



Utilisation Rationnelle de l'Énergie en éclairage intérieur

Le 20 juin 2013 à Namur

Ingrid Van Steenbergen - ODID

Bureau conseil indépendant – Economie d'énergie en éclairage

Onafhankelijk adviesbureau voor energiezuinige verlichting



Plan de l'exposé

- Introduction - la vision – la lumière
- Les 3 fondements de l'économie d'énergie en éclairage
- Cas pratiques – Questions/Réponses



www.odid.be
ingrid@odid.be



GreenLight Endorser
Auditrice Agréée Région wallonne
Lid Groen Licht Vlaanderen
Membre IBE/BIV

**ONAFHANKELIJK ADVIESBUREAU VOOR
ENERGIEZUINIGE VERLICHTING.**

**BUREAU CONSEIL INDÉPENDANT.
ECONOMIE D'ÉNERGIE EN ÉCLAIRAGE.**

**AUDITS IN
VERLICHTING**



**AUDITS EN
ÉCLAIRAGE**

**ANALYSE
VAN OFFERTES**



**ANALYSE DES
OFFRES**

**OPLEIDINGEN
IN VERLICHTING**



**FORMATIONS
EN ÉCLAIRAGE**

**ADVIESVERLENING
IN VERLICHTING**



**CONSULTANCE
EN ÉCLAIRAGE**

La vision

80% des informations qui nous parviennent
sont liées à la vision!



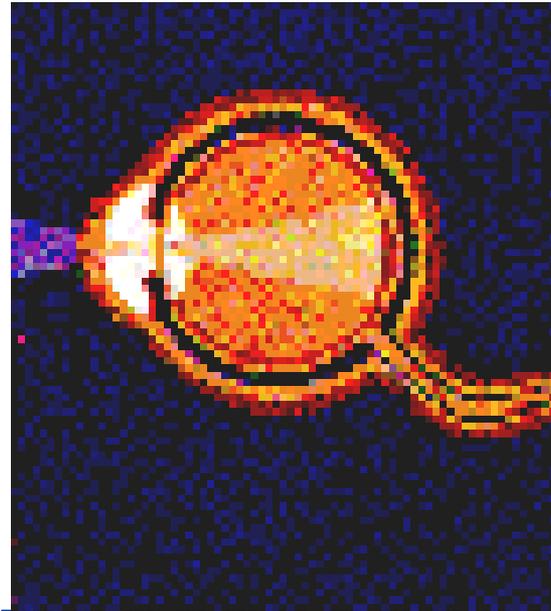
Voir... = un phénomène
complexe!



La perception visuelle...

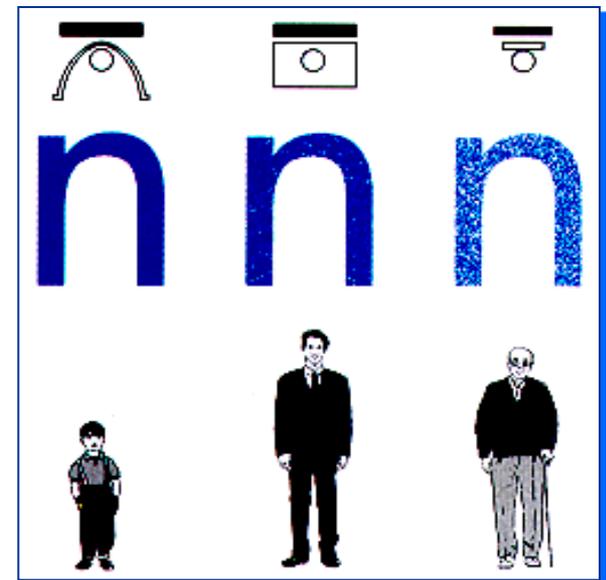
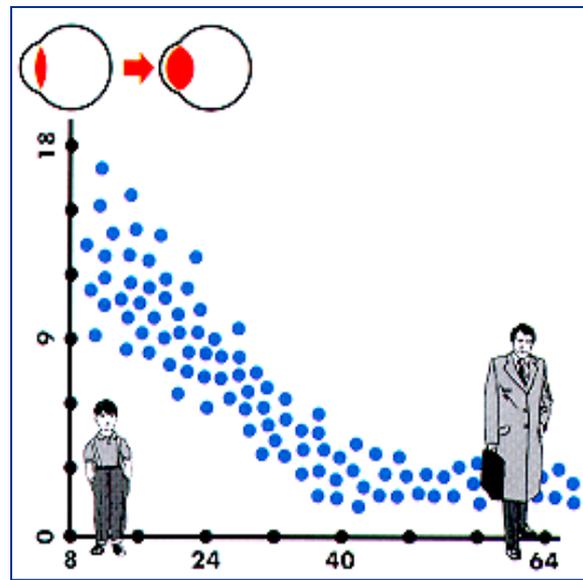
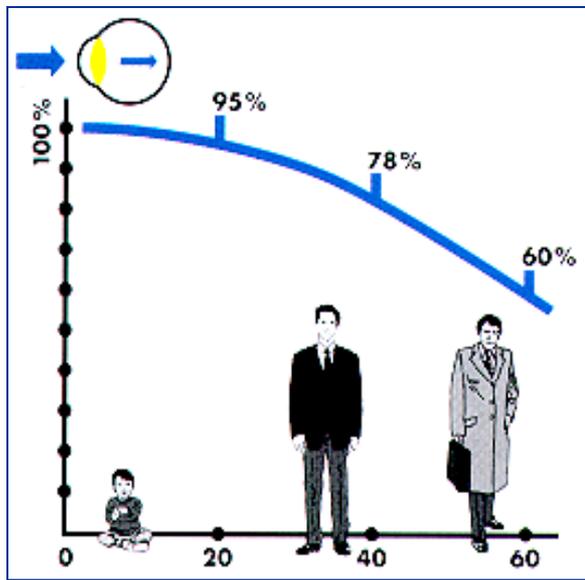
L'œil intègre le rayonnement. Un rayonnement lui apparaîtra sous une sensation globale : une luminosité et une teinte ou couleur.

Premier intervenant: l'œil...



Avec l'âge, l'œil évolue...

La perception visuelle aussi!

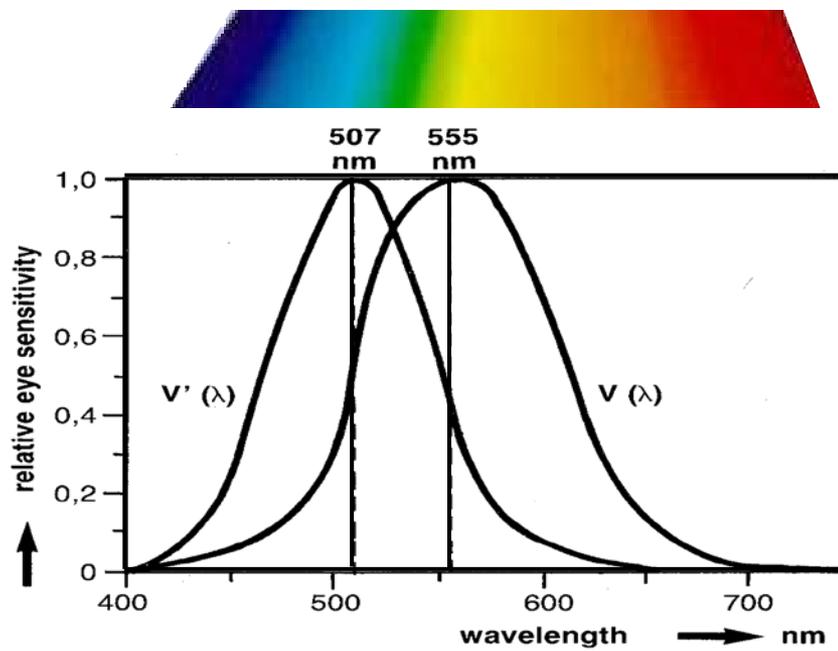


Cônes

- Vision de **jour** [$V(\lambda)$]
- **3 courbes** de sensibilités différentes: bleu, vert et rouge.
- Un dosage équilibré de ces trois couleurs donne l'impression de lumière blanche.

Bâtonnets

- Vision **nocturne** [$V'(\lambda)$]
- **Insensibles à la couleur**

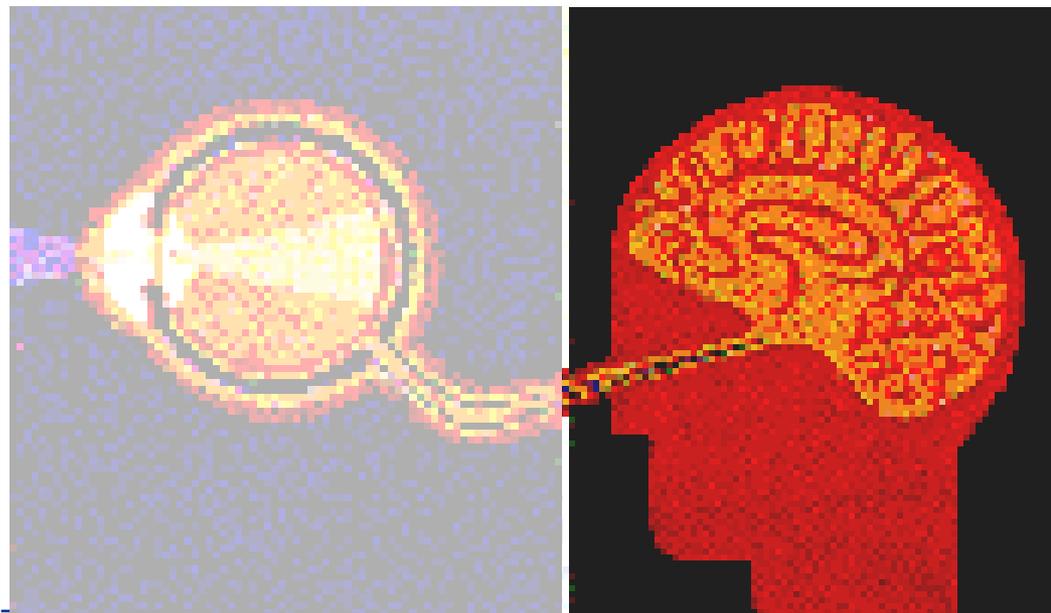


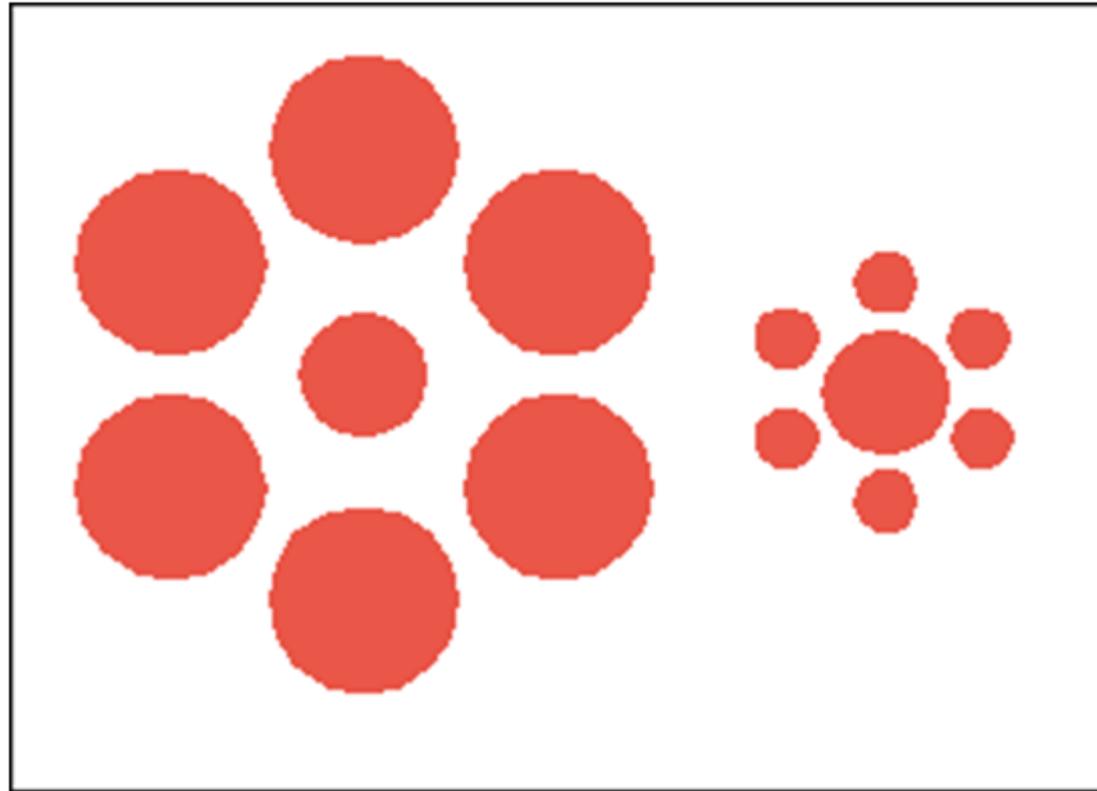
La sensibilité des photorécepteurs diffère pour chaque longueur d'onde.

Les courbes spectrales $V(\lambda)$ et $V'(\lambda)$ reflètent cette propriété.

La perception visuelle...

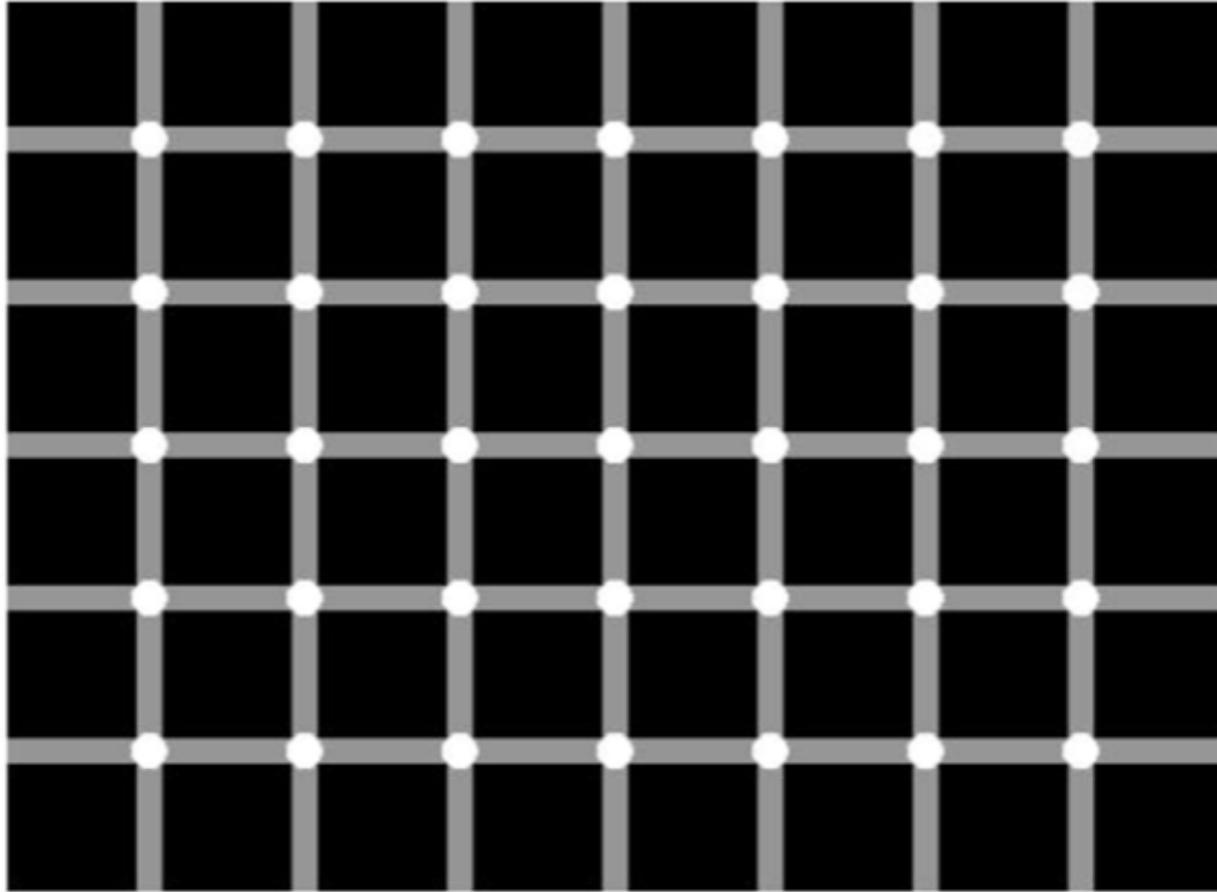
Deuxième intervenant: le cerveau...





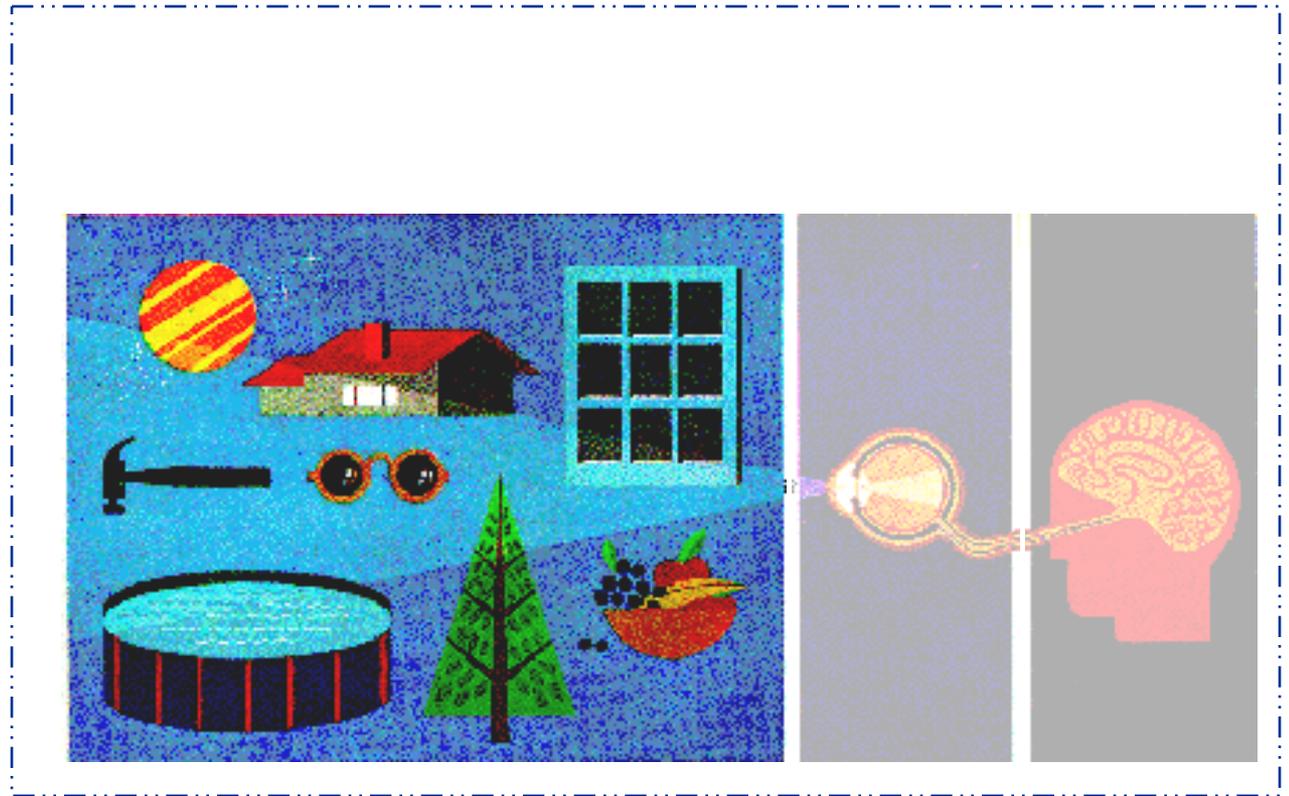
Quel cercle du milieu est le plus grand?

