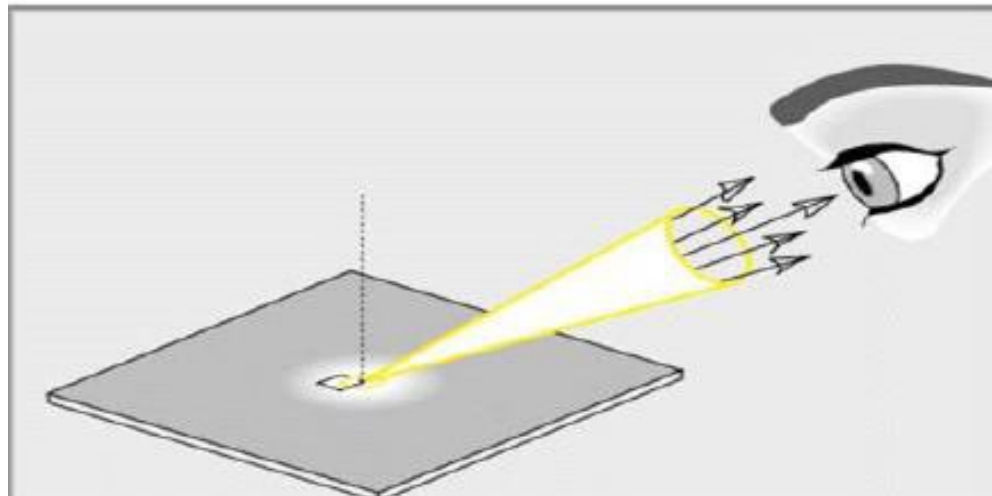
S : Surface, en mètres carrés (m²)

- Sol extérieur par nuit de pleine lune : 0,2 lx
- Surface de travail dans un bureau : de 300 à 1 000 lx
- Sol extérieur par ciel clair le jour : de 7 000 à 24 000 lx
- Surface perpendiculaire au soleil d'été : 100 000 lx

4. Luminance :

- Elle traduit l'impression lumineuse perçue par l'œil d'un observateur regardant un objet éclairé ou une surface.
- Unité : Candela/m² (Cd/m²).

Symbole: **L**



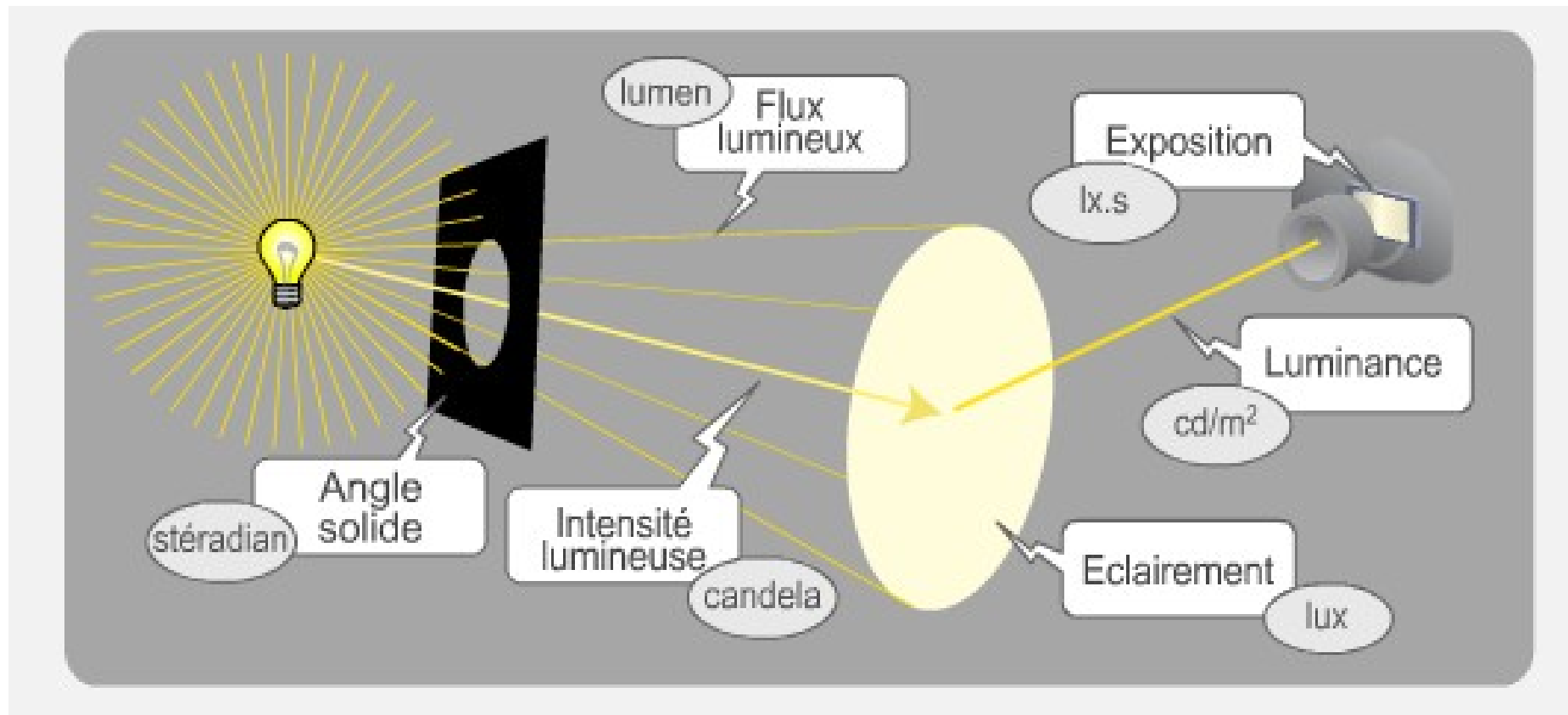
Grandeurs photométriques

Exemples:

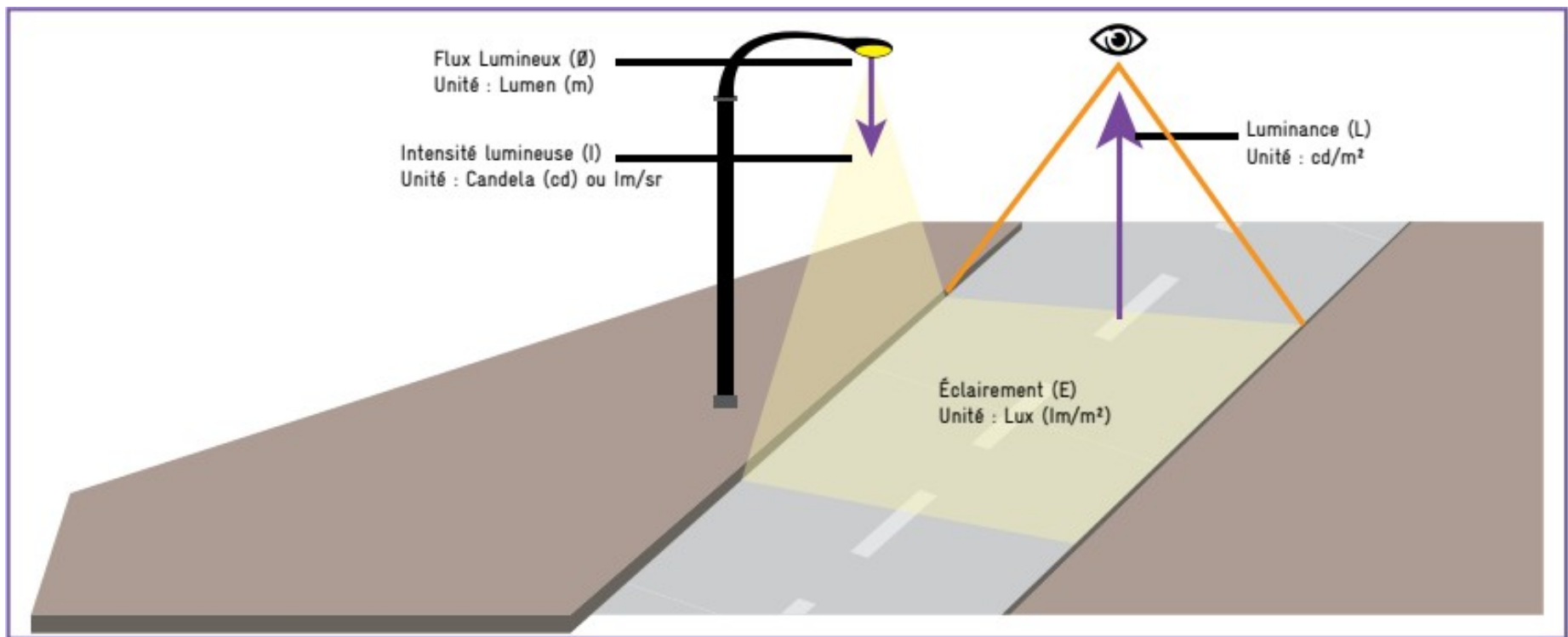
Eclairement plein soleil	100 000 lux
Eclairement urbain	35 lux
Pleine lune	0.5 lux



