

# Réduction de la consommation d'électricité Choix des appareils d'éclairage

(Logements et secteur tertiaire)

Exposé dans le cadre de la formation

Construction et rénovation de Bâtiments Durables 2011 - 2012

**Manuel Colasse**

**COLASSE SA - SPOTLED**

10/09/2011



**BRUXELLES ENVIRONNEMENT**

IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

# Objectif de l'exposé

- Donner des pistes concrètes pour réduire la consommation d'électricité dans les bâtiments pour le tertiaire et le logement
- Donner des critères de choix pour la mise en œuvre d'un éclairage performant en terme de confort et de performance énergétique



# Plan

- PARTIE 1:  
Pistes pour la réduction des consommations électriques
- PARTIE 2:  
La lumière et les sources d'éclairage artificiel



# Pistes pour la réduction des consommations électriques

- Objectifs 2020 et directive Eco Conception
- Répartition de la Consommation en Europe pour le secteur résidentiel
- Amélioration de l'efficacité énergétique de:
  - ▶ Matériel de bureau
  - ▶ Electroménager
  - ▶ Eclairage
  - ▶ Chauffage et systèmes de climatisation



# Objectifs 2020

- Le 10 janvier 2007, la commission européenne a publié un communiqué intitulé « Limiter le réchauffement de la planète à 2°C. Route à suivre pour 2007 et au-delà. »
- Sans action suffisante, les coûts pour lutter contre le changement climatique pourraient atteindre 5 à 20% du PIB mondial (*rapport Stern*)

Source :

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/european\\_energy\\_policy/l28188\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l28188_fr.htm)



# Objectifs 2020

- Mesures préconisées par la commission
  - ▶ parvenir à 20 % d'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'UE d'ici à 2020;
  - ▶ augmenter la part des énergies renouvelables de 20 % d'ici à 2020;
  - ▶ développer une politique de stockage géologique du carbone préservant l'environnement.

Source :

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/european\\_energy\\_policy/128188\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/128188_fr.htm)



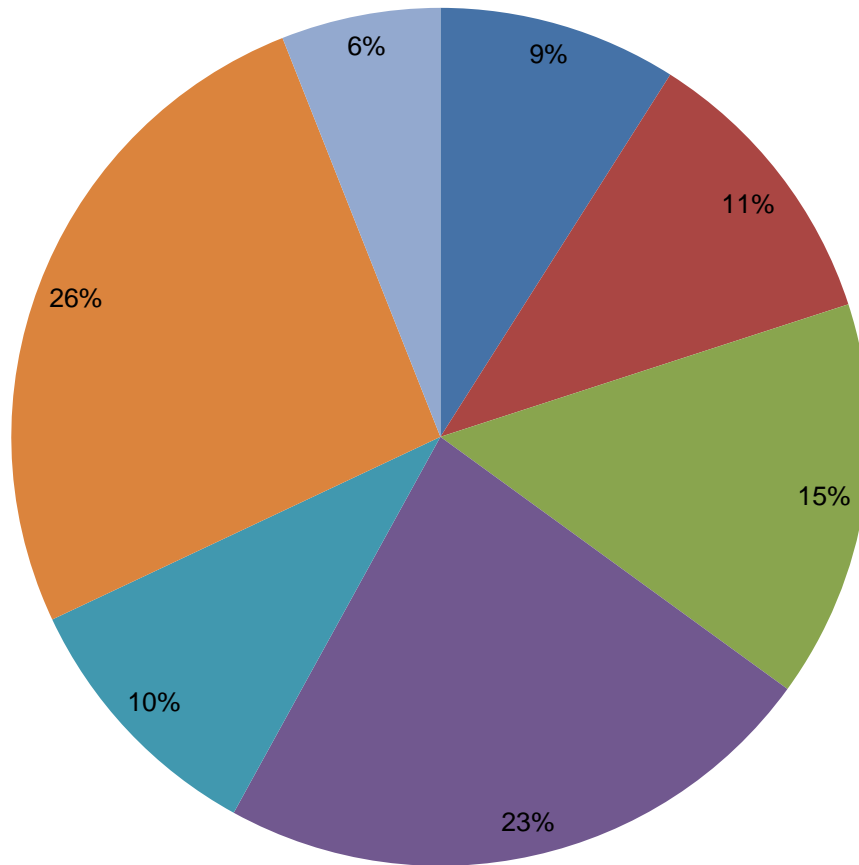
# Eco Conception : Dir.2009/125/CE

- La directive-cadre s'applique en principe à tout produit qui utilise de l'énergie pour son fonctionnement et qui est mis sur le marché.
- Produits prioritaires (PECC)
  - ▶ les équipements de chauffage et de production d'eau chaude,
  - ▶ les moteurs électriques,
  - ▶ l'éclairage dans les secteurs résidentiel et tertiaire,
  - ▶ les appareils domestiques,
  - ▶ l'équipement de bureau dans les secteurs résidentiel et tertiaire,
  - ▶ l'électronique grand public,
  - ▶ les systèmes CVC (chauffage, ventilation et climatisation).
- Intégration des principes d'efficacité énergétique dès la conception du produit → RESPONSABILITE des FABRICANTS / IMPORTATEURS
- Information du consommateur sur les performances énergétiques du produit et ses modes d'utilisation pour minimiser l'impact sur l'environnement

*[http://europa.eu/legislation\\_summaries/other/l32037\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/other/l32037_fr.htm)*



# Consommation d'électricité secteur résidentiel 2010, EU-15



■ Equipements de bureau



■ Appareils électrique de consommation courante



■ Eclairage



■ Appareils Partagés

■ Chauffe Eaux Electriques

■ Chauffage Electrique Climatatisation



■ Autres Appareils Electriques





# Efficacité énergétique des équipements de bureau



- Le programme ENERGY STAR a été lancé en 1992 par l'EPA (Agence de Protection de l'Environnement aux USA. L'Union Européenne participe à cette initiative depuis 2003 (Décision du Conseil : 2003/269/EC)
- Le label ENERGY STAR représente le niveau que tout fabricant soucieux de protéger l'environnement doit respecter.
- La base de données ENERGY STAR vous offre la possibilité de choisir, parmi le groupe d'équipements de bureau ENERGY STAR proposés, les modèles les plus efficaces en terme de rendement énergétique et répondant à vos exigences de performance.
- Les critères pour obtenir ce label sont spécifiés dans des documents officiels (cahiers des charges) qui sont mis à jours régulièrement. La version 5.0 pour les ordinateurs est publiée sous forme de la Décision du Conseil (2009/489/CE)

<http://www.eu-energystar.org/fr/index.html>





# www.eu-energystar.org

- Vous trouverez sur site :
  - ▶ Introduction à l'initiative Energy Star
  - ▶ Base de données de produits divisées en différentes catégories
    - › PC
    - › Ecrans
    - › Appareils de traitement de l'image
  - ▶ Calculateur d'énergie pour les particuliers, les entreprises et le secteur public
  - ▶ Actualités, mise à jours des textes légaux et des critères
  - ▶ Informations diverses
  - ▶ Formulaire d'application pour les Constructeurs

<http://www.eu-energystar.org>





# Pourquoi est-ce si important?

- Les équipements de bureau représentent 9% de la consommation d'énergie de l'UE mais est en constante augmentation.
- Impact pour le secteur résidentiel :
  - ▶ Le Programme européen sur le changement climatique prévoit, pour le secteur **résidentiel**, une augmentation de 1 Mt en 1990 à 29 Mt en 2010 des émissions de gaz à effet de serre annuelles dues à l'utilisation des équipements de bureau dans l'Europe des 15.
  - ▶ Cette seule augmentation suffit à anéantir tous les efforts qui ont été réalisés depuis 1990 pour améliorer l'efficacité énergétique des appareils ménagers (frigos, machines à laver, etc.) et des éclairages !

[http://www.eu-energystar.org/fr/fr\\_010.shtml](http://www.eu-energystar.org/fr/fr_010.shtml)





# Pourquoi est-ce si important?

- Impact pour le secteur tertiaire:
  - ▶ Les équipements de bureau représentent la part de la consommation d'électricité moyenne du secteur tertiaire qui augmente le plus vite mais ils sont également le groupe de produits qui sont le plus susceptibles de **réaliser des économies d'énergie**. Grâce à la mise en oeuvre de politiques et de mesures appropriées, il est possible de réaliser des économies d'énergie allant jusqu'à plus de 50%

Emissions de CO2 en Mt/an.	Résidentiel	Tertiaire	Industrie	Total UE-15
1990	1	14	4	19
2010 pour référence	29	34	7	70
2010 avec mesures	14	15	4	33

[http://www.eu-energystar.org/fr/fr\\_010.shtml](http://www.eu-energystar.org/fr/fr_010.shtml)





# Efficacité énergétique des appareils électroménagers (particuliers)

- La création du label énergie permet au consommateur de choisir des appareils électroménager en fonction de leur efficacité énergétique
- Le remplacement d'un ancien appareil par un neuf plus performant permet d'effectuer des économies substantielles :
  - ▶ Réfrigérateur neuf classe A+++ à la place d'une machine équivalente achetée en 2000 -> gain d'environ 25 Euros / an en électricité
  - ▶ Lave Vaisselle neuf classe A+++ à la place d'une machine équivalente achetée en 2000 -> gain d'environ 30 Euros / an en électricité
- BEMOL
  - ▶ Tous les lave-vaisselle sont maintenant classe A (confusion)
  - ▶ Double normes dans les magasins (une seule catégorie A qqfois)
  - ▶ Le label énergie est valable pour le programme ECO quelle que soit l'efficacité du programme
  - ▶ Les données constructeurs sont dans certains cas très douteuses, l'étude ATLETE a démontré que 14% des appareils étaient surclassés



Source <http://www.energielabel.be/fr> & <http://www.atlete.eu/>





# Economie d'énergie sur meubles froids (grande distribution)

- Exemple d'économie d'énergie réalisables sur groupes froids:
  - ▶ Remise à niveau des meubles froids pour une moyenne surface de distribution type Magasin de Proximité
  - ▶ Magasin type : 2 meubles existants + 2 nouveaux meubles à installer
  - ▶ Solution 1: achat nouveaux meubles sans porte :
    - › Investissement: +- 8000 Euros / Consommation: +- 12500 Euros /an
  - ▶ Solution 2: placement de portes simple vitrage sur existant et nouveau
    - › Investissement: +- 18700 Euros / Consommation: +- 9700 Euros /an
    - › ROI : 3.84 ans (Attention risque de condensation sur les portes)
  - ▶ Solution 3: placement de portes double vitrage sur existant et nouveau
    - › Investissement: +- 20000 Euros / Consommation: +- 7200 Euros /an
    - › ROI: 2.25 ans (42% d'économie)



Source: *Koxka Belgium*





# L'impact de l'éclairage sur la consommation d'énergie

- Depuis les accords de Kyoto, on reconnaît l'impact de l'éclairage sur l'environnement : dans le bâtiment non résidentiel, il peut représenter jusqu'à **40 %** des consommations électriques.
- Pourtant, jusqu'à 70 % de ces consommations pourraient être économisés en remplaçant les anciens luminaires par des systèmes modernes plus performants.
- Dans la plupart des cas, de tels investissements sont **rapidement rentables**, et ils permettent souvent d'améliorer la qualité de l'éclairage.

Source : Brochure ADEME





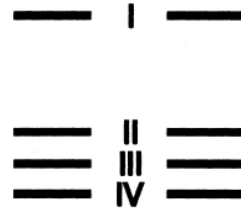
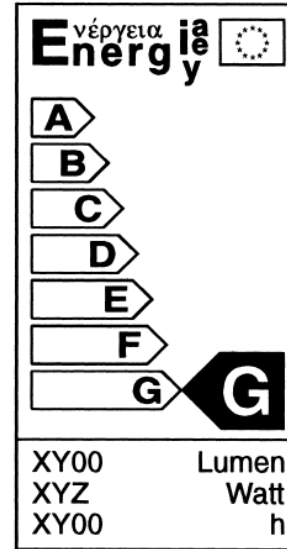
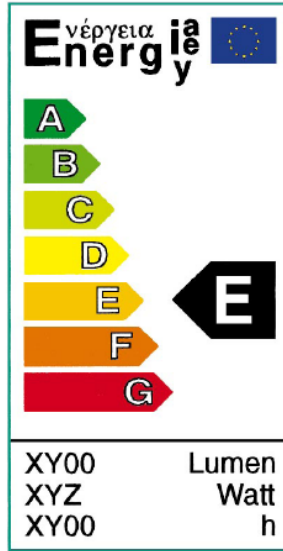
# L'impact de l'éclairage sur la consommation d'énergie

- Les ampoules économiques peuvent **réduire la consommation électrique totale d'un ménage de 10 à 15 %**, faisant ainsi économiser à l'UE 40 milliards de kWh par an (ce qui correspond plus ou moins à la consommation annuelle de la Roumanie).  
» *Source UE (www.e-lumen.eu)*
- La consommation électrique des commerces de détail de taille moyenne hors groupes froids est composée de 80% d'éclairage dont 25% sont utilisés durant les heures de fermeture.  
» *Source UCM (Energiae)*
- « Si tous les ménages optaient pour une utilisation exclusive des lampes fluocompactes et DEL (LED), nous économiserions, à l'échelle européenne, 86 milliards de kWh d'ici 2020, ce qui représente 11% de la consommation d'électricité des ménages. »  
» *Source UE, (www.e-lumen.eu), FAQ, I.9.*





# Classes énergétiques des lampes étiquetage obligatoire Dir. 98/11/CE



- I) La classe d'efficacité énergétique de la lampe, déterminée conformément à l'annexe IV. La lettre indiquant la classe doit figurer au même niveau que la flèche correspondante.
- II) Le flux lumineux de la lampe, en lumens, mesuré conformément aux procédures d'essai fixées par les normes harmonisées visées à l'article 1<sup>er</sup>, paragraphe 4.
- III) La puissance absorbée (en watts) de la lampe, mesurée conformément aux procédures d'essai des normes harmonisées visées à l'article 1<sup>er</sup>, paragraphe 4.
- IV) La durée de vie nominale moyenne de la lampe, mesurée conformément aux procédures d'essai des normes harmonisées visées à l'article 1<sup>er</sup>, paragraphe 4. Elle peut être omise dans le cas où aucune autre information sur la durée de vie de la lampe ne figure sur l'emballage.

Source : UE Directive 98/11/CE





# Exemples de relighting (Grande Surface)

- Remplacement 73 iodures métalliques 150W (RX7F) remplacé par 73 cloches LED DOMAG 40W 5500K
- 70% d'économie d'énergie
- Flux lumineux supérieur sur les produits
- Meilleur rendu de couleur sur les fruits et légumes





# Exemples de relighting (Moyenne surface)



- Relighting Magasin Jouets
- Remplacement de tous les spots halogènes 50W par spots LED Spotled KC008 8W 4500K 86°
- - 2700W de puissance instant.
- Meilleure répartition de l'éclairage
- Retour sur Investissement : 1 an
- Plus de noirceur autour des spots

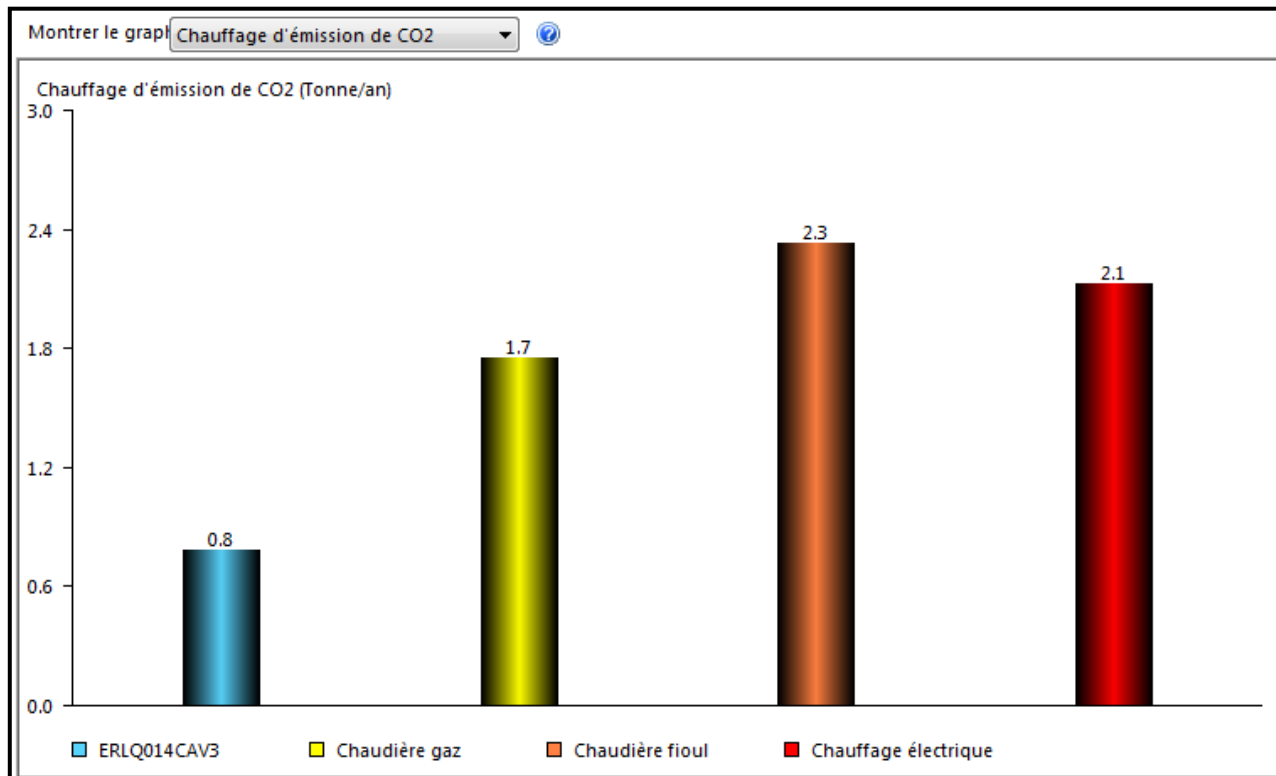
Magasin Olifant Liège, projet Spotled





# Efficacité énergétique des systèmes de clim. / chauffage

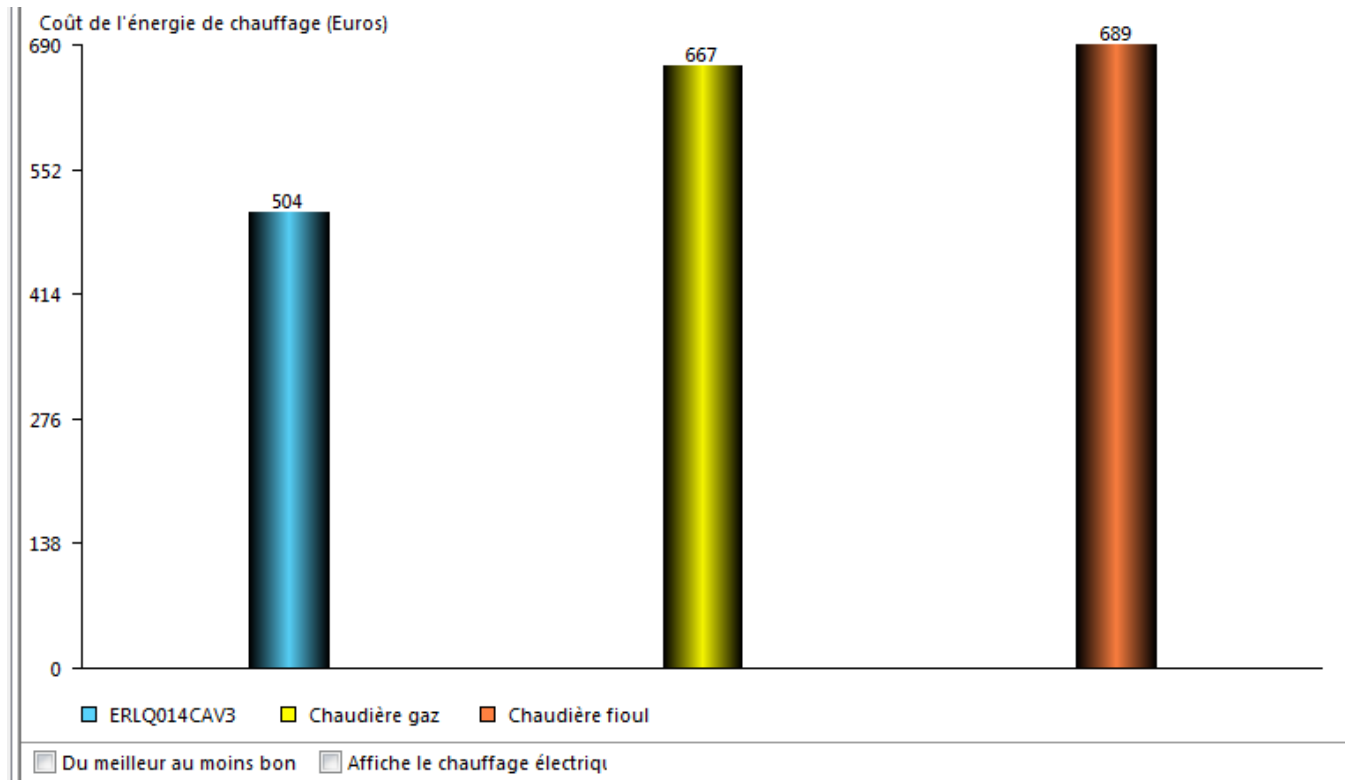
- Installation privée : famille 3 personnes, maison basse énergie 150m<sup>2</sup>, comparaison fioul, gaz basse température, pompe à chaleur Daikin Altherma :





# Efficacité énergétique des systèmes de clim. / chauffage

- Installation privée : famille 3 personnes, maison basse énergie 150m<sup>2</sup>, comparaison fioul, gaz basse température, pompe à chaleur Daikin Altherma :

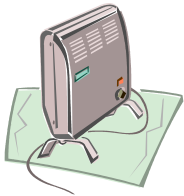




# Effacité énergétique des systèmes de clim. / chauffage

- Bâtiments commerciaux et bureau  
> récupération de chaleur
- Idée : On récupère la chaleur provenant de la génération du froid pour alimenter les systèmes de chauffage.