Ils ont la même taille... si-si!!!



Comptez les points noirs!!

La perception visuelle d'un objet...



Un objet sera mieux perçu...

- s'il est de grande taille
- s'il est immobile ou se déplace à vitesse réduite
- s'il contraste avec son environnement

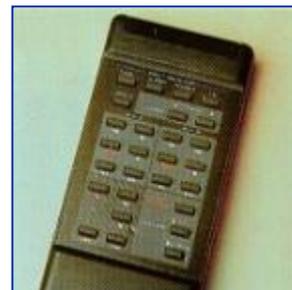
Un texte
devient de
moins en moins
lisible lorsque la taille

des caractères diminue.



Et enfin...

- s'il est suffisamment « éclairé » !



Sous 500 lux



Sous 50 lux



Sources
primaires



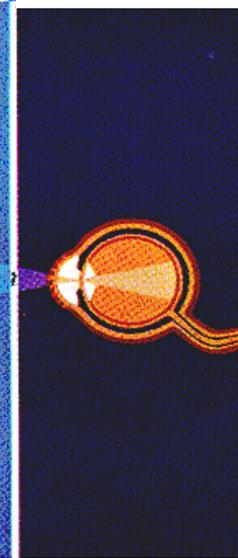
Soleil, lampes à
décharge, ...

Sources secondaires
(retransmission & modification)



Atmosphère, air, eau, lentilles, fenêtres,
objets, ...

Récepteur /
encodeur
(œil)



Cornée
Iris

Décodeur /
interprète
(cerveau)



Analyse
Identification

Physique
Valeurs objectives

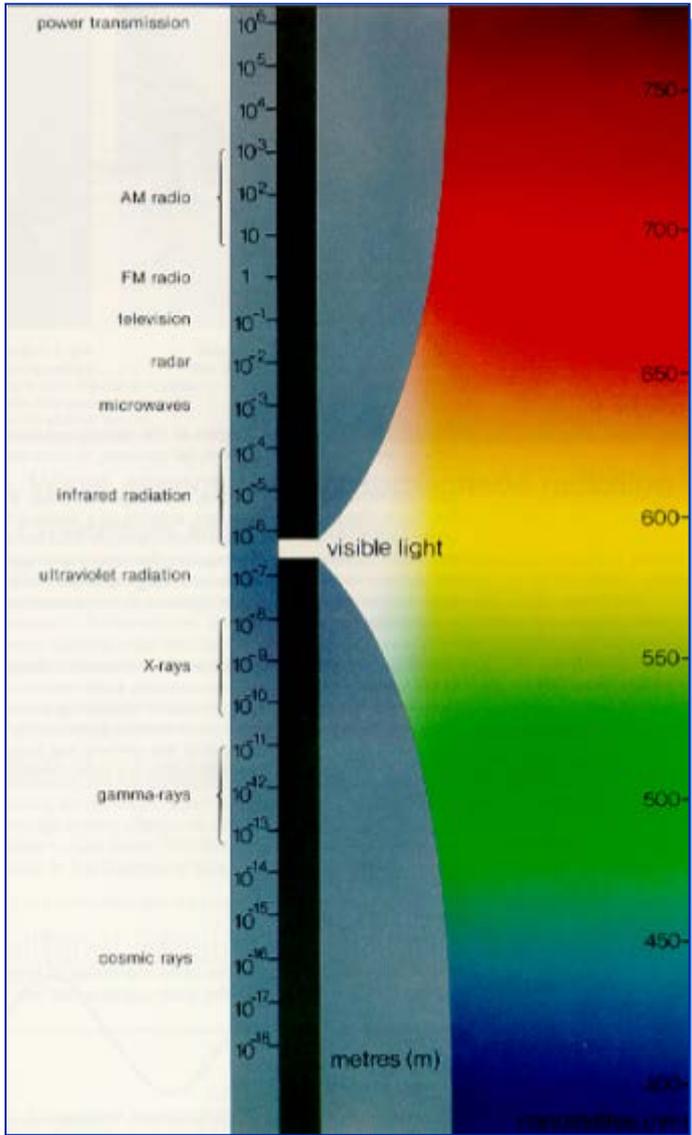
Vision
Valeurs subj.

La lumière & ses caractéristiques

La lumière est une très petite partie du spectre électromagnétique, qui a la particularité d'être perçue par l'œil.

UV.....VISIBLE.....IR
380nm à 760nm

Radiation énergétique
= Grandeur physique
= Mesurable



Sources & modes de production de la lumière

Soleil, corps noir

Thermorayonnement

Lampes à inc.

Luminescence

• dans les gaz et vapeurs

Lampes à déch. claires

Orages

• électroluminescence

LED's

• photoluminescence

Lampes décharge fluo

• radioluminescence

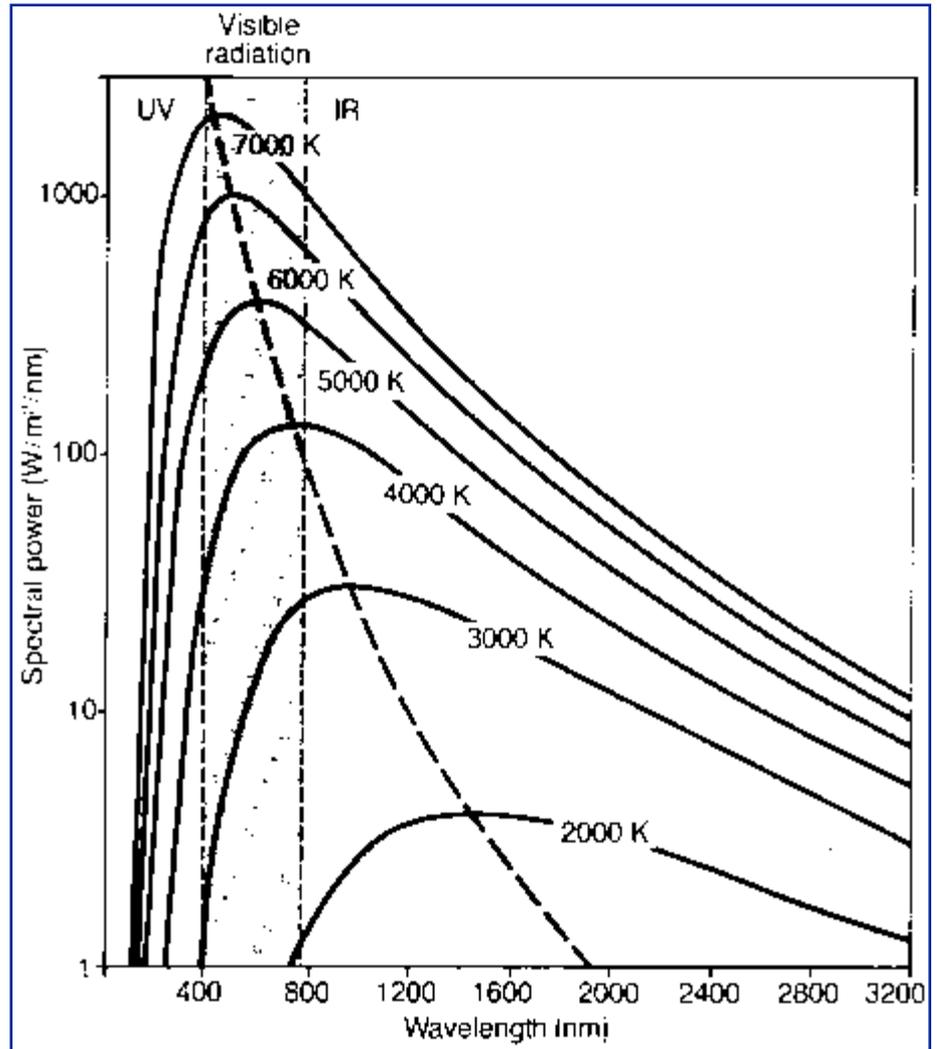
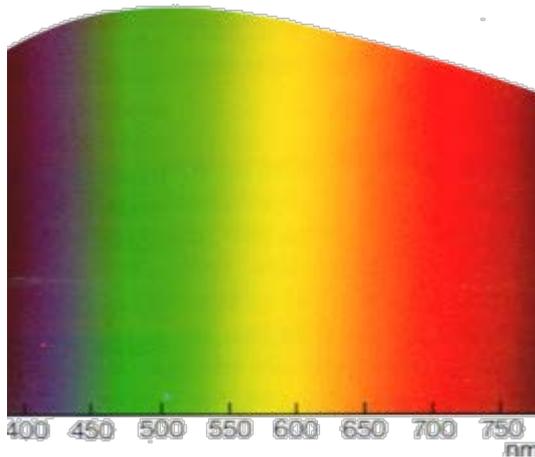
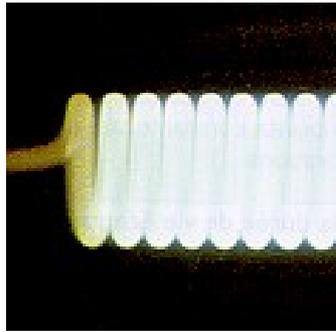
Vers luisants

• chimiluminescence

• ...

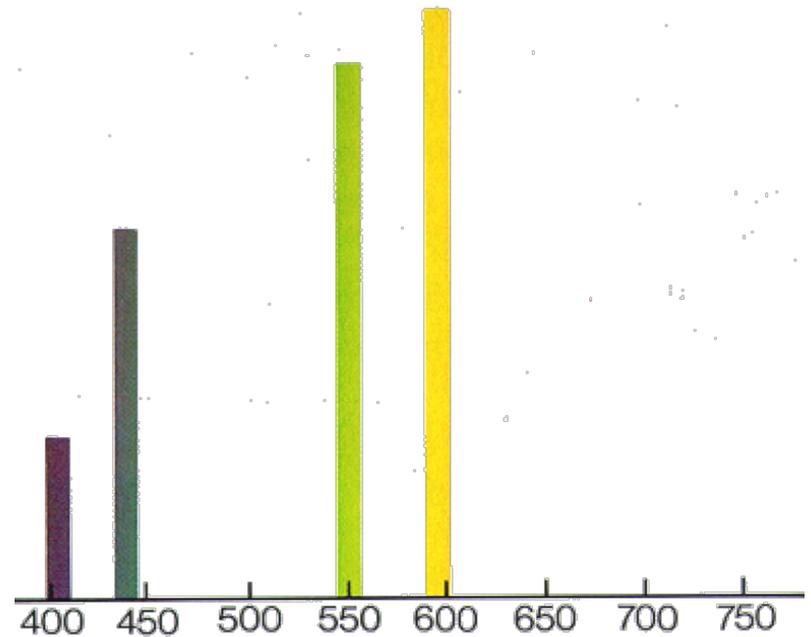
Thermorayonnement

Excitation de molécules ou d'atomes par voie thermique



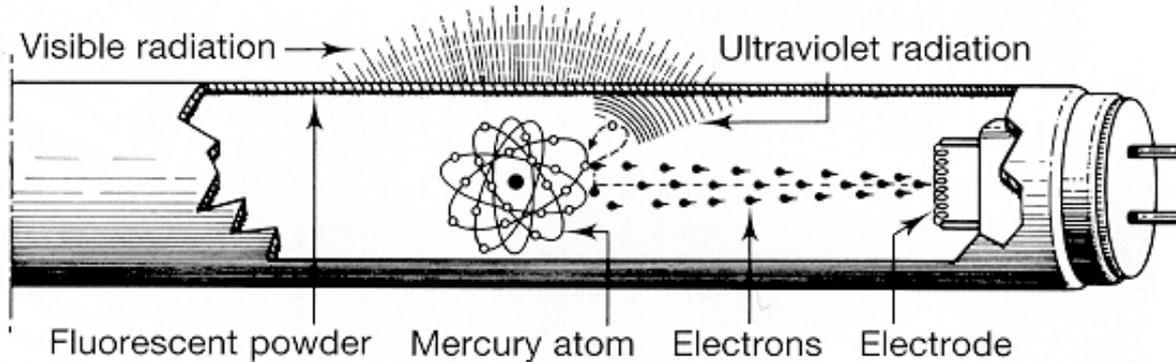
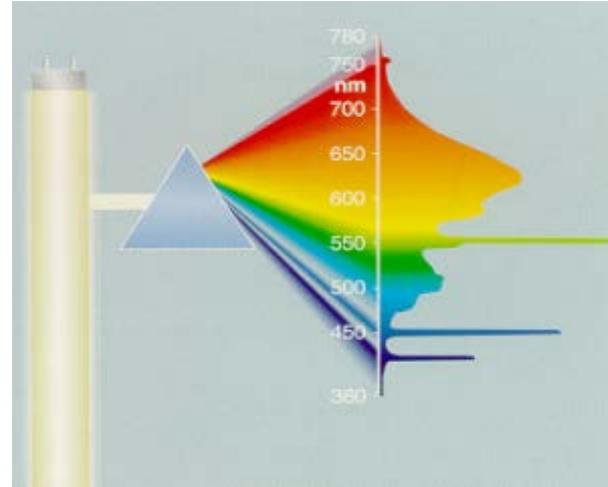
Luminescence: dans les gaz et vapeurs

Excitation de molécules ou d'atomes par décharge dans un gaz



Luminescence: photoluminescence (fluo)

Excitation dans l'UV rendue visible par les poudres fluorescentes

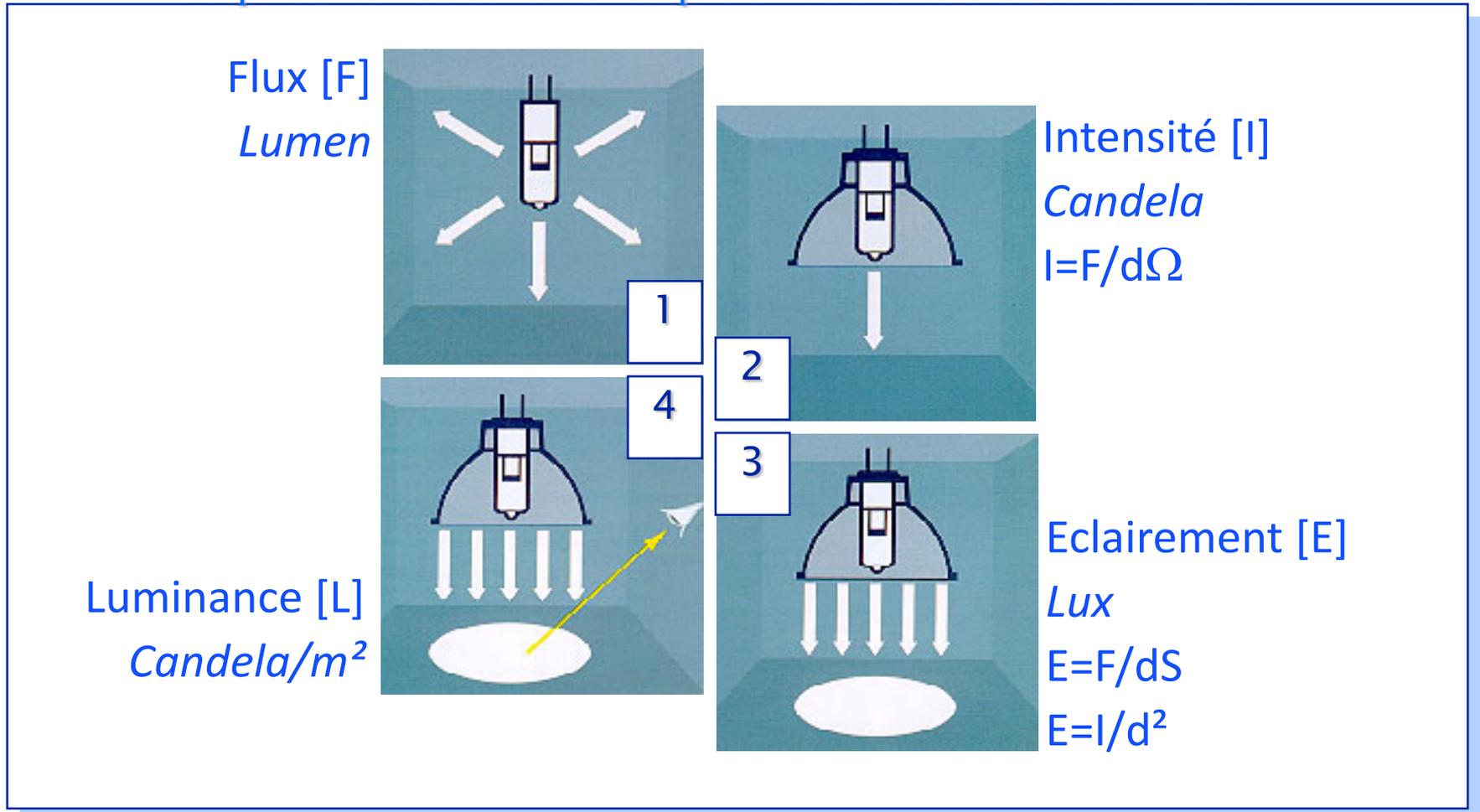


Quelques notions de photométrie

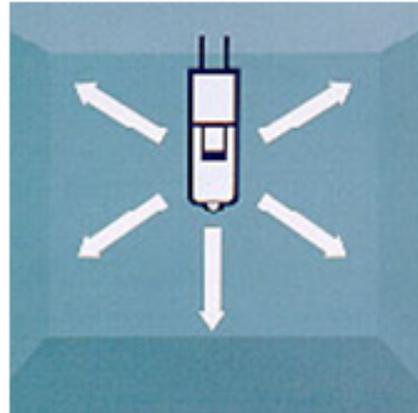


Quelques notions de photométrie

La photométrie est la science qui a trait à la mesure de la lumière.