Récapitulatif



Récapitulatif



Eblouissement

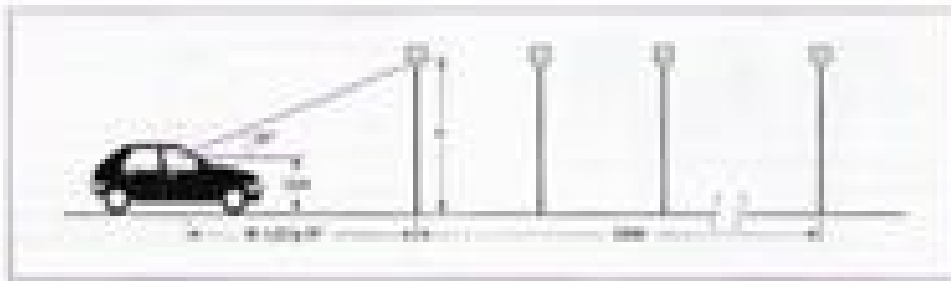
L'éblouissement arrive en regardant volontairement une source lumineuse particulièrement intense ou en passant rapidement d'un milieu obscur à un endroit fortement éclairé.



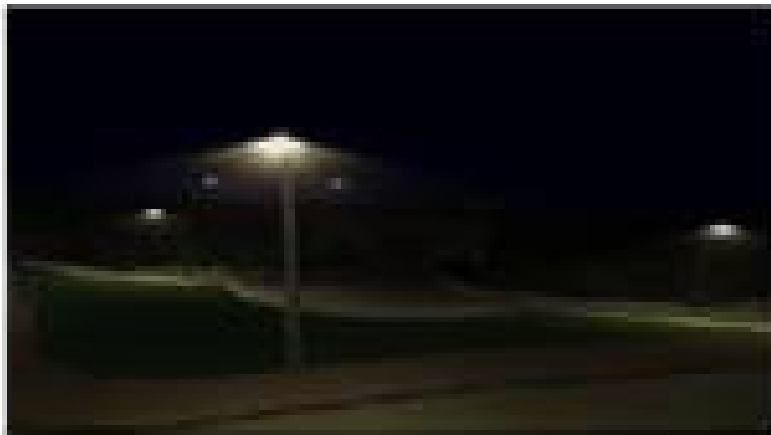
Eblouissement

L'éblouissement d'incapacité ou Indice TI :

C'est la mesure de l'Eblouissement d'incapacité dans une installation d'éclairage public. L'indice TI, exprimé en %.



[Figure 10-10 : L'éblouissement d'incapacité (Indice TI)]



Indice de rendu des couleurs

Définition : Le rendu des couleurs est la capacité d'une lampe à restituer les « vraies » couleurs.

Référence : L'indice est sur une échelle de 1 à 100
Lumière solaire : IRC = 100



Indice de rendu des couleurs

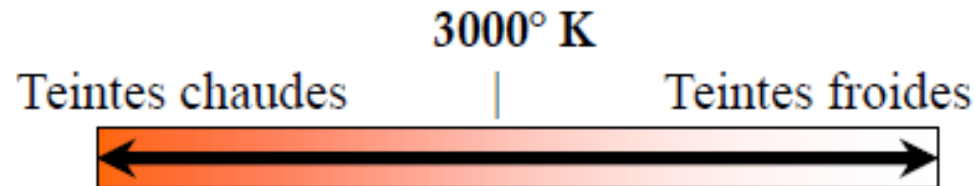


Type de sources	Valeur de l'IRC
Ballon fluo	50 à 70
Sodium Basse Pression	Monochromatique (jaune-orangée)
Sodium Haute Pression	25
Sodium blanc	80
Iodures métalliques	90
Tube fluorescent	> 85
Fluo compacte	85
Halogène / Incandescence	100



Température de couleur

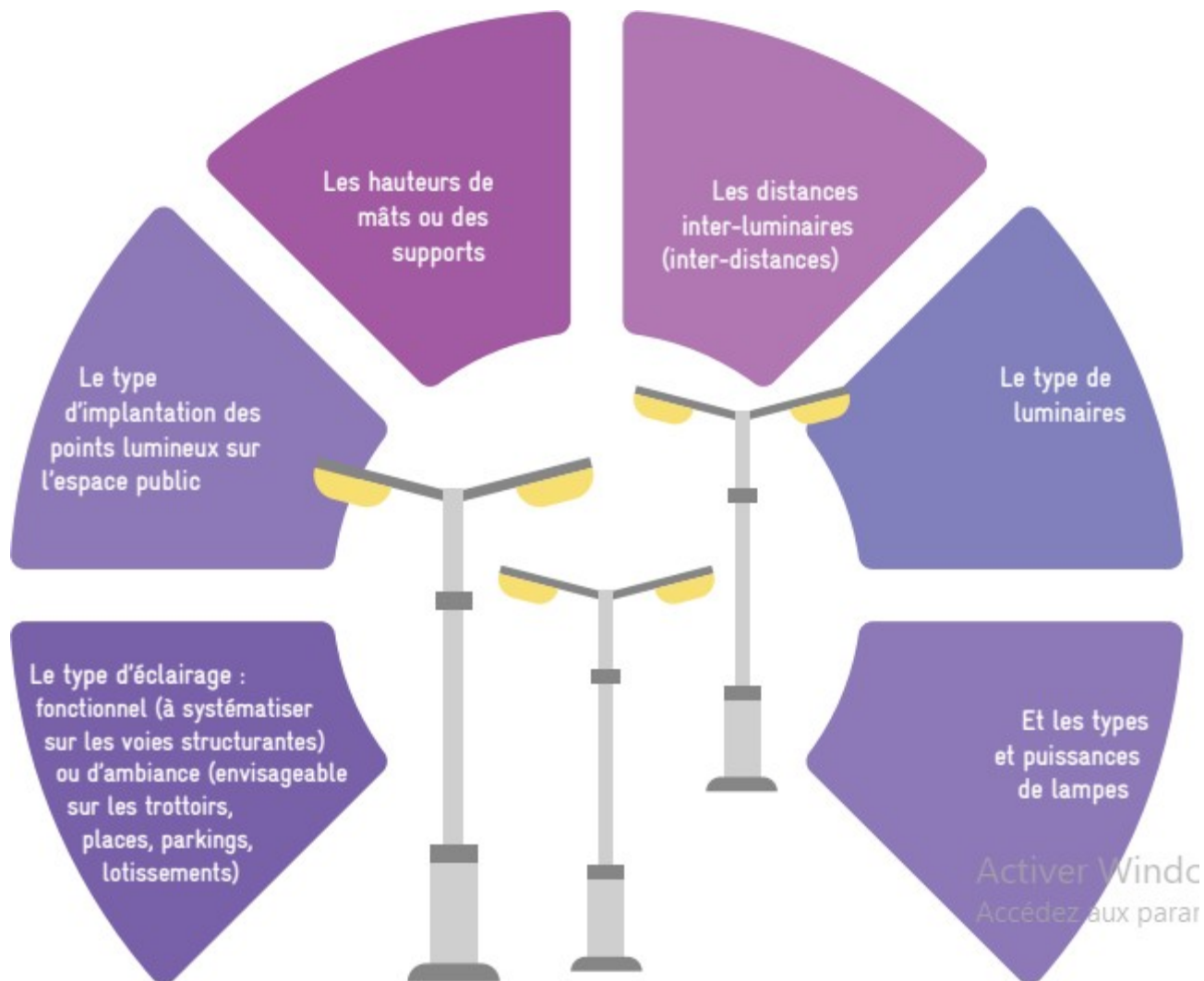
Définition : La température de couleur (T°) d'une source lumineuse est « la couleur apparente » de cette source, mesurée en degré K,