# Efficacité énergétique des systèmes de clim. / chauffage

- Comparatif magasin de moyenne surface (*source Daikin*)

## Kwaadmechelen (Traditional)



- Shop volume = **1.772 m<sup>3</sup>**
- Traditional refrigeration equipment:  
⇒ Chilling demand: **57,5 kW**
- Heating: Gas boiler

## Huldenberg (CVP System)



- Shop volume = **2.531 m<sup>3</sup>**
- Conveni-pack installation:  
⇒ Chilling demand: **49 kW**
- Heating: Heat recovery through daikin indoor unit (AC active):

## Important notes:

1. In **Kwaad Mechelen** a correction coefficient of  $2531/1772=$ **1,43** has been applied on the gas consumption to have equivalent loads on the shop volume
2. **Huldenberg** a correction coefficient of  $57,5/49=$ **1,18** on the power consumption of the complete CVP system has been applied to have equivalent refrigeration load on both sites





# Efficacité énergétique des systèmes de clim. / chauffage

- Installation Huldenberg *(source Daikin)*





# Efficacité énergétique des systèmes de clim. / chauffage

- Comparatif magasin de moyenne surface (source Daikin)

## CO<sub>2</sub> emission savings

PUBLIC

CO <sub>2</sub> equivalent	Traditional	CVP
Electricity consumption	63.381 kWh	62.074 kWh
Gas consumption	185.770 kWh	0 kWh
CO <sub>2</sub> conversion electricity	17.493 kg	17.132 kg
CO <sub>2</sub> conversion gas	38.269 kg	0 kg
<b>Total CO<sub>2</sub> emission</b>	<b>55.762 kg</b>	<b>17.132 kg</b>
<b>CO<sub>2</sub> saving</b>	<b>38.629 kg</b>	

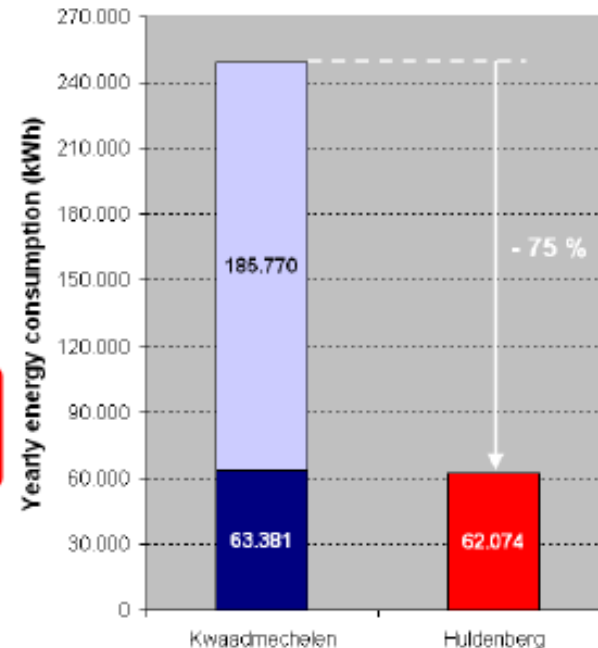
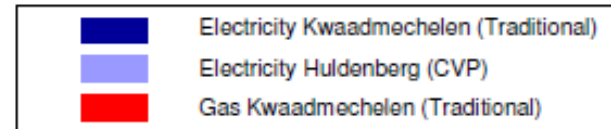
**69,3 % CO<sub>2</sub> emission savings compared to a traditional system with gas boiler**

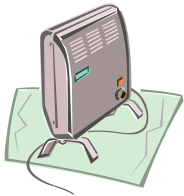
→ almost 2.000 trees less necessary to compensate

**Note:**

\*conversion coefficient electricity – 276 g CO<sub>2</sub>/kWh (Belgium)

\*\*conversion coefficient gas – 206 g CO<sub>2</sub>/kWh (Belgium)





# Efficacité énergétique des systèmes de clim. / chauffage

- Comparatif magasin de moyenne surface (source Daikin)

## CO<sub>2</sub> emission savings

PUBLIC

CO <sub>2</sub> equivalent	Traditional	CVP
Electricity consumption	63.381 kWh	62.074 kWh
Gas consumption	185.770 kWh	0 kWh
CO <sub>2</sub> conversion electricity	17.493 kg	17.132 kg
CO <sub>2</sub> conversion gas	38.269 kg	0 kg
<b>Total CO<sub>2</sub> emission</b>	<b>55.762 kg</b>	<b>17.132 kg</b>
<b>CO<sub>2</sub> saving</b>	<b>38.629 kg</b>	

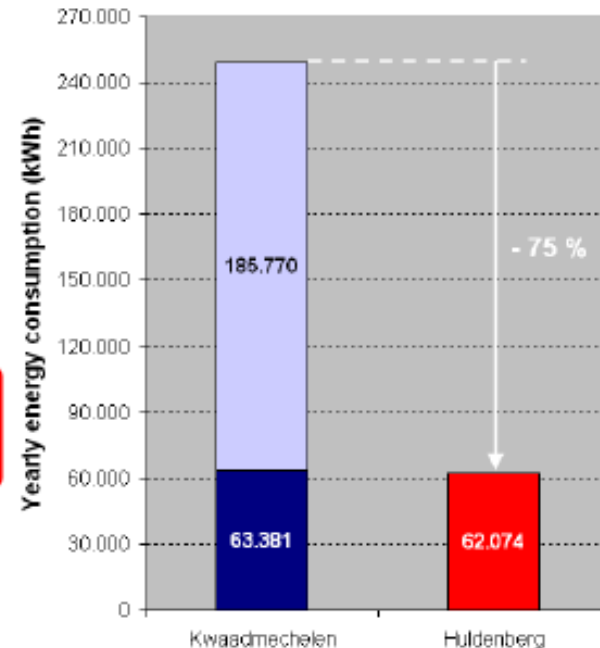
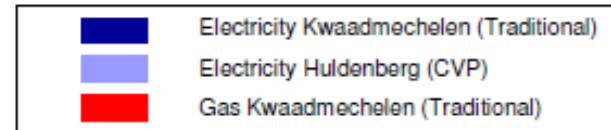
**69,3 % CO<sub>2</sub> emission savings compared to a traditional system with gas boiler**

→ almost 2.000 trees less necessary to compensate

**Note:**

\*conversion coefficient electricity – 276 g CO<sub>2</sub>/kWh (Belgium)

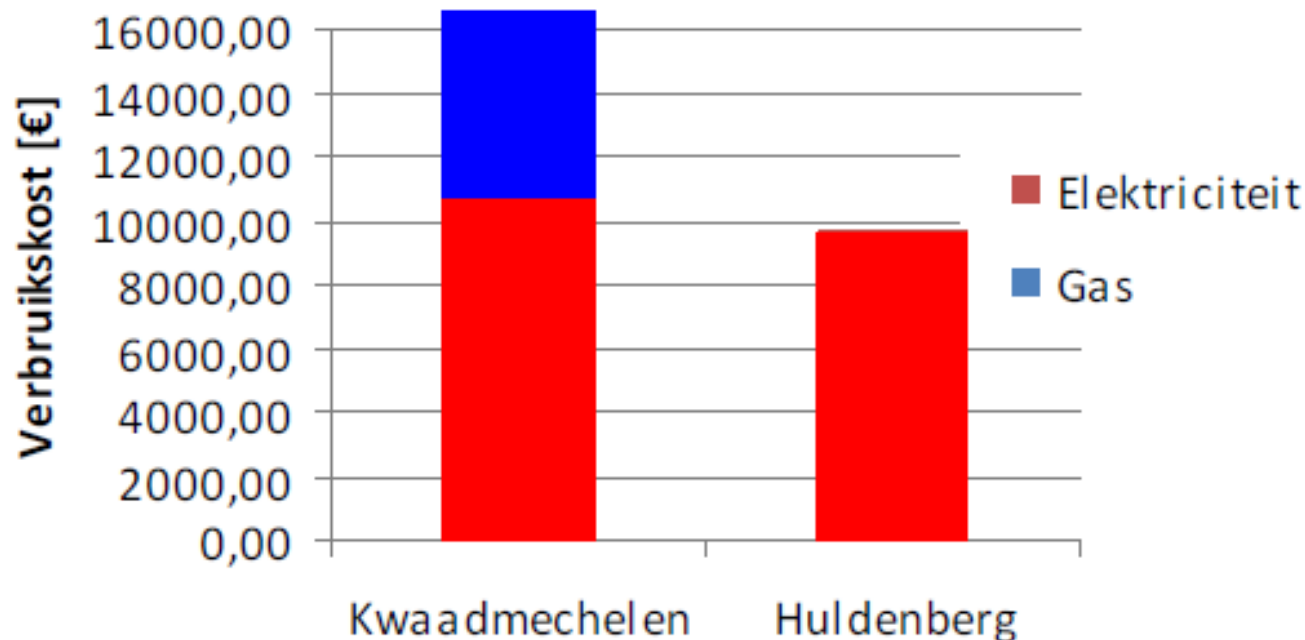
\*\*conversion coefficient gas – 206 g CO<sub>2</sub>/kWh (Belgium)





# Efficacité énergétique des systèmes de clim. / chauffage

- Comparatif magasin de moyenne surface (*source Daikin*)
- Retour sur investissement : moins de 2 ans



**= Jaarlijkse besparing van 5.535 € of 36,47%**

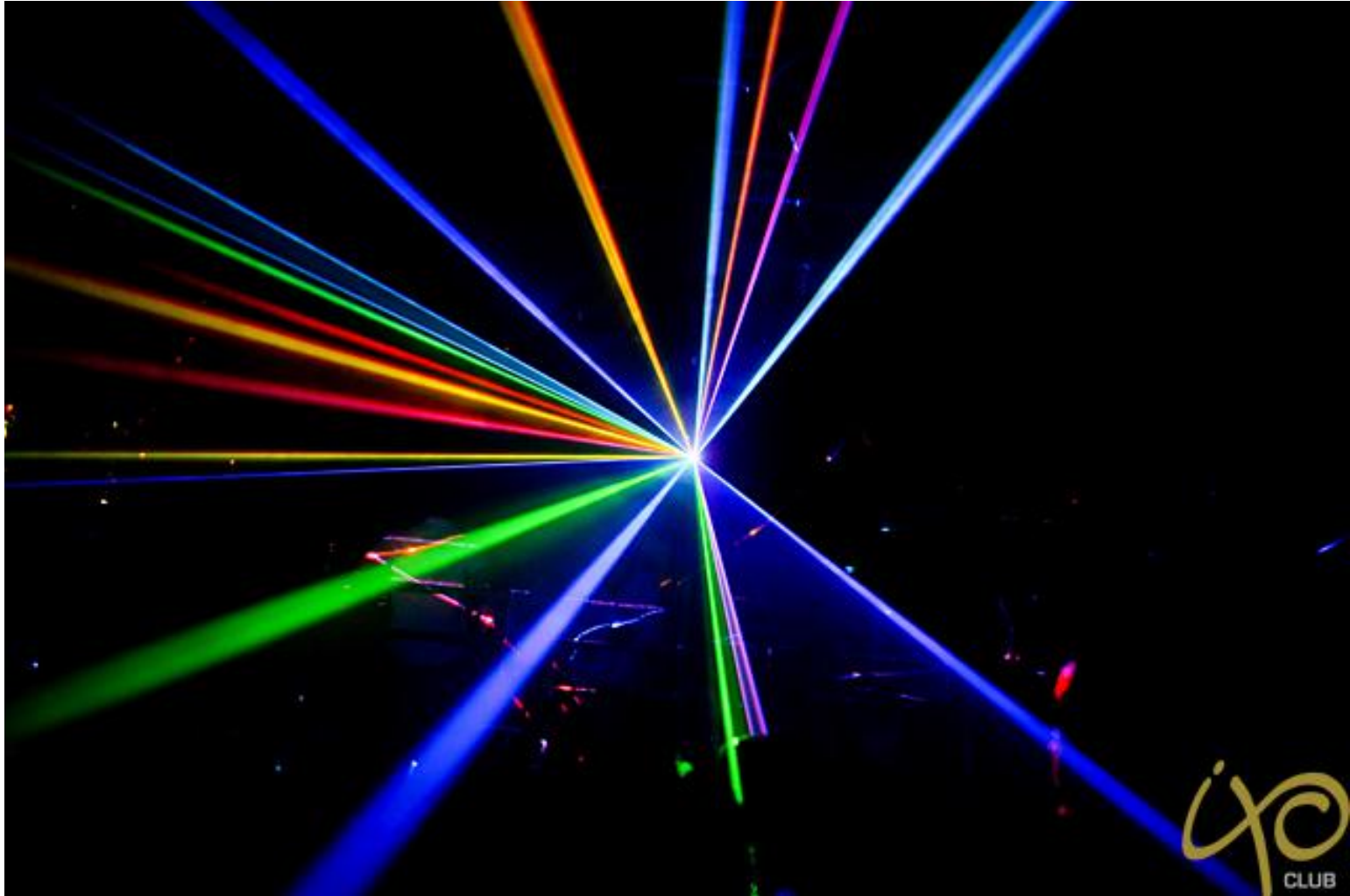


# La lumière et les sources d'éclairage artificiel

- Physique de la lumière
- Environnement normatif
- Caractéristiques des lampes
- Sources d'éclairage

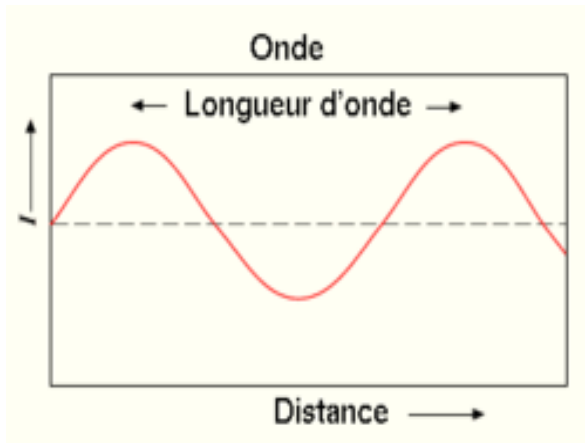


# Physique de la lumière





# Notion d'onde



- Une onde est un phénomène physique se propageant et qui se reproduit identique à lui-même un peu plus tard dans le temps et un peu plus loin dans l'espace.
- On peut alors définir la longueur d'onde comme étant la plus courte distance séparant deux points de l'onde strictement identiques à un instant donné.

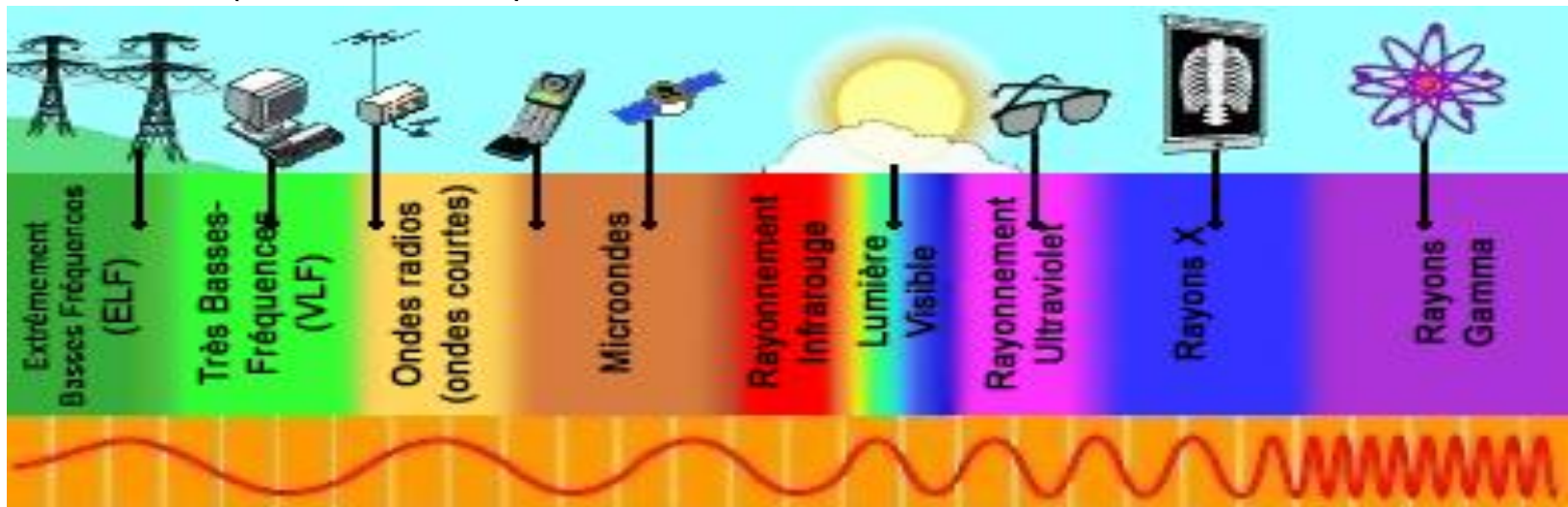
On la dénote communément par la lettre grecque  $\lambda$  (lambda).





# Ondes électromagnétiques

- L'onde électromagnétique est un modèle utilisé pour représenter les rayonnements électromagnétiques.
- Un rayonnement électromagnétique désigne une perturbation des champs électrique et magnétique.
- Une onde lumineuse est une onde électromagnétique dont la longueur d'onde correspond au spectre visible, soit entre les 380 et 780 nm (nanomètres)





# Quelques longueurs d'onde

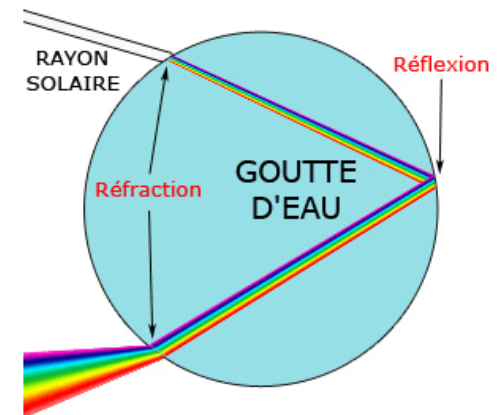
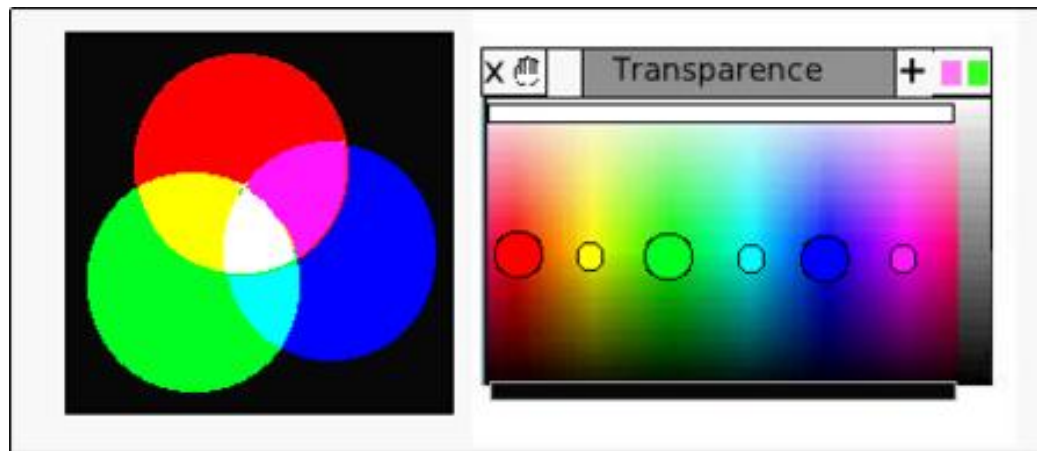
Longueur d'onde	Domaine	Commentaire
> à 10 cm	Radio	(de 9 kHz à 1 GHz)
de 1 mm à 10 cm	micro-onde et radar	(de 1 GHz à 3 THz)
de 1 $\mu\text{m}$ à 500 $\mu\text{m}$	infrarouge norme NF/en 1836	
de 400 nm à 700 nm	lumière visible	rouge (620-800 nm) orange (592-620 nm) jaune (578-592 nm) vert (500-578 nm) bleu (446-500 nm) violet (400-446 nm)
de 10 nm à 400 nm de $10^{-8}$ m à $10^{-7}$ m	ultraviolet	(de 750 THz à 30 PHz)
de $10^{-11}$ m à $10^{-8}$ m	rayon X	(de 30 PHz à 30 EHz)
< à $5 \times 10^{-12}$ m	rayon $\gamma$	(< à 30 EHz)





# Qu'est-ce que la lumière

- La lumière désigne les ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain = **ondes lumineuses**
- La lumière « Blanche » est l'addition des différentes composantes du spectre visible





# Photométrie

- Au début, la photométrie traitait uniquement des grandeurs lumineuses perceptibles à l'œil.
- Photométrie = la science qui étudie le rayonnement lumineux du point de vue de la perception par l'œil humain.
- A présent, la photométrie s'est étendue à l'étude des grandeurs énergétiques des ondes électromagnétiques correspondantes ayant une longueur d'onde de  $0.01\mu\text{m}$  à  $1\text{mm}$





# Photométrie

- La perception visuelle d'un objet est donc composée de données physiques objectives
  - ▶ Puissance et qualité de(s) sources de lumières
  - ▶ Influence des sources secondaires (transmissions, modifications)
- ... et de données subjectives liées à l'organe de réception: les photorécepteurs de la rétine de l'oeil
- ... et à l'organe d'interprétation: le cerveau
- La perception visuelle d'un objet sera d'autant meilleure que :
  - ▶ L'objet est grand
  - ▶ Qu'il est immobile par rapport à l'observateur
  - ▶ Qu'il contraste avec son environnement
  - ▶ Qu'il est suffisamment éclairé





# Photométrie

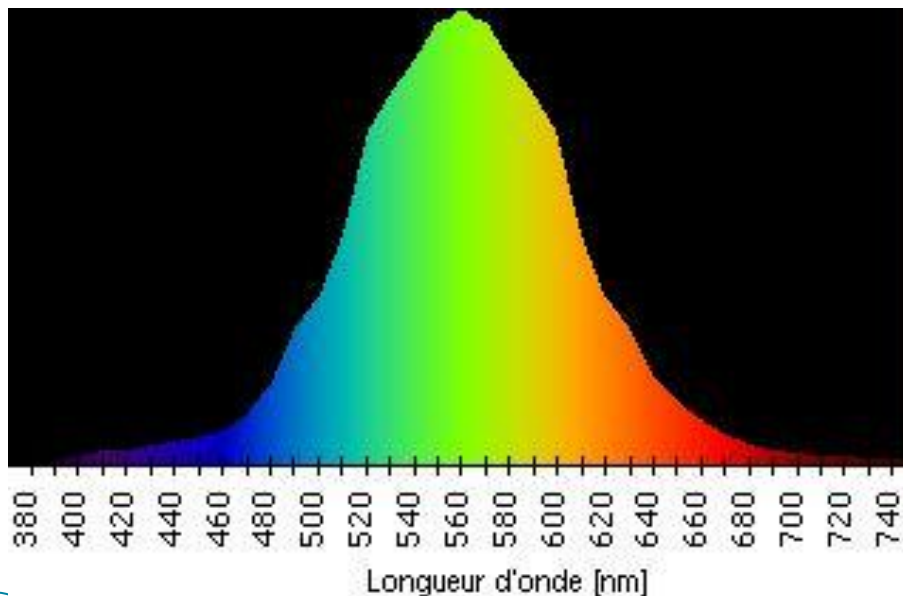
- Afin de « standardiser » la partie subjective de la perception visuelle, on utilise comme référence une courbe de la sensibilité visuelle de l'œil humain (CIE 1931, courbe d'efficacité lumineuse) qui a été établie par la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).
- La plupart des appareils de mesures de photométrie sont étalonnés en fonction de cette courbe.





# Relation entre unités énergétiques et physiologiques

- La courbe permettant de passer de la radiance (énergie physique) à la luminance (énergie « perçue ») est la courbe d'efficacité lumineuse normalisée  $V(\lambda)$  qui est une courbe variant de 0 (invisible) à 1 (sensibilité max, vert à 555nm).



Pour passer de la radiance (physique) à la luminance (perçue) exprimée en candelas par mètre carré ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), il faut la multiplier par  $V(\lambda)$  et par un coefficient normalisateur de 663 lumen par Watt.





# Unités de mesure de la lumière

- Unités Energétiques
  - ▶ Flux énergétique exprimé en Watt
- Unités Physiologiques (visuelles)
  - ▶ Flux physiologique (flux visuel) exprimé en lumen

Equivalence W incand. - lumens	
<i>Ampoules à incandescence</i>	<i>Lumens</i>
100 W	1 300-1 400 lumens
75 W	920-970 lumens
60 W	700-750 lumens
40 W	410-430 lumens
25 W	220-230 lumens





# Unités de mesure de la lumière

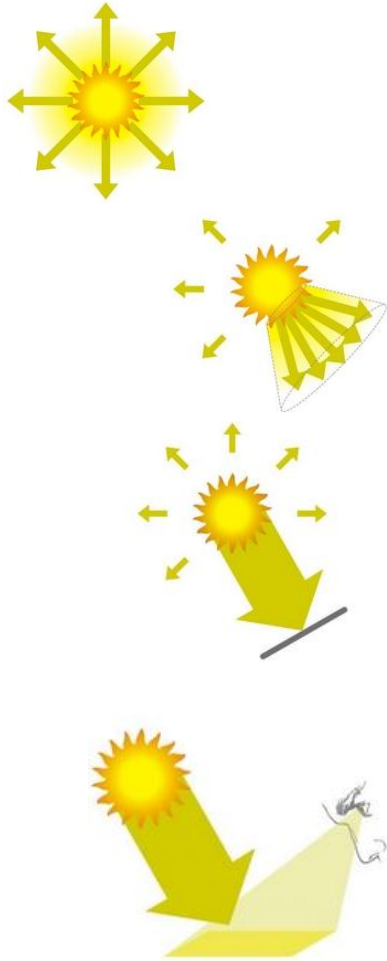
Grandeur	Unités	
	Energétiques	Visuelles
Flux	W	lumen (lm)
Intensité	W/sr	candela (cd, ou lm/sr)
Radiance/Luminance	W/sr.m <sup>2</sup>	cd /m <sup>2</sup>
Eclairement	W/m <sup>2</sup>	lux (ou lm/m <sup>2</sup> )

sr = (stéradian, unité d'angle solide)





# Définitions, grandeurs visuelles



- Le flux lumineux d'une source est l'évaluation, selon la sensibilité de l'oeil, de la quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace par cette source. Il s'exprime en lumen (lm).
- L'intensité lumineuse est le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. Elle se mesure en candéla, équivalent à 1 lm/sr.
- L'éclairement d'une surface est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface. Son unité est le lux, équivalent à 1 lm/m<sup>2</sup>.
- La luminance d'une source est le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de la source lumineuse dans la direction considérée. La luminance s'exprime en candélas par mètre carré (cd/m<sup>2</sup>).