Flux lumineux :

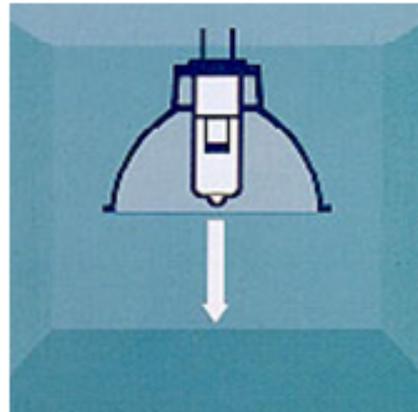


Le **flux lumineux** d'une source est la quantité totale d'énergie lumineuse rayonnée par unité de temps dans toutes les directions.

Notation : F

Unité : le **lumen** [lm]

Intensité :



L'**intensité lumineuse** d'une source ponctuelle dans une direction est le flux lumineux par unité d'angle solide dans cette direction :

$$(I_e)_{SA} \triangleq \left(\frac{dF}{d\Omega} \right)_{SA}$$

Notation : I

Unité : le **candela** [cd]

Eclairement :



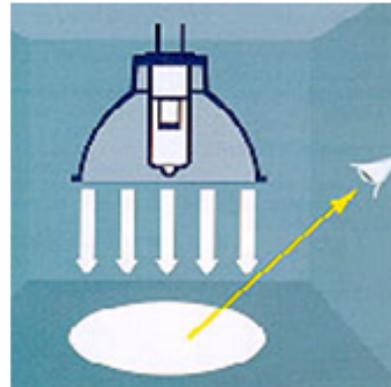
L' **éclairement lumineux** (en un point d'une surface) est le flux lumineux F_e reçu par unité de surface en ce point.

$$E \triangleq \left(\frac{dF}{dS} \right)_{\text{reçu en P}}$$

Notation : E

Unité : le **lux** [lx]

Luminance :



La **luminance « lumineuse »** en un point et dans une direction donnée est l'intensité lumineuse dans cette direction par unité de surface apparente.

$$(L)_{PA} \triangleq \left(\frac{dI}{d\sigma} \right)_{PA}$$

Notation : L

Unité : le **candela par m²** [cd/m²]

La luminance d'une source lumineuse ou d'une zone éclairée exprime dans quelle mesure l'impression de clarté est rendue au niveau du cerveau.

Quelques notions de photométrie

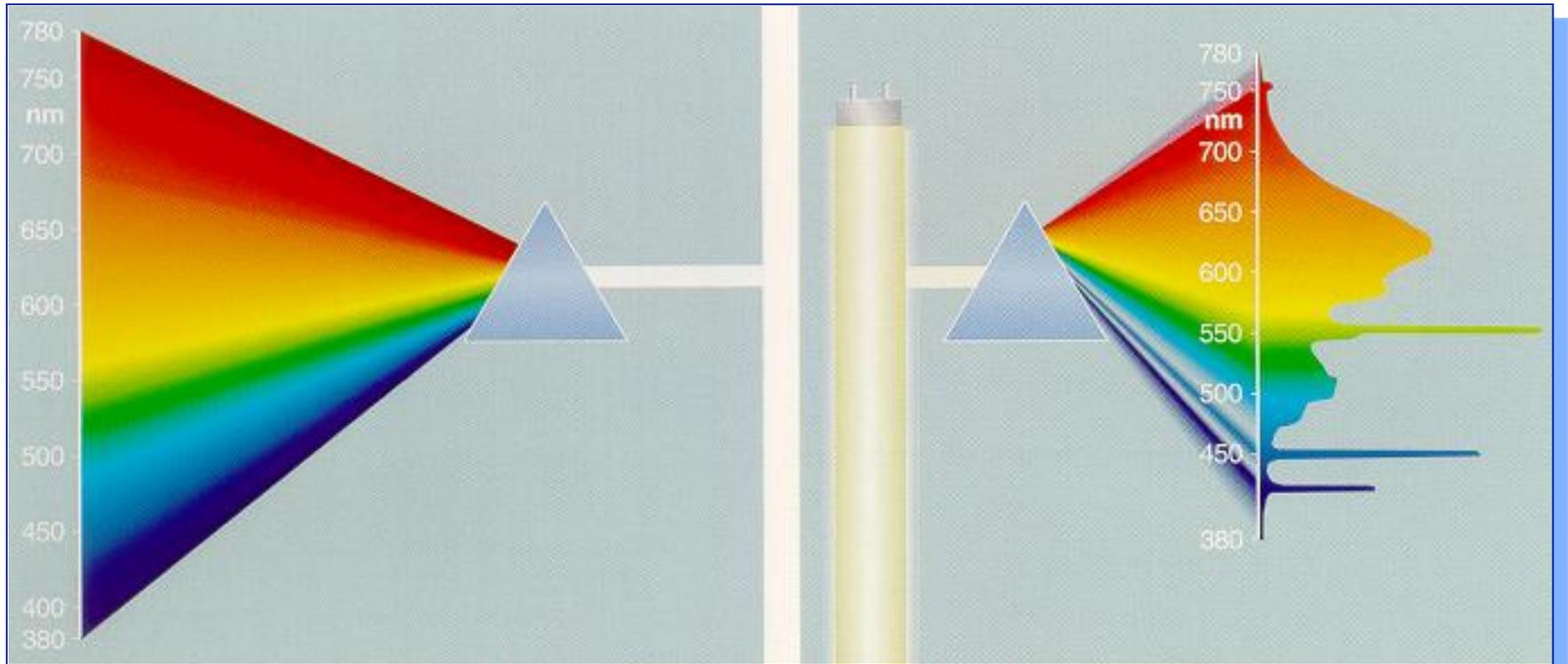
Un jour d'été sans nuage	100.000 lx
Un jour d'hiver sans nuage	10.000 lx
Une surface de travail bien éclairée	500 lx
Une autoroute bien éclairée	20 lx
Un chemin d'évacuation de salle obscure	1 lx
Une nuit par pleine lune	0,2 lx
Le soleil	$2 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$
Lampe à décharge haute pression	$10^6 \text{ à } 10^7 \text{ cd/m}^2$
Filament d'une lampe	10^6 cd/m^2
Tube fluorescent T8	5000 cd/m^2
Luminaire fluorescent opalin	1000 cd/m^2
Page bien éclairée	150 cd/m^2
Ecran d'ordinateur (fond blanc)	100 cd/m^2
Ecran d'ordinateur (fond sombre)	10 cd/m^2
Autoroute	2 cd/m^2

Quelques notions de colorimétrie



Quelques notions de colorimétrie

Toute l'information est dans le spectre!



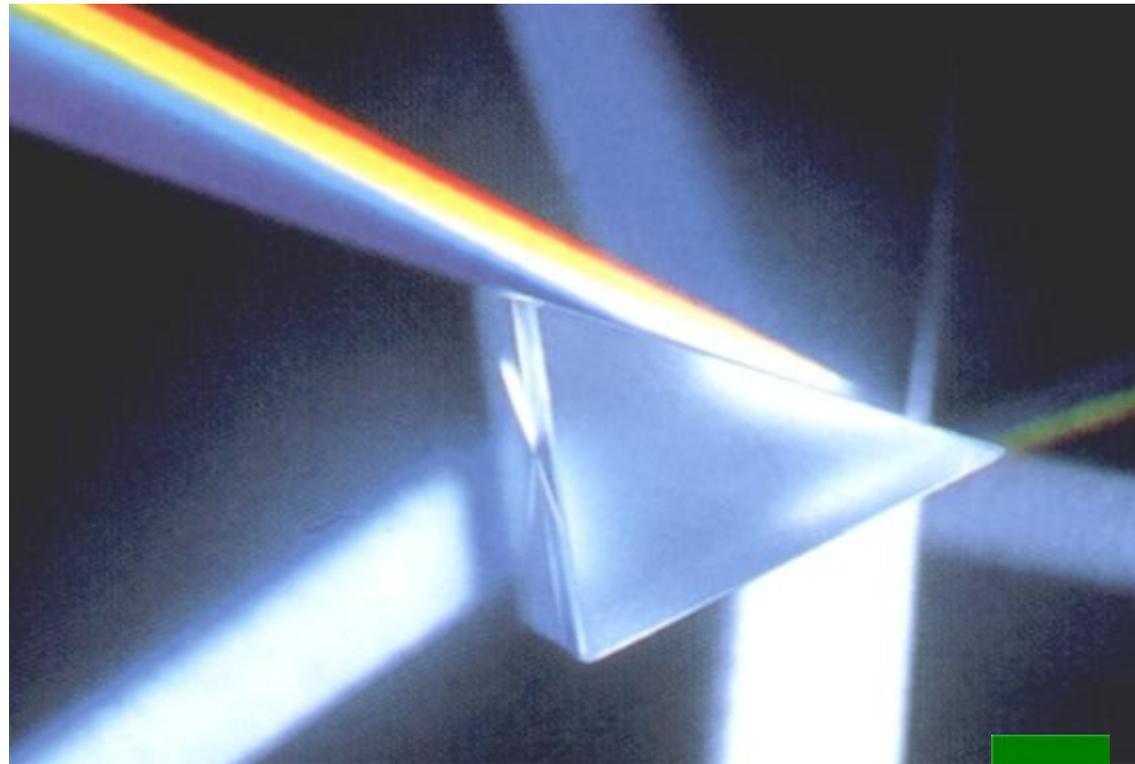
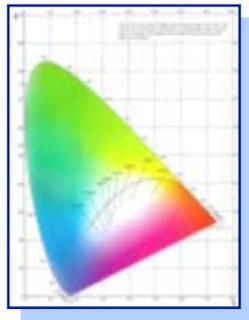
Quelques notions de colorimétrie

Le spectre contient toute l'information de couleur.

Cette info n'est cependant pas parlante.

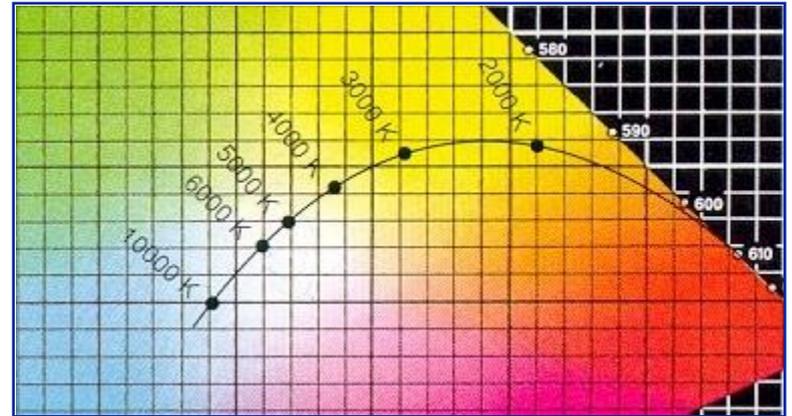
D'autres paramètres sont utilisés pour qualifier la source...

- Les coordonnées trichromatiques
- **La température de couleur**
- **L'indice de rendu des couleurs**
- Les vecteurs de couleur



Quelques notions de colorimétrie

La température de couleur [K]



~ 3000 K



~ 4000 K



Quelques notions de colorimétrie

L'indice de rendu des couleurs (IRC ou Ra)

Les couleurs d'un objet éclairé seront perçues différemment selon la nature de la source qui l'éclaire.

L'éclairage artificiel entraîne une altération des couleurs telles que perçues sous éclairage naturel.

Cette altération des couleurs d'un objet doit être limitée. Cette altération est appréciée en colorimétrie par **l'indice de rendu des couleurs**.

Plage d'IRC	Perception des couleurs
$Ra < 25$	faible
$25 < Ra < 65$	moyenne
$65 < Ra < 90$	bonne
$90 < Ra$	élevée

Classe d'IRC	IRC
1A	$Ra > 90$
1B	$90 > IRC > 80$
2	$80 > IRC > 60$
3	$60 > IRC > 40$



Code : indice de rendu des couleurs et température de couleur



indice rendu des couleurs- 80..89

Température
de couleur
3000

Quelques notions de colorimétrie

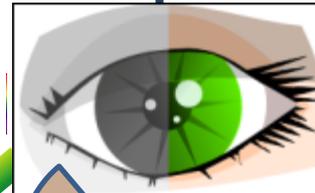
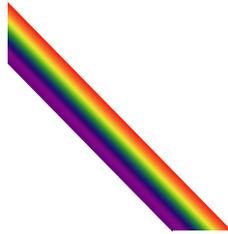
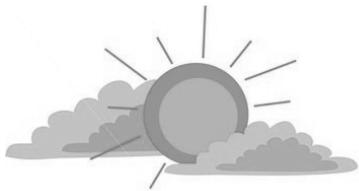


Le soleil,
une lumière blanche ?

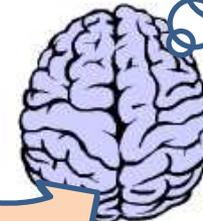
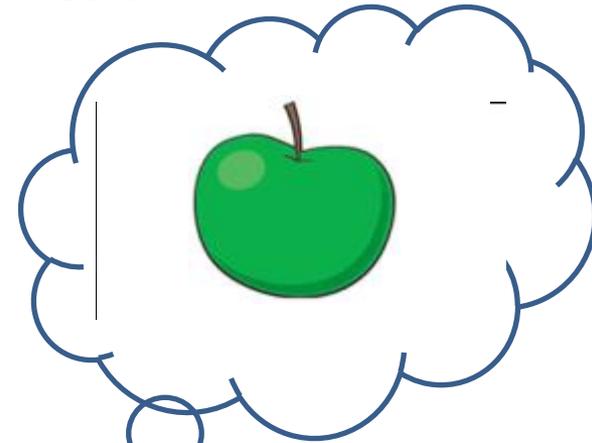


C'est quoi "la couleur"?

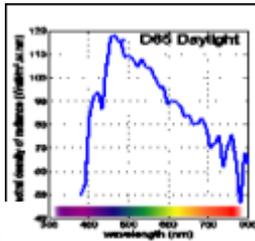
No Colours!
Only spectra & reflection characteristics



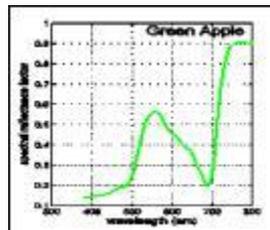
Colour



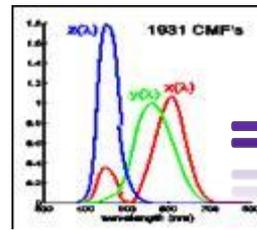
Σ



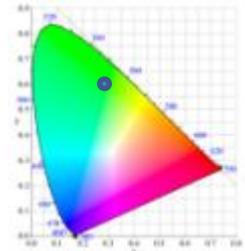
\times



\times



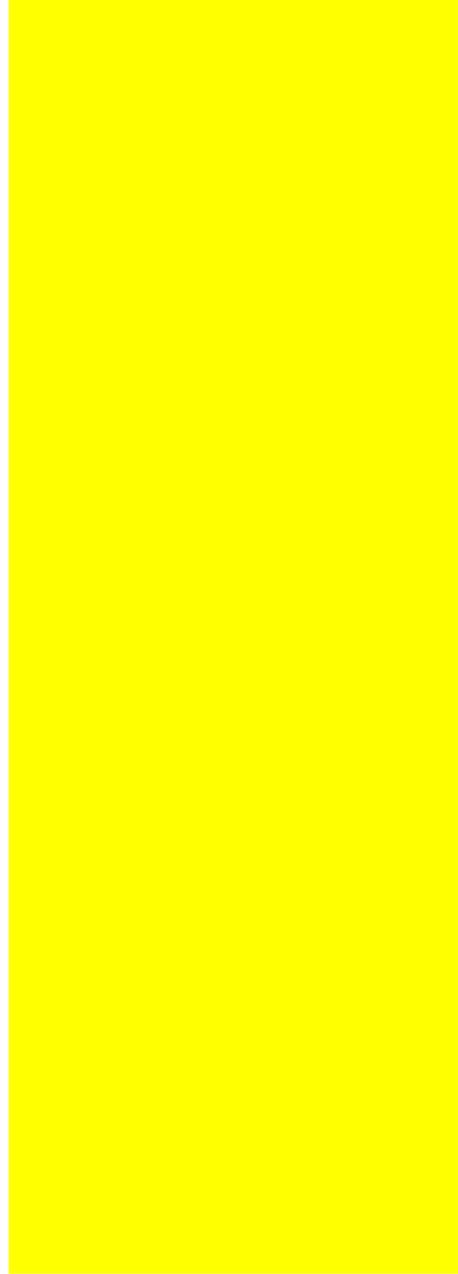
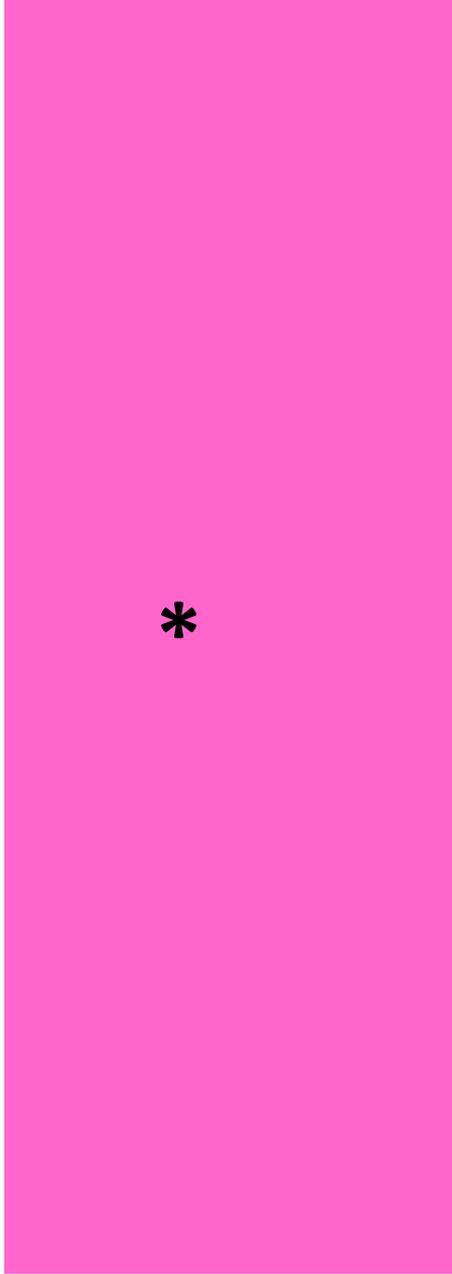
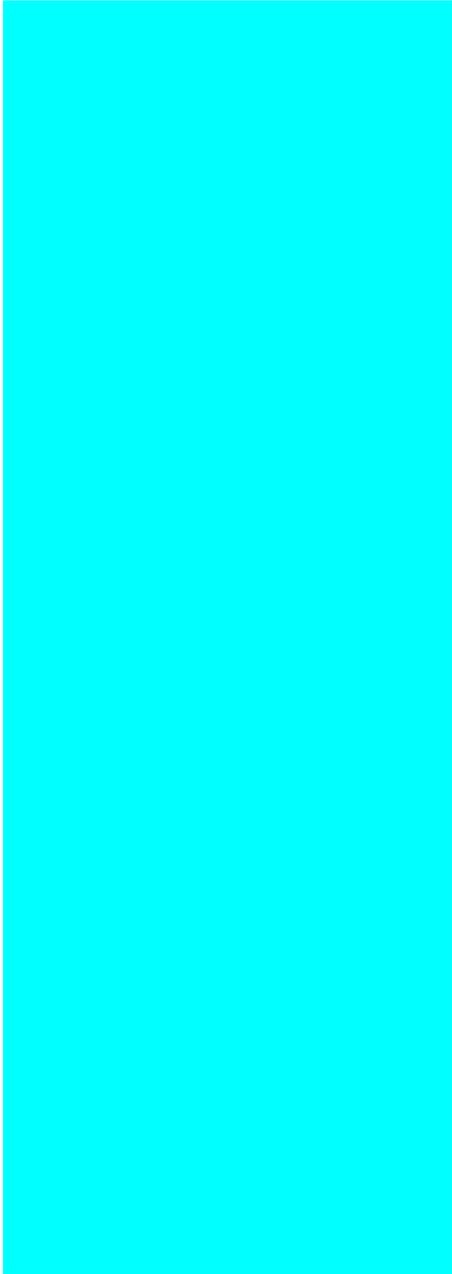
$= X, Y, Z \rightarrow$