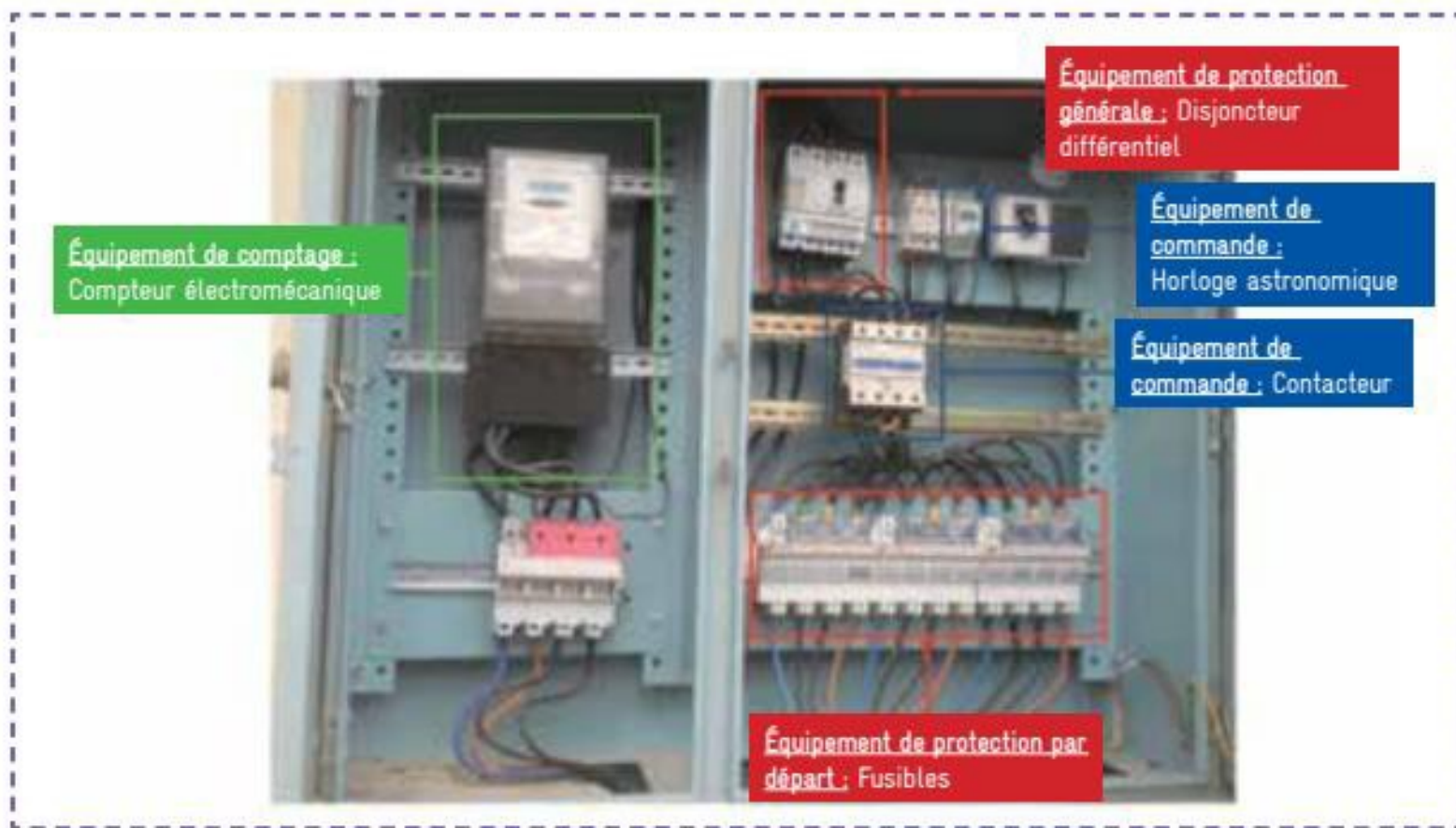
Quelques exemples :

- Filament Tungstène de la lampe à incandescence : 2500°K
- Flash appareil photo : 4280°K
- Lumière du soleil : 6000°K (zénith)