Source : [http://www-energie.arch.ucl.ac.be/eclairage/guide\\_grandeurs.htm](http://www-energie.arch.ucl.ac.be/eclairage/guide_grandeurs.htm)





# Quelques niveaux d'éclairement

- Jour d'été sans nuage 100 000 lux
- Jour d'hiver sans nuage 10 000 lux
- Surface de travail bien éclairée 500 lux
- Autoroute bien éclairée 20 lux
- Chemin d'évacuation cinéma 1 lux
- Une nuit de plein lune 0.2 lux





# Colorimétrie

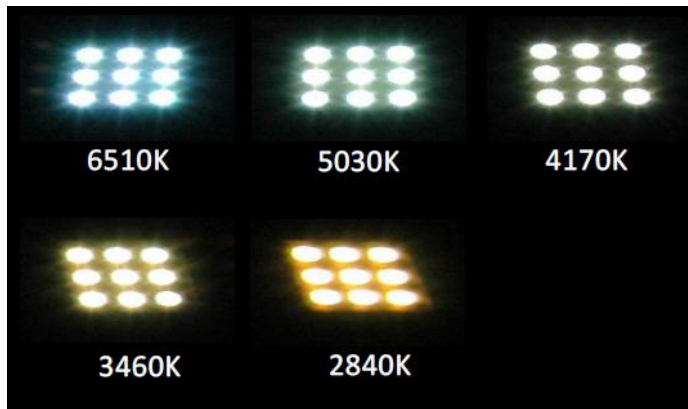
- La « qualité » de la lumière dépend de sa composition spectrale. Celle-ci étant peu exploitable, d'autres paramètres ont été définis pour qualifier celle-ci:
  - ▶ Les coordonnées trichromatiques
  - ▶ La température de couleur
  - ▶ L'indice de rendu des couleur





# Colorimétrie : la température de couleur

- La température de couleur d'une source lumineuse est la température (exprimée en Kelvin) à laquelle il faudrait chauffer un corps noir pour que la lumière qu'il émet soit identique à celle de la source lumineuse en question.



- Pour la LED on parlera de température de couleur corrélée car la lumière émise par la LED peut être relativement éloignée de la courbe des corps noirs.

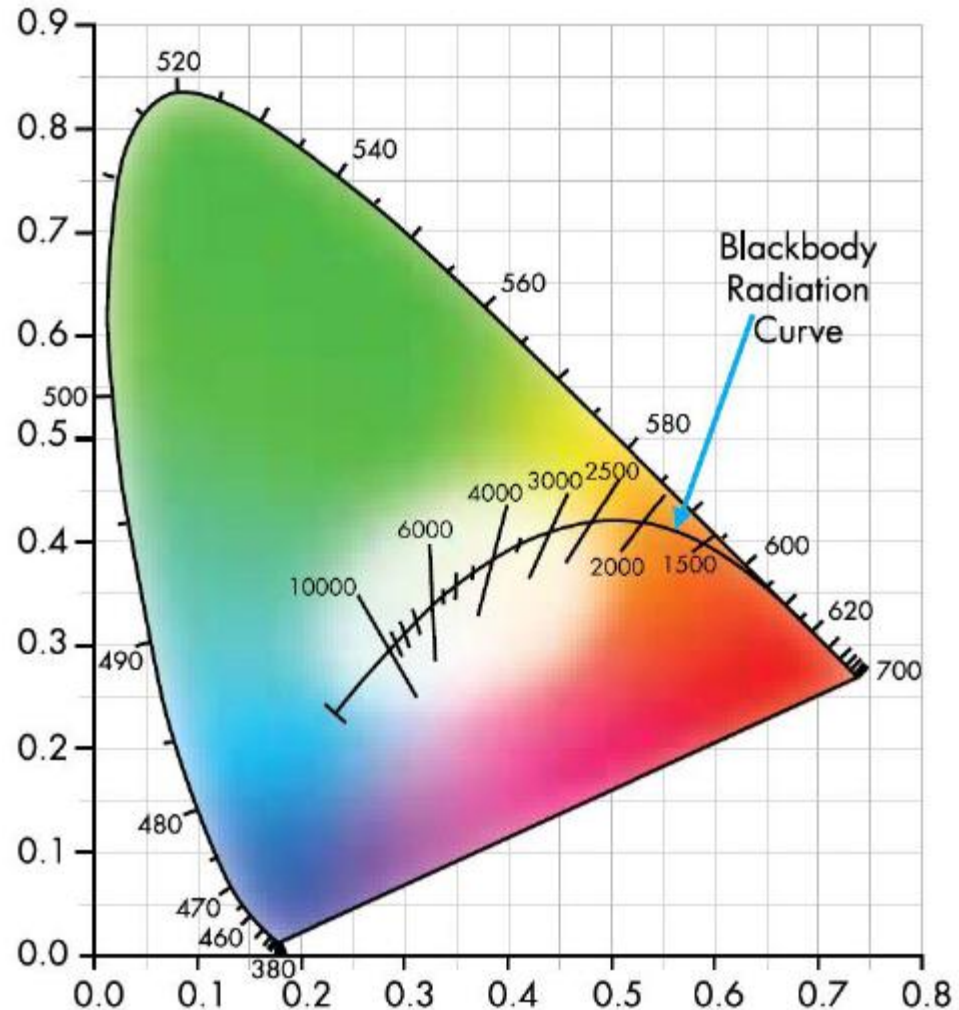




# Colorimétrie : les coordonnées trichromatiques

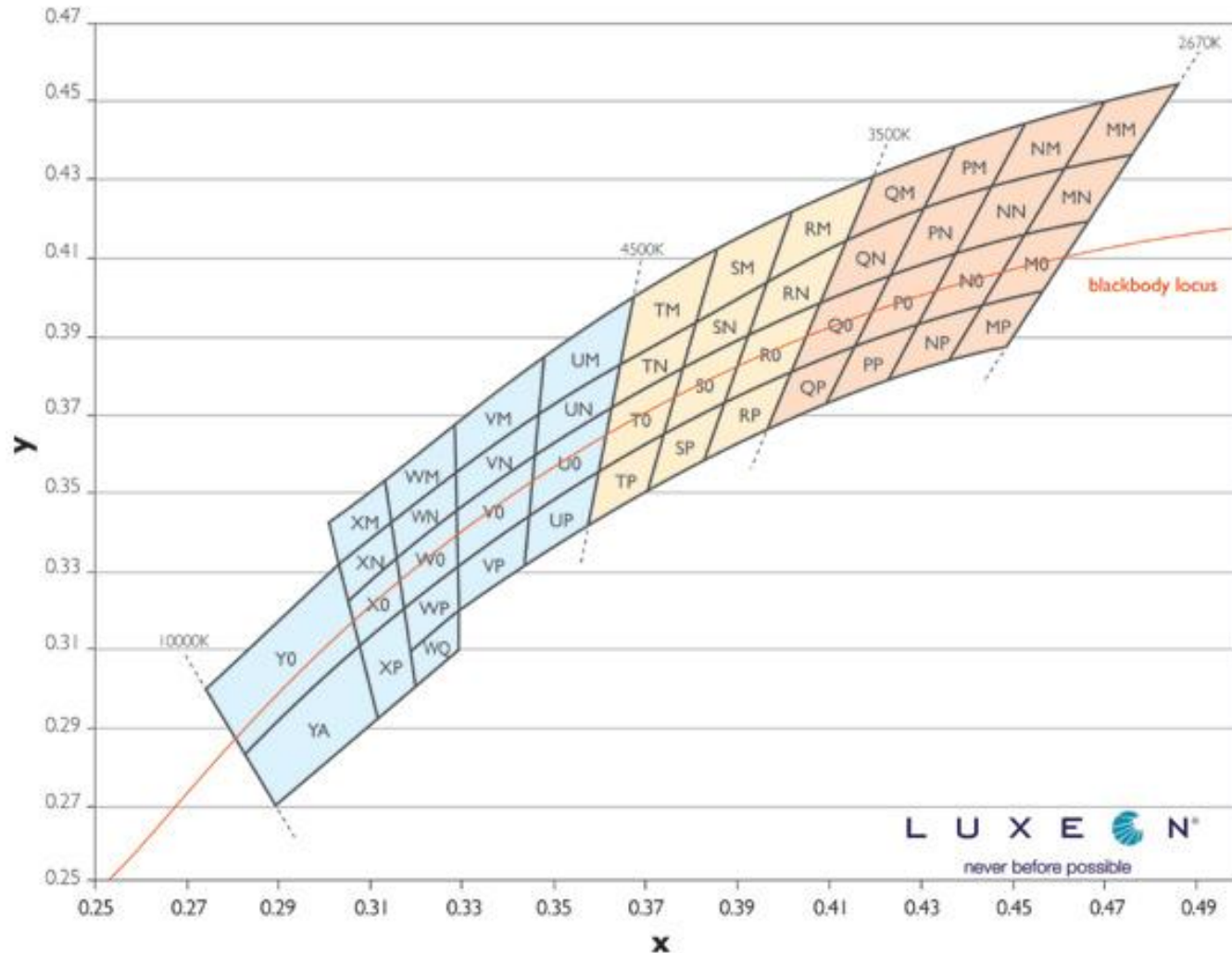
44

- CIE 1931
- Coordonnées x, y, z
- Contour =  
spectrum locus  
(monochromatique)
- Courbe = lieu des  
corps noir





# Paniers (BINS) des LED blanches





# Colorimétrie: l'IRC

- L'indice de rendu de couleur (IRC, Ra) est la capacité d'une source de lumière à restituer les différentes couleurs du spectre visible sans en modifier les teintes.
- Pour mesurer l'IRC d'une source, on compare le rendu de 8 ou de 14 couleurs normalisée sous la lumière de cette source par rapport au rendu de ces mêmes couleurs sous la lumière d'une source de référence.
- D'autres méthodes de détermination de l'IRC sont en cours d'étude car peu adaptées aux LED
- Une lumière possédant la même répartition spectrale qu'un corps noir (c'est le cas de la lumière du soleil) possède un IRC de 100.





# Colorimétrie: IRC de ≠ sources

Classe de rendu des couleurs	Très bon		Bon		Moins bon	Mauvais	Non défini
	1A	1B	2A	2B	3	4	-
Indice du rendu des couleurs	90-100	80-89	70-79	60-69	40-59	20-39	<20
Lampes à incandescence et lampe halogène à incandescence	x						
Tubes fluo	x	x	x	x	x		
Lampes fluo compactes	x	x					
Lampes à vapeur de mercure haute pression				x	x		
Lampes aux halogénures métalliques	x	x	x	x			
Lampes à vapeur de sodium haute pression		x		x	x	x	
Lampes à vapeur de sodium basse pression							
LED blanches dernière génération	x	x	x				



# Environnement normatif



# Environnement normatif

- 1<sup>ère</sup> exigence à respecter : la LOI
  - ▶ Règlement Général pour la Protection du Travail
  - ▶ Code du Bien être
  - ▶ Directives européennes
  - ▶ Décrets
- Ces textes légaux renvoient systématiquement à des normes pour les aspects techniques et fonctionnels
- > IBN (Institut Belge de Normalisation)

# Environnement normatif

- Normes Eclairage (en général)
  - ▶ RTV01:2001 : Guide du vocabulaire de l'éclairage
  - ▶ NBN L01-001:1980 : Vocabulaire photométrique, notions, grandeurs et unités
  - ▶ NBN L02-002:1986 : Vocabulaire de colorimétrie
  - ▶ NBN L03-001:1990 : Code de bonne pratique des fonctions visuelles, grandeurs, méthodes d'examen
  - ▶ NBN EN 12665:2002 : Lumière et éclairage, Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage.

Source : Laborelec



# Environnement normatif

## ● Normes Eclairage (bâtiments)

- ▶ NBN L13-001:1979 : Eclairage intérieur des bâtiments, principes généraux
- ▶ NBN L13-002:1972 : Eclairage naturel des bâtiments, prédétermination de l'éclairage naturel pour des conditions de ciel couvert, méthode graphique approchée.
- ▶ NBN L13-003:1980 : Code de bonne pratique de l'éclairage des œuvres d'arts et des objets de collection
- ▶ NBN L13-004:1981 : Eclairage des salles de sport
- ▶ NBN L13-006:1992 : Eclairage des lieux de travail

*Source : Laborelec*



# Environnement normatif

- Normes Eclairage (bâtiments)

- ▶ NBN EN 12193:1999: Lumière et éclairage des installations sportives
- ▶ NBN EN 12464-1:2003: Lumière et éclairage des lieux de travail – Partie 1 : Lieux de travail intérieur
- ▶ NBN EN 1838:1999: Eclairagisme : éclairage de secours

*Source : Laborelec*



# Environnement normatif

- Normes Eclairage (bâtiments)

- ▶ NBN L14-001:1974 : Eclairage intérieur des bâtiments. Constructions lumineuses en éclairage artificiel
- ▶ NBN L14-002:1979 : Méthodes de prédétermination des éclairements, des luminances et des indices d'éblouissement en éclairage artificiel d'espaces clos
- ▶ NBN L15-001:1977 : Eclairage naturel des bâtiments. Code de bonne pratique de l'éclairage naturel des serres.

*Source : Laborelec*



# Environnement normatif

- Normes Eclairage (bâtiments)

- ▶ NBN EN 1837:1999: Sécurité des machines, éclairages intégrés aux machines.
- ▶ NBN L01-003:1989: Caractéristiques photométriques fonctionnelles des matériaux transparents et translucides utilisés en vitrages et cultures protégées.
- ▶ Cahier des charges 400.D.02:1983 : Eclairage dans les bâtiments
- ▶ Cahier des charges 400.D.03:2001 : Eclairage de secours dans les bâtiments

Source : Laborelec



# Environnement normatif

- Eclairages moyens selon NBN 12464-1 (en fonctionnement normal avant entretien)

Local	Eclairage moyen (lux)	UGR	IRC
Couloirs	100 (150 si véhicules)	28	40
Cantine	200	22	80
Stockage	100 (200 si en continu)	25	60
Dessin	750	16	80
Classe	300	19	80

UGR: Evaluation unifiée de l'éblouissement suivant CIE117 (plus il est faible, plus l'éblouissement est faible)

IRC : Indice de rendu des couleurs

(plus il est proche de 100, plus le rendu des couleurs est respecté)

Source : Laborelec

# Sécurité

- Sécurité Electrique des appareils:
  - ▶ DE 2006/95/CE (limites 50-1000V AC) (*SPF Eco*)
- Compatibilité Electromagnétique des appareils
  - ▶ DE 2004/108/CE (*SPF Eco*)
- Sécurité pour les travailleurs exposés aux rayonnements optiques artificiels:
  - ▶ DE 2006/25/CE (*SPF Emploi – Travail*)



# Environnement

- RoHS : DIRECTIVE 2002/95/CE et 2011/65/UE relative à la limitation de certaines substances dangereuses dans les équipement électriques et électroniques
- S'applique à tous les appareils, pas seulement éclairage



# Environnement - RoHS

- Limites

- ▶ Plomb (0,1 %)
- ▶ Mercure (0,1 %)
- ▶ Cadmium (0,01 %)
- ▶ Chrome hexavalent (0,1 %)
- ▶ Polybromobiphényles (PBB) (0,1 %)
- ▶ Polybromodiphényléthers (PBDE) (0,1 %)

valeurs de concentration maximales tolérées en poids dans les matériaux homogènes

- MAIS : Très nombreuses exceptions pour les lampes à décharge, fluocompactes et tubes fluorescents concernant le mercure avec néanmoins une baisse notable des quantités max de mercure autorisées.



# Caractéristiques des lampes : Culots et Formats

- Normes d'applications
  - ▶ CEI 60061-4 : Culots de lampes et douilles ainsi que calibres pour le contrôle de l'interchangeabilité et de la sécurité





# Culots

- Culots à vis type EDISON

Type	Diamètre	Désignation	CEI	Utilisations
E5	5 mm	Lilliput Edison Screw (LES)	CEI 60061-1 (7004-25)	lampes lucioles
E10	10 mm	Miniature Edison Screw (MES)	CEI 60061-1 (7004-22)	lampe de poche
E12	12 mm	Candelabra Edison Screw (CES)	CEI 60061-1 (7004-28)	
<b>E14</b>	<b>14-17 mm</b>	<b>Small Edison Screw (SES)</b>	<b>CEI 60061-1 (7004-23)</b>	<b>lampe de frigo, lampes de décoration et/ou de lustres</b>
E17 (110v)	14-17 mm	(Intermediate) Small Edison Screw (SES)	CEI 60061-1 (7004-26)	
E26 (110v)	26-27 mm	(Medium) (one-inch) Edison Screw (ES)	CEI 60061-1 (7004-21A-2)	éclairage domestique
<b>E27</b>	<b>26-27 mm</b>	<b>(Medium) Edison Screw (ES)</b>	<b>CEI 60061-1 (7004-21)</b>	<b>éclairage domestique</b>
E39	39 mm	(Mogul) Giant Edison Screw (GES)		
E40	40 mm	(Mogul) Giant Edison Screw (GES)	CEI 60061-1 (7004-24)	éclairage public



Source : Wikipedia





# Culots

- Culots à Baïlloettes

Type	CEI	DIN
B15d	CEI 60061-1 (7004-11)	DIN 49721
BA15d	CEI 7004-11 A	DIN 49720
BA15s	CEI 7004-11 A	DIN 49720
BA20d	CEI 7004-12	DIN 49730
B21s-4		
B22d	CEI 60061-1 (7004-10)	
BY22d		
B24s-3		
<b>GU10</b>	<b>CEI 60061-1 (7004-121)</b>	
GZ10	CEI 60061-1 (7004-120)	

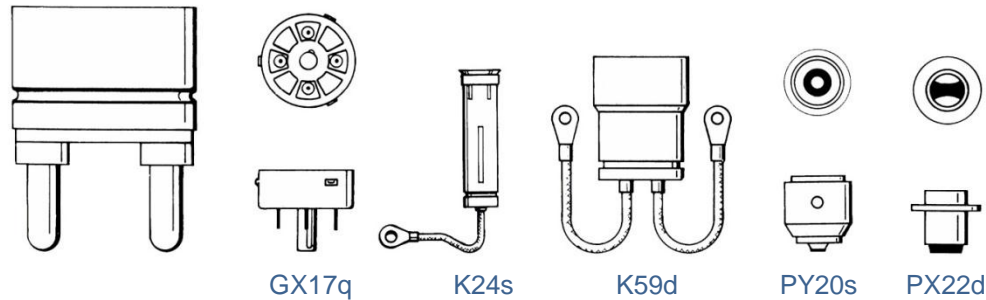
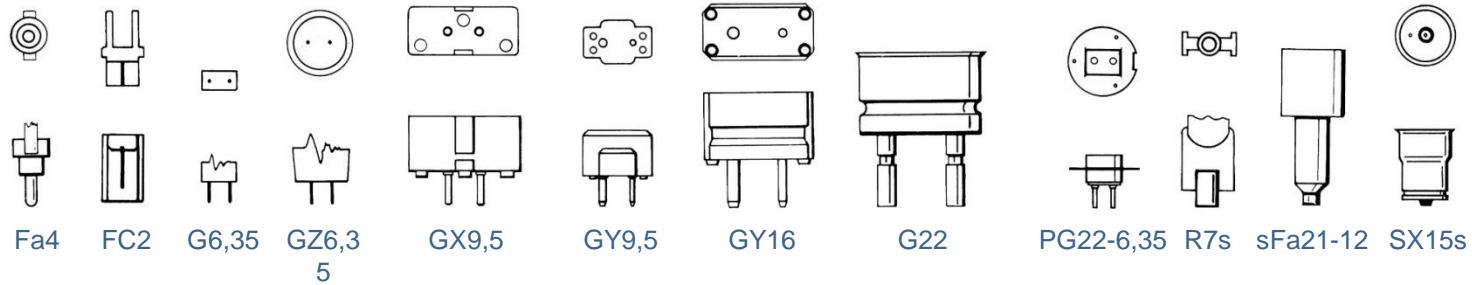
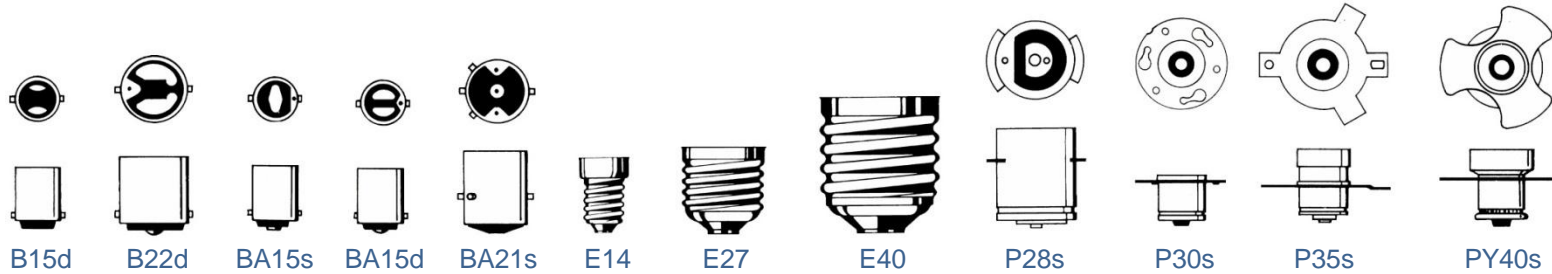


