

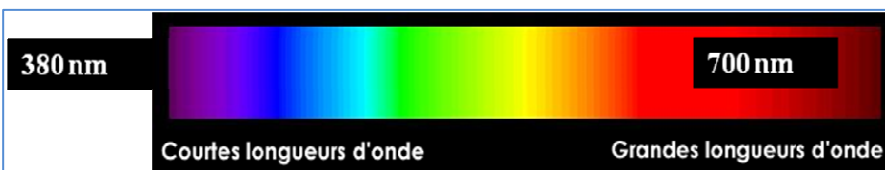
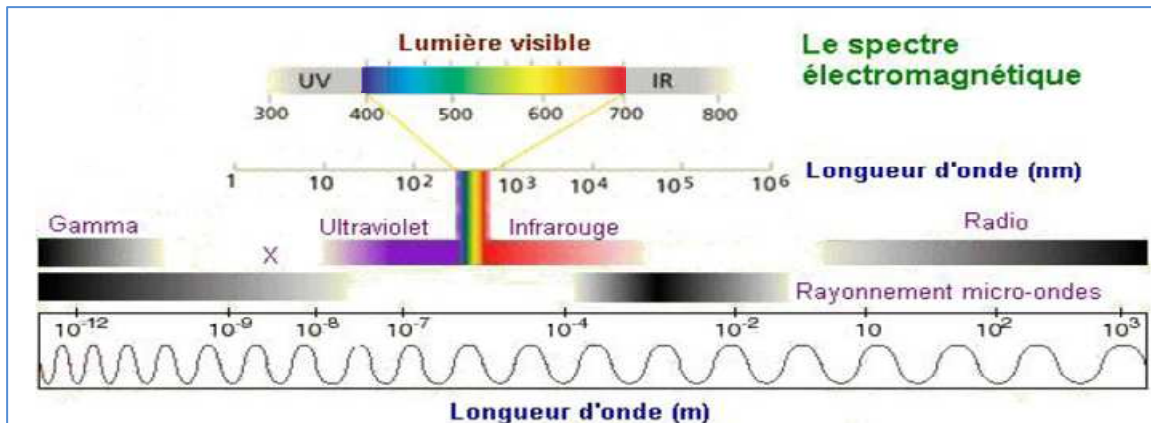
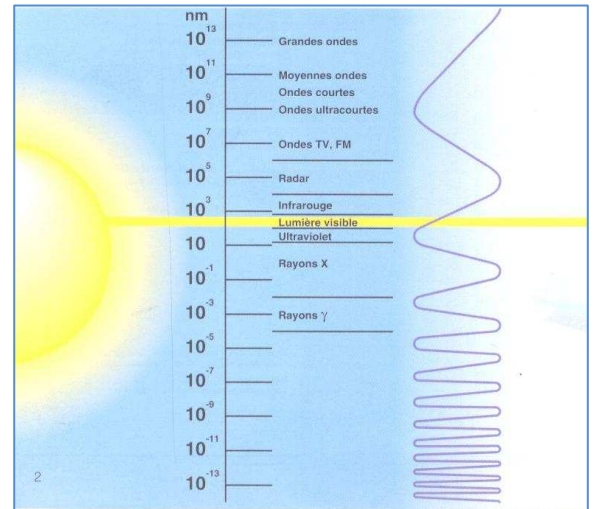
## 1- Comprendre la lumière

D'où vient la lumière ? d'un rayonnement. Tout corps solide, liquide gazeux soumis à un changement d'énergie produit un rayonnement qui se traduit par des radiations variables en fréquences (Hz) et longueur d'onde (nm).

Lumière naturelle :

L'exemple parfait d'un corps rayonnant est celui du soleil qui produit notre lumière du jour, dont les radiations sont comprises dans une plage d'onde infinie.

La lumière est transmise à la vitesse de 300 000 kms/s.