Principaux composants d'un réseau d'éclairage public



Principaux composants d'un réseau d'éclairage public



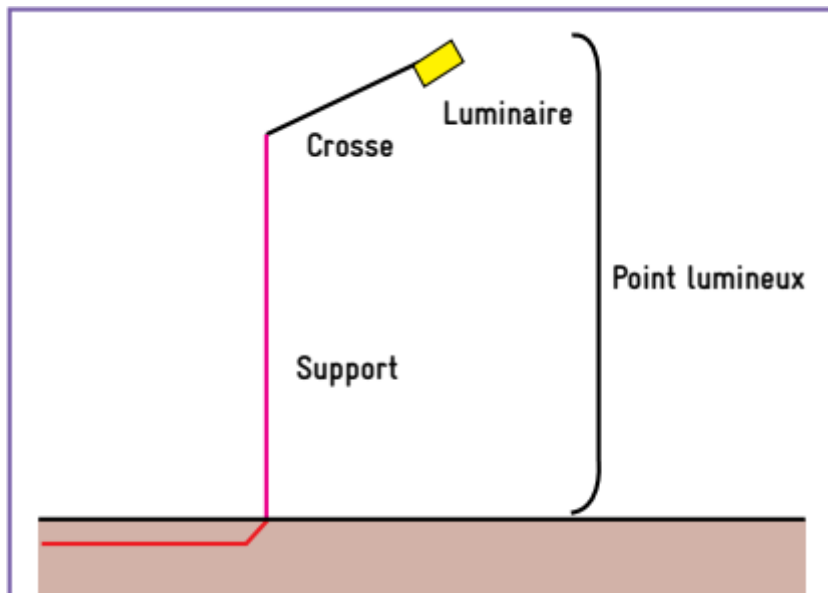
Armoire de commande

Principaux composants d'un réseau d'éclairage public



Câbles

Principaux composants d'un réseau d'éclairage public



Point lumineux



Luminaire



Lampes

Luminaire - Description

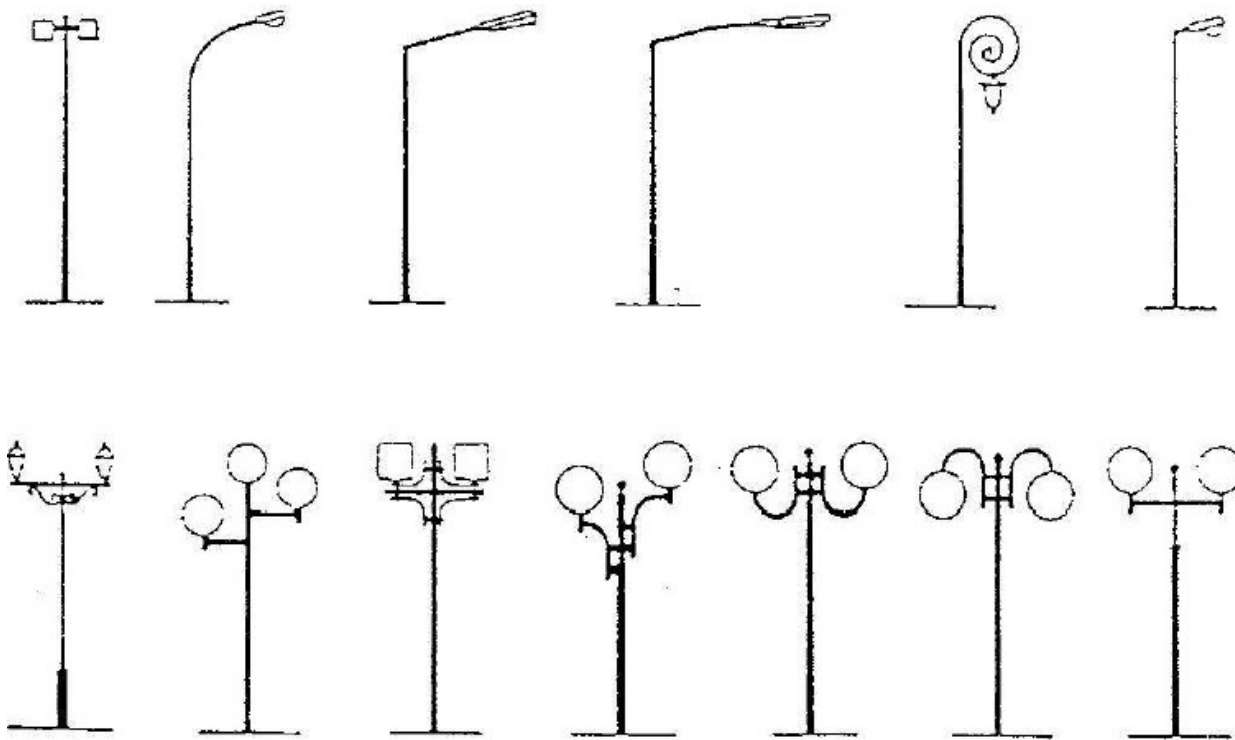
C'est un ensemble mécanique, optique et électrique qui comprend une ou plusieurs lampes qui doit répondre aux objectifs suivants :

- Distribuer le flux lumineux ;
- Contrôler le flux en évitant toute gêne d'éblouissement.



Luminaire - Fixation

Candélabres, lampadaires, ...



Luminaire - Fixation

- Les luminaires accrochés directement en applique murale, évitant ainsi la mise en place de mâts.
- Les bornes et les colonnes d'éclairage, adaptées aux espaces piétonniers.



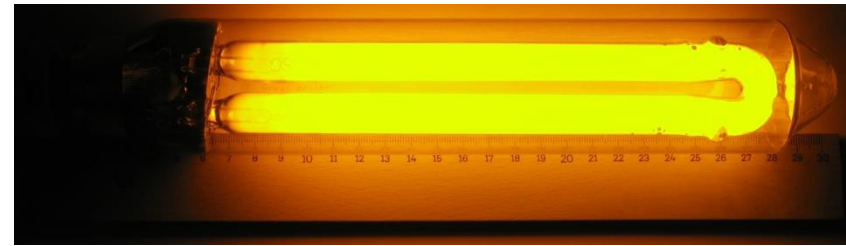
Luminaire - Fixation

- Les luminaires accrochés à un poteau



Luminaire -Types d'ampoules à utiliser pour l'éclairage public

- Lampes au sodium basse pression .
- Lampes au sodium haute pression .
- Les lampes au sodium offre par ailleurs une problématique de cycle de vie (production, recyclage , élimination).



Lampe	Efficacité énergétique (lumens/watt)	Température de couleur (° Kelvin)
Sodium basse pression (Na-LP)	100 - 180	1 800
Sodium haute pression	70 - 140	2 000
LED	80 - 130	3 000 – 6 500
Iodures métalliques	85 - 95	4 000
Vapeur de mercure(HQ)	40 - 60	3 300 – 4 200

Efficacité énergétique en fonction de la température de couleur des ampoules

Luminaire - Eclairage efficace

Bon



- éclairage le plus efficace
- dirige la lumière là où c'est nécessaire
- l'ampoule est masquée
- réduit l'éblouissement
- limite l'intrusion de la lumière vers les propriétés voisines
- aide à préserver le ciel nocturne

Mauvais



- gaspille l'énergie et renvoie la lumière vers le ciel
- provoque l'éblouissement
- l'ampoule est visible
- gêne le voisinage