Source : Wikipedia





# Culots

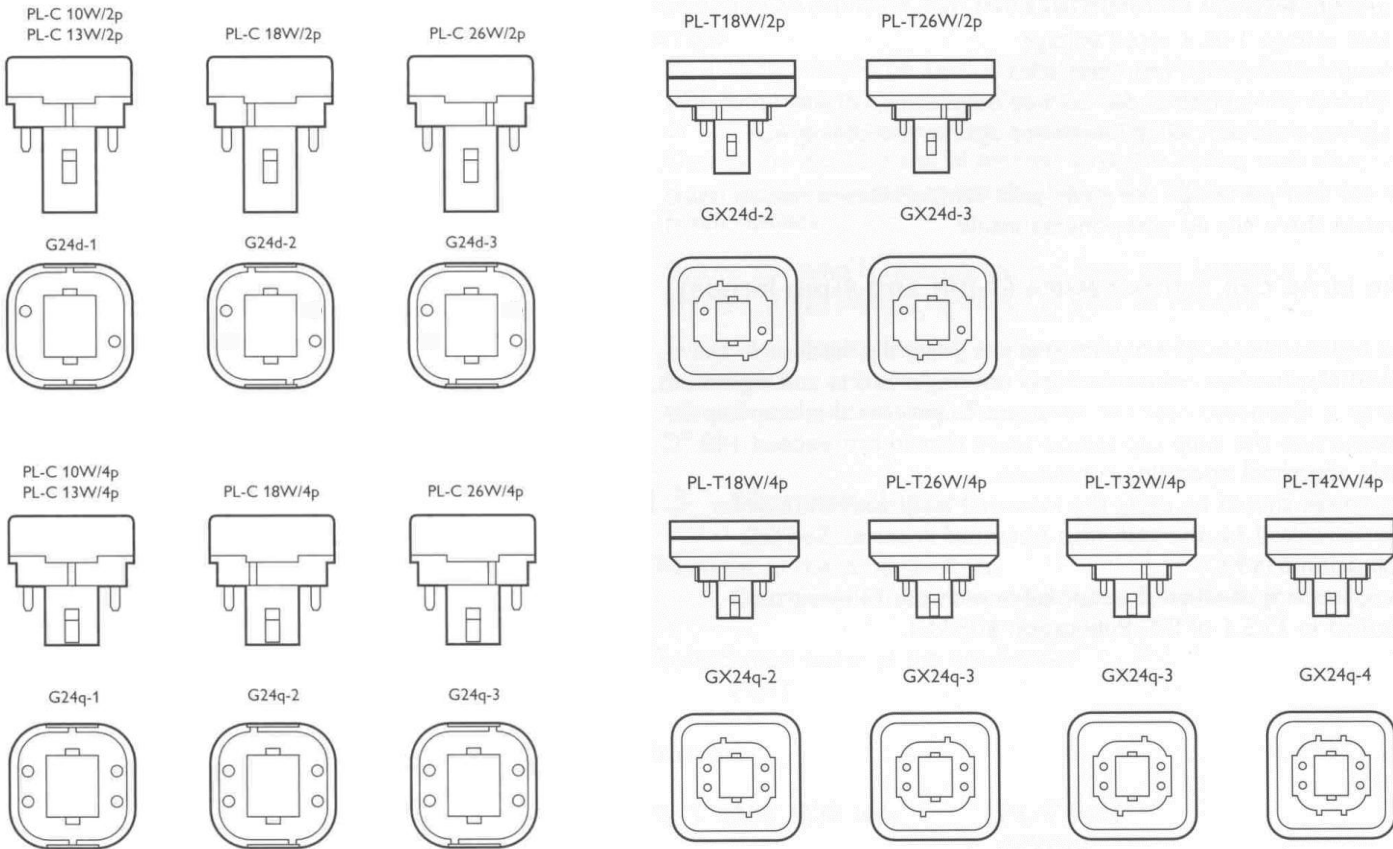


Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Culots des lampes PL (fluocompactes avec alim externe)



Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Culots

- Culots Bipin

Type	CEI	Distance entre têtes	Diamètre tête
<b>G4</b>	<b>CEI 60061-1 (7004-72)</b>	<b>4,0 mm</b>	<b>0,65-0,75 mm</b>
GU4	CEI 60061-1 (7004-108)	4,0 mm	0,95-1,05 mm
GY4	CEI 60061-1 (7004-72A)	4,0 mm	0,65-0,75 mm
GZ4	CEI 60061-1 (7004-64)	4,0 mm	0,95-1,05 mm
G5	CEI 60061-1 (7004-52-5)		
G5.3	CEI 60061-1 (7004-73)	5,33 mm	1,47-1,65 mm
G5.3-4.8	CEI 60061-1 (7004-126-1)		
<b>GU5.3</b>	<b>CEI 60061-1 (7004-109)</b>	<b>5,33 mm</b>	<b>1,45-1,6 mm</b>
GX5.3	CEI 60061-1 (7004-73A)	5,33 mm	1,45-1,6 mm
GY5.3	CEI 60061-1 (7004-73B)	5,33 mm	
<b>G6.35</b>	<b>CEI 60061-1 (7004-59)</b>	<b>6,35 mm</b>	<b>0,95-1,05 mm</b>
GX6.35	CEI 60061-1 (7004-59)	6,35 mm	0,95-1,05 mm
GY6.35	CEI 60061-1 (7004-59)	6,35 mm	1,2-1,3 mm
GZ6.35	CEI 60061-1 (7004-59A)	6,35 mm	0,95-1,05 mm
G9	CEI 60061-1 (7004-129)	9,0 mm	--



Source : Wikipedia





# Formats (diamètres)

- PAR

Designation	Nominal Dia. (inch)	Nominal Dia. (mm)
PAR64	8	200
PAR56	7	175
PAR46	5.75	145
<b>PAR38</b>	<b>4.75</b>	<b>120</b>
PAR36	4.5	115
<b>PAR30</b>	<b>3.75</b>	<b>95</b>
<b>PAR20</b>	<b>2.5</b>	<b>65</b>
<b>PAR16</b>	<b>2</b>	<b>50</b>



Source : Wikipedia





# Longueurs et puissances des tubes fluorescents

La puissance des tubes linéaires est normalisée.	
Longueur	Puissance
1,8 m	70 W
1,5 m	58 W
1,2 m	36 W
1,449 m	35 W
0,9 m	30 W
0,6 m	18 W
0,438 m	15 W
0,549 m	14 W
0,523 m	13 W
0,37 m	12 W
0,33 m	10 W
0,3 m	8 W
0,225 m	6 W
0,15 m	4 W
0,-- m	2 W

Format	Largeur	Culot
T10	38mm	
T8	26mm	
T5	16mm	

Source : Wikipedia





# Standard d'alimentation

- Tension réseau
  - ▶ 220VAC – 240VAC 50Hz
- Basse tension
  - ▶ 6V, 12V, 24V





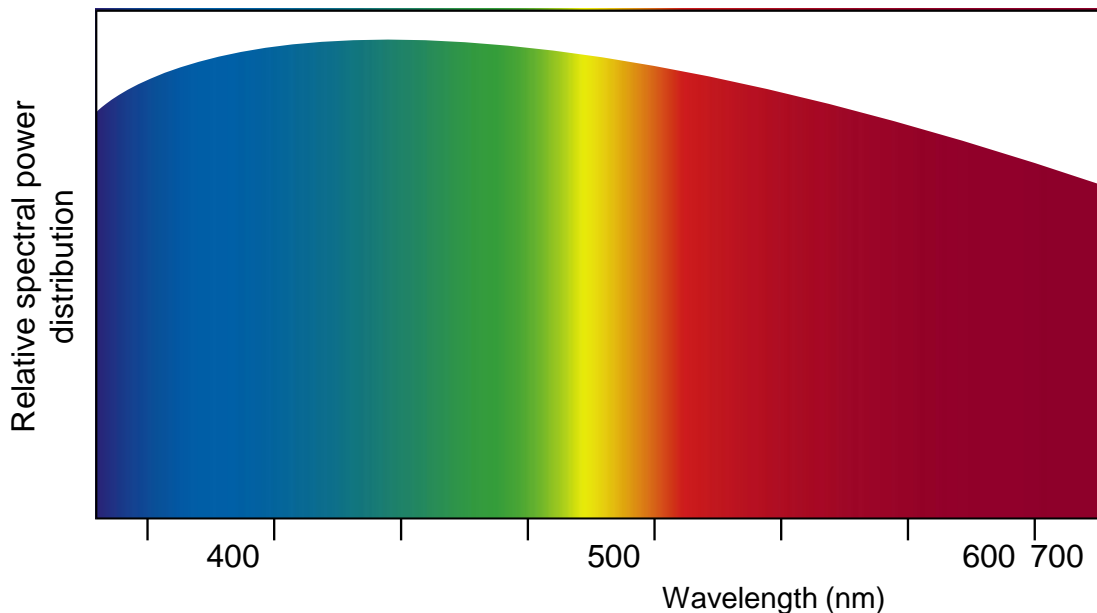
# LES SOURCES D'ÉCLAIRAGE





# L'éclairage naturel

- L'éclairage naturel doit toujours être privilégié car c'est la source la plus puissante et la moins chère de lumière.
- L'éclairage naturel est le meilleur en terme de sensation de confort et de bien être.

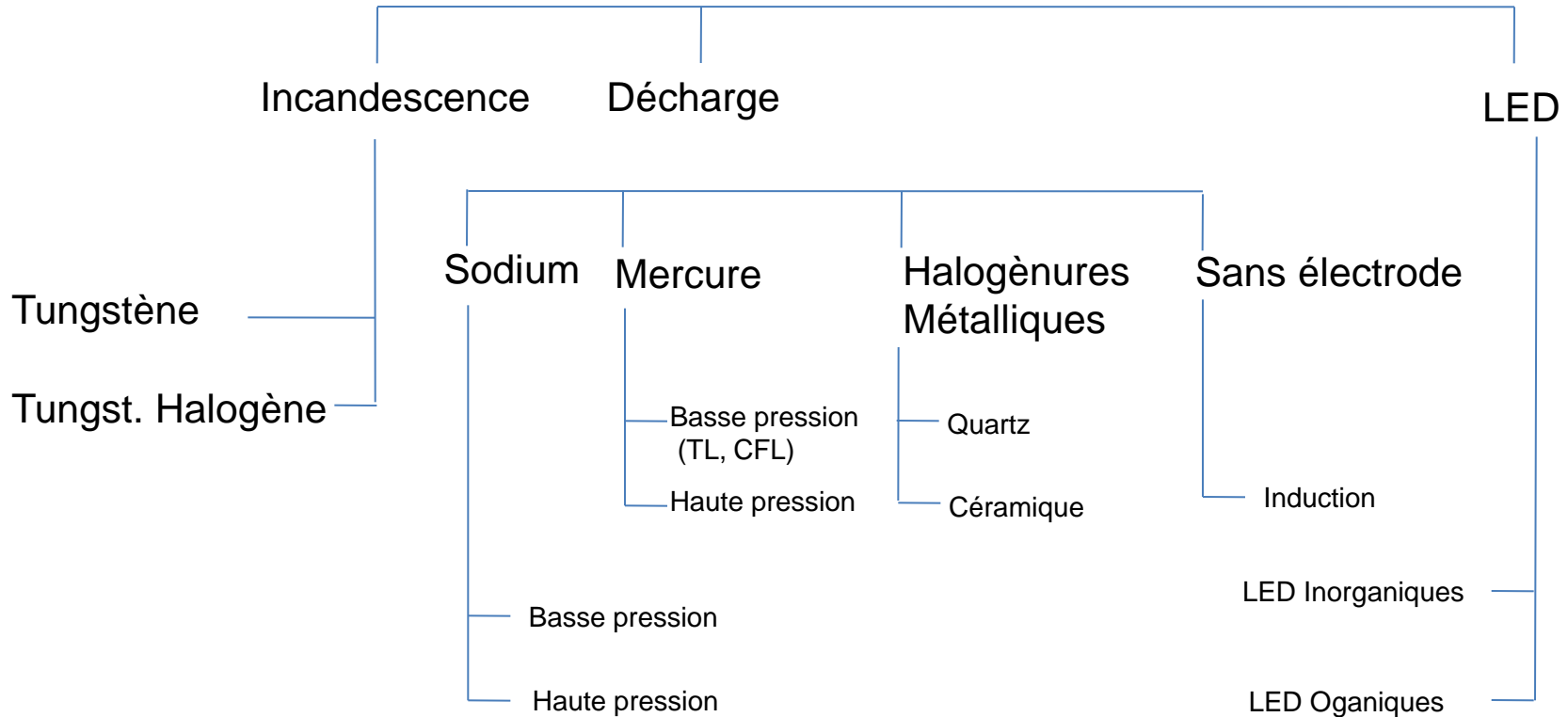


Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# L'éclairage artificiel (électrique)





# Comparaison de l'efficacité des Sources

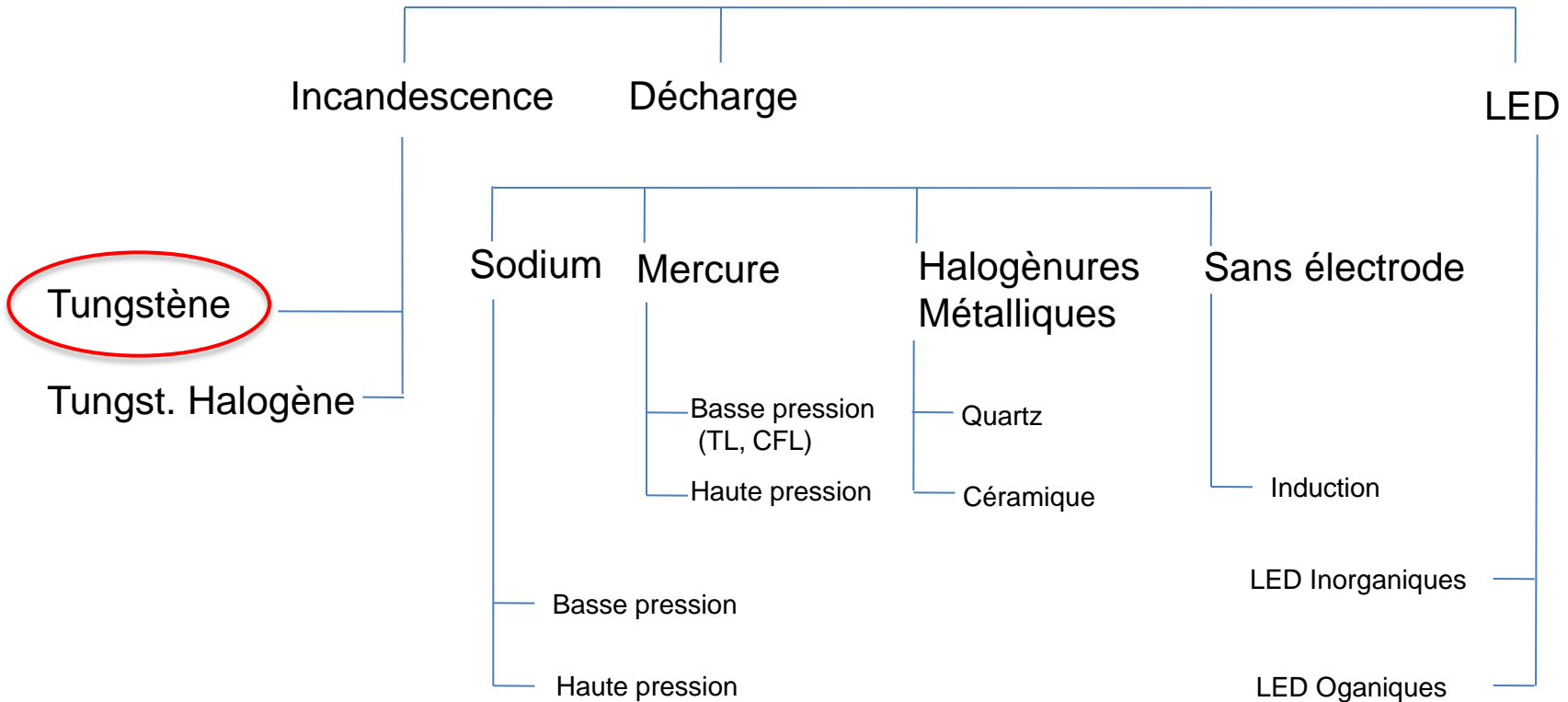
Rendements en lm/W

- À incandescence: 10 à 15 lm/W
- Halogène: 15 à 25 lm/W
- LED: 15 à plus de 130 lm/W
- Mercure haute pression: 35 à 60 lm/W
- Lampe fluocompacte: 50 à 90 lm/W
- Lampe fluorescente: 60 à 105 lm/W
- Halogénures métalliques: 65 à 120 lm/W
- Sodium haute pression: 80 à 150 lm/W
- Sodium basse pression: 100 à 200 lm/W





# L'éclairage artificiel (électrique)





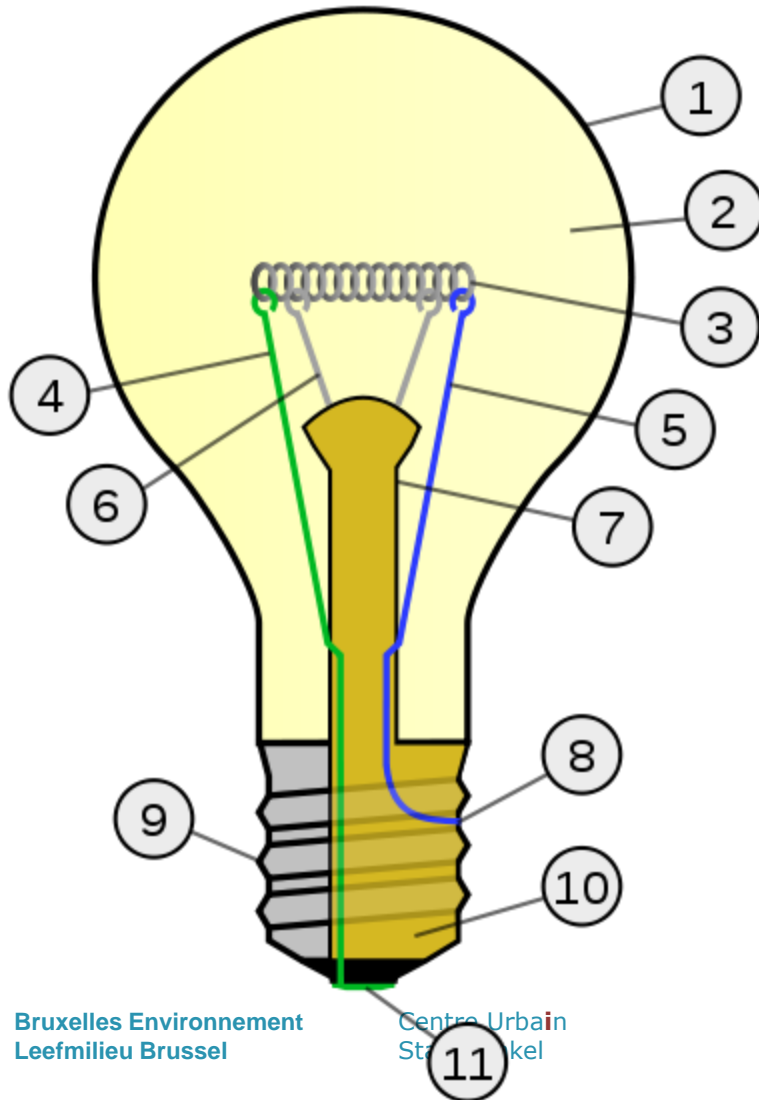
# Eclairage Incandescent

- Technologie
  - ▶ Filament de tungstène en incandescence dans un gaz inerte
- Avantages / Inconvénients
  - ▶ Excellent IRC (100)
  - ▶ Efficacité d'environ 9lm/W
  - ▶ Durée de vie de 1000h
  - ▶ Accepte un large gamme de tension d'alimentation (6V -> 240V)
  - ▶ Dimmable facilement
  - ▶ Chaleur
  - ▶ Eclairage directionnel ou sphérique





# Ampoule à Filament de tungstène (Edison)



- 1. Ampoule de verre
- 2. Gaz inerte
- 3. Filament de tungstène
- 4/11 Fil de contact (pied)
- 5/8 Fil de contact (vis)
- 6. Fils de support
- 7. Support
- 9. Vis
- 10. Isolant
- 11. Contact de pied

Source : Wikipedia





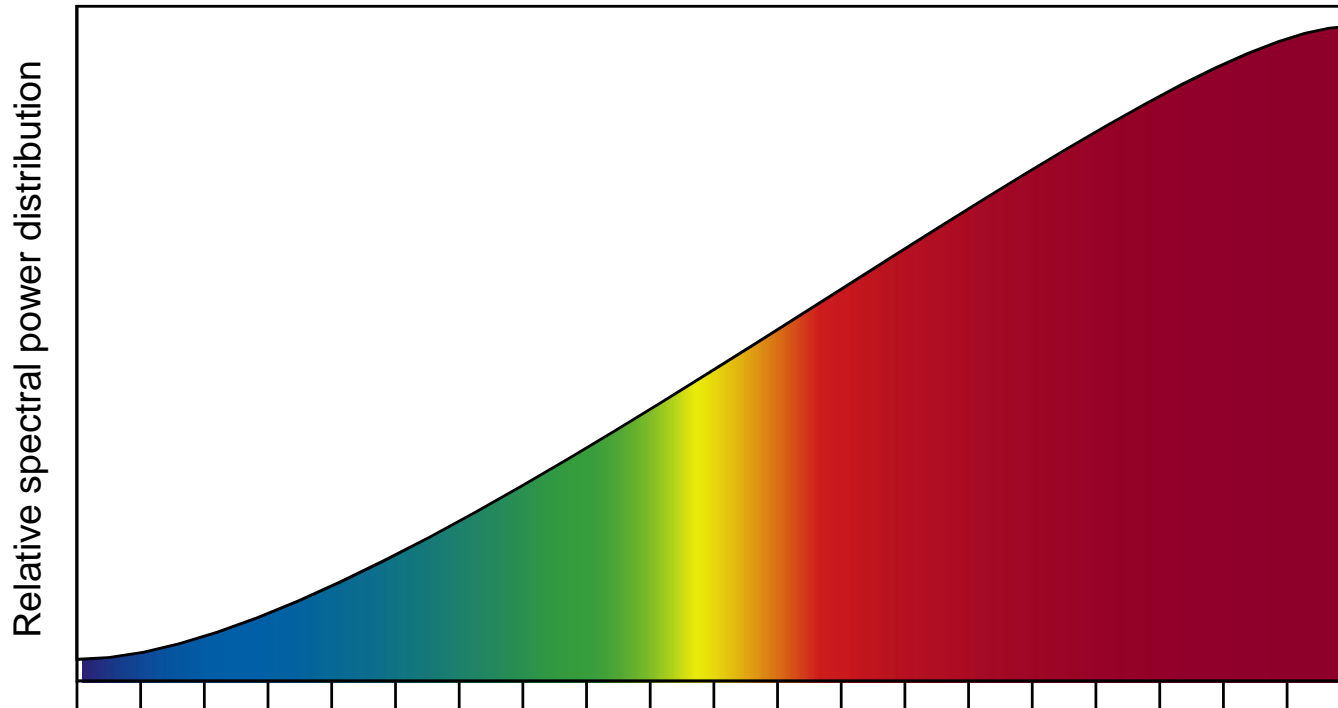
# Eclairage Incandescent

- Appareils d'éclairage
  - ▶ Ampoules (éclairage sphérique)
  - ▶ Ampoules avec réflecteur (Spots)
- Applications type
  - ▶ Eclairage résidentiel et professionnel
  - ▶ Eclairage automobile
- Impact environnemental
  - ▶ + Pas de composant nocifs
  - ▶ + Coût de production faible
  - ▶ + Très bon rendu des couleurs
  - ▶ + Dimmable facilement
  - ▶ + Large plage de tension d'alimentation
  - ▶ - Rendement lumen watt faible (9lm/W)
  - ▶ - Majeure partie de l'énergie dégagée en chaleur





# Eclairage Incandescent (spectre)



- Grande proportion dans le rouge l'infrarouge

Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Phase out éclairage incandescent

- Cadre légal européen:
  - ▶ Règlement relatif à l'abandon progressif des ampoules à incandescence traditionnels du 18 mars 2009.
  - ▶ Directive Ecoconception 2009/125/CE
- Ce règlement s'inscrit pleinement dans l'objectif de réduction de la consommation d'énergie primaire pour l'UE qui est de 20% d'ici 2020.
- L'impact :
  - ▶ Economie de 40 milliards de kWh soit la consommation d'électricité de la Roumanie ou la production annuelle de 10 centrales de 500MW.
  - ▶ Réduction de CO2 de 15 millions de tonnes par an d'ici 2020
  - ▶ 1,4% du total de la consommation finale d'électricité des 27 états membres en 2006 qui s'élevait à 2826 milliards de kWh
  - ▶ 5% de de la consommation d'électricité du secteur résidentiel de l'UE qui s'élevait à 807 milliards de kWh (2006)
  - ▶ Economie chiffrée à 86 milliards si remplacement par LED et Fluocompactes