## 2- Caractérisation de la lumière

Différentes théories, depuis Newton, ont permis d'évoluer vers l'aspect ondulatoire et corpusculaire de la lumière. On peut assimiler la lumière à un rayonnement qui se transmet à la vitesse de 300 000 km/s.

La longueur d'onde de la lumière est donnée par la relation :

$$\lambda = v / f$$

avec :

v : vitesse de la lumière, en mètres par seconde (m/s) Lumière

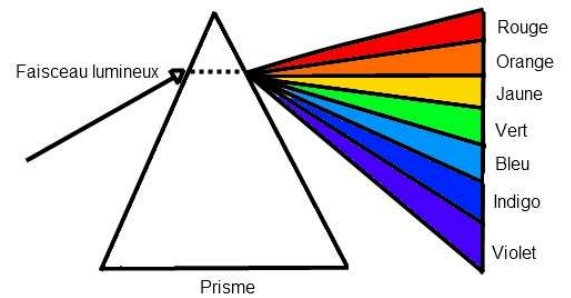
f : fréquence, en hertz (Hz)

λ : Longueur d'onde, en mètres (m).

## 2-1) Décomposition de la lumière

Le rayonnement d'une source lumineuse se définit comme une émission d'énergie comportant plusieurs radiations élémentaires, pouvant être décomposée par un prisme.

Décomposition de la lumière du soleil par un prisme :

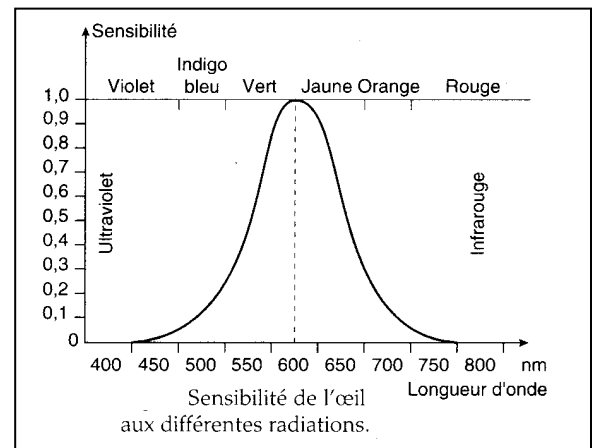


La lumière du soleil est la réunion de plusieurs radiations élémentaires, qui diffèrent par leur longueur d'onde. L'ensemble des radiations constitue le spectre de la source lumineuse.

## 2-2) Spectre lumineux

Chaque source lumineuse fournit un ensemble de radiations différentes.

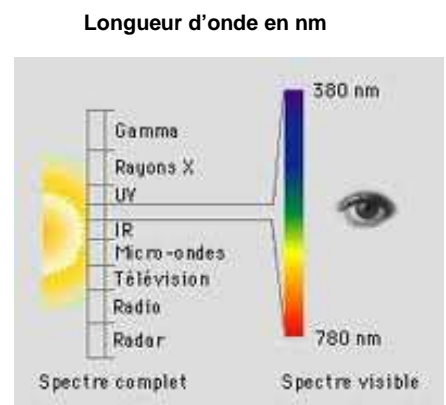
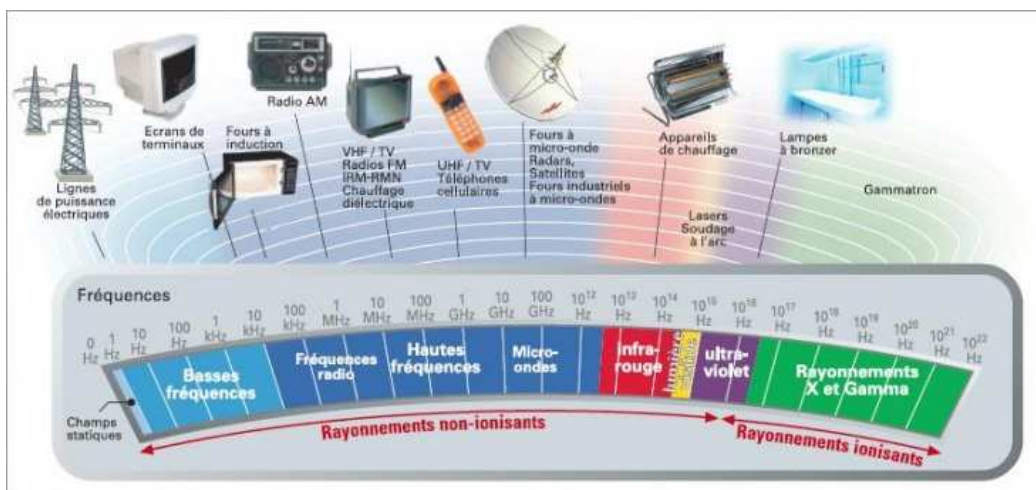
L'étude de spectres lumineux (analyse spectrale) fournit des Renseignements importants pour le choix des lampes d'éclairage, d'autant que la sensibilité de l'œil est différente selon les couleurs.