Très mauvais

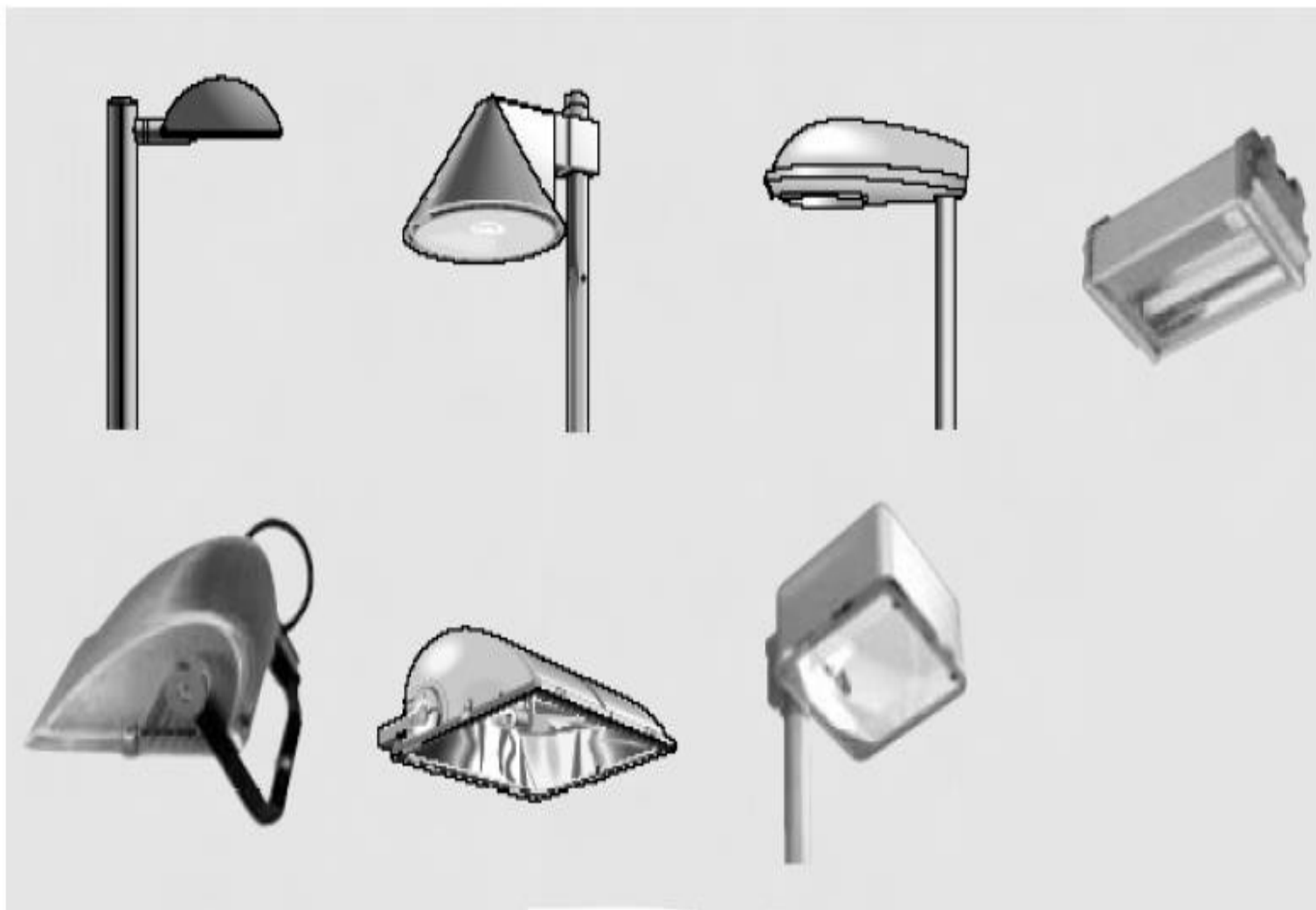


- gaspille l'énergie et renvoie la lumière vers le ciel
- provoque l'éblouissement
- gêne le voisinage et en plus...
- mauvaise efficacité de l'éclairage
- gaspillage très important

Luminaire à éviter

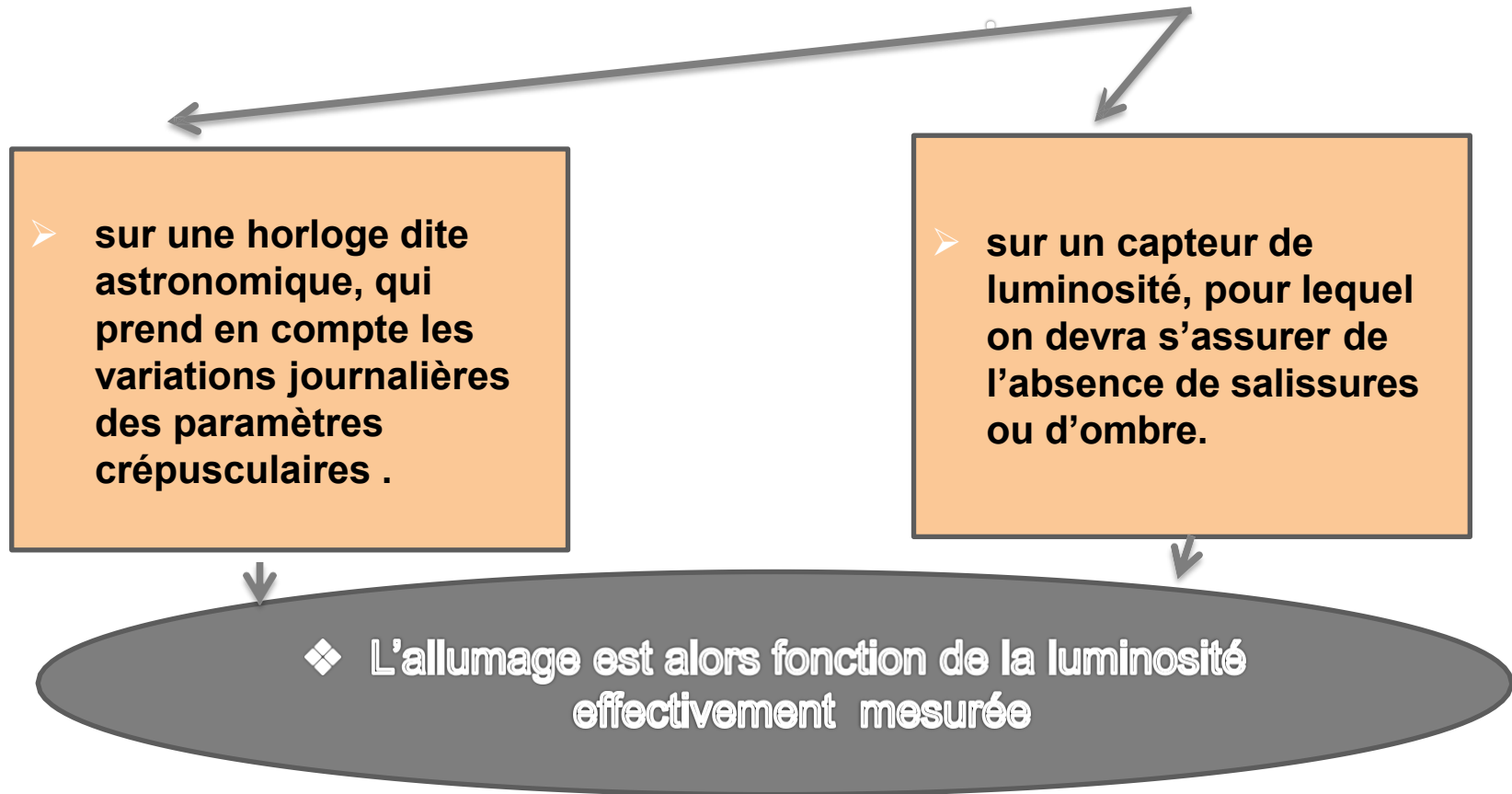


Luminaires à conseiller



Luminaire - Horaires de fonctionnement

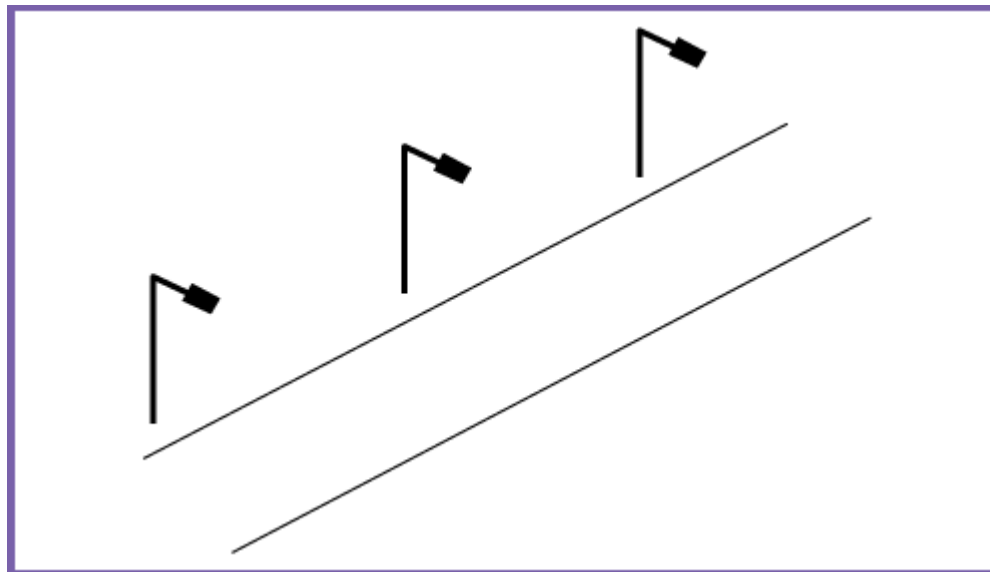
- Allumage le soir : quand la luminosité descend sous 20 lux pendant plus de 10 minutes.
- Extinction durant la nuit (p. ex. 23 h30 – 05 h 30).
- L'allumage par minuterie est parfois imprécis. Il est préférable d'asservir l'allumage :