Kevin Smet – A colour rendering index based on memory colours



UNIPSO



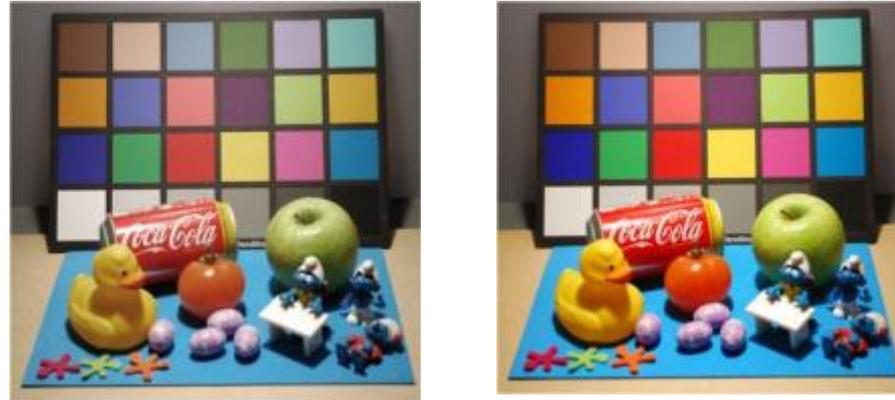
*

*

Couleur et texture



IRC - Indice de rendu des couleurs (Ra)



Température de couleur (K)

~ 3000 K



Teinte 830

~ 4000 K



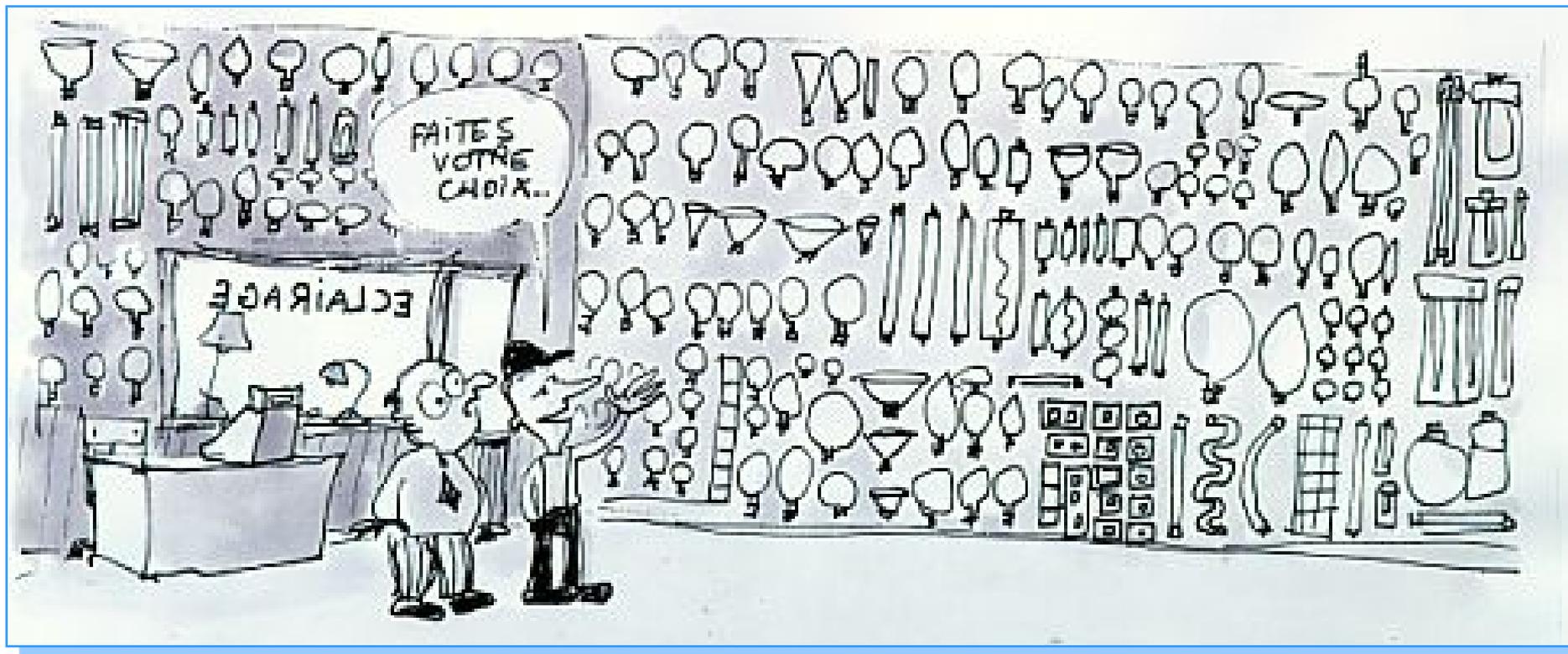
Teinte 840

	Cool Daylight	6.500K
	Daylight	5.400K
	Cool White	4.000K
	White	3.500K
	Warm White	3.000K
	INTERNA	2.700K

Les 3 fondements des économies en éclairage

- 1) **Utilisation de sources lumineuses et de luminaires efficaces**
(et bien les entretenir!)
- 2) **Eteindre ou dimmer l'éclairage quand on n'en a pas besoin**
(de façon intelligente! Favorisez l'éclairage du jour !)
- 3) **Dimensionnement et planification adéquat**
(concept, normes, confort visuel...)

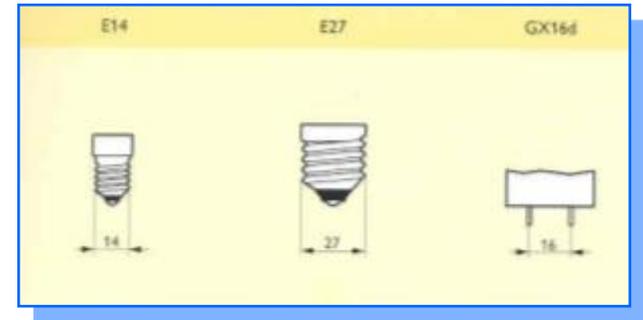
Les sources d'éclairage artificiel



PRINCIPAUX PARAMETRES CARACTERISANT LES LAMPES

Caractéristiques électriques

- La puissance
- La tension d'alimentation
- Le culot
- Le système d'amorçage

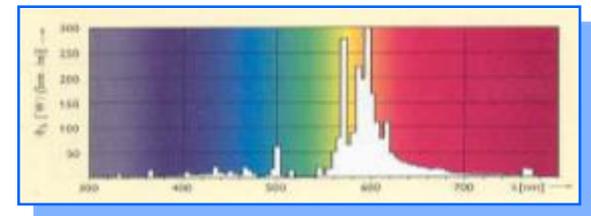


Caractéristiques photométriques

- La quantité de lumière émise (le flux lumineux en lumen)
- L'efficacité lumineuse = Flux/Puissance lampe (lm/W) (ballast non inclus)

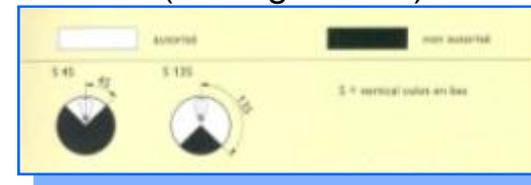
Caractéristique spectrales

- Le spectre
- La température de couleur
- L'indice de rendu des couleurs
- L'émission d'UV / Permitted Exposure Time PET / Dfc (damage factor) / Emission d'IR



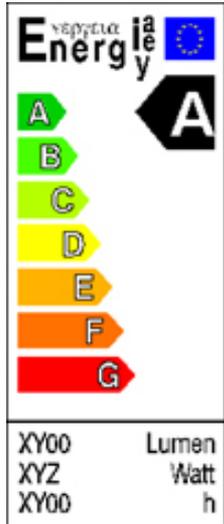
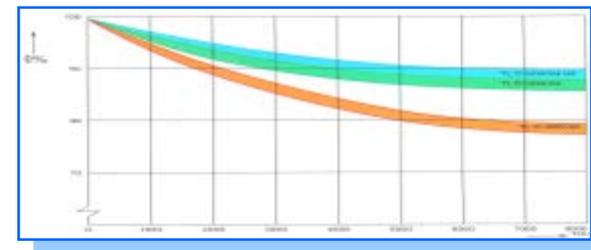
Caractéristiques géométriques

- Position de fonctionnement
- Dimensions de la lampe et de la surface émettrice



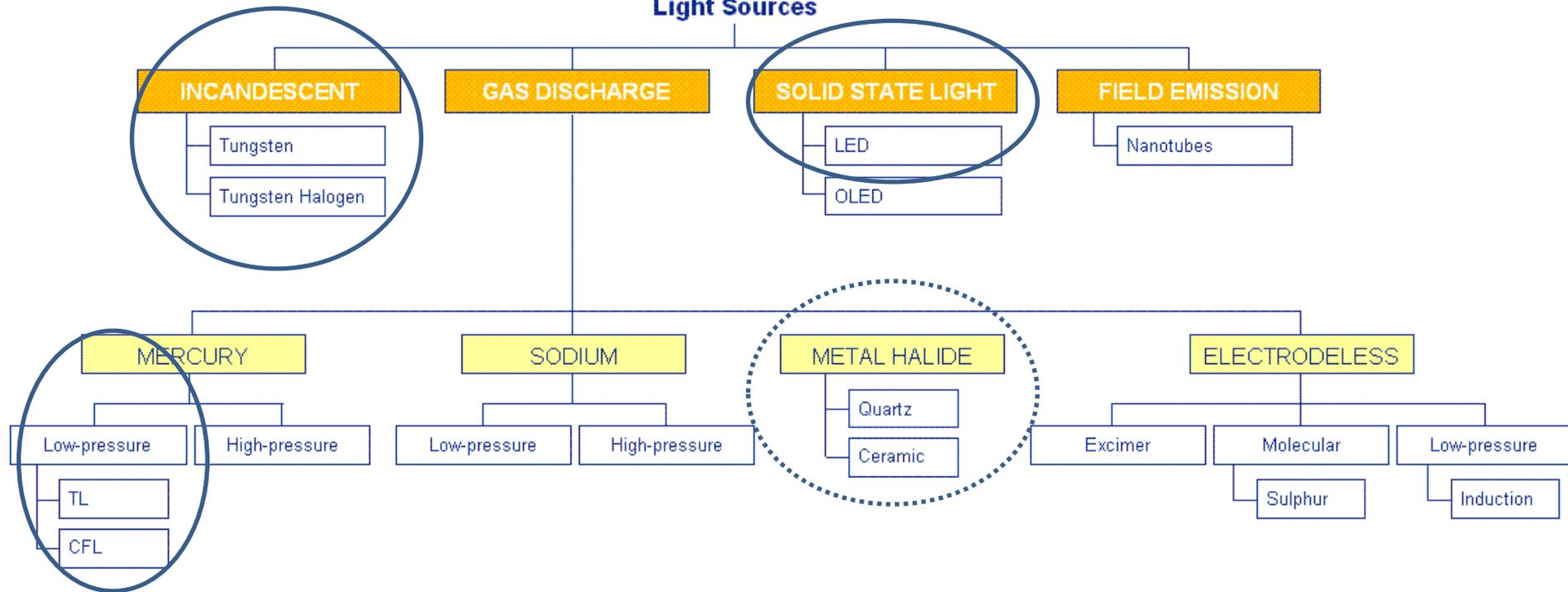
Caractéristiques de fonctionnement

- La température optimale de fonctionnement
- La durée de vie et de la dépréciation
- Le temps de préchauffage et de réallumage
- La résistance aux variations de tension



Les sources lumineuses

Light Sources



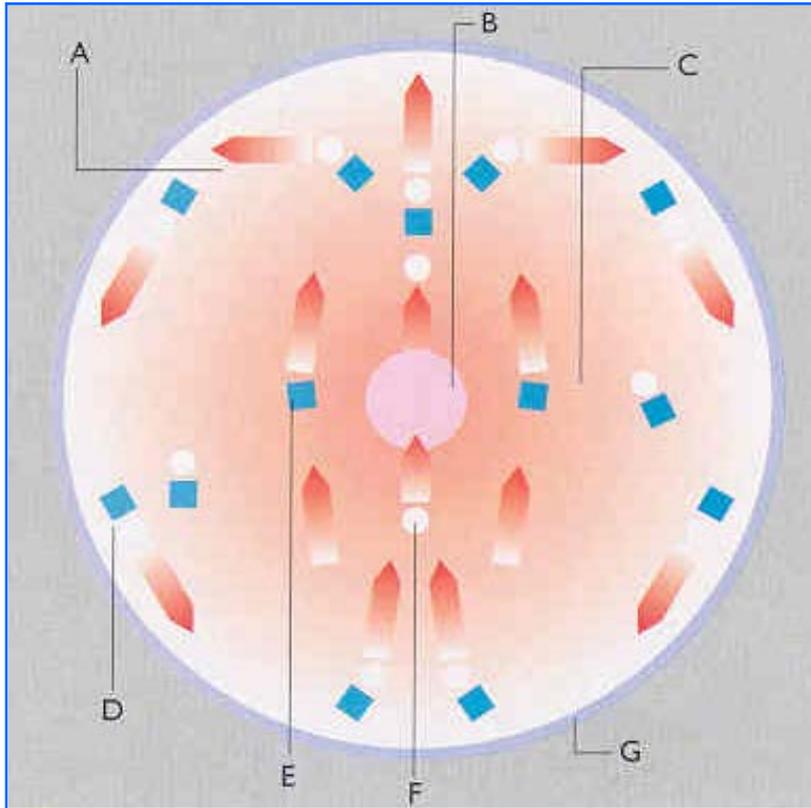
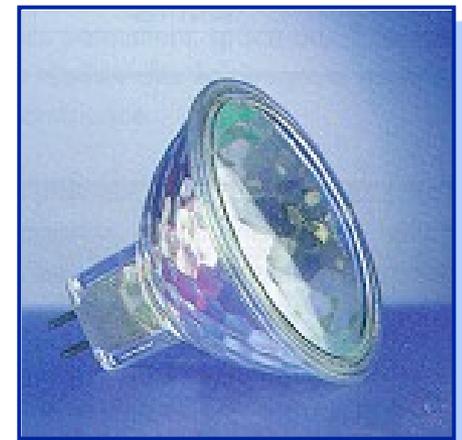
Lampe à incandescence - tungstène

- Amorçage: pas d'auxiliaire
- Mise en régime = 0 sec
- Réamorçage après 0 sec.
- Compatible avec le dimming
- Spectre continu (thermorayonnement)
- IRC = 100
- Source « ponctuelle »

- Rendement: 7,5 à 16,5 lm/W
 - Flux maximum: 8200 lm
 - T° couleur = t° filament = 2700 K
 - Durée de vie médiane: 1000 h
- Surtension \Rightarrow durée vie $\downarrow\downarrow$

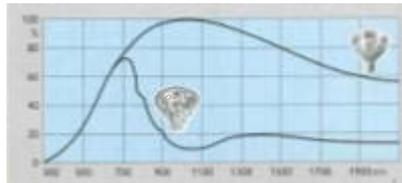
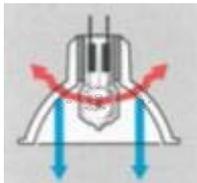


Lampe halogène



Cycle halogène

- durée de vie ↑↑
- T° couleur ↑
- maintien du flux ↑
- rendement ↑↑



Lampe halogène

- Amorçage: pas d'auxiliaire
- Mise en régime = 0 sec
- Réamorçage après 0 sec.
- Compatible avec le dimming mais attention à régénérer le cycle halogène!