## 2-3- Classification des radiations

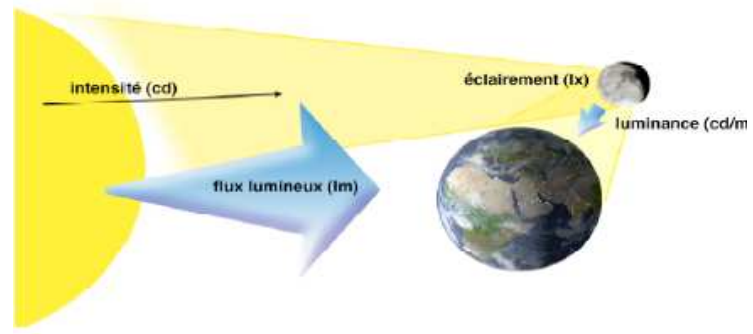
Les radiations de la lumière visible ne représentent qu'une très faible partie de l'ensemble des radiations qui nous entourent.

Classement des radiations en fonction de leurs longueurs d'onde.



### 3- Grandeurs photométriques

La technique de l'éclairage se réfère à la photométrie, qui mesure les grandeurs lumineuses, l'intensité lumineuse, le flux lumineux et l'éclairement.



#### 3-a- Intensité lumineuse \_symbole : I ; unité : la candela (cd)

Le candela est la mesure de la lumière émise dans une direction précise , et correspond à l'intensité lumineuse, de la flamme d'une bougie pour un observateur situé à une distance de 1 mètre.

#### 3-b- Flux lumineux : $\Phi$ ou F ; unité : le lumen (lm)

Le flux lumineux est la quantité de lumière émise par une source lumineuse dans un certain cône.

Définition : C'est le flux émis par une source ponctuelle uniforme de 1 candela (1 cd) dans l'angle solide de 1 stéradian.

Relation :  $\Phi = I \times \Omega$  avec :

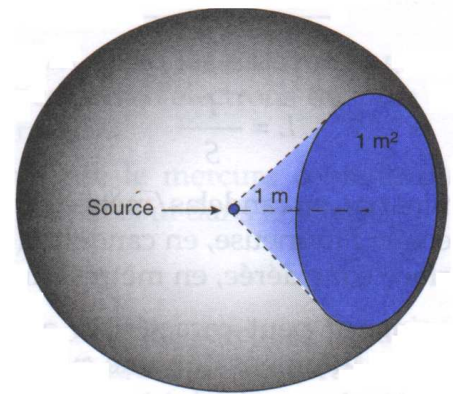
$\Phi$  : flux lumineux, en lumens (lm)

I : intensité lumineuse, en candelas (cd)

$\Omega$  : angle solide, en stéradians

L'angle solide de un stéradian est défini par une surface de un mètre carré, placée à un mètre de la source de un candela.

Le flux lumineux émis par une lampe est la principale caractéristique d'une lampe.



Angle solide de un stéradian.