Types d'implantation dans l'espace public

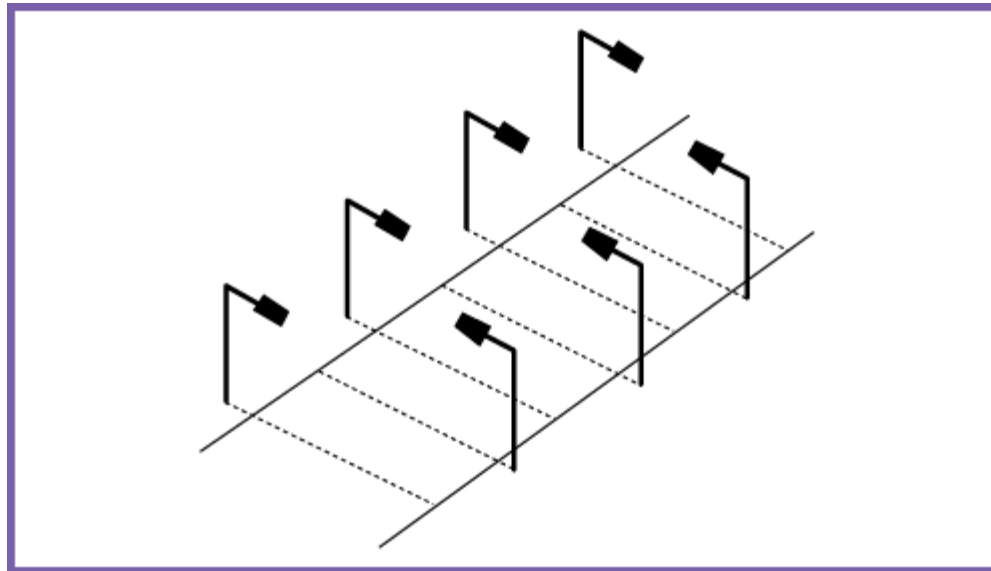
1. Implantation unilatérale

- Les luminaires sont implantés sur un seul côté de la route.
- On utilise cette disposition lorsque la largeur de la route est inférieure ou égale à la hauteur des candélabres.
- La luminance de la partie de la chaussée située loin des luminaires est inévitablement plus faible que celle située du même côté.
- Ce type d'installation est habituellement utilisé pour l'éclairage d'une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation.



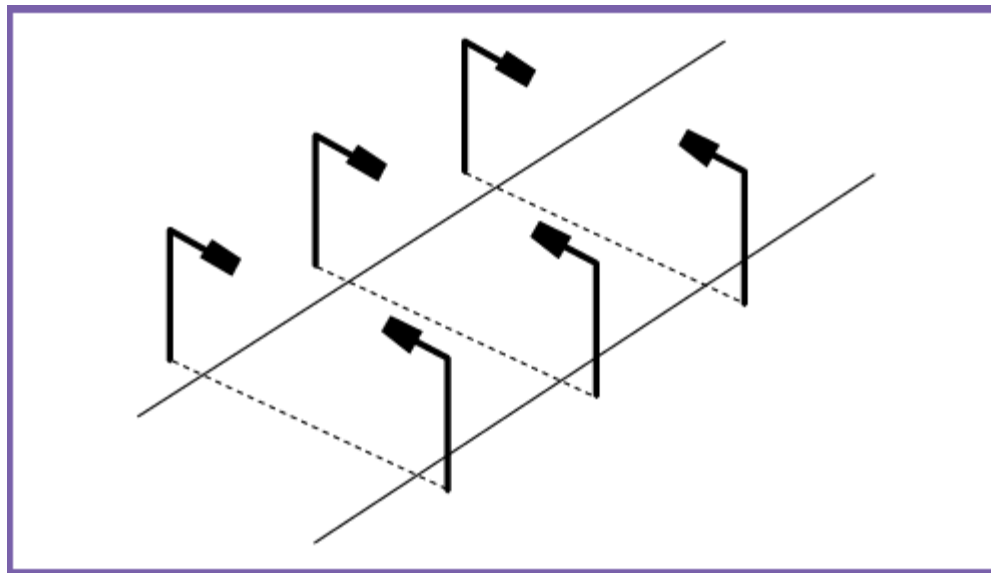
2. Implantation bilatérale

- Les luminaires sont situés de chaque côté de la route en implantation alternée (ou zigzag).
- On l'utilise lorsque la largeur de la route est comprise entre 1 et 1,5 fois la hauteur des candélabres.
- Ce type d'installation est habituellement utilisé pour une route constituée d'une chaussée simple à double sens de circulation.



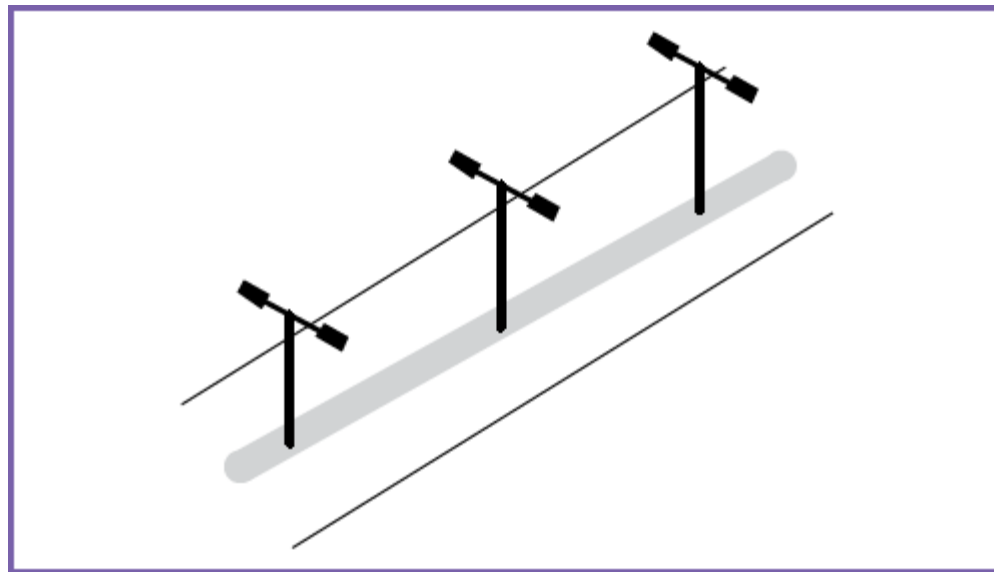
3. Implantation bilatérale vis-à-vis

- Les luminaires sont implantés des deux côtés de la route et en opposition.
- On utilise principalement cette implantation lorsque la largeur de la route est supérieure à 1,5 fois la hauteur des candélabres.
- Ce type d'installation est habituellement utilisée pour une route constituant d'une chaussée simple à double sens de circulation.



4. Implantation axiale

- Les luminaires sont implantés au dessus de la zone centrale.
- Cette installation équivaut à une installation unilatérale pour chaque chaussée.