Source : Site Web UE : [www.e-lumen.eu](http://www.e-lumen.eu) , FAQ

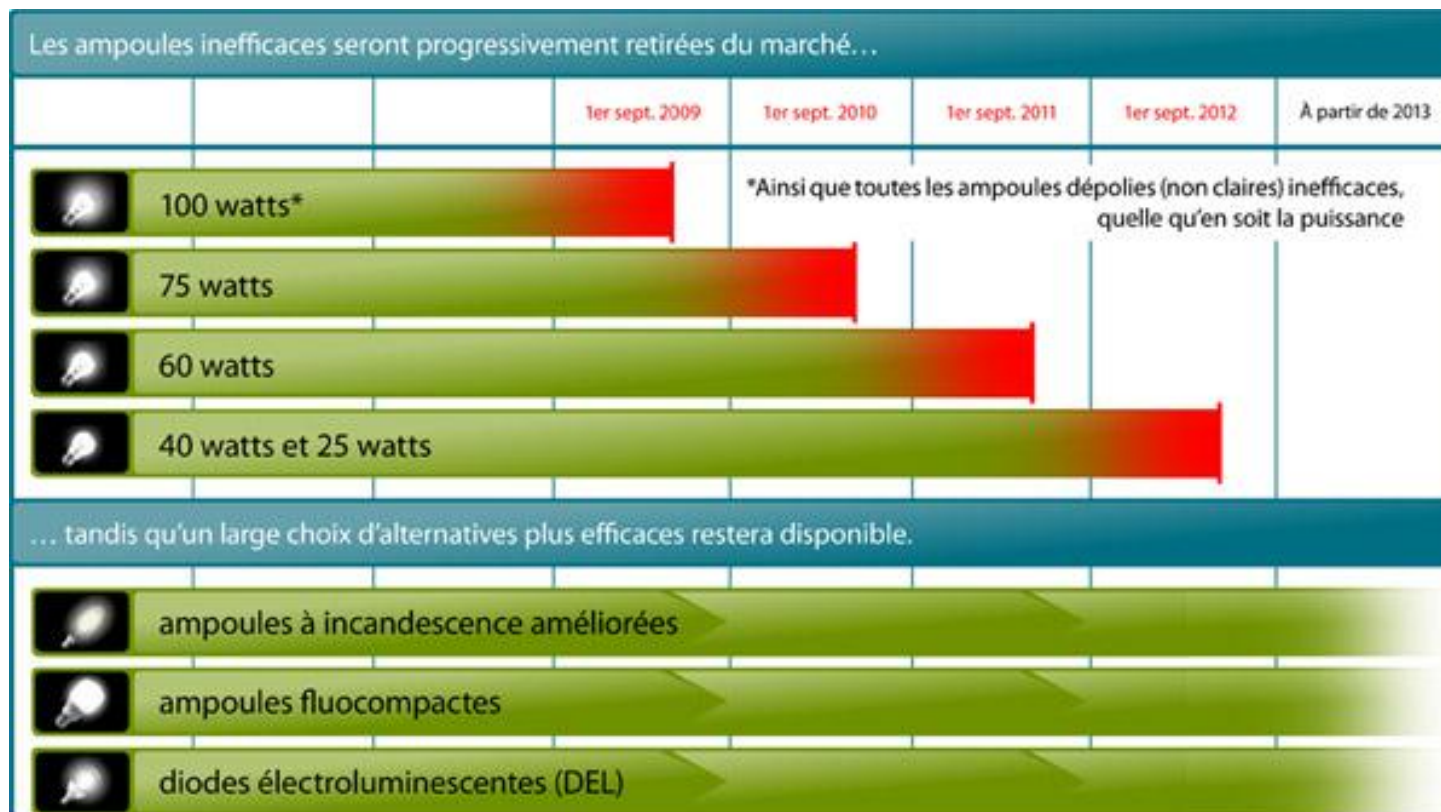




# Phase out éclairage incandescent

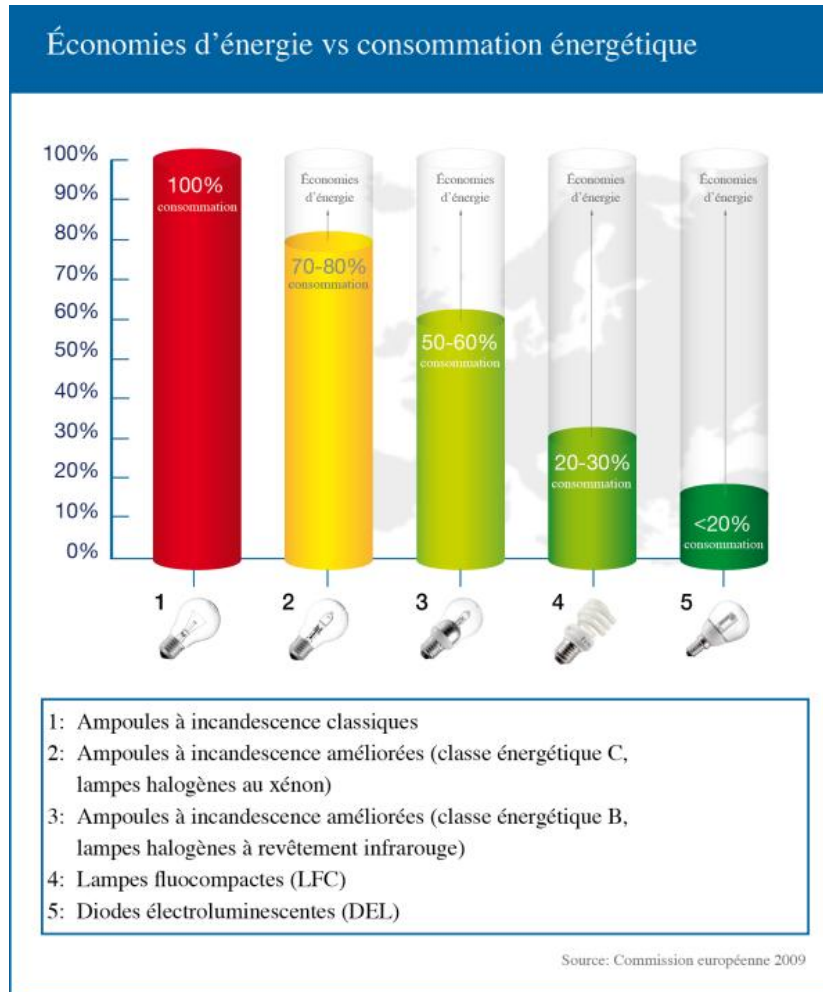
- Lampes retirées du marché : Ampoules incandescentes dépolies, ampoules incandescentes claires, halogènes traditionnelles sur secteur

Source : Site Web UE : [www.e-lumen.eu](http://www.e-lumen.eu)





# Proposition de remplacement



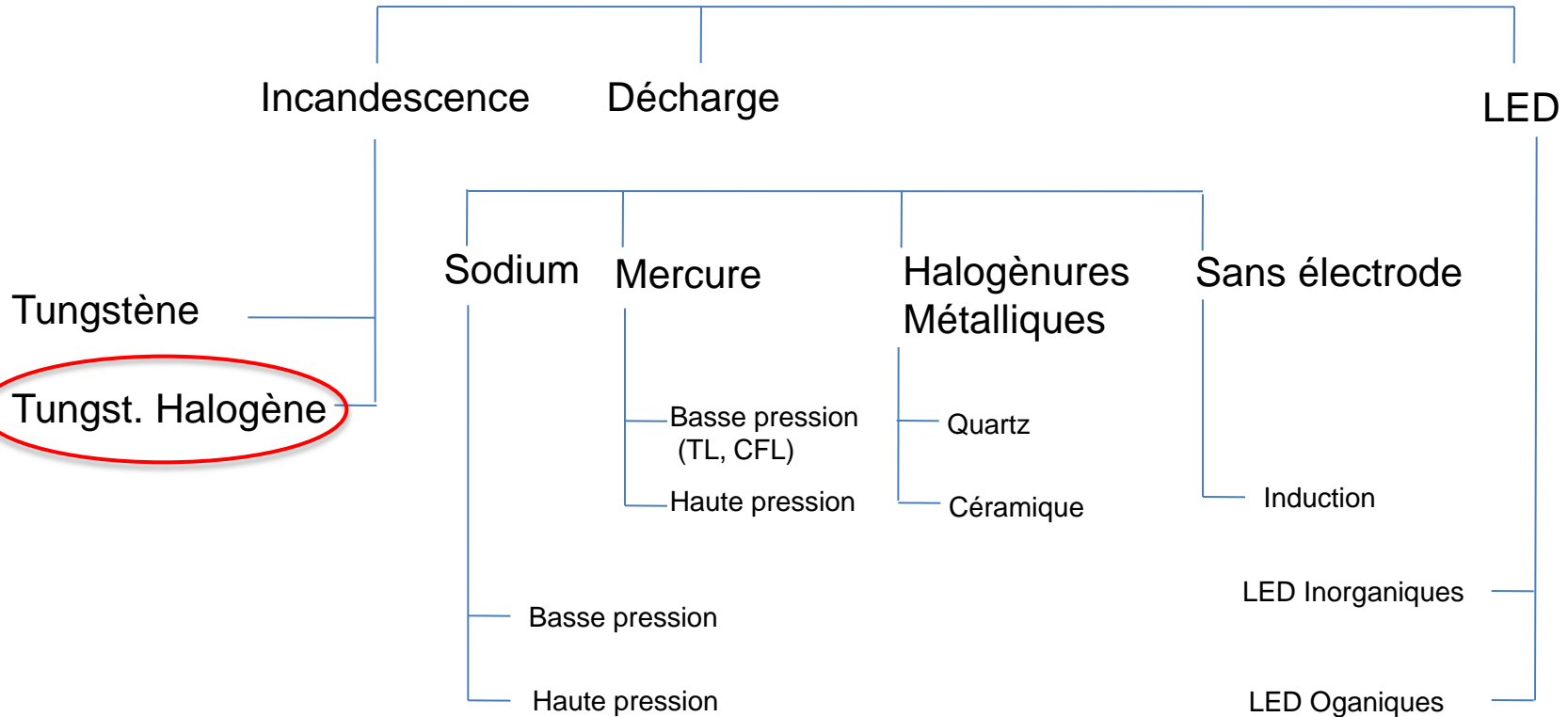
- Incandescence
  - ▶ Classe F, > 2009/2012, 1000h
- Alternatives
  - ▶ Halogènes TBT (12, 24V)
    - › Classe C, >2016, 4000h
  - ▶ Halogènes améliorées (Xénon)
    - › Classe C, >2016, 2000h
  - ▶ Halogènes à revêtement IR
    - › Classe B, 3000h
  - ▶ Fluocompactes
    - › Classe B, A, 6000-15000h
  - ▶ LED
    - › Classe B, A, 15000 – 40000h

Source : Site Web UE : [www.e-lumen.eu](http://www.e-lumen.eu)





# L'éclairage artificiel



Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





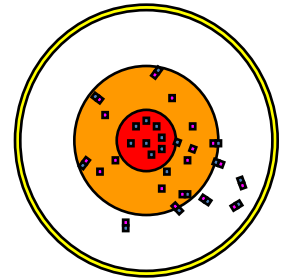
# Eclairage Halogène

- Technologie

- ▶ Filament de tungstène en incandescence dans un gaz halogène
  - › Les atomes de tungstène qui se subliment sont captés par l'halogène et redéposé sur le filament sous l'effet de la chaleur
  - › Durée de vie accrue par rapport à l'incandescence et meilleure efficacité lumineuse

- Avantages / Inconvénients

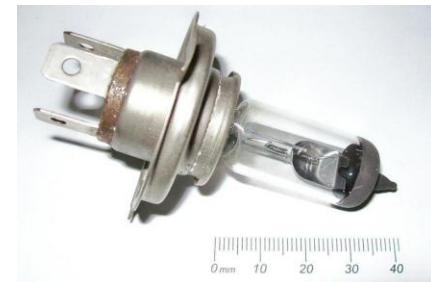
- ▶ + Excellent IRC (100)
- ▶ + Eclairage directionnel ou sphérique
- ▶ + Compact
- ▶ + Accepte un large gamme de tension d'alimentation (6V -> 230V)
- ▶ + Dimmable facilement
- ▶ - Durée de vie de 1000 à 5000h
- ▶ - Efficacité de 15 à 25lm / W
- ▶ - Chaleur





# Eclairage Halogène

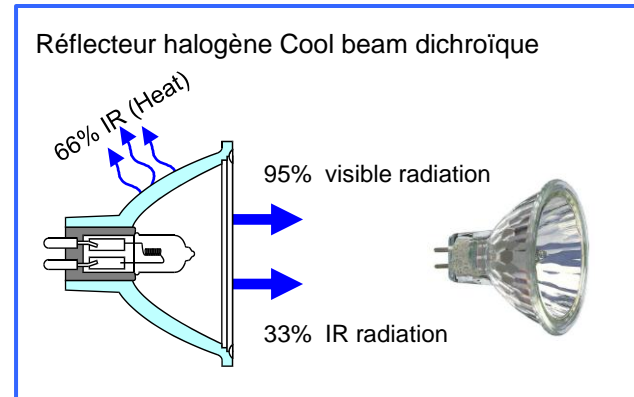
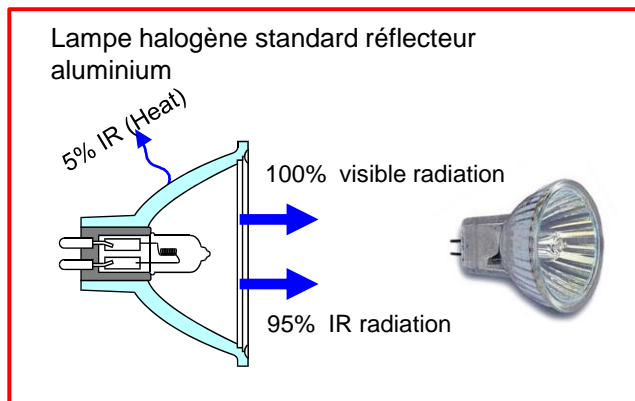
- Appareils d'éclairage
  - ▶ Ampoule Capsule, Halogène sans réflecteur 12V/ 230V
  - ▶ Ampoule avec réflecteur
- Applications type
  - ▶ Eclairage résidentiel et professionnel
  - ▶ Eclairage automobile
- Impact environnemental
  - ▶ Pas de composant nocifs
  - ▶ Coût de production faible
  - ▶ Pas de traitement particulier des déchets





# Halogènes améliorées

- Lampes halogènes au Xénon (Classe C)
  - Lampe halogène remplie de gaz Xénon > 25% d'économie d'énergie pour le même flux lumineux, classe C, disponible jusque 2016
- Lampes halogènes à revêtement infrarouge (technologie IRC) (Classe B)
  - Amélioration de l'efficacité énergétique par l'application d'un revêtement réfléchissant les infrarouges sur la paroi des capsules halogènes > 45% d'économie d'énergie pour le même flux > classe B.
- Technologie Dichroïque : Amélioration du confort:



Sources : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage & site Web UE : [www.e-lumen.eu](http://www.e-lumen.eu)





# Gain possible grâce aux halogènes IRC (Infra Red Coating)

## Exemple de calcul pour l'application de DECOSTAR® IRC dans un magasin

Nombre de sources lumineuses	300
Puissance	Standard 50W > IRC 35W
Heures de fonctionnement par an	3.500 heures
Coûts de remplacement/lampe	€ 5 <sup>2)</sup>
Tarif de courant	€ 0,125/kWh

Tous les résultats sont valables pour une durée de vie moyenne

Economie annuelle, coûts de l'air conditionné<sup>3)</sup> compris

En € **4.843,13**

En % **44,57**

Economie annuelle, coûts de l'air conditionné<sup>3)</sup> non compris

En € **2.874,38**

En % **26,45**

Ce sont, par exemple, des vacances avec la famille



## Exemple de calcul pour l'application de DECOSTAR® IRC dans une habitation

Nombre de sources lumineuses	10
Puissance	Standard 35W > IRC 20W
Heures de fonctionnement par an	2.000 heures
Coûts de remplacement/lampe	€ 0
Tarif de courant	€ 0,125/kWh

Tous les résultats sont valables pour une durée de vie moyenne

Economie annuelle, coûts de l'air conditionné<sup>3)</sup> compris

En € **29,75**

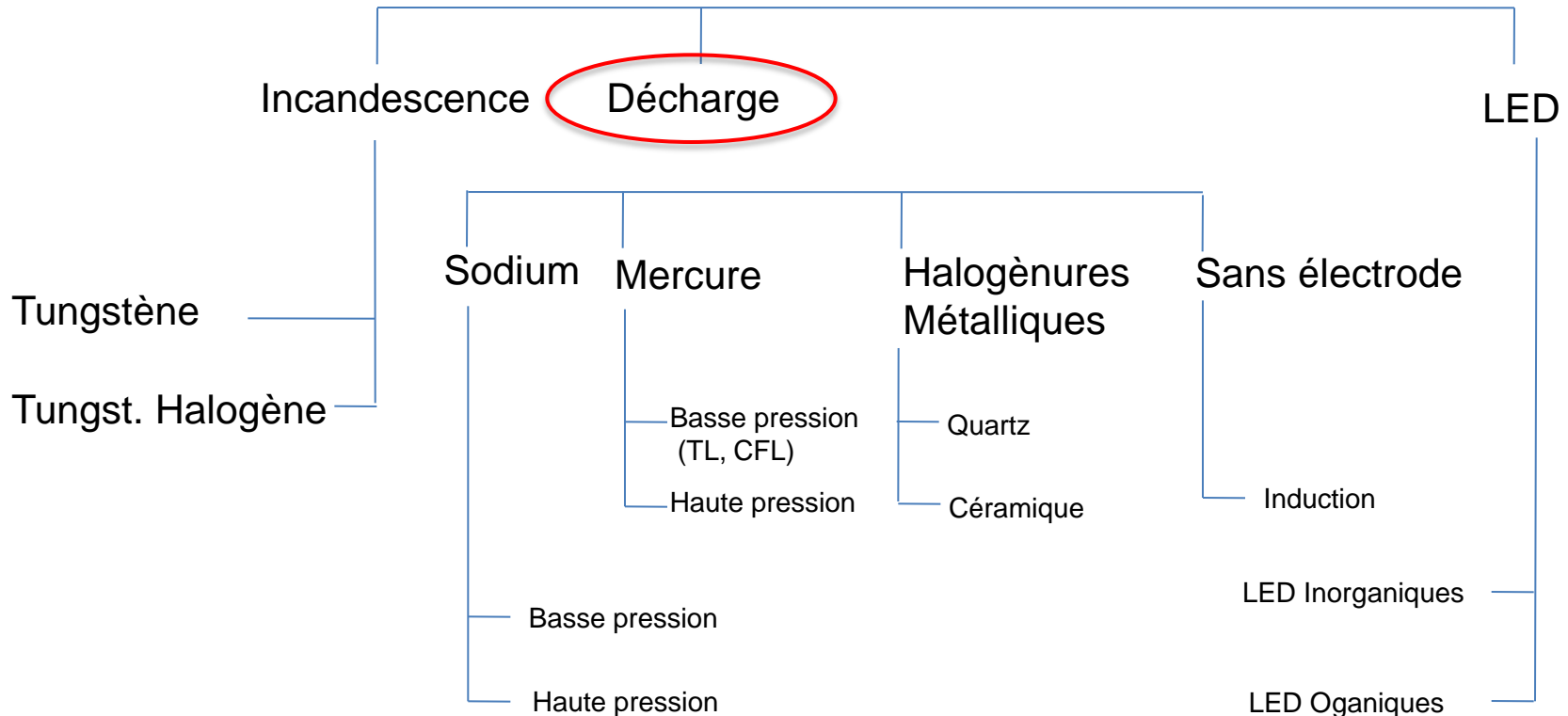
En % **24,90**

C'est, par exemple, une soirée romantique avec votre partenaire





# L'éclairage artificiel



Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





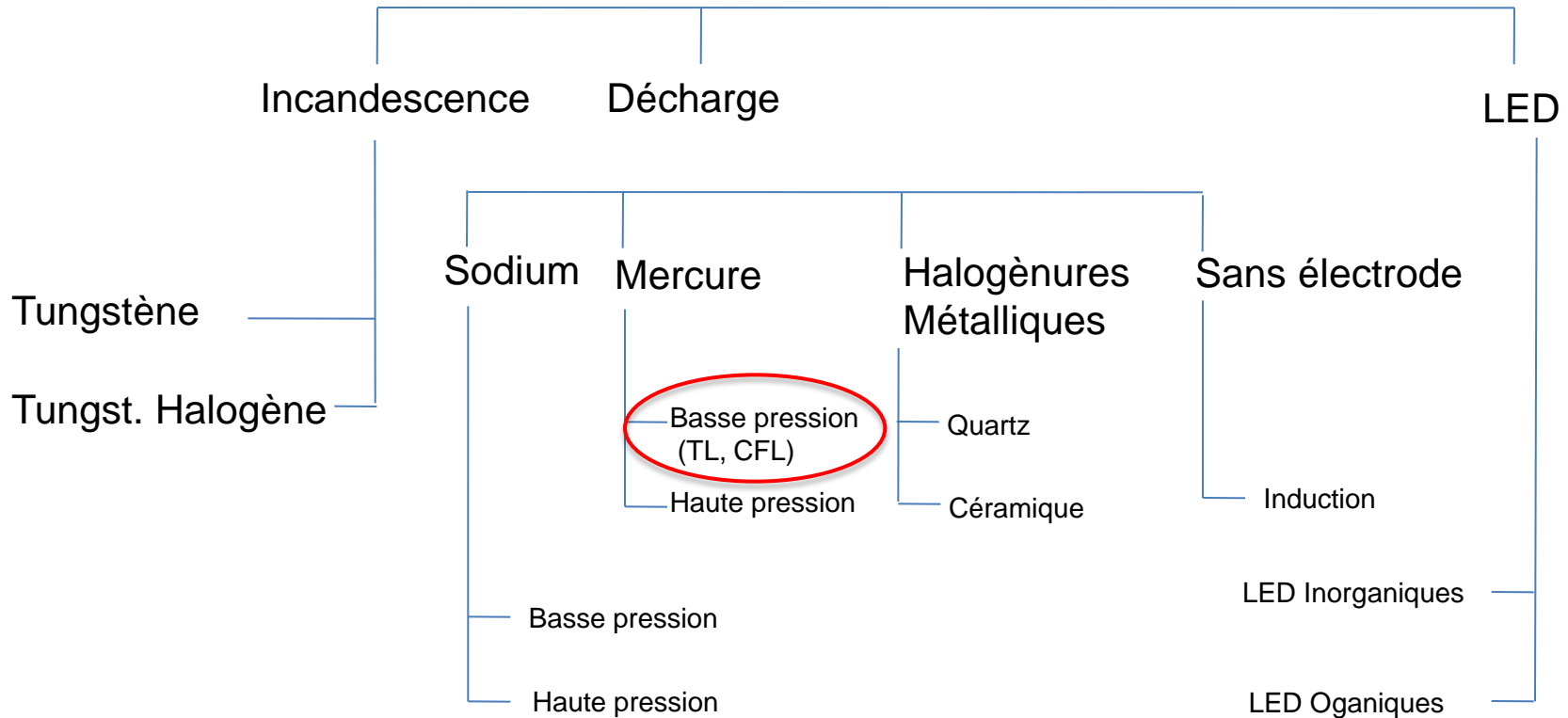
# Les lampes à décharges

- Principe
  - ▶ On déclenche une avalanche d'électrons au travers d'un gaz. Les électrons des atomes de ce gaz qui sont percutés vont être excités et changer de bande de valence. En revenant à un état d'énergie inférieur, donc plus stable, il vont émettre un rayonnement électromagnétique qui aura une longueur d'onde précise.
- Importance: 90% de l'éclairage résidentiel et commercial !