#### 3-c- Eclairement

Le flux lumineux produit par une source peut se répartir sur des surfaces différentes donnant des effets différents. Il a donc fallu définir une unité de flux lumineux par unité de surface, c'est l'éclairement.

Eclairement d'une surface : symbole : E ; unité : le lux (Ix)

Le lux est l'éclairement E d'une surface de 1 m<sup>2</sup> recevant un flux lumineux de 1 lumen.

Relation :  $E = \Phi / S$

E : éclairement, en lux (Ix)

$\Phi$  : flux lumineux, en lumens (lm)

S : surface, en mètres carrés (m<sup>2</sup>)

Exemple

On désire un éclairement de 250 lux sur une surface de 3 m<sup>2</sup>, indiquer le flux lumineux de la source.

De la relation, on tire :

$\Phi = E \times S = 250 \times 3 = 750$  lumens.



Éclairement d'une surface.

RQ : Une lampe placée à 5 m d'une surface éclaire une surface 25 fois plus grande ( et produit donc un éclairement 25 fois plus petit) que la même lampe distante d'un mètre seulement de cette surface.

Quelques exemples :

locaux	E [lux]	locaux	E [lux]
salle de bain - général	100	salle de dessin (tables)	1000
miroirs salle de bain	500	ateliers	300
séjour	200	travail de précision	1500
salle de travail -bureau	500	vitrine	1000

L'éclairement se mesure à l'aide d'un luxmètre. Cet appareil est muni d'une sonde, constituée par une cellule photo-électrique de surface bien déterminée.



Lux	W/m <sup>2</sup>	Commentaire
0,5 Lux		Nuit de pleine lune
10 Lux		Pénombre, ou éclairage bougie
20 à 80 Lux		Ville éclairée
100 à 200 Lux		Eclairage domestique
300 à 500 Lux		Lieux
5000 Lux	50 W/m <sup>2</sup>	Extérieur par temps couvert
10000 Lux	100 W/m <sup>2</sup>	Extérieur par temps moyen
100000 Lux	1000 W/m <sup>2</sup>	Extérieur par temps ensoleillé

#### 4- Caractéristiques des sources

- Une source lumineuse est un convertisseur d'énergie dont la grandeur d'entrée est la puissance électrique s'exprimant en Watts :  $P = U.I.\cos\varphi$
- La grandeur de sortie est le flux lumineux  $\Phi$  qui s'exprime en lumen (lm).

Efficacité lumineuse d'une source **k** exprime la quantité de lumière émise par une source pour un watt de puissance. Son unité est donc **lm/W**.

Relation:  $K = \Phi / P$

K : Efficacité lumineuse (lm / W)

P : Puissance absorbée (W)

$\Phi$  : Flux lumineux émis (lm)

- lampe à incandescence : 11 lm/W
- Lampe à incandescence halogène : 15 lm/W

- lampe à vapeur de mercure haute pression: 120 lm/W
- lampe à vapeur de sodium : 150 lm/W

## 5) IRC - indice de rendu des couleurs

C'est ce qui caractérise la source à ne pas déformer les couleurs par rapport à la lumière solaire

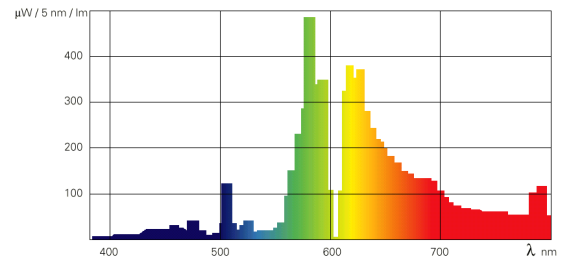
Exprimé par un chiffre de 0 à 100, la valeur maximale d'IRC est 100, elle correspond à la lumière du jour.

IRC > 90 Excellent rendu des couleurs.