- Spectre continu (thermorayonnement)
- IRC = 100

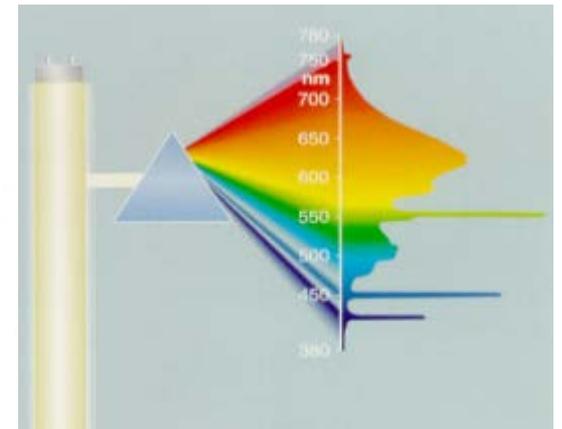
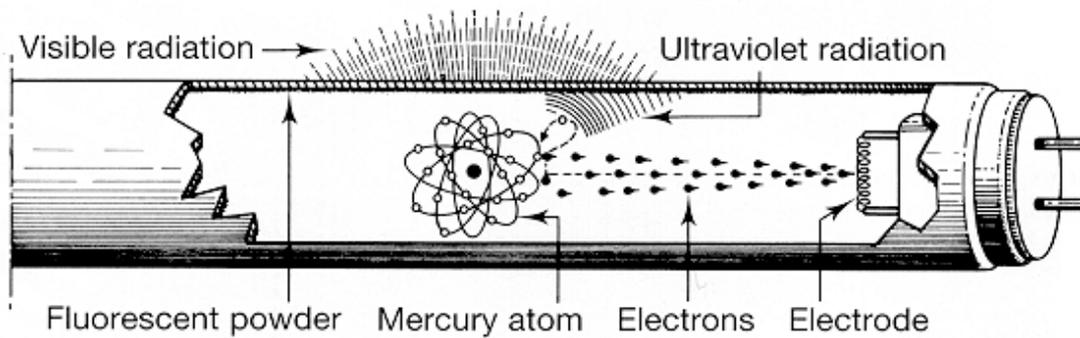
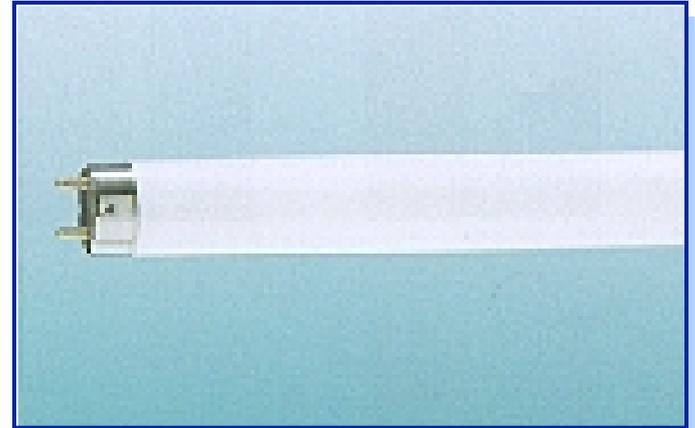
- Puissance: de 5 à 2000 W
- Flux maximum: 48.400 lm

- Dimensions réduites



- Rendement: 12 à 24 lm/W
- Existe en version ECO! (30% économie d'énergie)
- Durée de vie médiane: 2.000 h à 4.500h
- Transfo nécessaire si en basse tension
- Surtension \Rightarrow durée vie $\downarrow\downarrow$

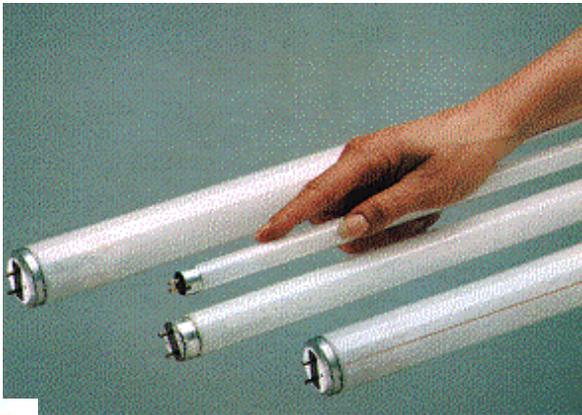
Lampe mercure basse pression les tubes fluorescents



Lampe mercure basse pression les tubes fluorescents

3 diamètres

- T12 38 mm Ø
20 à 65 W (140 W)
- T8 26 mm Ø
(15) 18 à 58 W
- T5 16 mm Ø
14 à > 80 W



3 types de poudres

- Standard – “Blanc industriel”
 - Rendement moyen
 - IRC 50-75
 - Dépréciation moyenne
- Triphosphore
 - IRC > 80
 - Très faible dépréciation
- A haut IRC
 - Rendement moyen
 - IRC > 90
 - Faible dépréciation

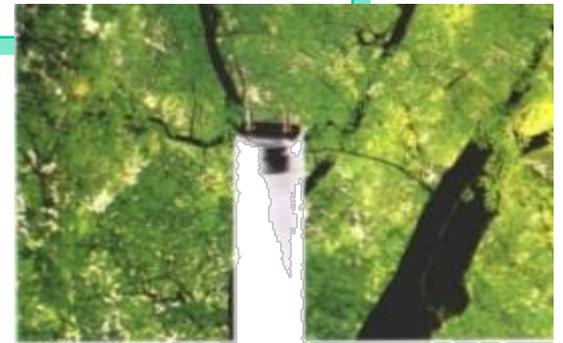
Existe maintenant en version ECO (Economie d'énergie $\geq 10\%$)

Lampe mercure basse pression les tubes fluorescents

- Rendement
 - T5 83 à 104 lm/W
 - T8 66 à 100 lm/W
 - T8 *IRC90* 52 à 66,5 lm/W
 - T12 59,5 à 78,5 lm/W
- T° couleur: 2700 à 6500 K
- Préchauffage: 0 sec.
- Réallumage: 0 sec.
- ... mais 1 à 5 min. avant 80% flux
- Compatible avec le dimming (1-10V ou digitale)

Lampe mercure basse pression les tubes fluorescents

- Durée de vie: 14.000 h avec ballast conventionnel, 18.000 h avec ballast électronique (existe en durée de vie extra longue >40.000h)
- Environnement: miniaturisation, diminution de la quantité de mercure et recyclage complet



Lampe mercure basse pression les tubes fluorescents

- Type d'application: éclairage général des commerces et des bureaux, éclairage industriel, sport, ...

Remarque:

Il existe des lampes spéciales anti-bris de verre (avec film plastique)

NE PAS A RECOMMANDER – préférez les luminaires fermés (IP)



Lampe mercure basse pression les lampes fluocompactes

2 types

- De substitution

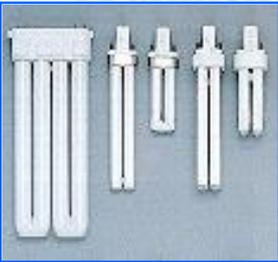


- *culot E27 ou E14*
- *ballast intégré*



Fonctionne sur le principe du tube
fluorescent, miniaturisé

- A alimentation séparée



- *culot à broches (2p et 4p)*
- *nécessité d'utiliser
un ballast*

Lampe mercure basse pression les lampes fluocompactes (lfc)

- Rendement alim. séparée 50 à 87,5 lm/W
 lfc de substitution 33 à 65 lm/W
- T° couleur: alim. séparée 2700 à 6500 K
 lfc de substitution 2700 K à 4.000 K
- IRC > 80
- Préchauffage: 0 sec.
- Réallumage: 0 sec.
- ... mais 1 à 5 min. avant 80% flux



Il existe de versions « allumage + rapide » ou « dimmables »

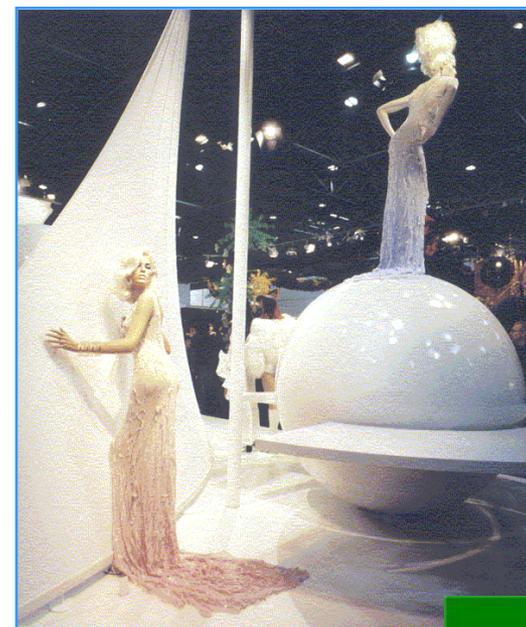
Lampe aux halogénures métalliques Brûleur céramique

- Amorçage: ballast conventionnel + starter ou ballast électronique
- Flux max.: 14.200 lm
- Existe en petite puissance 20W – 35W
- T° couleur: 3000 – 4200 K
- Durée de vie: 12.000 h
- Dimming \Rightarrow dérive de la température de couleur



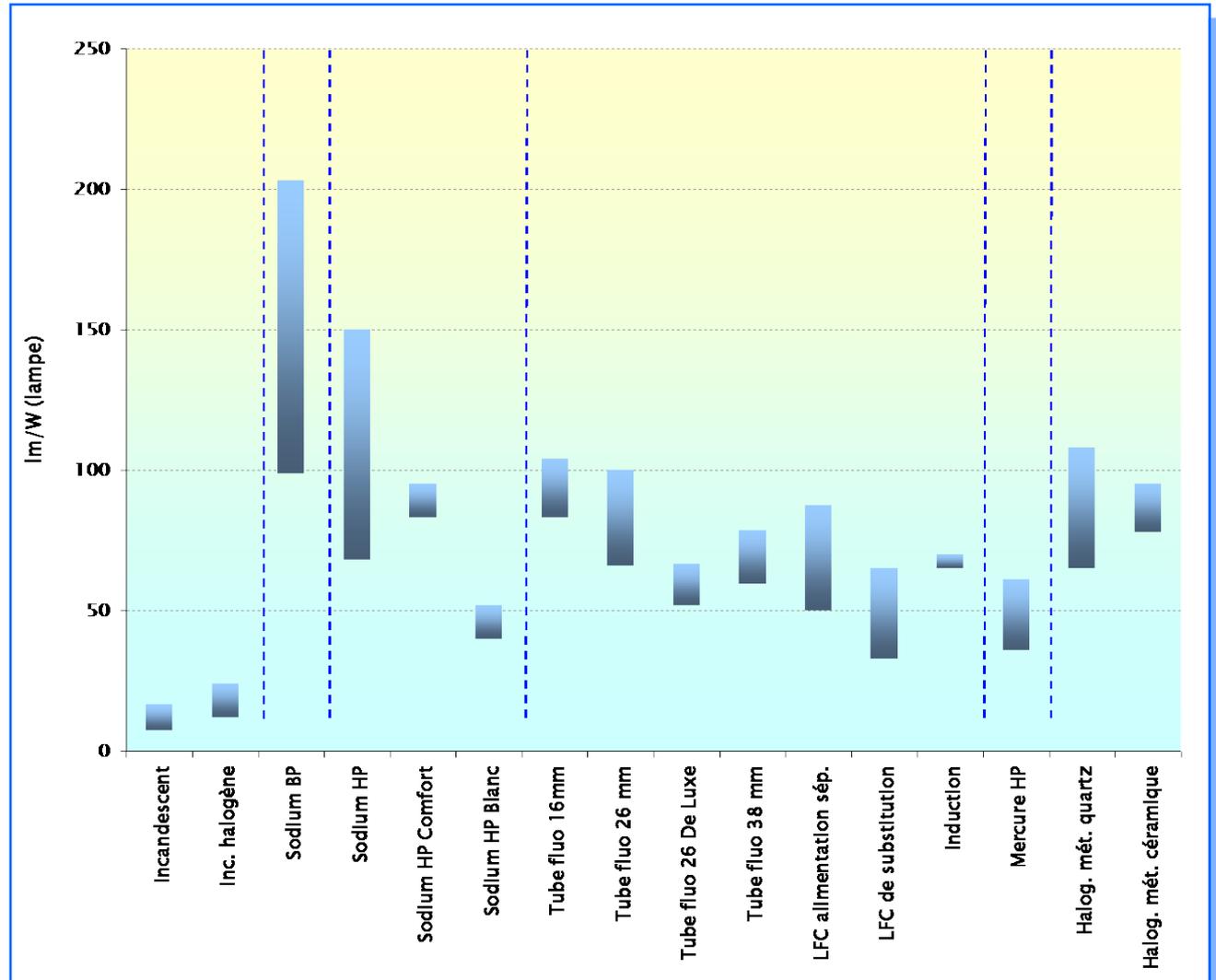
Lampe aux halogénures métalliques Brûleur céramique

- Positions de fonctionnement: toute position sauf pour les double culots (horizontale +/- 45°)
- Attention: la majorité des lampes à brûleur céramique nécessite l'emploi de luminaires fermés avec verre de protection
- Type d'application: éclairage d'accentuation dans les commerces, éclairage public



L'efficacité lumineuse des lampes

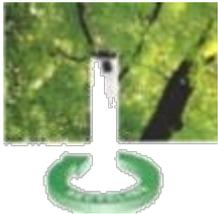
Le rendement des sources actuelles varie de 7,5 à 150 lm/W, et même 203 lm/W avec les sodium BP.



D'après catalogue Philips 2001/2002

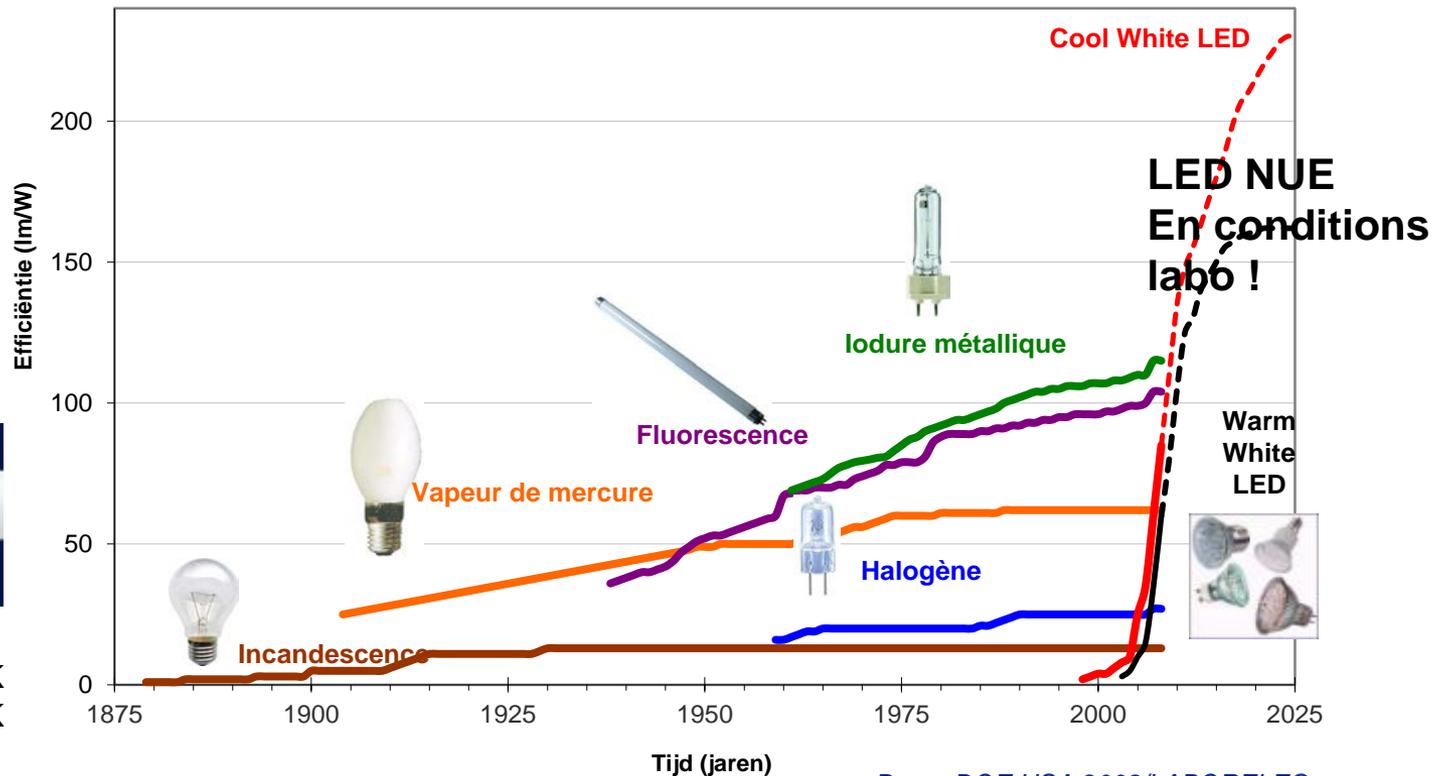
Et où se positionnent les LEDS ?

Comparatif des principales sources (lumière blanche)



840 = IRC 80-89 4.000K
830 = IRC 80-89 3.000K

A remplacer les lampes industrielles (teinte 20,640...)

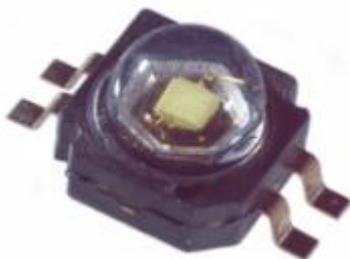


Bron : DOE USA 2008/LABORELEC

Il y a LED ... et LED



LED basse puissance
5 mm LED

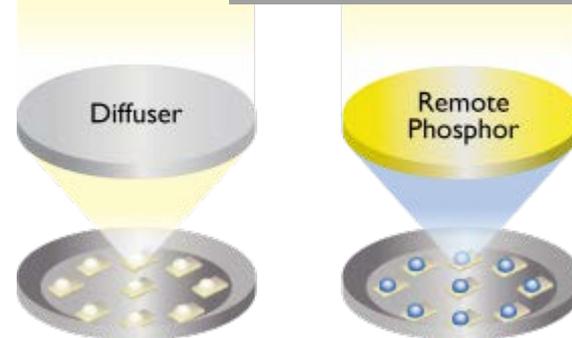
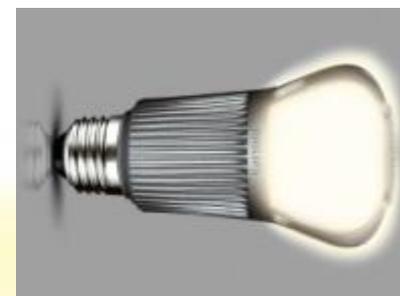


“single chip”
LED de puissance
PowerLED



“chip on board technology”
LED de puissance
PowerLED

...