# L'éclairage artificiel





# Vapeur de mercure basse pression

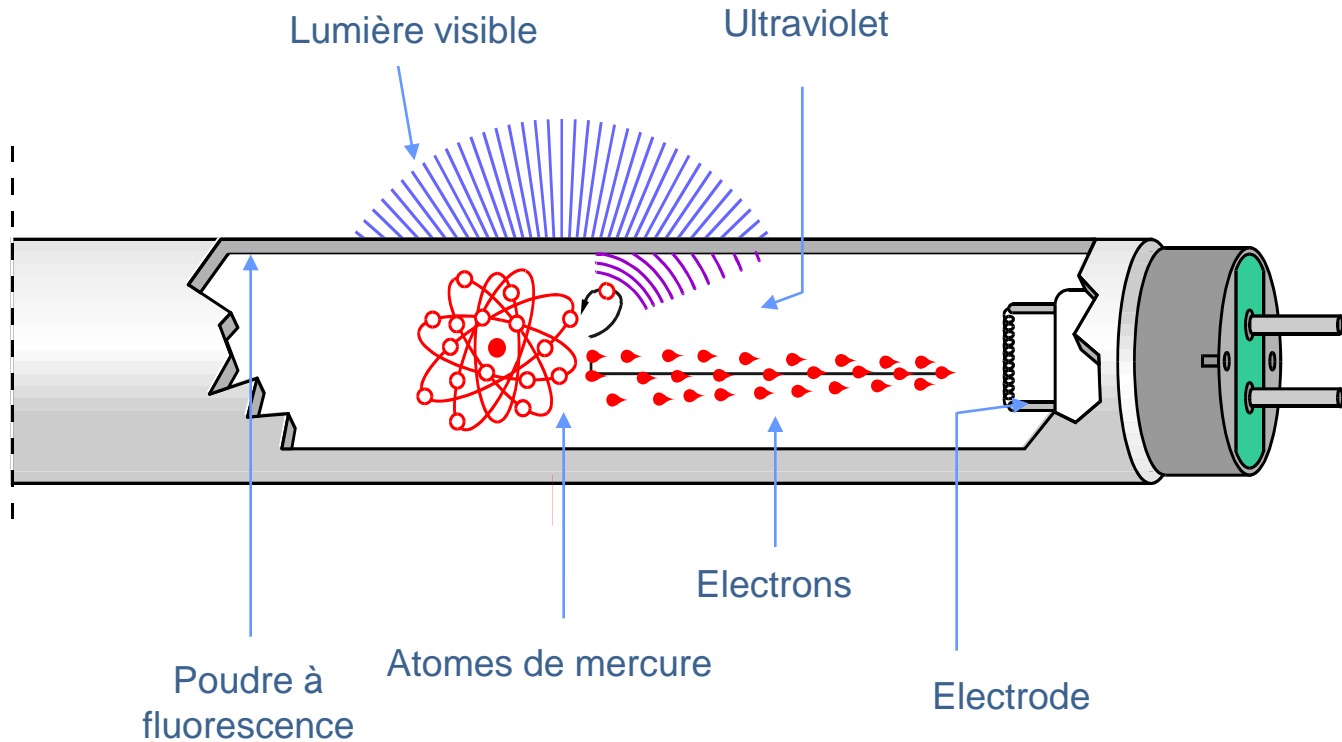
- Une lampe fluorescente contient un mélange d'argon et de vapeur de mercure à basse pression. La lumière visible est émise par 2 processus successifs :
  - ▶ Ionisation du mélange gazeux sous l'effet d'un courant électrique. La décharge ionique provoque un rayonnement majoritairement ultraviolet sur 2 longueurs d'onde correspondant aux raies de résonance du mercure soit à 184,9 nm et 253,7 nm.
  - ▶ Conversion de ce rayonnement en rayonnement visible par une poudre fluorescente placée dans la surface interne du tube.
- 2 classes de lampes:
  - ▶ Lampes à halophosphates : 60 – 75 lm/W et IRC de 55 à 75
  - ▶ Lampes à base de silicates et aluminates (poudres à 3 bandes): 80 à 105lm/W et IRC de 80 à 95





# Tube fluorescent

- Principe de fonctionnement



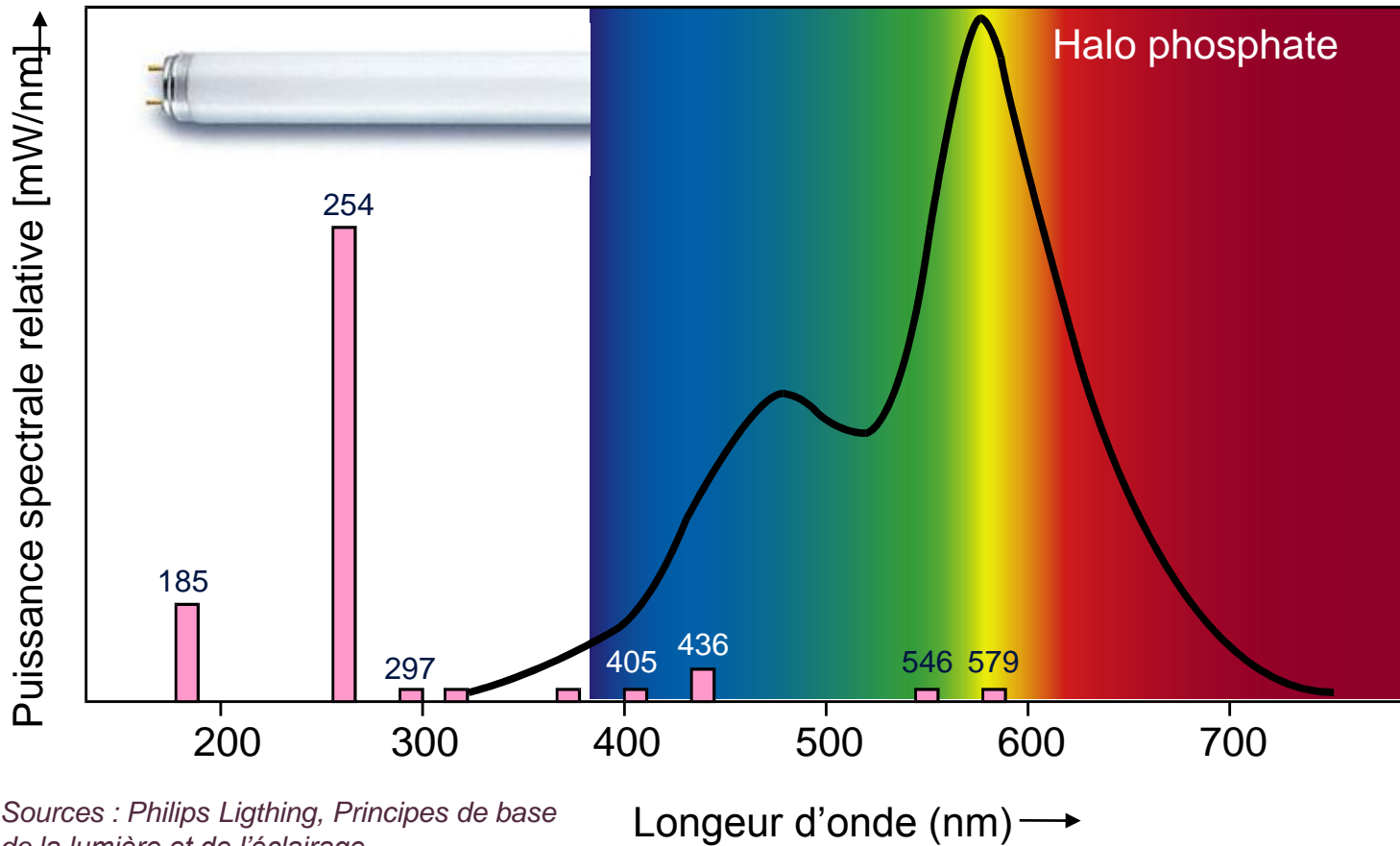
Sources : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Spectre lumineux

Spectre d'une lampe à vapeur de mercure basse pression



Sources : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Tubes Fluo / Avantages & Inconvénients

- + Jusqu'à 104 lm/W
- + Parfaitement dimmable avec ballast électronique
- + Durée de vie : 17.000 heures, diminution de lumen limitée à 10%
- + Possibilité de meilleur rendu de couleur (90+)
- + Divers formats possibles (tubes rectilignes, circulaires, etc)
- + Choix des phosphores détermine le rendu de **couleur** et la température
- - Efficacité dépendant de la température ambiante
- - Contient du mercure (2.5 à 5mg)
- - Fragile (recyclage, manutention)





# Tubes Fluo / Evolutions

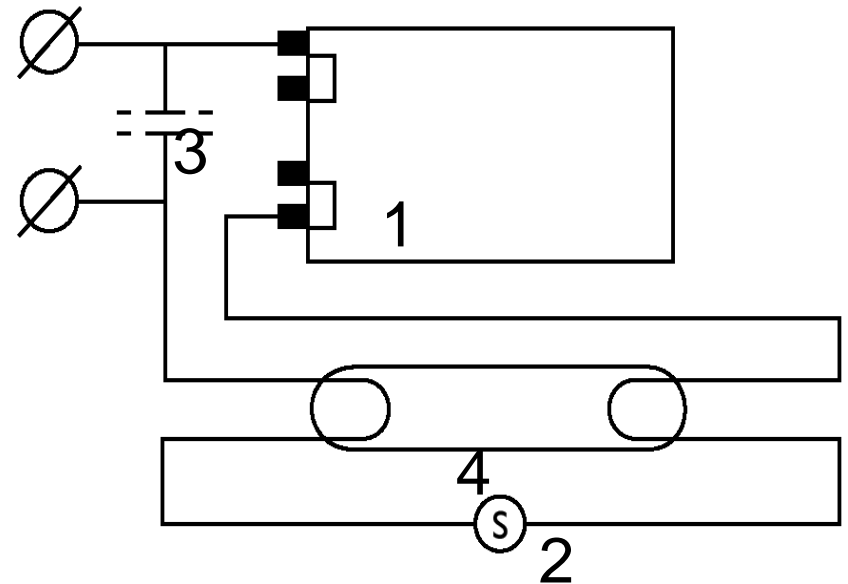
Appareils	Qualité d'énergie
T12 (ballast électromagnétique)	Référence Anciens luminaires inefficaces, pas de dimming, pas de contrôle possible
T8 (ballast électromagnétique)	Jusqu'à 30% d'économie d'énergie lampes efficaces, luminaires intermédiaires, pas de dimming, pas de contrôle possible
T8 (ballast électronique)	Jusqu'à 50% d'économie d'énergie lampes efficaces, luminaires intermédiaires, dimming et contrôle possible
T5 (ballast électronique)	Jusqu'à 80% d'économie d'énergie lampes efficaces, meilleurs luminaires miniaturisés, dimming et contrôle possible





# Tubes Fluo Importances du ballast

- Schéma de base
- 1. ballast électromagnétique conventionnel
- 2. Starter
- 3. Condensateur
- 4. Lampe



Sources : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Tubes Fluo, avantages du ballast électronique

- Plus petit, plus léger, plus efficace
  - ▶ Bobines plus petites
  - ▶ Meilleure ionisation => flux lumineux + 10% à partir de 10 kHz
  - ▶ Plus longue durée de vie de la lampe
  - ▶ Moins de perte
  - ▶ Démarrage plus rapide (pas de clignotement au démarrage)
  - ▶ Pas d'effet stroboscopique
  - ▶ Tension et courant stables

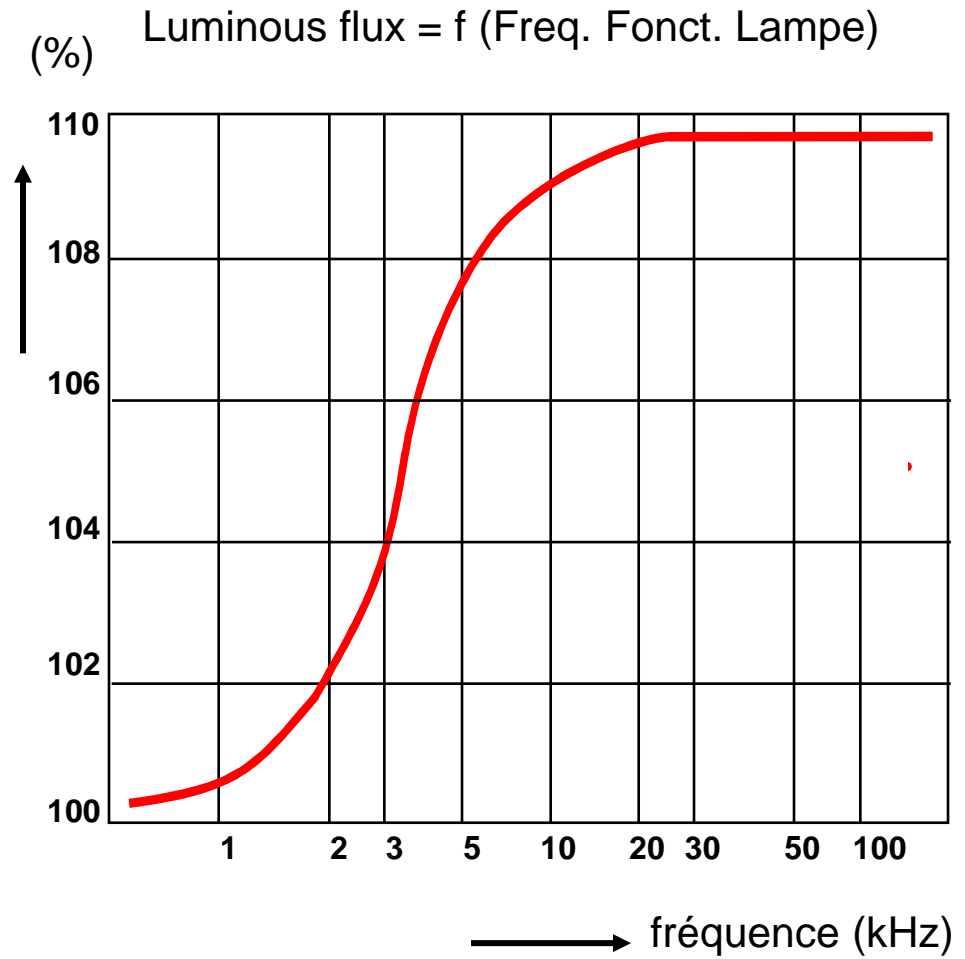
Sources : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Tubes Fluo, avantages du ballast électronique

- ▶ Protection
  - › pas de clignotement en fin de durée de vie
  - › protection contre les court-circuits
  - › protection thermique
- ▶ Maintien du point de fonctionnement => meilleur rendu des couleurs
- ▶ Dimmable
- ▶ Intégrable en domotique
- ▶ Un tube de 36W ne consomme que 32W avec ce type de ballast



Sources : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





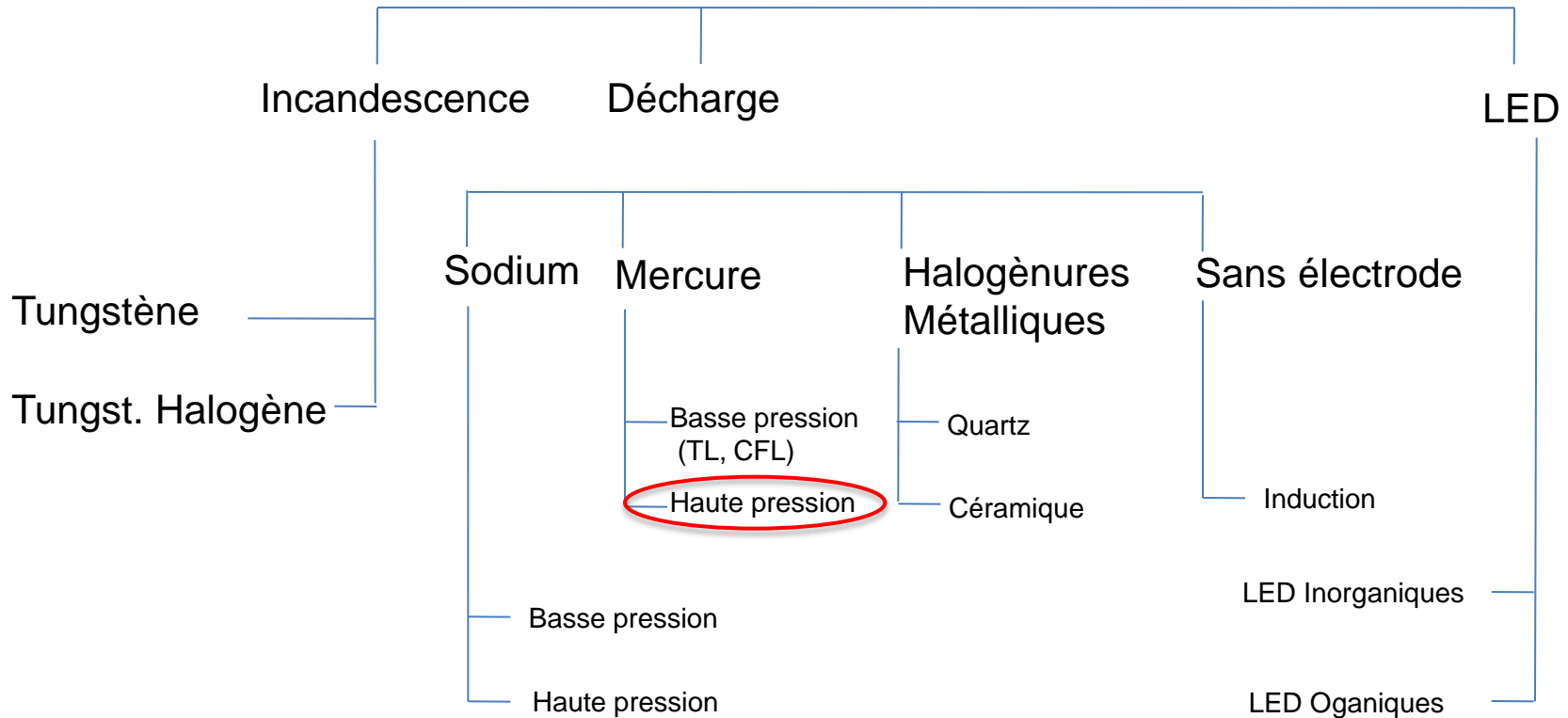
# Lampes Fluocompactes

- Les lampes fluocompactes sont des lampes fluorescentes de petite taille.
- L'intégration d'une alimentation électronique à la lampe a ouvert la voie au remplacement des ampoules à incandescence dépolie qui sont particulièrement inefficace en terme de rendement lumineux (classe F/G).





# L'éclairage artificiel





# Vapeur de mercure haute pression



Poudre fluorescence

Support tube à décharge

Tube à décharge (quartz)

Ballon extérieur

Électrode principale

Electrode de support  
résistance

tige

culot

- Efficacité lumineuse  
assez basse

- Rendu de couleur limité

Meilleures alternatives  
existantes !

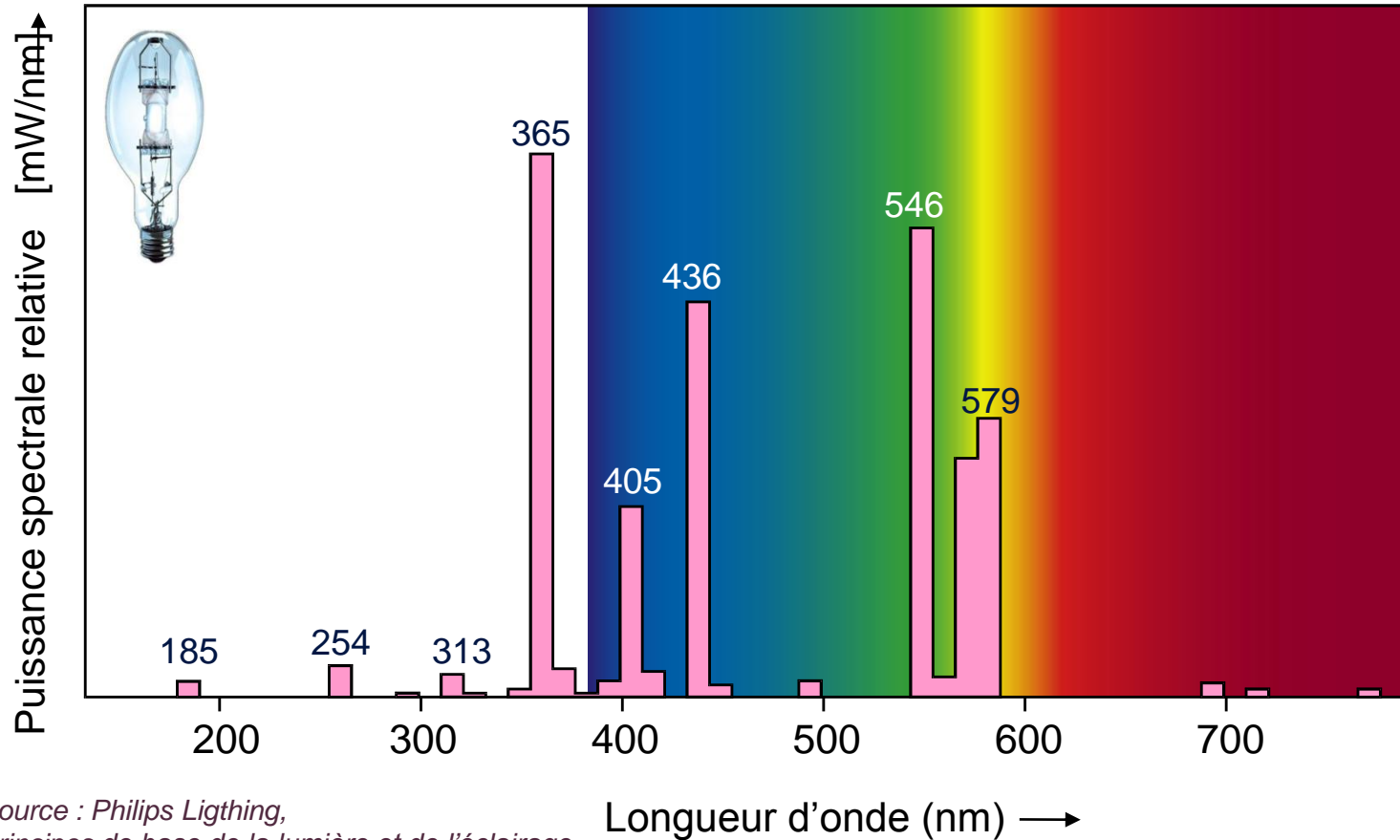
Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Vapeur de mercure haute pression