80 < IRC < 90 BON

IRC < 60 mauvais

Une ampoule ordinaire à incandescence a un IRC de 97, et une ampoule halogène s'approche de 100. Les tubes luminescents et les ampoules fluocompactes vont de 50 à 98, suivant la composition de la poudre fluorescente qui tapisse leur verre. Quant aux lampes à LEDs blanches du marché, dont la qualité varie beaucoup, elles ont des IRC qui s'étalent de 60 à 90.

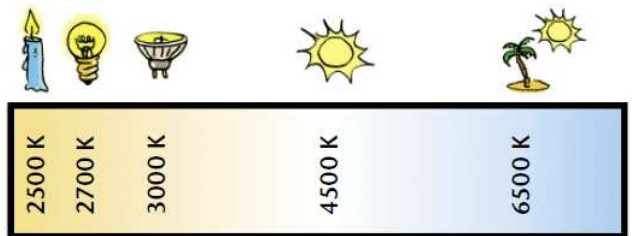


## Température de couleur

C'est la gamme de couleurs que produit la lampe : depuis les «teintes chaudes», comme si les objets étaient éclairés par le soleil couchant, jusqu'aux «teintes froides» où les bleus dominent, comme sous le soleil intense de midi. La température de couleur est donnée en degrés Kelvin (K).

Les lampes qui produisent une lumière «chaude» vont de 2500 à 3000 K, celles qui produisent une lumière «neutre» sont à environ 4500 K. Au-delà, la lumière paraît plus «crue».

La température de couleur et l'IRC sont deux choses différentes: ce n'est pas parce qu'un tube luminescent ou une lampe à LEDs porte la mention «type lumière du jour» que son indice de rendu des couleurs sera forcément bon. La couleur de la lumière, exprimée en degrés kelvin (K). Plus elle est basse (< 4000 K), plus la lumière émise tend vers les couleurs chaudes, donc reposantes. Plus elle est élevée (> 5300 K), plus elle est dynamique et plus la lumière tire vers le bleu, ce qui convient plutôt aux bureaux, cuisines ou salles de bain. La lumière du jour, par exemple, correspond en moyenne à 5600 K le midi.



1) Sur l'emballage d'une ampoule sont indiqués sa classe énergétique (de A pour les plus sobres à G pour les plus gourmandes).

2) La durée de vie.

3) La puissance (en watts).

4) Le flux lumineux (en lumens).

5) Les dimensions.

6) Le nombre de cycles d'allumage

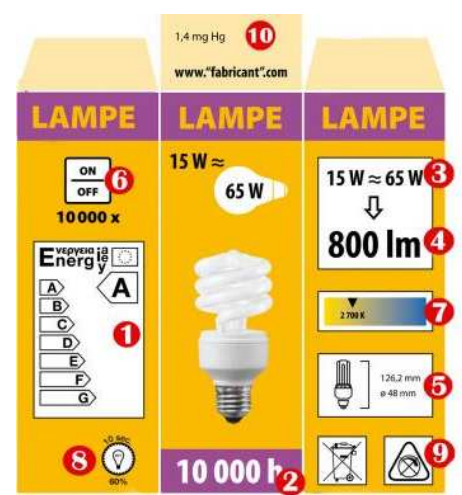
7) la température de couleur.

8) Le temps de chauffage.

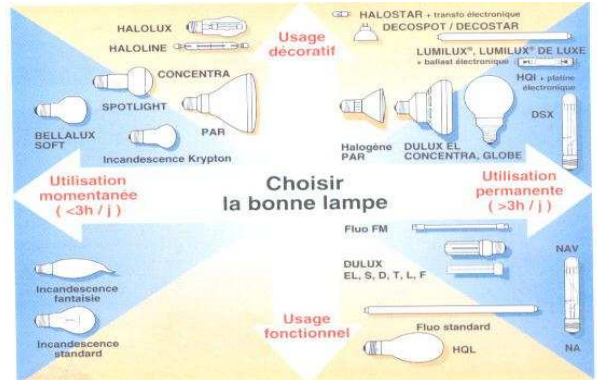
9) l'utilisation avec un variateur d'intensité.