Normalisation des produits LED : Terminologie

LED chip	Auxiliaire LED	Lampe LED	Module LED	Luminaire LED
				
				
- à intégrer	-alimentation seule ou avec des fonctions de contrôle (tension, courant, gradation) - à intégrer ou indépendant	-système complet - culot normalisé - substitution INC - également des versions non auto-ballastées	- avec ou sans auxiliaire externe - à intégrer ou indépendant (engine) - normalement avec son radiateur	système complet - non démontable - avec module remplaçable ou non - avec lampe LED

Terminologie : - **IEC 62504 TS** : *Terms and definitions for LEDs and LED modules.*

Sera publié en norme en 2013

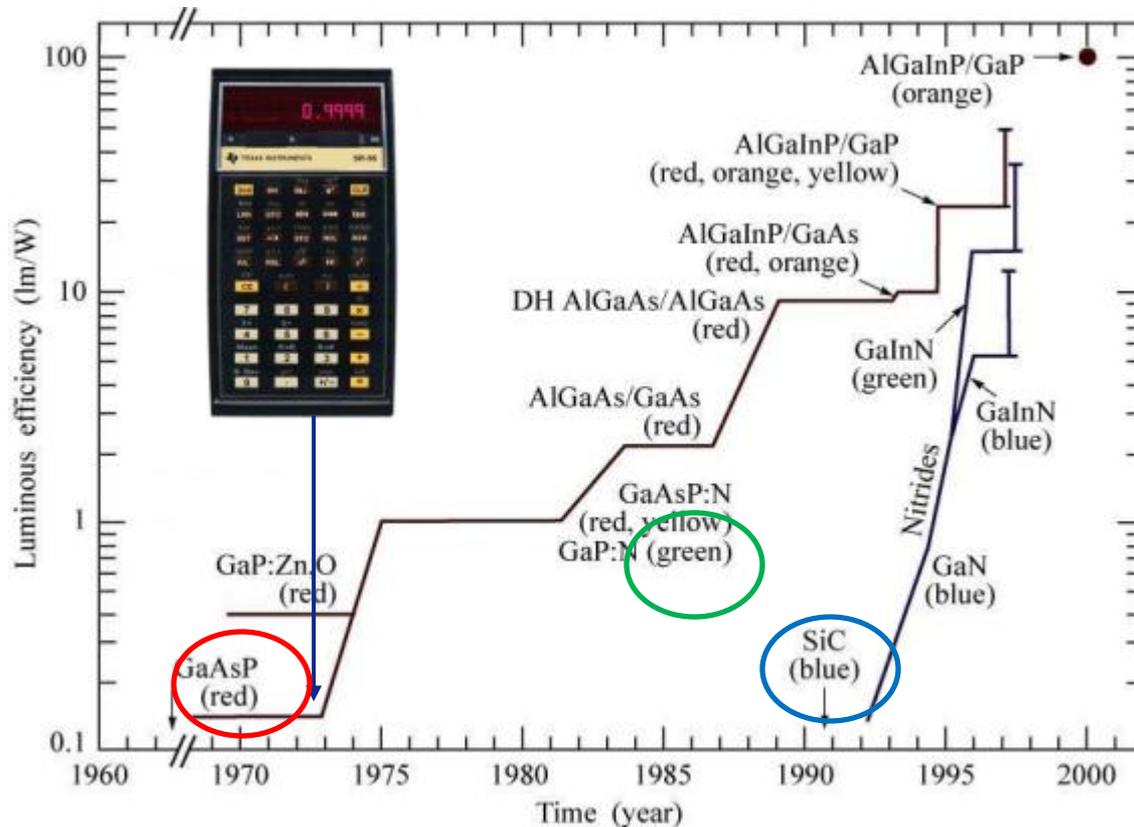
- **IEC 61231** : *ILCOS Code*

© UCL 2012 1D/ 19 Guy Vandermeersch



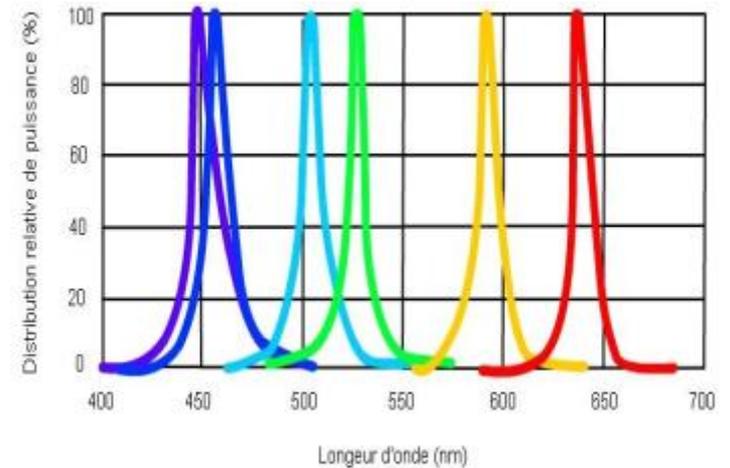
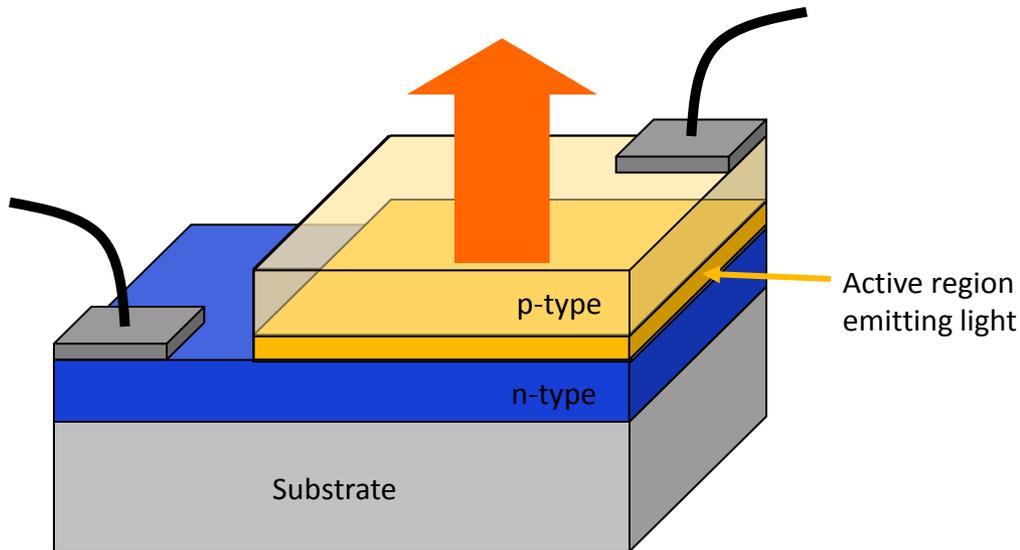
Eclairage innovant: les LEDs

- LED – Une nouvelle technologie ?
 - **1907** : H. J. Round



Eclairage innovant: les LEDs

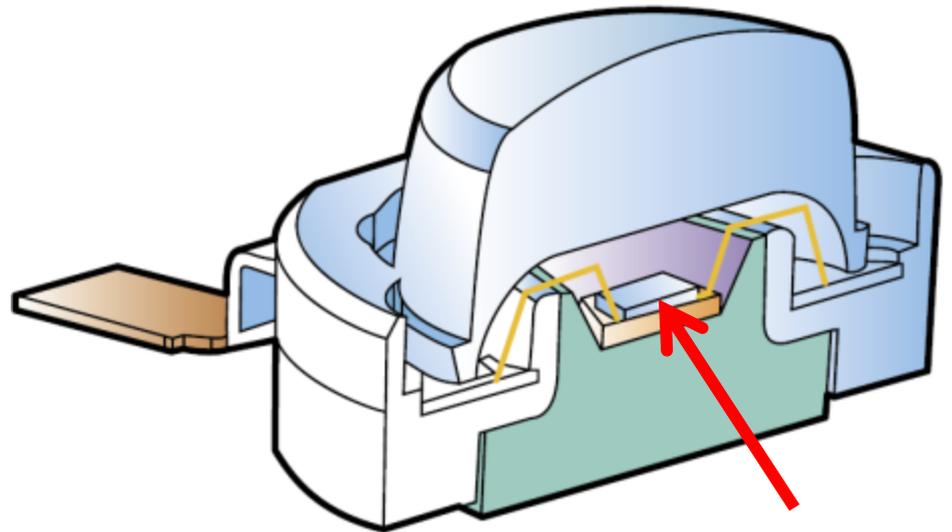
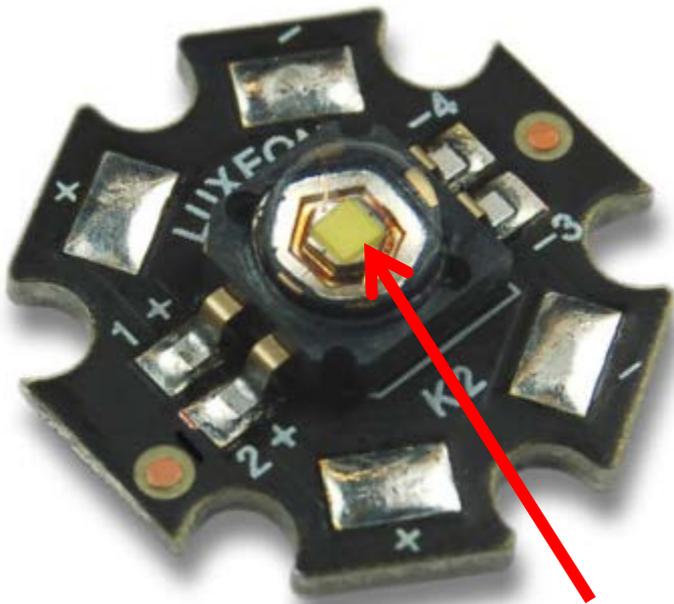
- Qu'est-ce qu'une LED ?



- Particularités :
 - Lumière **générée à l'intérieur du matériau**
 - Lumière **monochromatique**

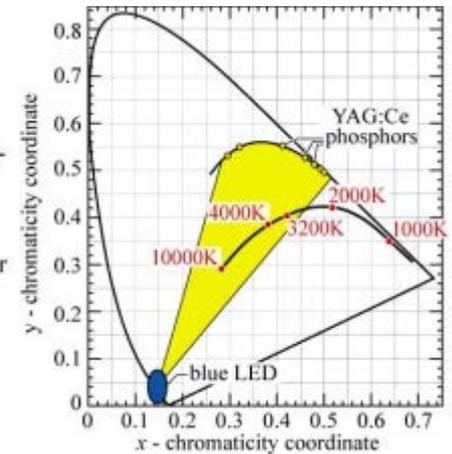
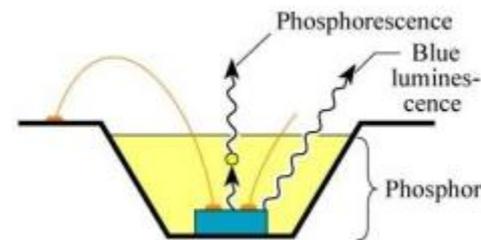
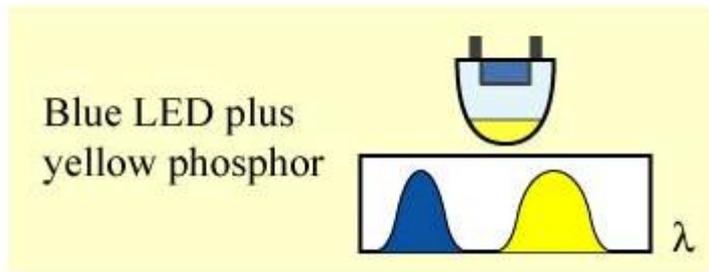
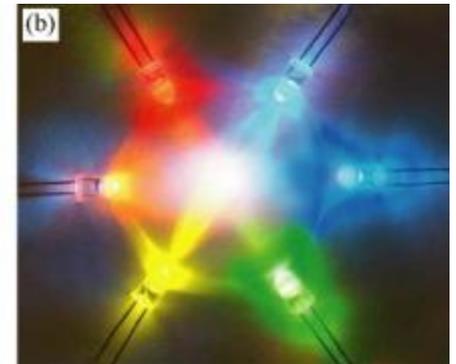
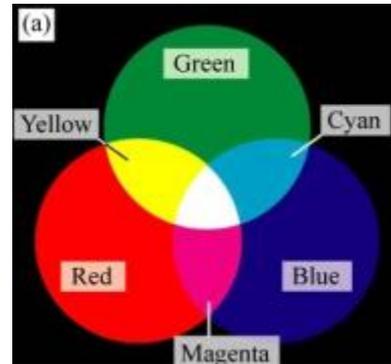
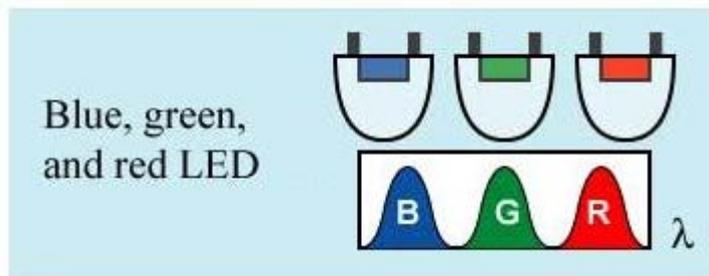
Eclairage innovant: les LEDs

- Composant électronique ($\approx 4\text{mm}^2$)



Eclairage innovant: les LEDs

- Comment faire du blanc ?



Eclairage innovant: les LEDs

Remarques sur la couleur

- **Blanc chaud – Blanc froid**



- **Rendu des couleurs**



Les avantages

Avantages des LEDs

- Couleur
- Durée de vie *
- Petite dimension
- Grande résistance mécanique
- Allumage instantané
- Pas de mercure
- Dimming

Les avantages

- **Petite dimension**
- ✓ Design
- ✓ Lumière bien contrôlée
- ✓ 100% tout de suite à l'allumage (les LEDS aiment le froid)

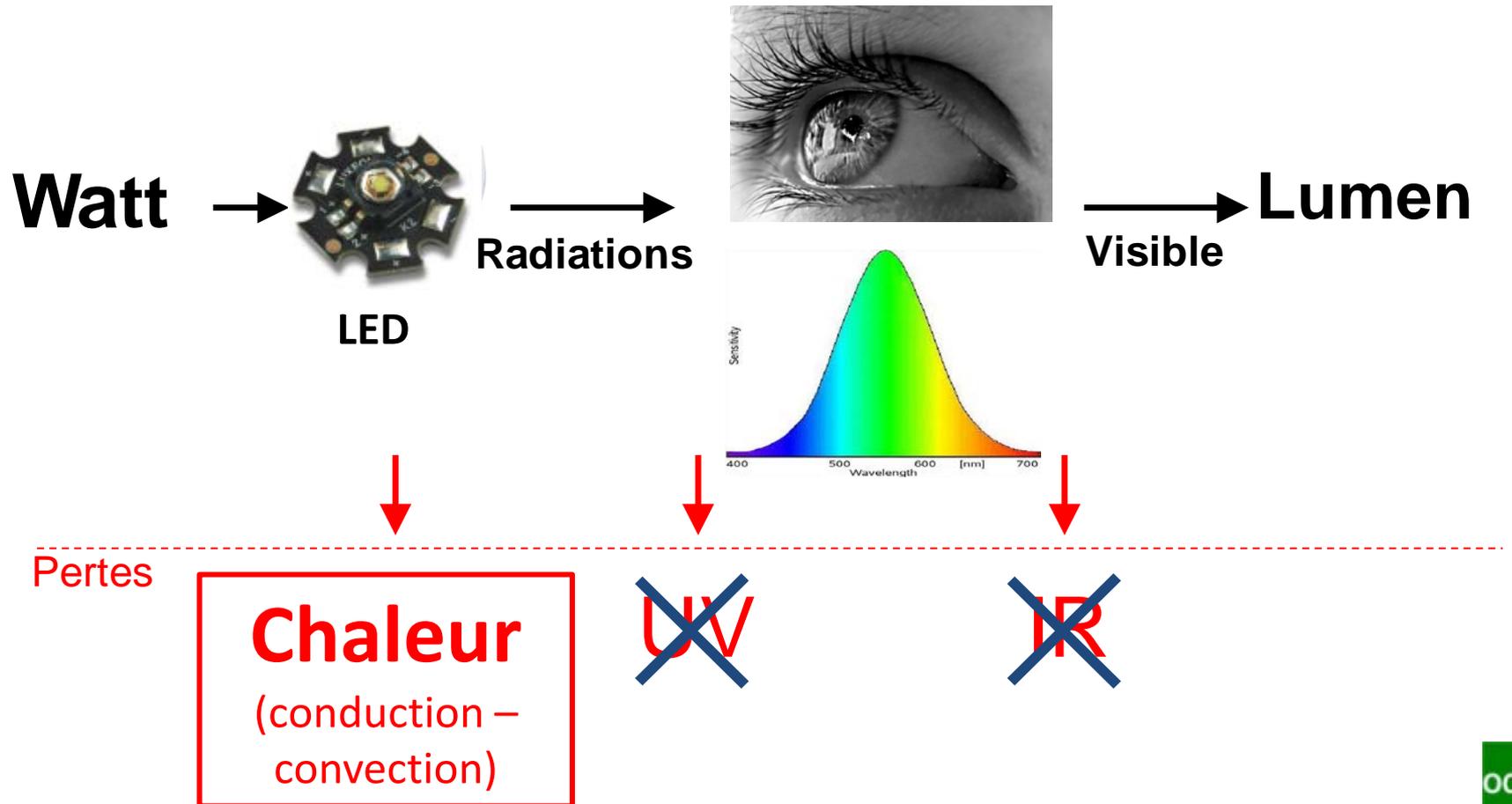


1W



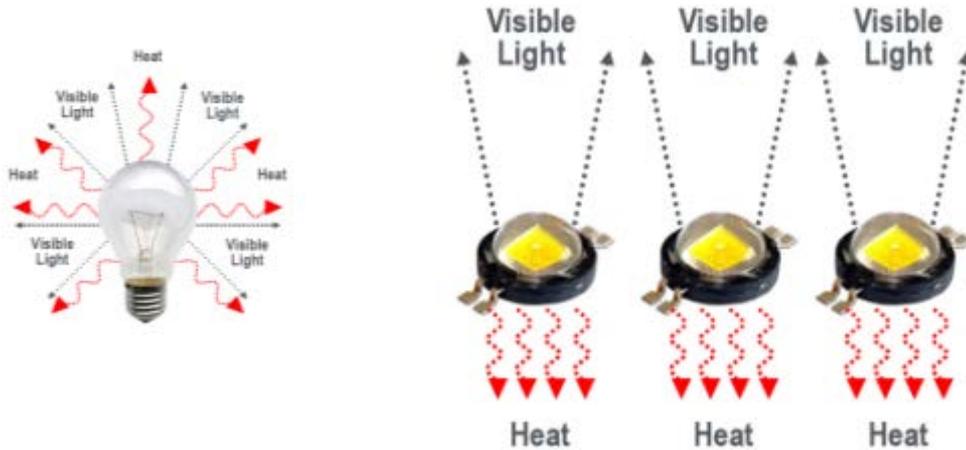
Eclairage innovant: les LEDs

- La LED ne génère pas de chaleur ?