Spectre d'une lampe à vapeur de mercure haute pression

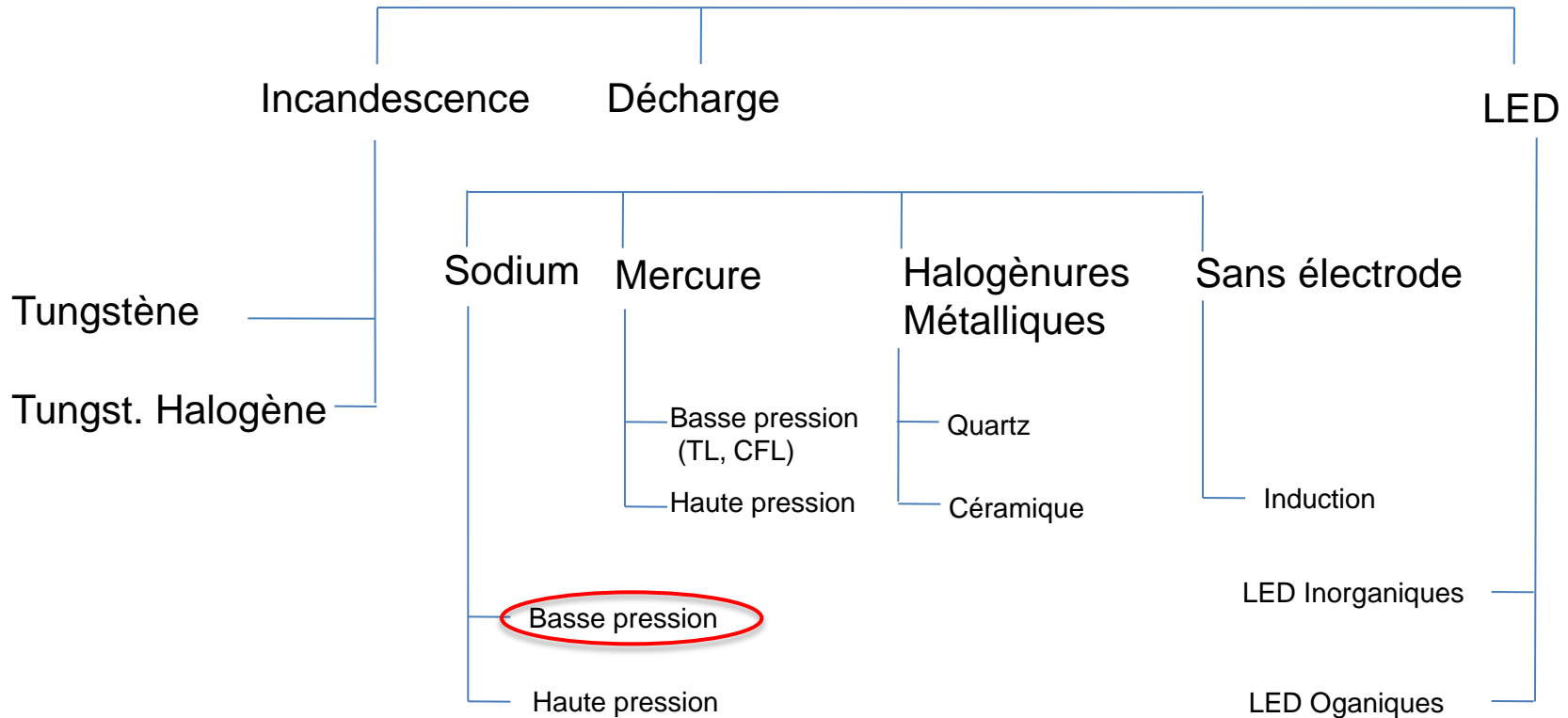


Source : Philips Lighting,  
Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# L'éclairage artificiel





# Lampes à Sodium Basse Pression

- Lumière monochromatique (589 nm) => couleur jaune/orange => tout près de la sensibilité maximale de l'oeil => hauts rendements jusqu'à 200 lm/W
- Pas de rendu de couleur
- 4-12 minutes de temps de chauffe (rougeâtre à cause du Neon et de l'Argon)

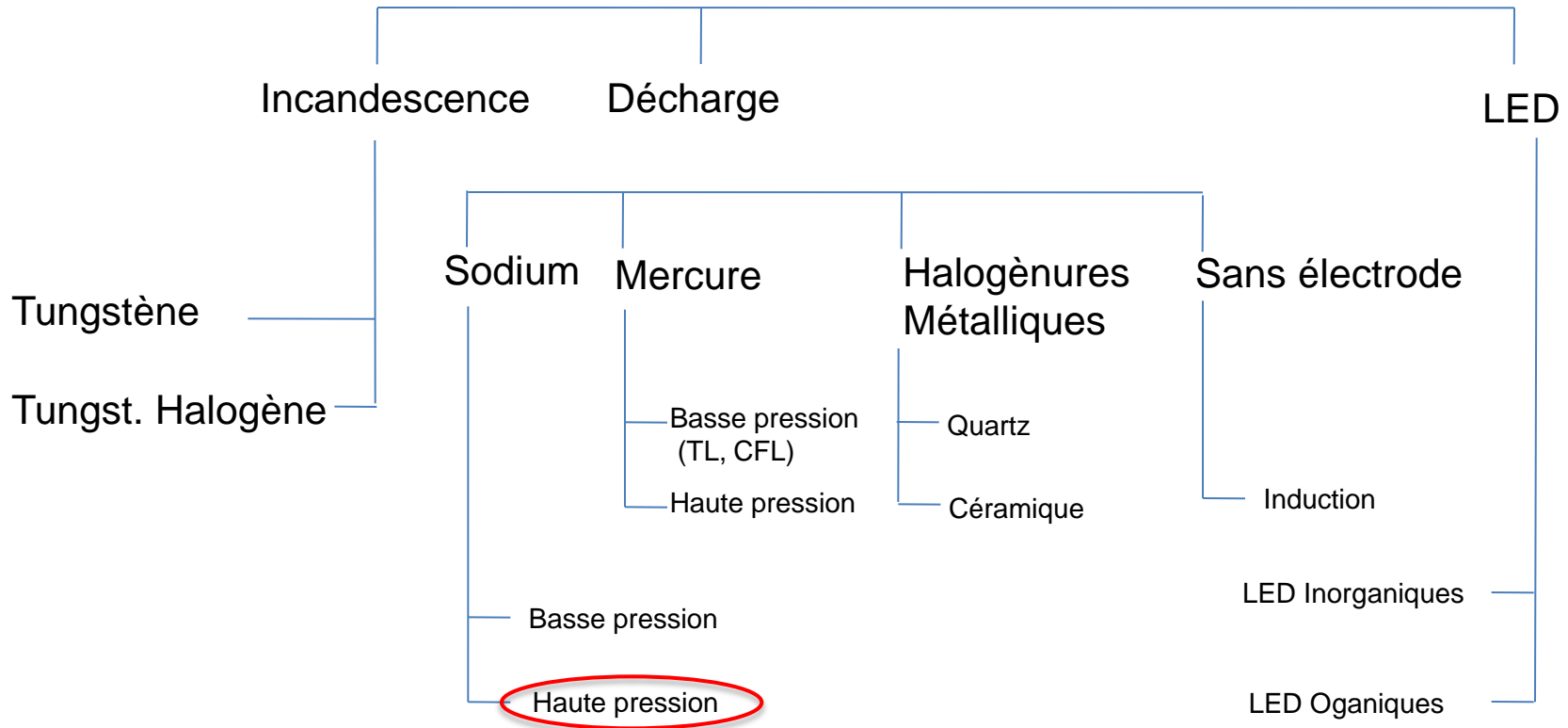


Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# L'éclairage artificiel





# Lampes à Sodium Haute Pression

- Pression environ 100 fois plus forte que la basse pression
- Lumière chaude orangée (2500K)
- $<150\text{lm/W}$
- Index de rendu de couleur 20, 65, 80
- Eclairage de rues et de tunnels
- Eclairage extérieur avec rendu de couleur limité

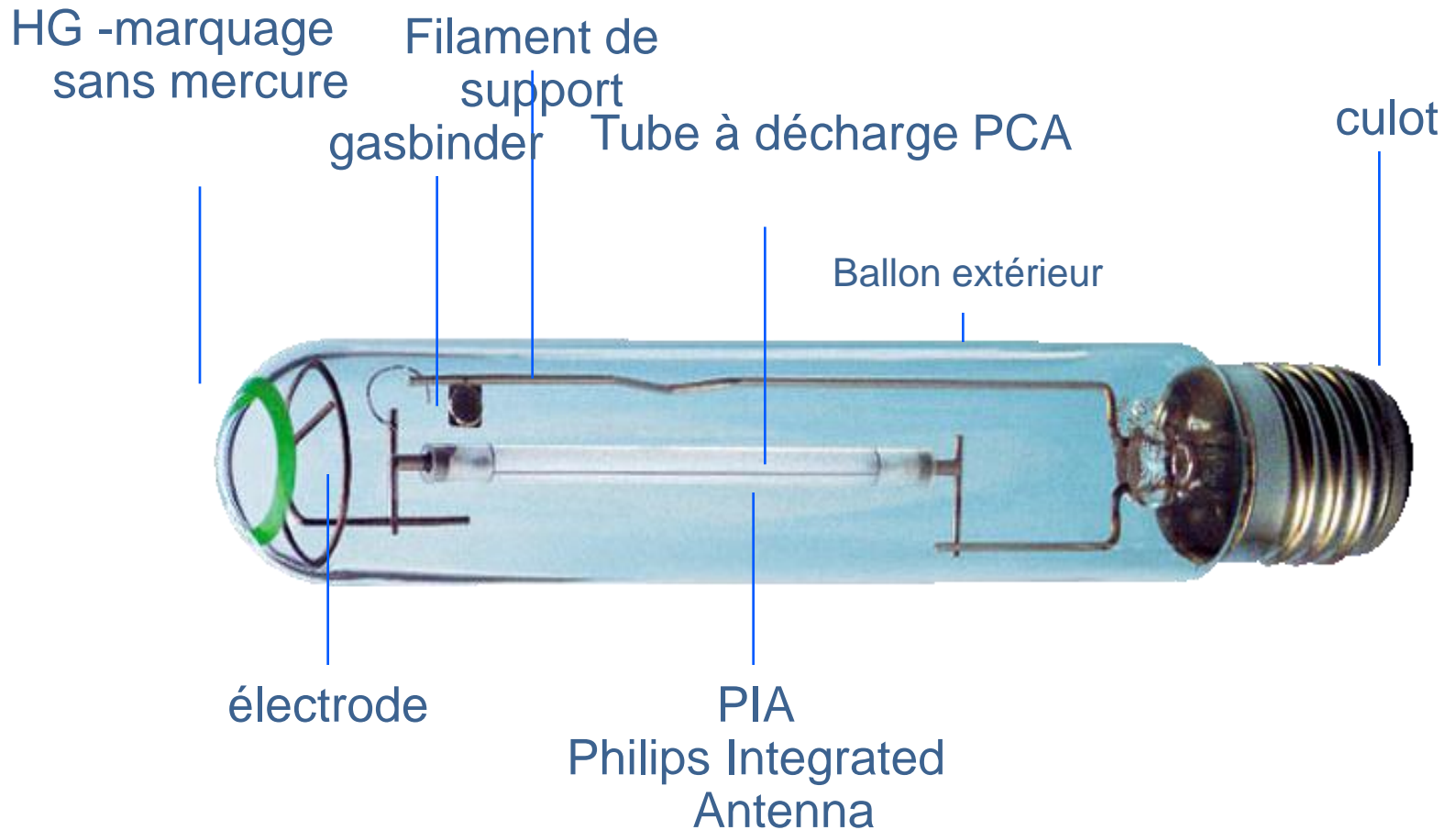


Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Lampes à Sodium Haute Pression

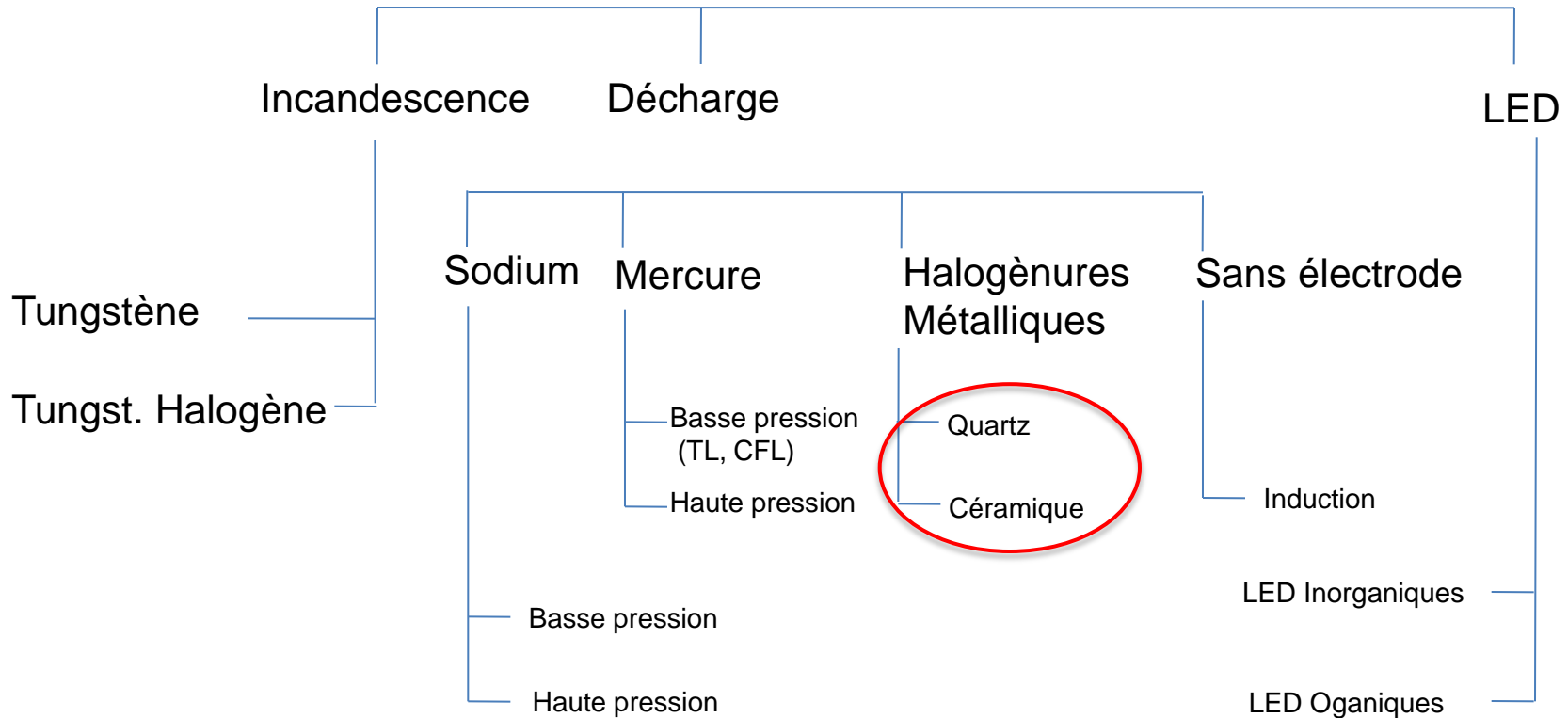


Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





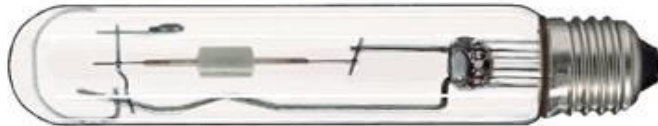
# L'éclairage artificiel





# Metal Halide – Quartz Céramique

- Développée au départ de la lampe à mercure haute pression
  - Mercure + autres métaux sous forme de sel halogène
    - Natriumiodide, indium, thalium,...
  - Plus de métaux => plus de lignes spectrales. Différents métaux sont utilisés pour remplir les “trous” dans le spectre de mercure émis.
- ▶ => Meilleur rendu de couleur



Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Metal Halide – Quartz Céramique

- Version quartz-céramique : température plus élevée et meilleure géométrie possible
- + Meilleures caractéristiques de couleur
- + Meilleure stabilité de la couleur
- + Possibilité de créer une large gamme de température de couleur
- + Excellent rendu de couleur
- - Difficile à fabriquer
- - Prix



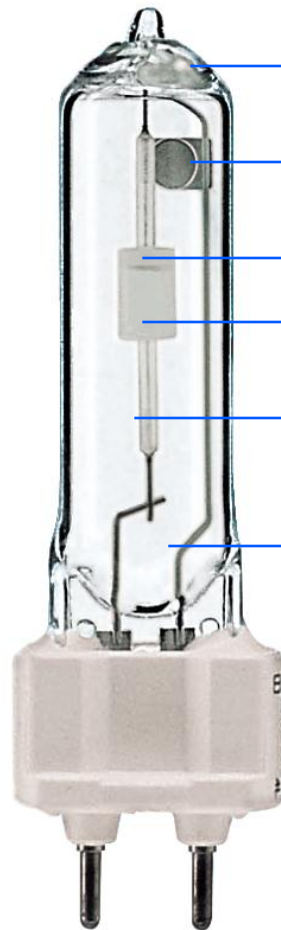
Source : Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage





# Metal Halide – Quartz Céramique

- Construction de la lampe



- Ballon en verre quartz
- gasbinder
- PCA\* tube à décharge
- électrode
- Verre de fermeture
- Filament de support
- culot

Source : Philips Lighting,  
Principes de base de la  
lumière et de l'éclairage

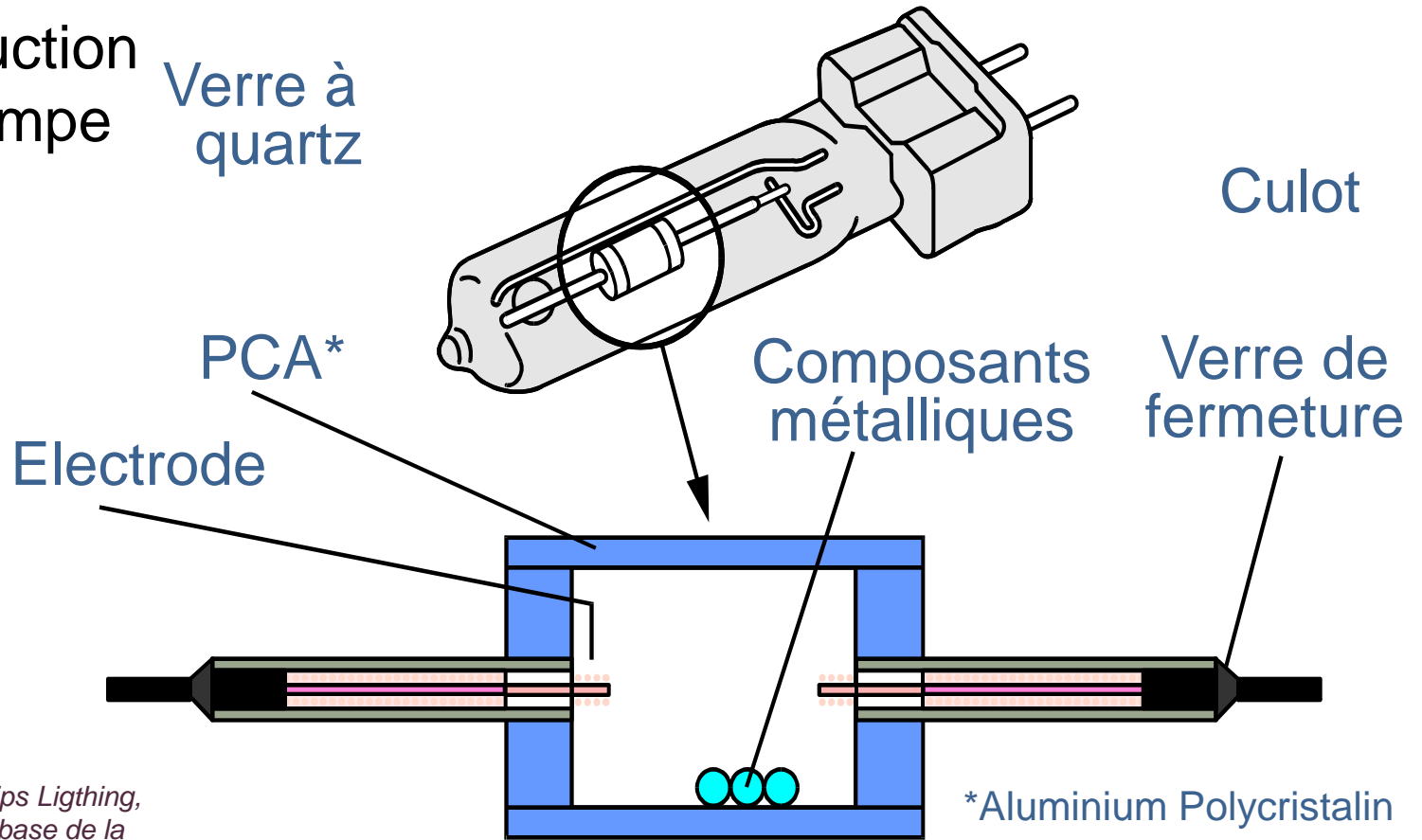
\*Aluminium Polycristalin





# Metal Halide – Quartz Céramique

- Construction de la lampe



Source : Philips Lighting,  
Principes de base de la  
lumière et de l'éclairage





# Metal Halide – Quartz Céramique

- Applications extérieures
  - stades, terrains de sport
  - éclairage urbain
  - lampes auto
- Applications intérieures
  - Eclairage de magasin
    - rayonnages, général, accentué



Source : Philips Lighting,  
Principes de base de la  
lumière et de l'éclairage





# Metal Halide – Quartz Céramique



Avant...  
Lampes à vapeur de sodium  
haute pression légèrement  
jaune



Après ..  
Brûleur céramique LUMIERE  
BLANCHE

*Source: Philips Lighting Academy*



Bruxelles Environnement  
Leefmilieu Brussel

Centre Urbain  
Stadswinkel

FORMATION CONSTRUCTION ET RÉNOVATION DE BÂTIMENTS DURABLES  
OPLEIDINGBOUW EN RENOVATIE VAN DUURZAME GEBOUWEN p. 111



# Metal Halide – Quartz Céramique

- Avantage

- Petite taille
- Faible puissance (20W, 35W)
- Rendu de couleur élevé (Ra 85)
- 3000K ou 4200K
- Durée de vie >9000 heures
- Idéal pour longues heures de fonctionnement
- Mêmes luminaires que les halogènes
- Moins de chaleur
- Filtre UV

- Désavantages

- Démarrage lent
- Redémarrage lent
- Pas de dimming
- (luminaire fermé)