10) La quantité de mercure dans l'ampoule.

11) La capacité à restituer les couleurs (indice IRC) plus cet indice est fort (maxi 100), mieux les couleurs sont respectées, les indices inférieurs à 80 étant interdits à la vente pour les lampes fluocompactes.



## 5) Différentes familles de lampes et leurs applications:



lampes à filaments	lampes à gaz (décharges)
* <u>incandescence</u> * <u>halogène</u>	* <u>tube fluorescent</u> * <u>vapeur mercure</u> * <u>vapeur de sodium</u>

habitation (incandescence)	habitation (à décharge)	Public (à décharge)
* <u>ampoule classique</u> * <u>lampe halogènes</u>	* <u>lampes économiques</u> * <u>tubes fluorescents</u>	* <u>éclairage public (jaune)</u> * <u>éclairage public (blanc/bleu)</u> * <u>tubes d'enseigne (rouge)</u>

### 5-1 Les lampes à incandescence :

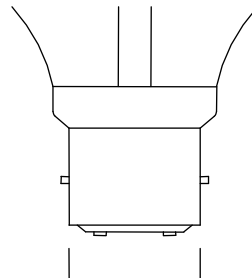
**Ampoule classique** : La lampe à incandescence est actuellement constituée d'un filament en tungstène en spire

Le passage du courant à travers le filament produit une élévation de la température par effet joule.

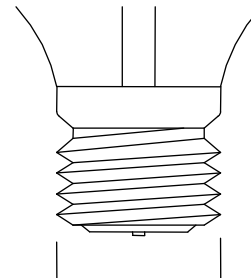
Le filament est placé dans une atmosphère gazeuse (argon ou parfois du krypton) ou à iode (pour les lampes halogène). La température doit être la plus haute possible pour obtenir le flux lumineux émis sans pour autant atteindre la température de fusion qui provoquerait la destruction du filament.

La durée de vie d'une ampoule à incandescence est d'environ 1000 heures

Les ampoules à incandescence que l'on trouve actuellement sur le marché ont énormément de formes différentes, des culots différents (à vis E27 ou à baïonnette B22) et sont prévues pour diverses tensions d'alimentation.



Culot B22



Culot E 27

**Ampoule Halogène** : Les lampes à halogènes ou à iode sont des lampes à incandescence à filament de tungstène.

En rajoutant de la vapeur d'iode dans l'ampoule, on pourra augmenter un peu la température du filament. L'efficacité lumineuse de ce type de lampe (13 lm/W) est donc plus élevée que celle à incandescence. La durée de vie de ce type de lampe est estimée à environ 2000 heures.

On trouve toutes sortes d'ampoules halogènes.

- \* Soit des très puissantes alimentées en 230 V prévue pour de l'éclairage indirect ou pour des projecteurs (attention à la chaleur - ne pas diriger ces lampes vers des rideaux, des boiseries ou d'autres éléments combustibles). Avec une ampoule linéaire (NE PAS LES TOUCHER AVEC LES DOIGTS - même éteintes).

- \* soit des modèles moins puissants que l'on trouve montés dans une imitation de lampes traditionnelles prévues avec un culot à vis
- \* Soit des modèles à très basse tension (éclairage ponctuel - tableau - ou par de nombreuses petites sources). Attention dans ce cas les ampoules même petites peuvent être relativement puissantes ( 50 W ) . Si l'on doit installer plusieurs lampes sur la même alimentation ou le même transformateur, il faudrait faire un calcul du courant pour déterminer la section des fils à utiliser.