Types d'implantation dans l'espace public

Type d'implantation recommandé	Rapport entre h et l	Type de chaussée	Observations
Implantation unilatérale	$l \leq h$	Chaussée simple à double sens de circulation	La luminance de la partie de la chaussée située loin des luminaires est plus faible que celle située du même côté
Implantation bilatérale en quinconce	$h < l \leq 1,5 h$		Un soin particulier doit être apporté à l'uniformité des luminances de la chaussée
Implantation bilatérale vis-à-vis	$1,5 < h$		-
Implantation axiale (rétro-bilatérale)	$l \leq h$	Chaussées doubles à deux sens de circulation	-

Efficacité énergétique - Choisir le mode de fonctionnement

- Dans certaines communes l'éclairage public est encore allumé de façon permanente de la tombée de la nuit au lever du jour. Or, on peut se poser la question de l'utilité d'un tel éclairage sur la totalité du territoire d'une commune ?
- Il existe des équipements qui permettent de gérer précisément les durées d'allumage et les puissances. On peut ainsi faire le choix :

Un éclairage réduit :

- La puissance d'éclairage baisse en pleine nuit.
- Cette solution est possible grâce à **des régulateurs - réducteurs de tension.**
- Cela contribue à une petite réduction de la pollution lumineuse et à la réalisation d'économies d'énergie.



Efficacité énergétique – Eclairage LED

- Les LED offrent des solutions à basse consommation énergétique.
- Les gammes de produits LED sont en constante évolution.
- On arrive aujourd'hui à trouver des produits d'éclairage LED aussi bien en domaine routier qu'en domaine urbain ou pour les illuminations festives.
- Il est toutefois important de préciser qu'aujourd'hui le coût des appareils à LED reste élevé et que malgré les économies d'énergie le temps de retour est assez long.

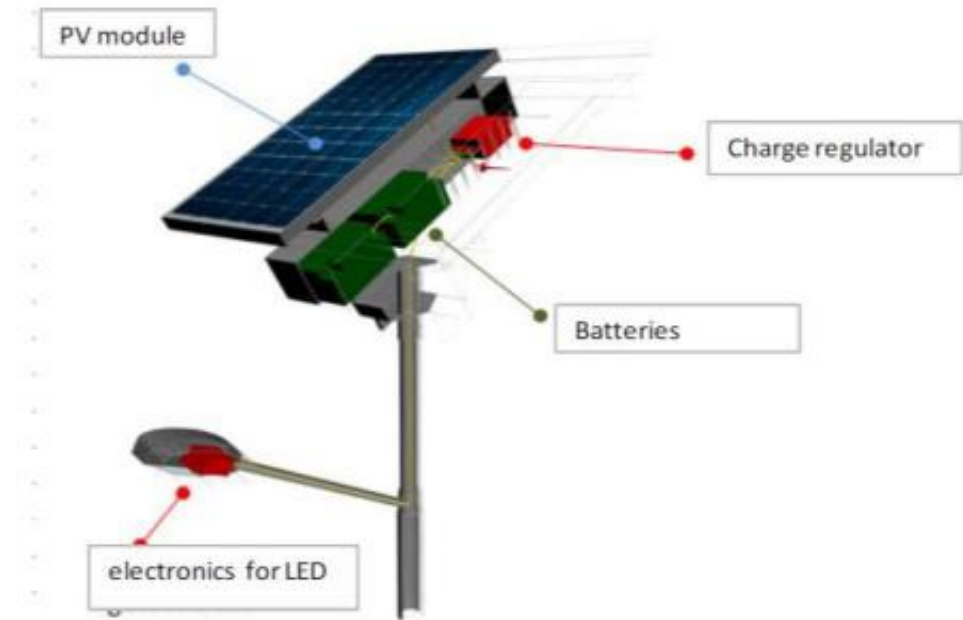


Efficacité énergétique – Lampadaires à énergie solaire

- L'énergie solaire en alimentation d'un éclairage peut apporter des solutions intéressantes en ce qui concerne l'éclairage urbain, notamment lorsqu'il n'existe **pas de ligne électrique à proximité du candélabre.**
- Le panneau photovoltaïque devra être parfaitement bien orienté pour recevoir **un maximum d'ensoleillement.**
- La taille du panneau est calculée en fonction de l'ensoleillement et de l'usage du lampadaire



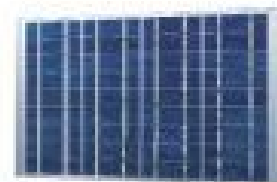
Efficacité énergétique – Lampadaires à énergie solaire



Efficacité énergétique – Lampadaires à énergie solaire

Module Solaire 135Wc

Module photovoltaïque monocristallin 135Wc



Régulateur de charge MPPT avec programmeur

Régulateur MPPT, avec protections contre surchauffe et surcharge, garantissant une recharge optimale et, par conséquent, une durée de vie maximale de la batterie. Le régulateur est programmable (programmation time-table)



Eclairage à LED

LEDs 30W, haute luminosité (3420 Lumens), protection IP65, poids 10 kg.



Batterie

2 batteries étanches, capacité 100 Ah (C20), faible auto-décharge, sans maintenance, pour une utilisation en cycles de charge/décharge.

Les batteries sont dimensionnées pour permettre une autonomie de 5 jours sans soleil.



Efficacité énergétique – Lampadaires à énergie solaire

Support en haut du mât

Support des modules photovoltaïques et coffret de batterie à fixer en haut du mat. En acier inoxydable, le coffret est muni d'aérations avec ouverture sur le côté. Le coffret est orientable avec les panneaux.

La fixation au poteau se fait par système à vis, diamètre 102mm



Support de lampe

Support de lampe en acier galvanisé, diamètre 60mm, longueur 1000mm.

Inclinaison à 20° par rapport au sol.

La fixation au poteau diamètre 102mm



Kit de câbles

Câbles résistants aux UV pour applications extérieures (câbles pour modules PV et connexion batteries).



Efficacité énergétique – Lampadaires à énergie solaire



Efficacité énergétique – Lampadaires hybrides (solaire / éolien)

- Son utilisation, aujourd'hui plutôt expérimentale, tend à se développer.
- Son prix d'achat est élevé.



Efficacité énergétique – Exemple

l'installation des lampes économiques de type Sodium **Haute Pression (SHP)** en substitution des lampes vapeur de mercure.

État global de Réalisation des Points Lumineux Concernés par l'Economie d'Energie selon le type de lampe:

N°	Désignation	U	Quantité
01	Lampe Sodium Haute Pression(SHP) 70W	U	1 500
02	Lampe Sodium Haute Pression(SHP) 150W	U	5 000
03	Lampe Sodium Haute Pression(SHP) 250W	U	3 500
Total		U	10 000