*Accent + général*

*Accent*

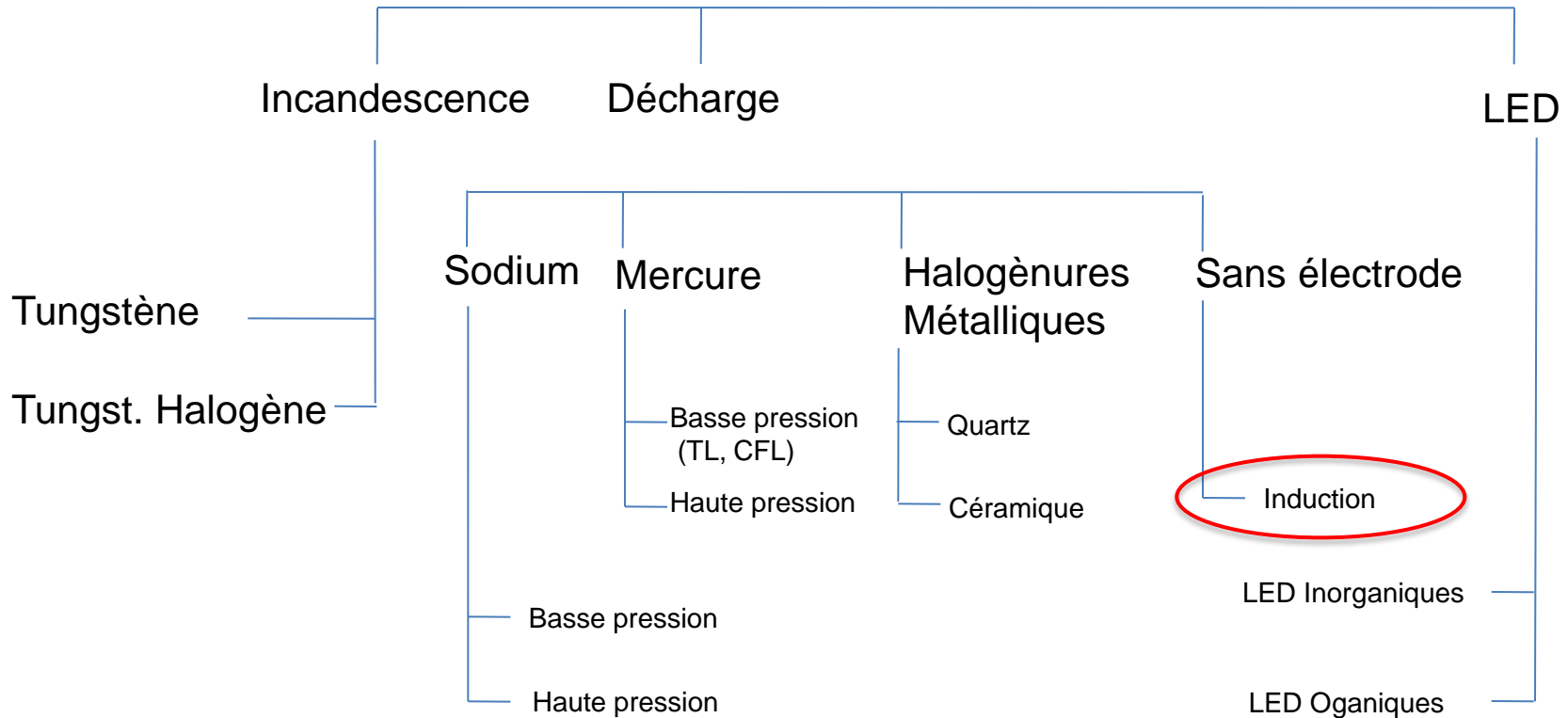


Source : Philips Lighting,  
Principes de base de la  
lumière et de l'éclairage





# L'éclairage artificiel





# Lampes à induction



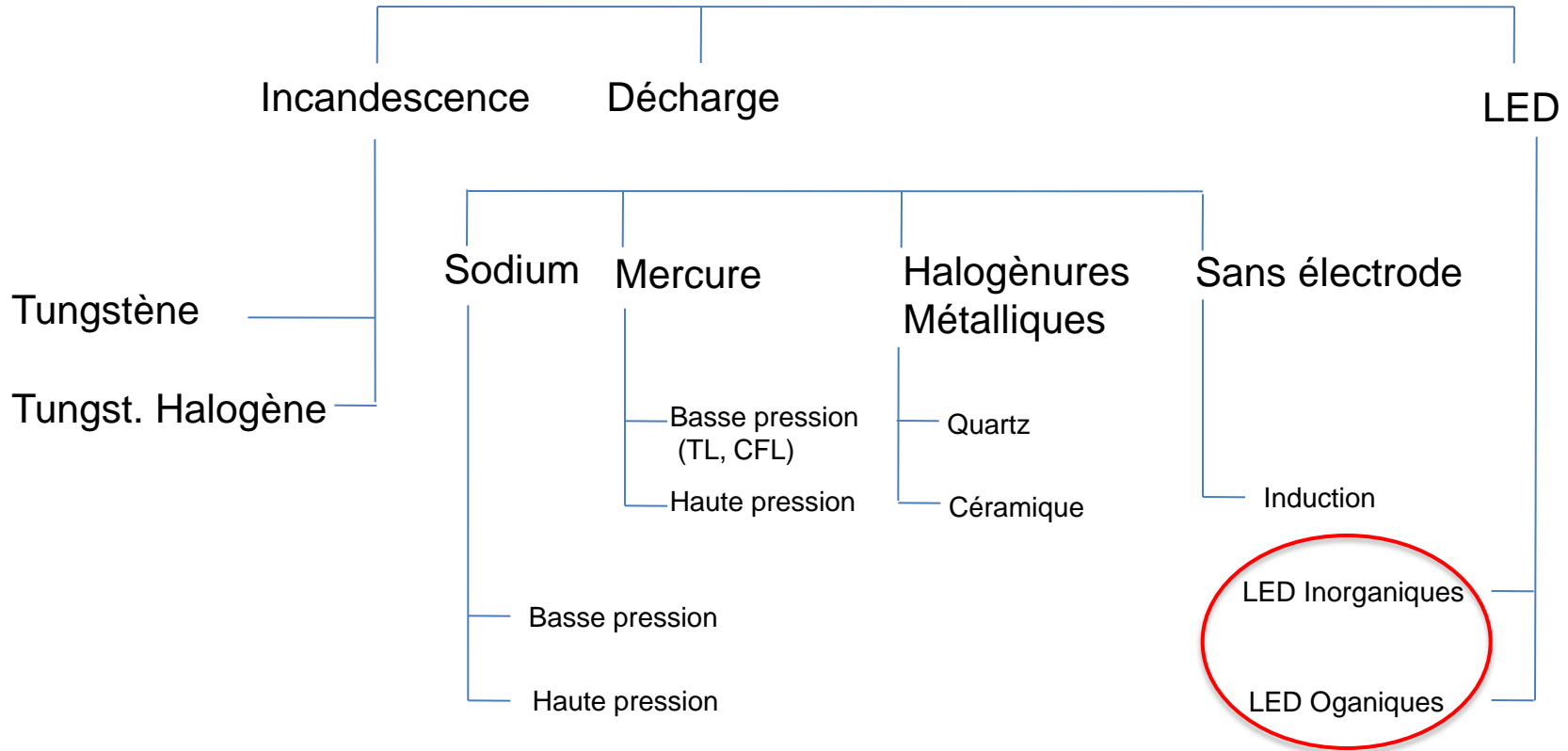
- Lampe à décharge sans électrode
- Meilleure lampe avant les LED mais peu de succès commercial (vraisemblablement dû à l'encombrement du générateur)
- Ce produit est ou sera abandonné sous peu par les grand constructeur au profit des LED.

	haute fréquence	basse fréquence
fréquences	2,65 MHz	230 kHz ou 140 kHz
efficacité (pour un IRC de 80)	60 Lm/W	80 Lm/W
puissance	15 - 185 W	15 - 400 W
configuration	boule, cylindrique, ampoule Edison	boule, cylindrique, rectangle, annulaire et ampoule Edison





# L'éclairage artificiel





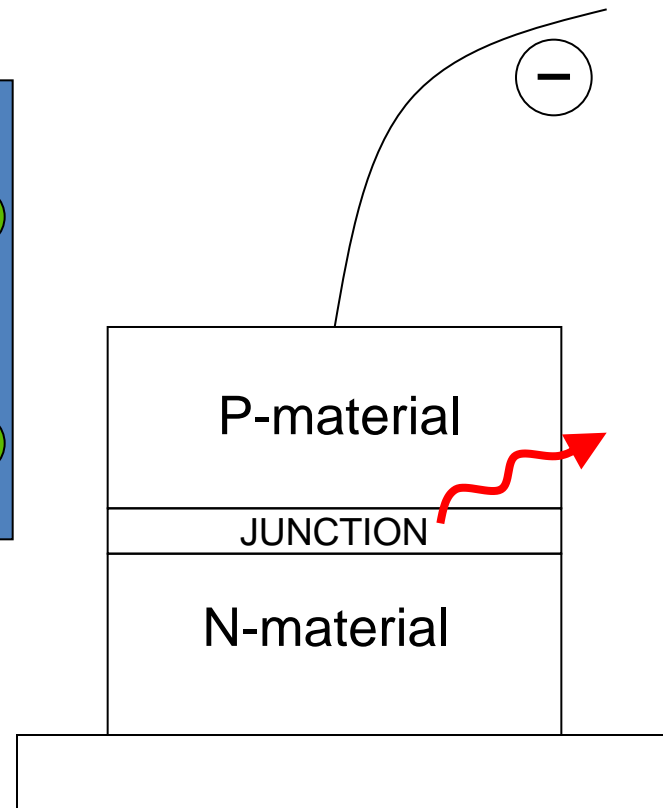
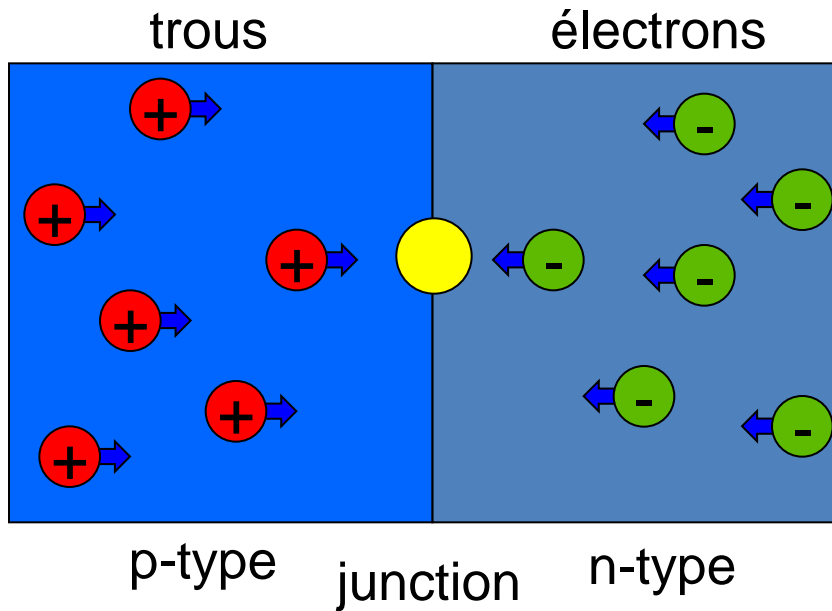
# Eclairage LED: Principe

- Faire passer des électrons au travers d'une jonction de semi conducteur de type P-N grâce à une différence de potentiel entre anode et cathode.
- La partie P de la jonction est dopée en électrons libres
- La partie N de la jonction est dopée en « trous »
- Quand un électron se recombine avec un trou, il libère de l'énergie sous forme d'un photon. → Lumière
- La lumière émise est principalement monochromatique
- Ses caractéristiques: couleur, rendement dépendent uniquement du semi-conducteur





# Eclairage LED : Principe



Source :  
*Philips Lighting, Principes de base de la lumière et de l'éclairage*





# Eclairage LED

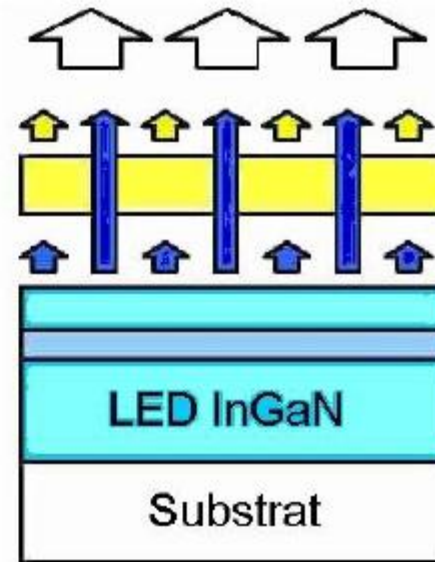
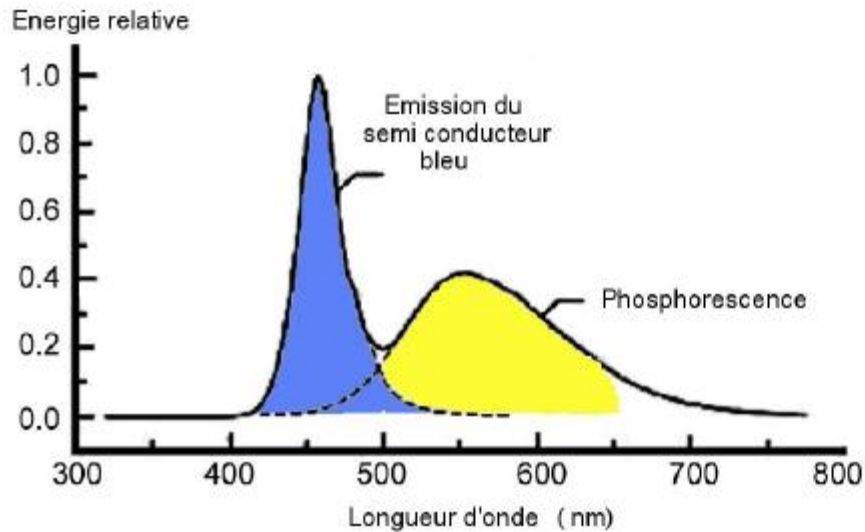
- Fonctionne comme une diode (un sens passant)
- Fonctionne en basse tension
- La tension dans le sens passant, « Forward Voltage », dépend du semi-conducteur utilisé.
- 2 types
  - ▶ Les LED Inorganiques, 2 grandes familles
    - › AlGaInP : 2.95V (valeur typique) : Rouge, Orange, Ambre
    - › InGaN: 3.42V (valeur typique) : Vert, Bleu, Blanc
  - ▶ Les LED Organiques (OLED)
    - › Polymères conducteurs
      - Caractéristiques des plastiques et des métaux combinées
    - › Moins puissants mais grandes surfaces possibles
    - › Souffre encore d'instabilité : dégénérescence du polymère





# Eclairage LED

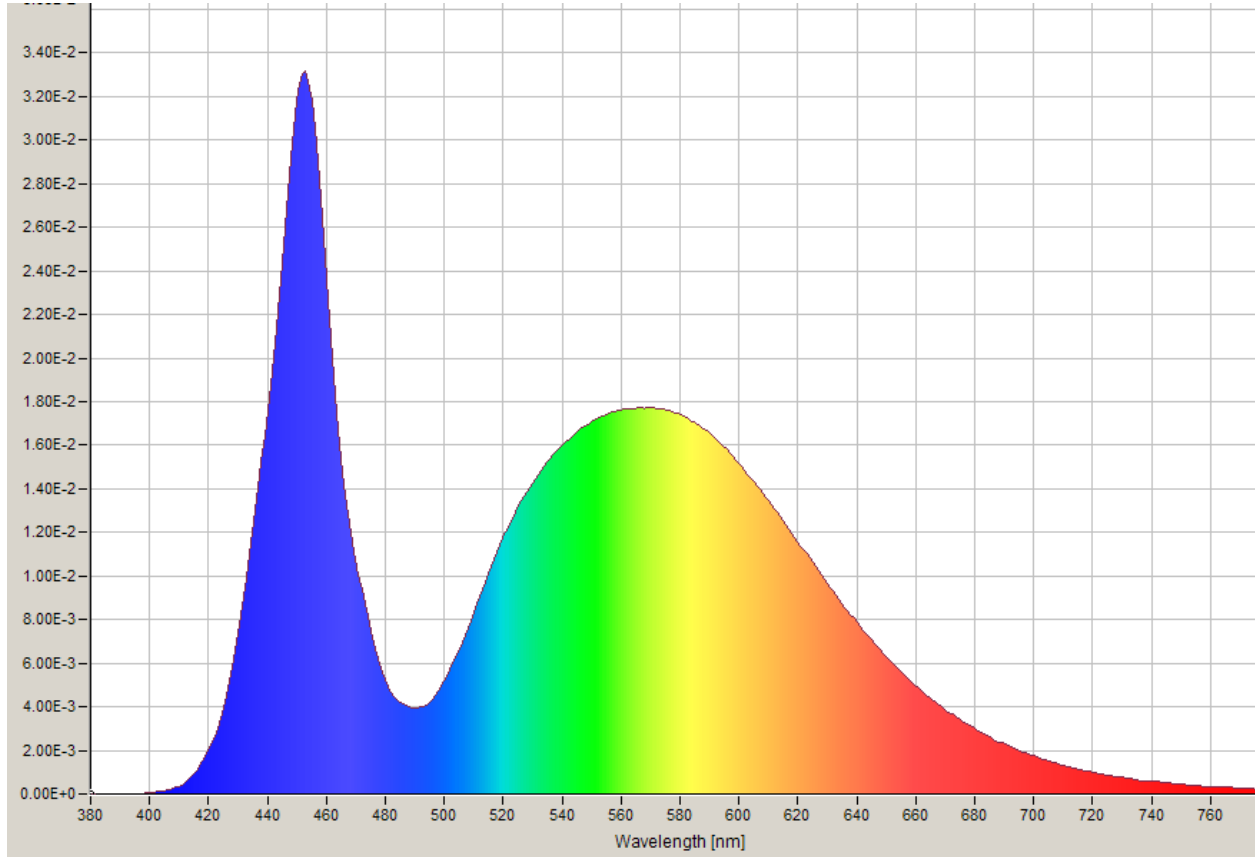
- LED blanche = LED Bleue + Phosphore
- Procédé inventé par Nichia en 1993
- D'autres procédés existent





# Spectre Lumineux, led blanche

- Projecteurs Spotled 50W 4500K 120°@ 1m



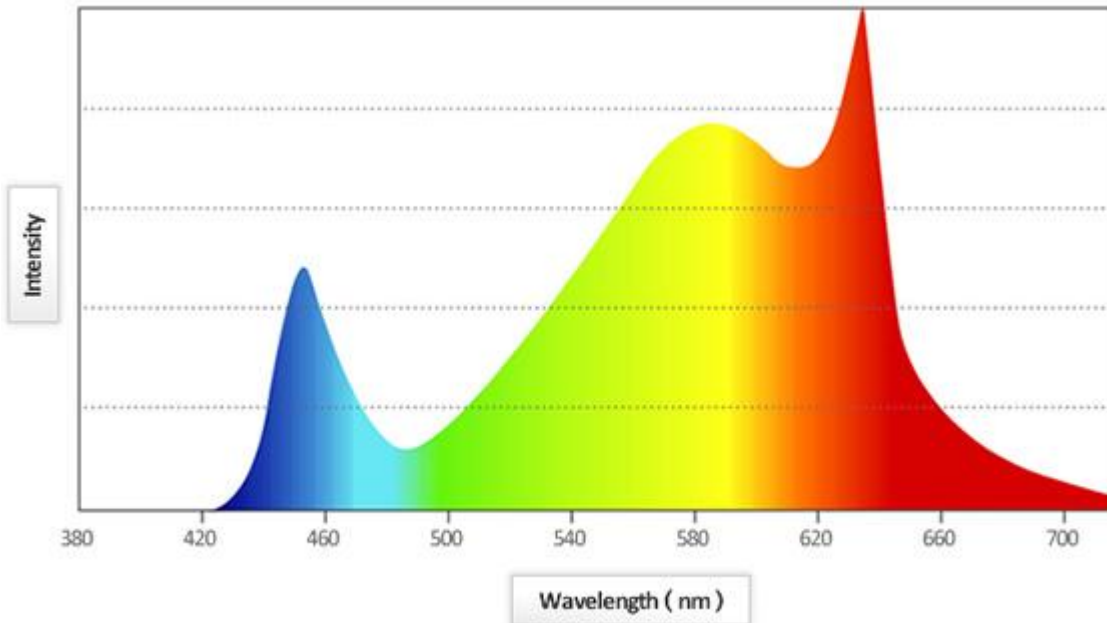
Source : Formation en Eclairage Colasse SA -Spotled





# Rouge + Bleu + Phosphore = Blanc

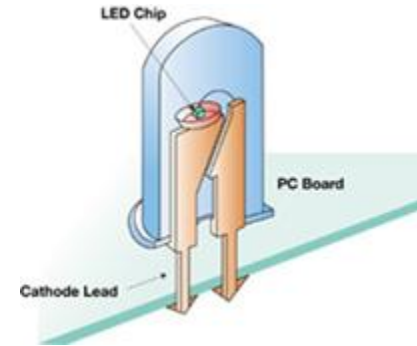
- LED blanche = LED Bleue + LED Rouge + Phosphore
- Procédé inventé par Epistar en 2011
- Résultat : CRI très élevé 95 à 98.





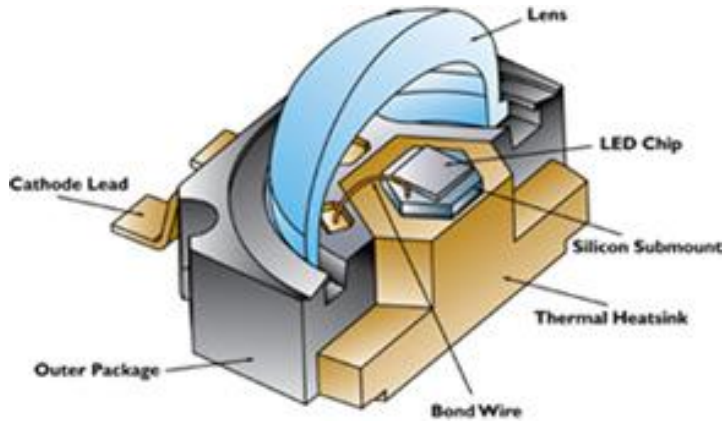
# LED 5mm

- **Construction typique d'une LED de 5mm**
- Le semi-conducteur est déposé sur un réflecteur, connecté par un fil en or puis noyé dans une résine qui forme la bulle.
- Inconvénients :
  - ▶ Flux lumineux limité (15, 25 Lumen)
  - ▶ Refroidissement de la jonction insuffisant, résine isolante
  - ▶ Durée de vie relativement limitée
  - ▶ Composant traversant, soudure par machine à vague (procédé complexe) ou manuel
  - ▶ Toujours utilisé pour application d'affichage électronique, gadget low cost, signalisation,...





# Power LED



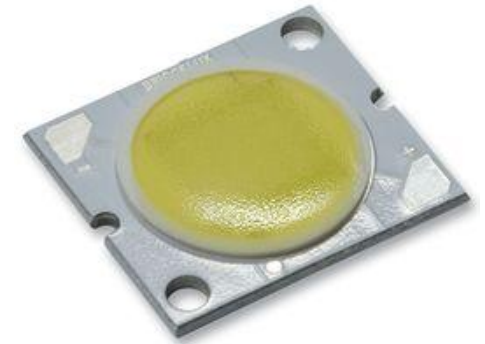
- Construction typique d'une **Power LED** (Luxeon K2 en illustration)
  - ▶ Montage en surface (SMD, procédé plus simple)
  - ▶ Puits thermique sous la jonction qui « aspire » la chaleur vers la platine de montage
  - ▶ Possibilité de montage sur platine SMI (métal core) pour un refroidissement optimal
  - ▶ Optique primaire avec angle de 110 à 120°
  - ▶ Flux lumineux important (+- 140 Lumen pour une K2)





# LED matricielles

- LED matricielles type chip on board  
(Bridgelux 2200lm en illustration)
  - ▶ Plusieurs jonctions en série
  - ▶ Montage en surface
  - ▶ Puits thermique sous la jonction qui « aspire » la chaleur vers la platine de montage
  - ▶ Possibilité de montage sur platine SMI (métal core) pour un refroidissement optimal
  - ▶ Optique primaire avec angle de 110 à 120°
  - ▶ Flux lumineux important (+ de 2000 Lumen)
  - ▶ Attention à la gestion du refroidissement
  - ▶ Risques de fiabilité si beaucoup de jonctions en série
  - ▶ Difficulté de trouver des optiques secondaires





# Avantages des LED

- ▶ Faible encombrement
- ▶ Choix des teintes (couleurs ou blancs)
- ▶ Durée de vie (gain en maintenance)
  - › Note: la durée de vie d'une power LED blanche de qualité est de 40000 à 50000 heures.
  - › A ce moment l'intensité de la LED devrait avoir baissé d'environ 30% (sur base du respect des prescriptions du constructeur)
- ▶ Rendement élevé
- ▶ S'allume instantanément
- ▶ Variation de l'intensité sans variation de teinte
  - › Note : possibilité de léger glissement de la longueur d'onde dominante de quelques nm lors de l'échauffement de la jonction surtout pour les LED monochromatique





# Freins au développement

- ▶ Investissement
- ▶ Reproductibilité des teintes « Bins »
- ▶ Gestion thermique
- ▶ Capacité de production -> Délais



# Conclusion

- Choisir son éclairage devient de plus en plus complexe tant les sources sont diverses et variées.
- Il faut se renseigner, comparer, comprendre les notions de base, faire appel à un professionnel du secteur
- Aux problèmes d'éclairage s'ajoutent des problèmes de compatibilité de matériel -> Sources / Transfos / Dimmers
- L'évolution des technologies LEDS est extraordinaire: augmentation des flux, des rendus de couleur, de la fiabilité, et... baisse des prix
- C'est sans conteste le système d'éclairage d'aujourd'hui et de demain même si certaines technologies comme les lampes à décharge restent encore les maître achats pour certaines applications.



# Bibliographie

- COLASSE SA - Spotled, formation éclairage led, catalogue produit
- Philips Lighting: site internet, catalogue produit, support de formation
- OSRAM, site internet, catalogue produit
- Site web fac architect. UCL: <http://www-energie.arch.ucl.ac.be>
- Laborelec
- Wikipedia
- Sites web de la commission européenne
  - ▶ [www.e-lumen.eu](http://www.e-lumen.eu)
  - ▶ <http://www.eu-energystar.org>
  - ▶ <http://europa.eu>
- Illustration de l'atomium:
  - ▶ <http://www.akademifantasia.org/europe/futuristic-atomium-at-brussels-belgium/>



# Remerciements

- Arnold Gillet, Ruben Dieudonné, Philips Lighting
- Charles Gluza, Spotled
- An Bijnaerts, Daikin
- Patrick Coelmont, Coelmont Climatisation