TRES IMPORTANT en LED

Gestion thermique, alimentation et optique

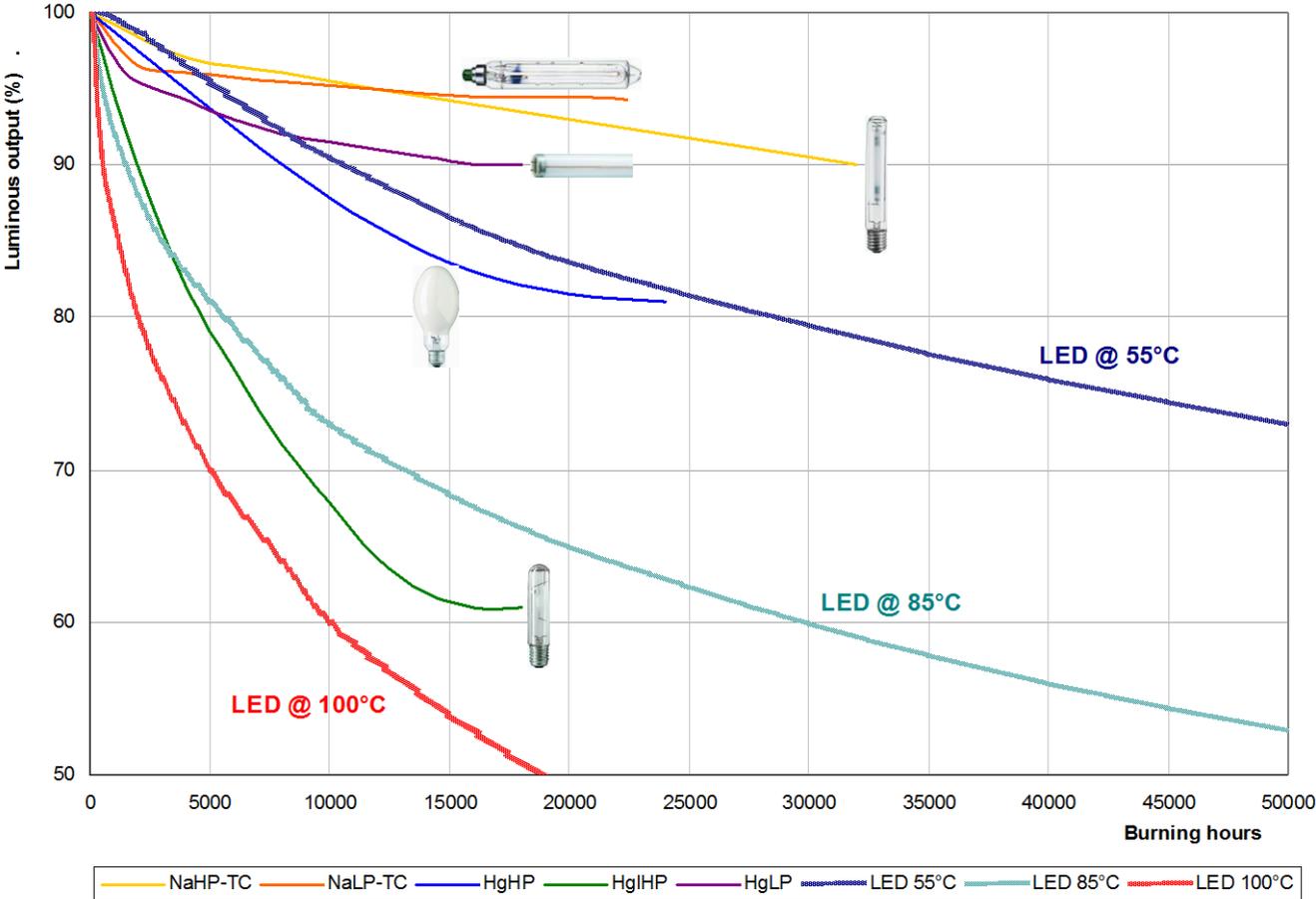


Les LEDS aiment le froid!

Préférez un système complet conçu pour LED !

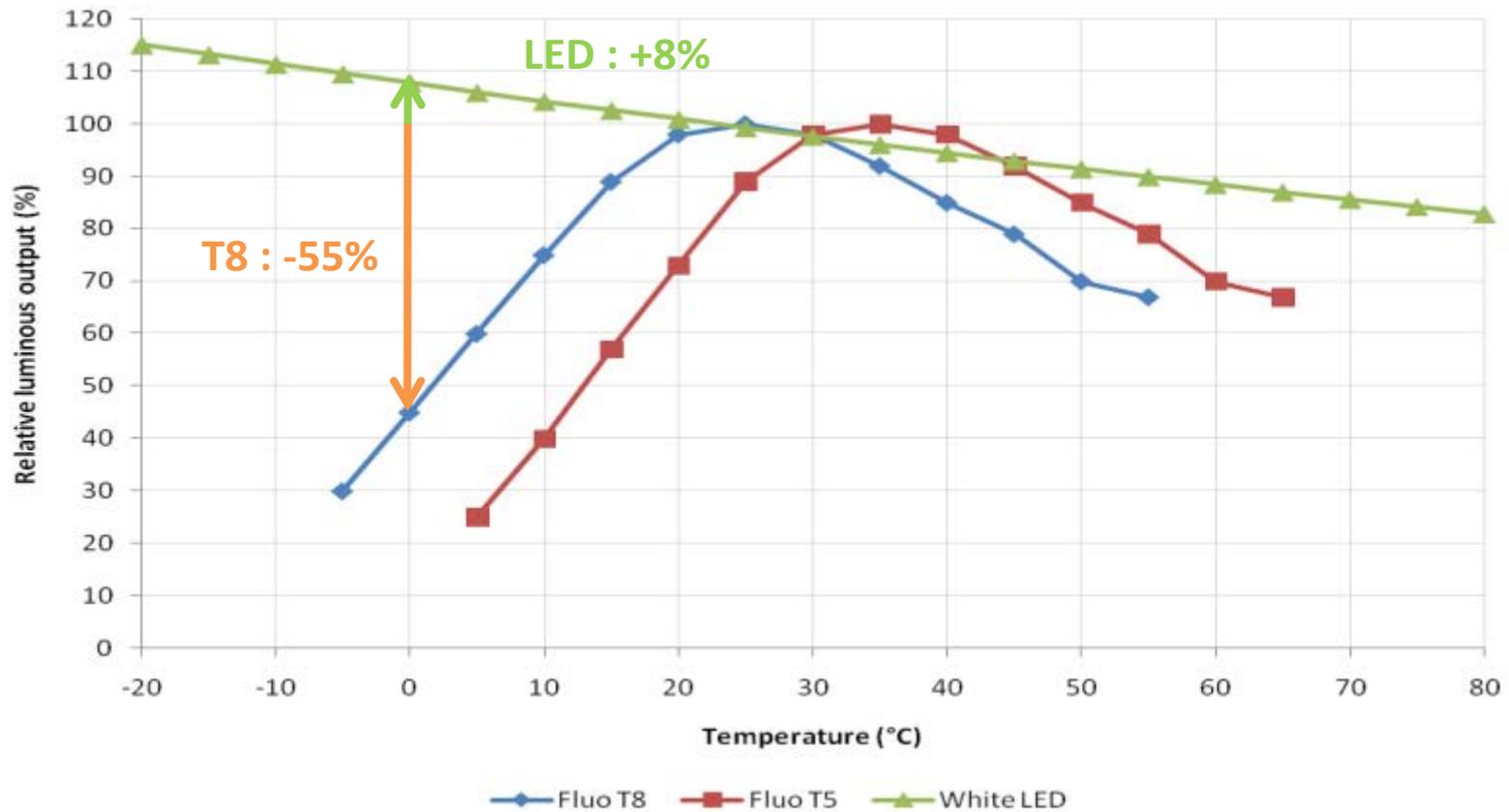


- Plus la LED chauffe, moins elle vivra longtemps



Applications “LED” spécifiques

- Meilleure efficacité lumineuse à basse température



LEDS Encore quelques graphiques (source DOE USA 2012)

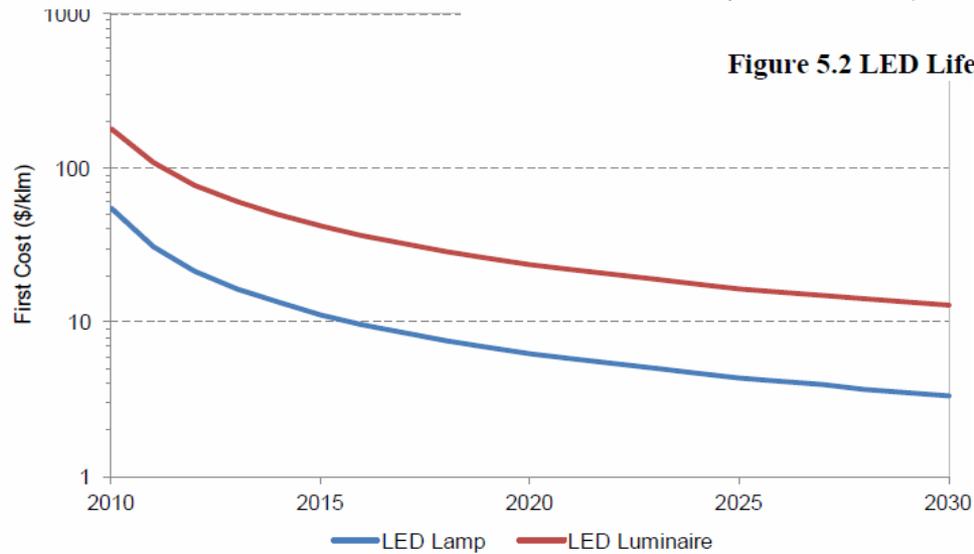
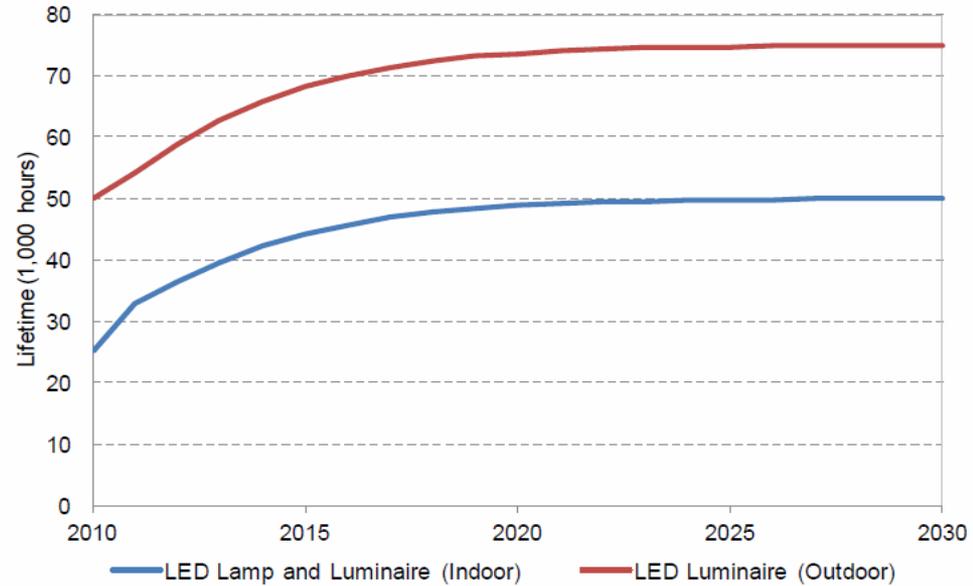
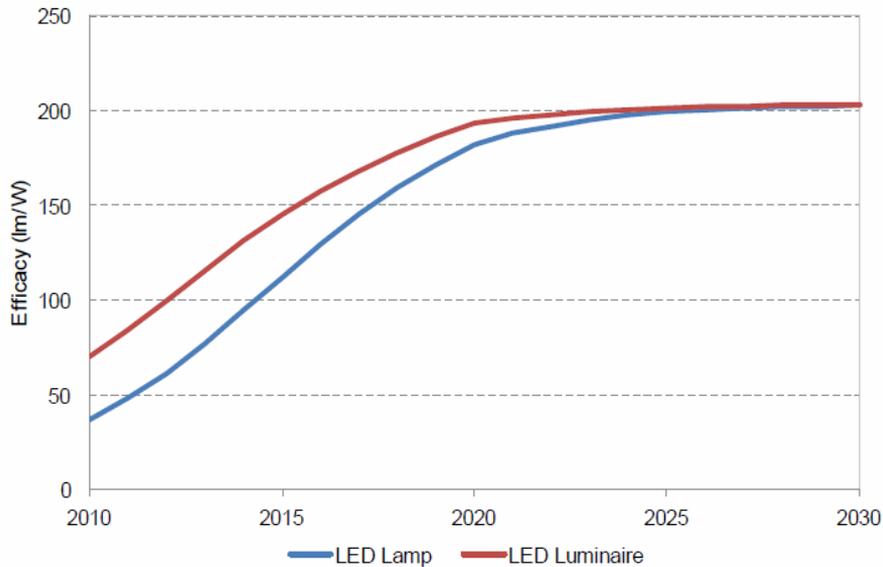


Figure 5.2 LED Lifetime Improvement

Figure 5.3 LED Price (\$/klm) Improvement

Les tubes luminaireux “LED”

Impact photométrique

- Eclairage fortement réduit et photométrie change
- Durée de vie annoncée à vérifier

Impact technique et juridique

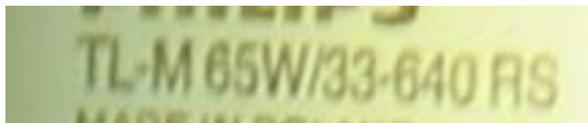
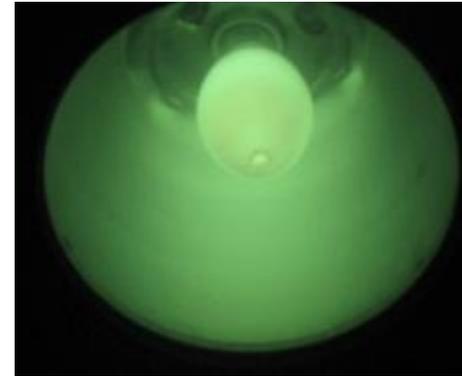
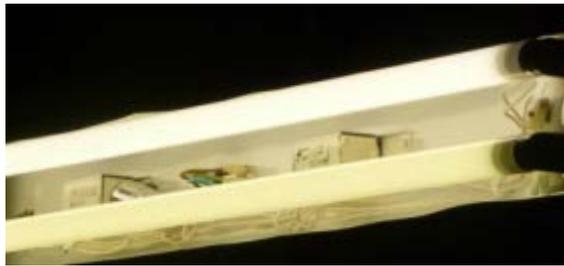
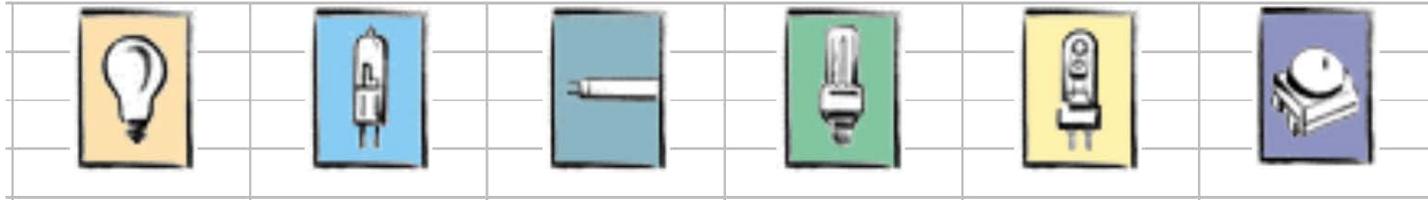
- Modification du luminaire
- Le marquage CE et ENEC n'est plus valable (responsabilité du gestionnaire)
- Compatibilité électro-magnétique modifiée (harmoniques, facteur de puissance?)

Quelle normalisation?

- Documents en préparation au niveau européen pour la mesure de performance et l'usage

Technologie à suivre, surtout intéressante en ambiance froide

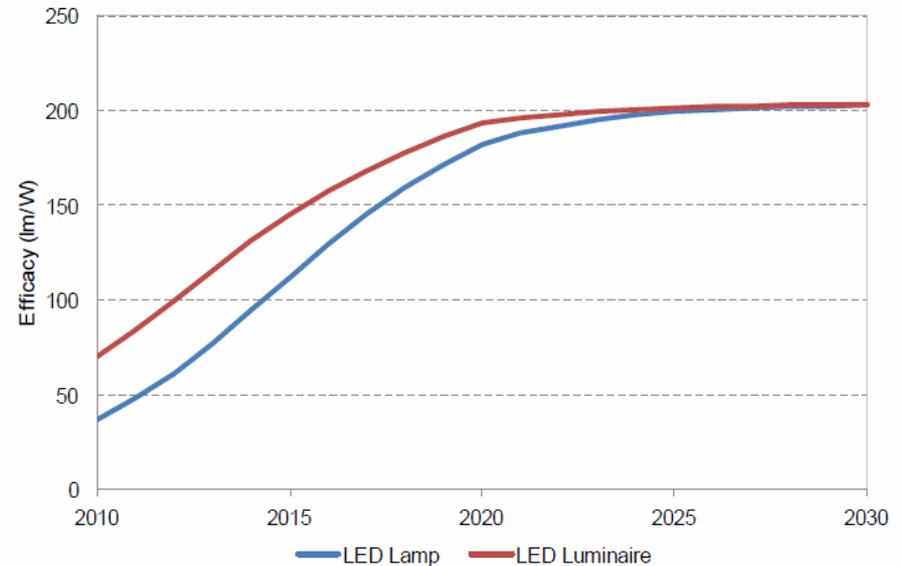
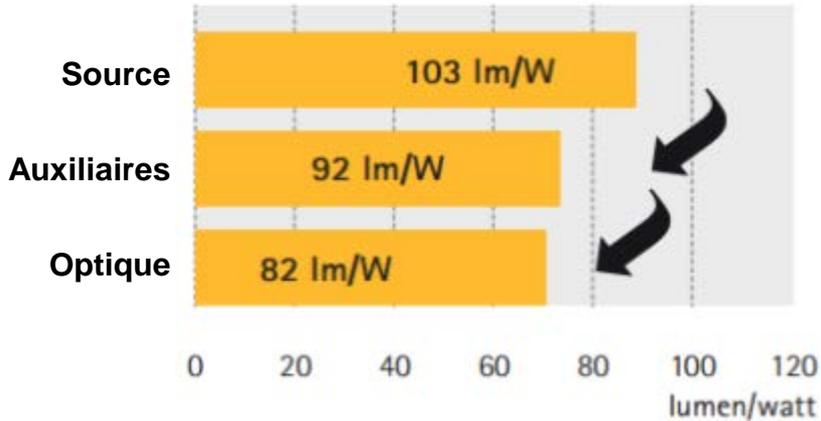
Exercice pratique – les sources !