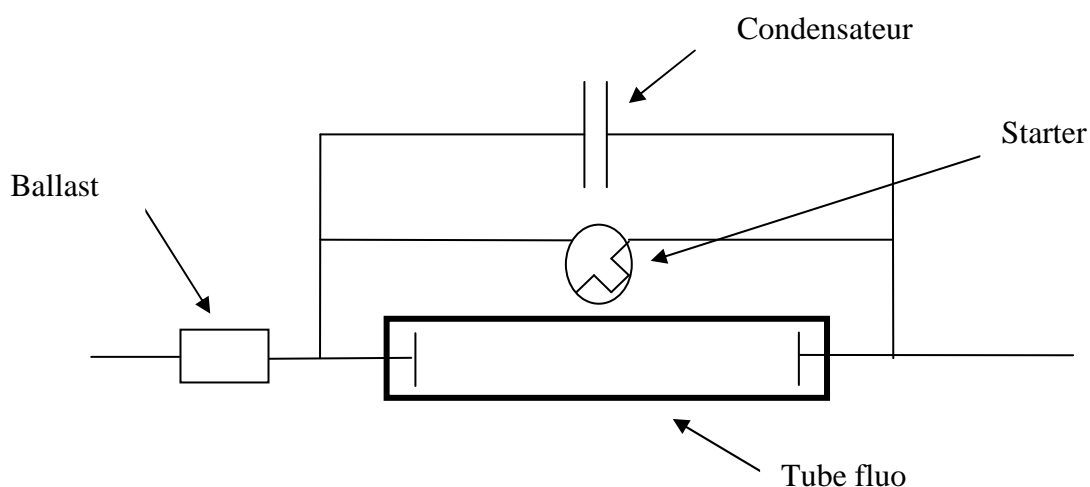
### Les lampes à décharges

Ce type de lampe est constitué d'une ampoule renfermant un gaz ou une vapeur métallique. Lorsqu'un courant électrique traverse ce gaz, il y a émission de lumière. Les couleurs émises dépendent du gaz ou de la vapeur métallique utilisée.	<b>vapeur métallique ou gaz</b>	<b>couleur émise</b>
	néon	rouge
	mercure	bleue + UV
	sodium	jaune - orange

### Les tubes fluorescents

Leur amorçage nécessite un dispositif annexe composé de :

- Un starter = bilame (préchauffage des électrodes du tube, et création d'une surtension pour l'amorçage par coupure du circuit selfique dut au ballast).
- Un ballast = inductance (limitation et stabilisation du courant)
- Un condensateur de compensation de  $\cos \varphi$  ( $\cos \varphi$  introduit par la présence du ballast).



### Les lampes à économie d'énergie ( Fluo compacte )

Elles fonctionnent sur le même principe que les tubes fluorescents(avec ballast électronique), et peuvent remplacer des lampes à incandescences classiques, sans modification de l'installation électrique(seulement en monophasé)

Une lampe à économie d'énergie consommera environ quatre fois moins de courant qu'une lampe à incandescence. La durée de vie est estimée à 5 000 heures  $\cos \varphi = 0,5$

### Les lampes à vapeur de mercure

Elles contiennent de la vapeur de mercure dans une atmosphère d'argon.

Leurs efficacités lumineuses sont de 40 à 100 lm/W donc cinq fois plus qu'une lampe à incandescence.

La durée de vie est estimée à 12 000 heures

Ex d'applications de lampes à vapeurs de mercure à basse pression :

- \* lumière noire (Blacklight) - Discothèque
- \* inactinique - photographie ( ne laisse pas de trace sur les supports photosensible)
- \* UV - médecine (thérapie ou détection de pathologie de certaines maladies de la peau)
- \* UV - médecine ( stérilisation) - aussi en aquariophilie
- \* UV - bronzage
- \* UV - lutte contre les stupéfiants (W-C)

### **Les lampes à décharges : à valeur de sodium**

:

La couleur émise par ce type de lampe est le jaune (jaune - orange).

L'efficacité lumineuse est de l'ordre de 150 lm/W, donc quinze fois plus qu'une lampe à incandescence.

La durée de vie de cette lampe est estimée à 8 000 heures

Ces lampes sont surtout utilisées pour de l'éclairage public ( routes, tunnels, monuments) et également dans des luminaires en combinaisons avec des lampes à vapeur de mercure pour l'éclairage de hall de tennis (par exemple