Efficacité énergétique – Exemple

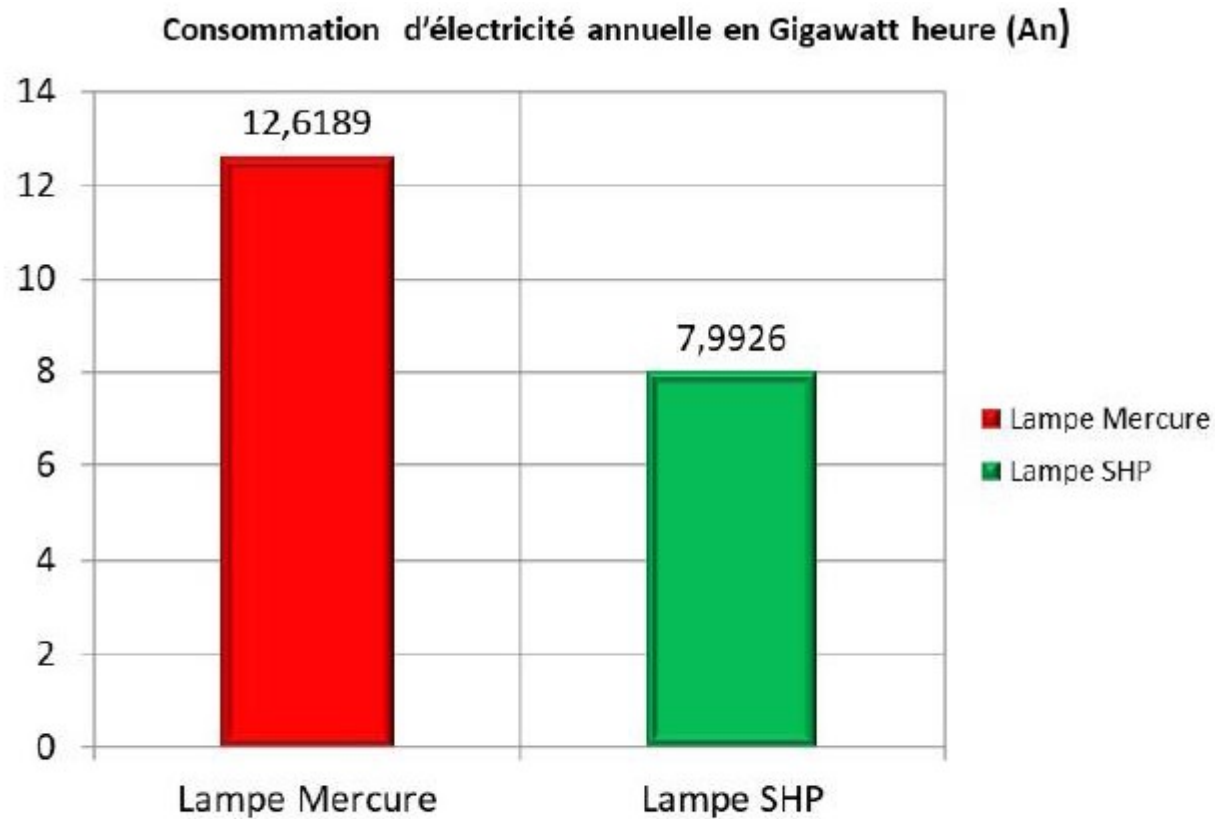
Consommation énergétique de l'ancien éclairage en mercure

N°	Type de lampe	Durée d'allumage moyenne (H/an)	Puissance Lampe + Appareillage (Watts)	Nombre de lampe	Puissance consommée Pt/lampe(W)	Puissance consommée P totale (KW)	Consommation d'électricité (KWh) (An)
01	Mercure 125 (w)	4200	144	1500	216 000	216,00	907 200,00
02	Mercure 250 (w)	4200	263	5000	1 315 000	1 315,00	5 523 000,00
03	Mercure 400(w)	4200	421	3500	1 473 500	1 473,50	6 188 700,00
TOTAL	-	-	-	-	3 004 5000 W	3 004,50 KW	12 618 900,00

Efficacité énergétique – Exemple

N°	Eclairage ancien en Mercure				Eclairage Actuel en Sodium Haute pression			Gains en énergie	
	Type de lampe	Puissance consommée P totale (KW)	Consommation d'électricité (KWh) (An)	Nombre de lampe	Type de lampe	Puissance consommée P totale (KW)	Consommation d'électricité (KWh) (An)	Puissance consommée P totale (KW)	Consommation d'électricité (KWh) (An)
01	Mercure 125 (w)	216,00	907 200	1500	SHP 70 (w)	132,00	554 400	84	352 800
02	Mercure 250(w)	1 315,00	5 523 000	5000	SHP 150(w)	840,00	3 528 000	475	1 995 000
03	Mercure 400(w)	1 473,50	6 188 700	3500	SHP 250(w)	931	3 910 200	542,5	2 278 500
TOTAL	-	3 004,50	12 618 900	-	-	1 903,00	7 992 600	1101,5	4 626 300

Efficacité énergétique – Exemple



Gain annuelle : 4,6 gigawatt heure (an)

1. Les lampes à incandescence

- ❖ Un filament de carbone ou de métal soumis à une différence de potentiel s'échauffe et devient lumineux. Seule une température élevée conduit à une efficacité lumineuse notable.
- ❖ Pratiquement le seul matériel utilisé est le tungstène dont la température de fusion est de 3650°K , ce qui permet des températures de fonctionnement de 2800 à 3000°K .
- ❖ Alors que les premières lampes étaient à vide, les lampes actuelles contiennent un gaz neutre (azote, argon, krypton, xénon) qui ralentit l'évaporation et permet une température plus élevée que dans le vide.



1. Les lampes à incandescence

Avantages

- ❖ Circuit électrique simple
- ❖ Excellent IRC, environ 97%
- ❖ Facilement graduable de 0 à 100%
- ❖ Allumage et rallumage instantané
- ❖ Source ponctuelle(Contrôle optique)

Inconvénients

- ❖ Faible efficacité (15 LPW)
- ❖ Courte durée de vie (1000 à 5000 hrs)
- ❖ Peu de résistance aux chocs et vibrations
- ❖ Produit beaucoup de radiations infra-rouge
- ❖ Durée très sensible aux variations de voltage

2. Les lampes aux halogènes

Ce sont des lampes à incandescence dans lesquelles on a rajouté au gaz de remplissage une faible quantité d'un halogène (iode ou brome).

Dans l'ampoule, à 600° environ, l'halogène forme avec le tungstène évaporé un halogénure de tungstène qui, à la température du filament se décompose et restitue le tungstène au filament (à 3100°) et l'halogène à l'atmosphère gazeuse.

Les ampoules sont en quartz, de très petites dimensions, ont une efficacité lumineuse plus élevée (20 à 27 lm/W) et une durée de vie de 2000 heures. Aucun noircissement n'apparaît au cours du fonctionnement. Elles sont très utilisées dans les projecteurs.



2. Les lampes aux halogènes

Avantages

- ❖ Source ponctuelle (Contrôle optique)
- ❖ Excellent IRC (100%)
- ❖ Excellent maintien du flux lumineux (96%)
- ❖ Allumage et rallumage instantané
- ❖ Peu sensible aux variations de températures

Inconvénients

- ❖ Faible efficacité (18 à 30 lpw)
- ❖ Faible durée de vie (environ 2500 hrs)
- ❖ Durée sensible aux variations de voltage
- ❖ Sensible aux chocs et vibrations
- ❖ La gradation empêche le fonctionnement du cycle régénérateur

3. Lampes à décharge

Principe

Dans une ampoule remplie d'un gaz rare, on applique une tension croissante aux bornes de deux électrodes. Pour une valeur, dite tension d'amorçage le gaz s'illumine et l'ampoule devient source de lumière. La lumière fournie est caractéristique du gaz et influencée par sa pression.

1)Sodium basse pression

2)Sodium haute pression

3)Mercure

4)Lampe à décharge à iodure métallique



1)Sodium basse pression



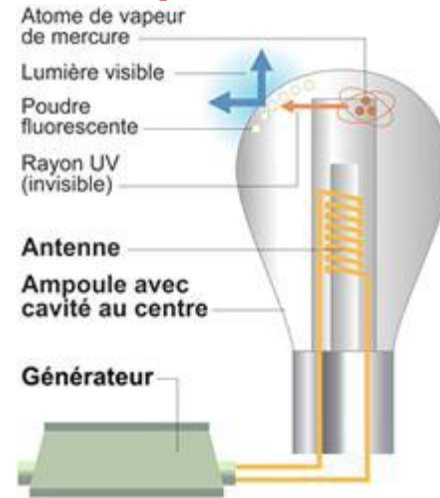
3)Mercure

Les Lampes

4. Les lampes fluorescentes



5. Les lampes à induction



6. Diodes électroluminescentes (LED):