Les luminaires



L'efficacité des systèmes d'éclairage (lumen/W) (y compris auxiliaires électrique et optique)



Sans tenir compte de l'IRC et de la t° de couleur
Source DOE 2012



Avantages ballast électronique (HF):

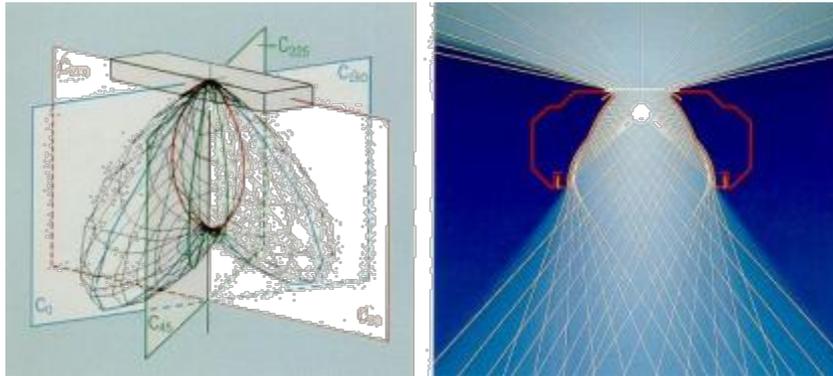
- Durée de vie de lampe doublée
- Pas d'effet stroboscopique
- Economie d'énergie (20%)
- Gestion automatisée possible (existe ballast HF dimmable)

**Aussi importante que le rendement:
La photométrie!**

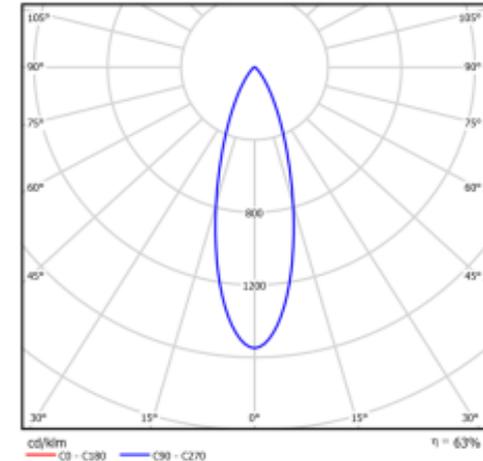
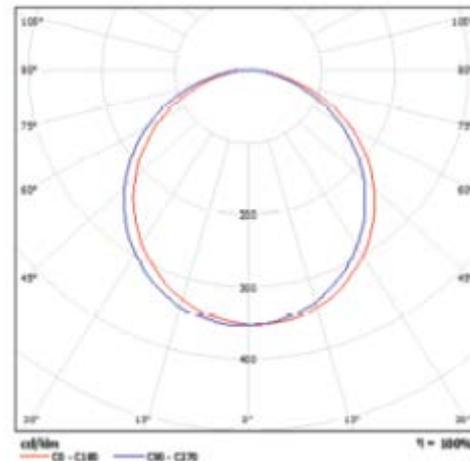
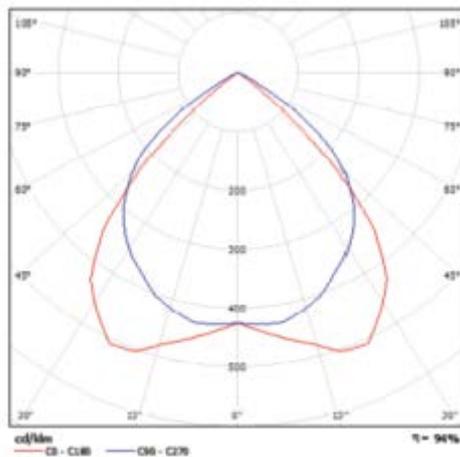
Inconvénient: Durée de vie moyenne de 50.000h (Solution: HF Xtreme de 100.000h ou mag.faible perte)



Les luminaires



- **Optique & photométrie**
- **Mécanique (IP, Ch...)**
- **Electrotechnique**
- **Esthetique**



Rendement du système =
Rendement de la source x rendement des auxiliaires x rendement de l'optique

La photométrie est aussi importante que le rendement!

Aspects mécaniques

Protection contre les influences externes

Degrés IP

1 ^{er} chiffre			2 ^{ème} chiffre		
Degré de protection contre les contacts avec les parties sous tension et contre la pénétration de corps solides			Degré de protection contre la pénétration des liquides		
Degré	Définition abrégée	Symbole	Degré	Définition abrégée	Symbole
0	Non protégé		0	Non protégé	
1	Protégé contre les corps solides supérieurs à 50mm		1	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau	
2	Protégé contre les corps solides supérieurs à 12mm		2	Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale	
3	Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5mm		3	Protégé contre l'eau de pluie	
4	Protégé contre les corps solides supérieurs à 1mm		4	Protégé contre les projections d'eau	
5	Protégé contre les poussières		5	Protégé contre les jets d'eau	
6	Totalement protégé contre les poussières		6	Protégé contre les paquets de mer	
			7	Protégé contre les effets l'immersion (1 m)	
			8	Matériel submersible	

Entretien correcte de l'installation d'éclairage

Lampes à changer (en groupe – durée de vie moyenne!)

Luminaires à nettoyer (facteur d'entretien!)

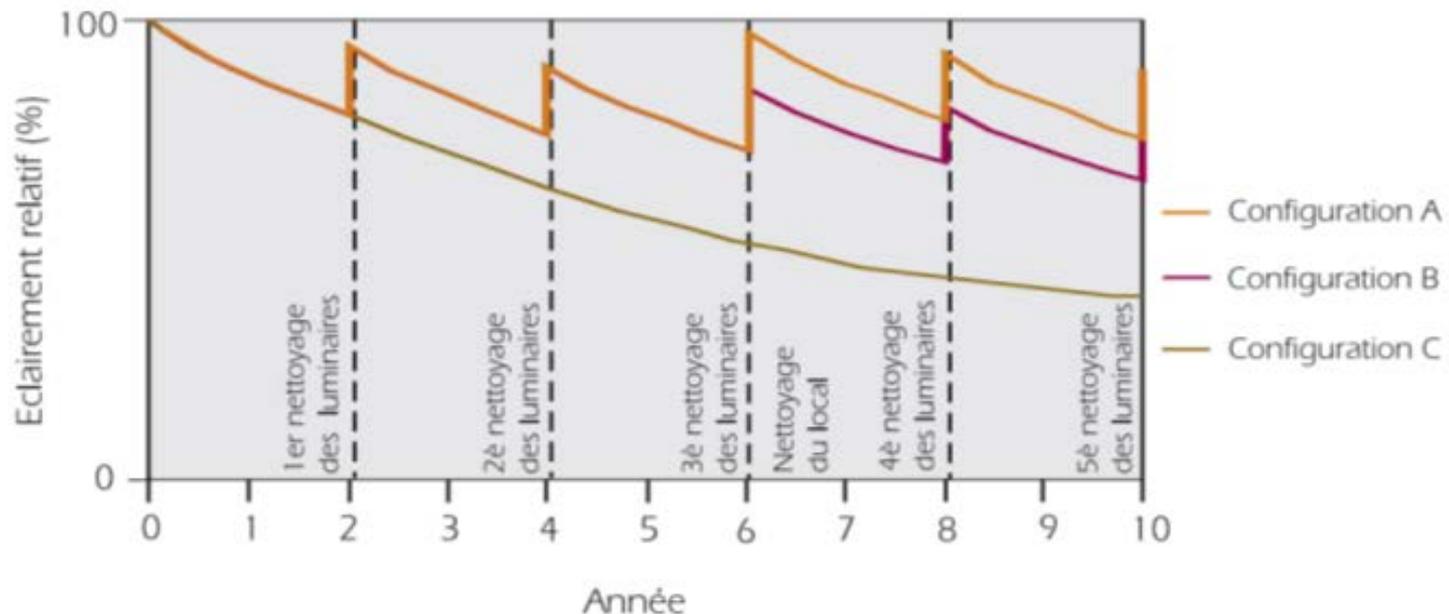
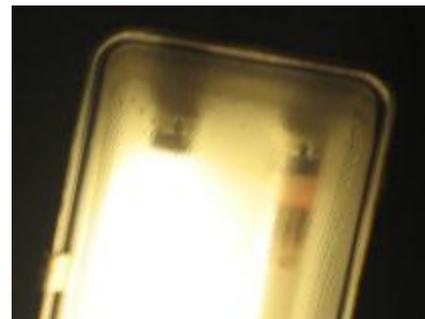
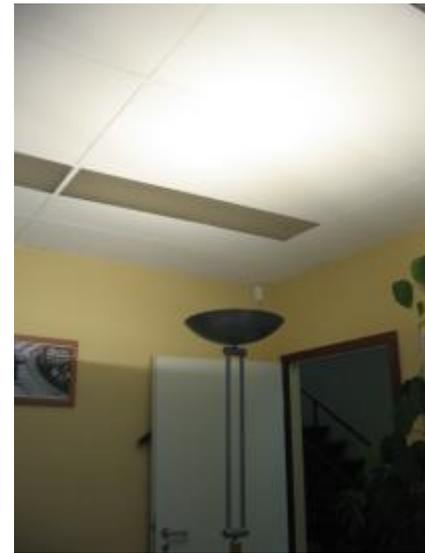


Figure 18 : Dépréciation de l'éclairage relatif au cours du temps

Quelques exemples de gaspillage d'énergie en éclairage

Lampes et/ou luminaires à faible rendement Mauvais entretien



Les 3 fondements des économies en éclairage

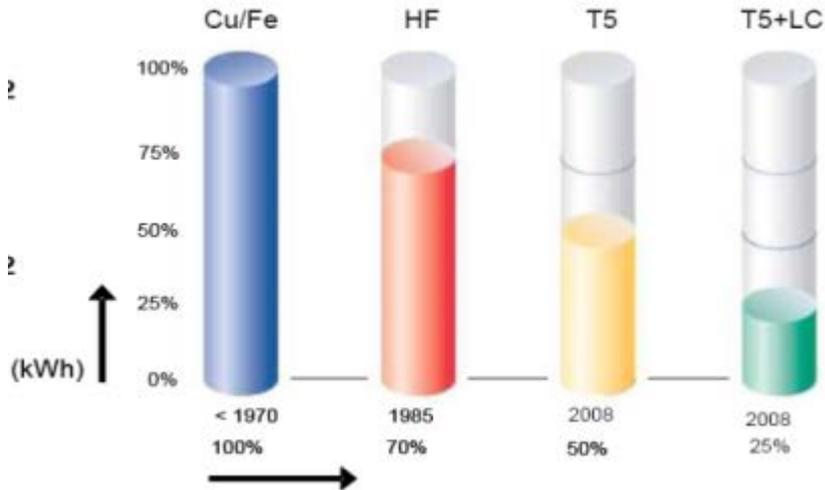
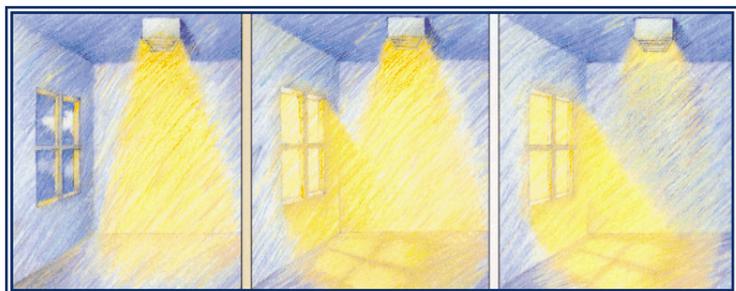
- 1) Utilisation de sources lumineuses et de luminaires efficaces
(et bien les entretenir!)
- 2) Eteindre ou dimmer l'éclairage quand on n'en a pas besoin
(de façon intelligente! Favorisez l'éclairage du jour)

Gestion automatisée (*de façon intelligente!*)

Cellule crépusculaire + horloge

Détecteurs de présence ou d'absence (pas sur BM!)

*Gradation en fonction de la lumière du jour
(par lampe, par groupe de lampes, centralisé...)*

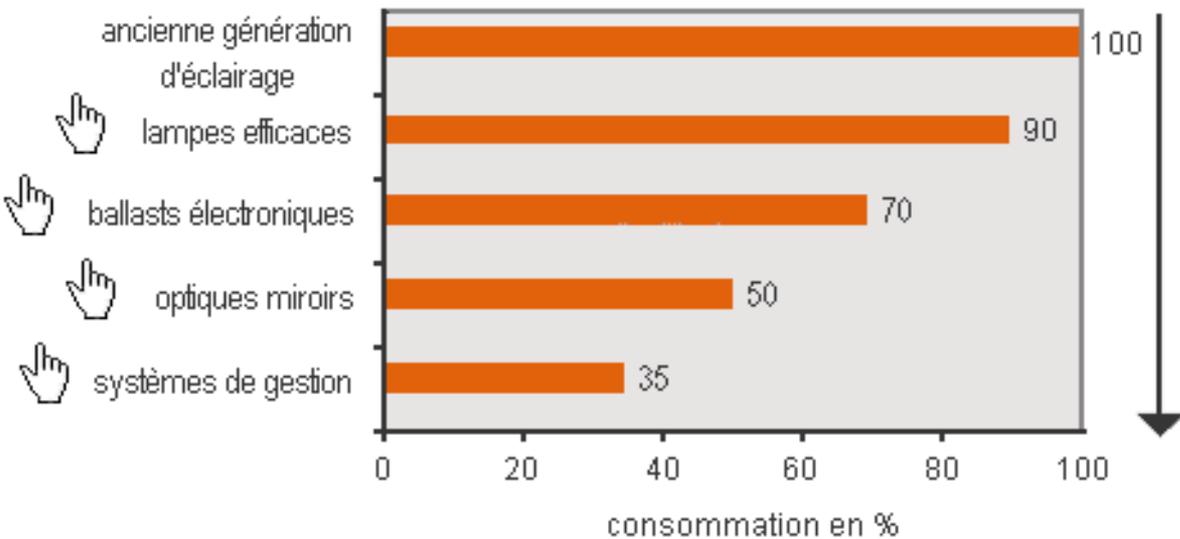


Eclairage performant

82

Potentiel d'économie par rapport à un éclairage ancien :

consommation en fonction de l'efficacité énergétique



Relighting complet de bureaux
Baisse de 50 à 75% le coût de l'éclairage

Quelques exemples de gaspillage en éclairage

Pas de gestion automatisée en fonction de la lumière du jour ou de l'activité



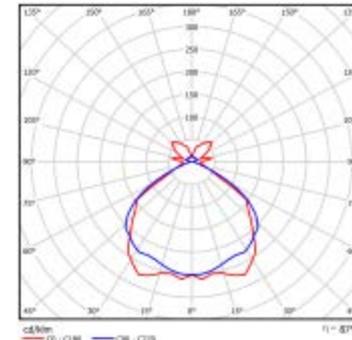
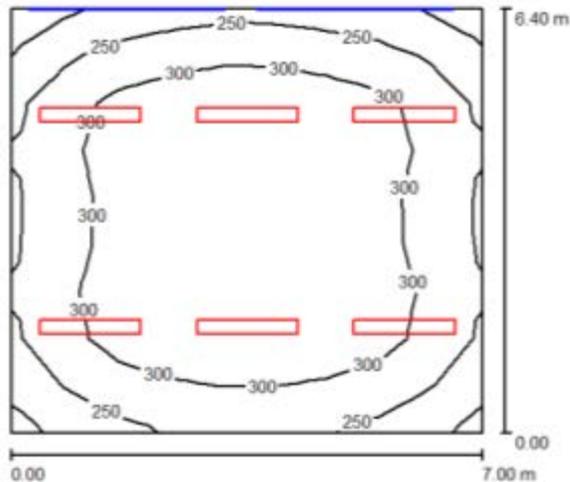
LEDs allumées inutilement
=
Gaspillage !

Les 3 fondements des économies en éclairage

3) Dimensionnement et planification adéquat
(concept, normes, confort visuel...)

Dimensionnement de l'éclairage

p.ex. Logiciel de calcul de niveau d'éclairement DIALUX



Puissance spécifique < 2,5 W/m²/100 lux

Hauteur de la pièce: 3.000 m, Hauteur de montage: 3.000 m, Facteur de maintenance: 0.85

Valeurs en Lux, Echelle 1:83

Surface	ρ [%]	E_{moy} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{moy}}$
Plan utile	/	296	199	356	0.672
Sol	20	251	170	304	0.676
Plafond	70	173	74	1066	0.429
Murs (4)	50	206	120	349	/

Plan utile:		UGR	En long-	En travers	vers l'axe de luminaire
Hauteur:	0.800 m	Mur gauche	19	15	
Trame:	9 x 9 Points	Mur inférieur	19	15	
Zone périphérique:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Attention:

- Utilisez des courbes photométriques des labos accrédités!
- Ne perdez pas de vue: Confort visuel, Facteur de maintenance, réflexions (%), uniformité, ombres, contrastes, zone périphérique,...

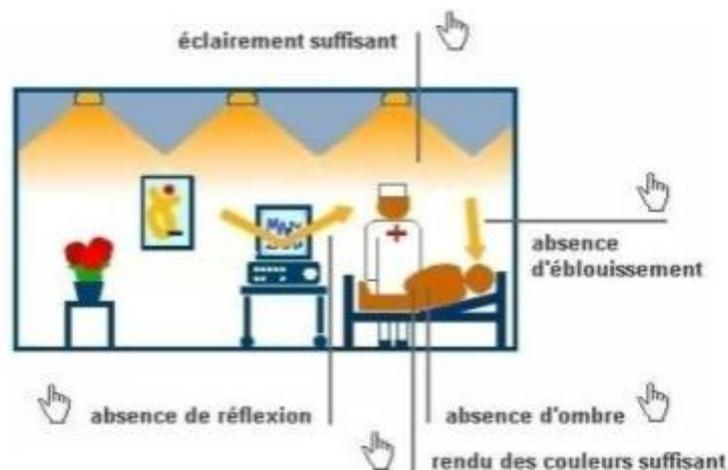
Eclairage fonctionnel

Dimensionnement adéquat !

EN 12464-1 « Lieux de travail intérieur »

A éviter situations d'inconfort visuel

(Eblouissement, contrastes, ...)

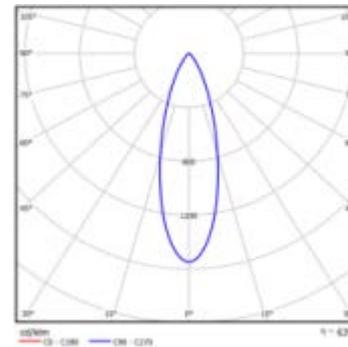
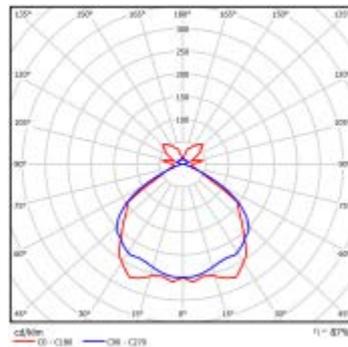
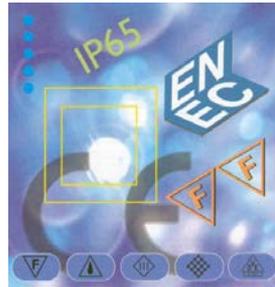
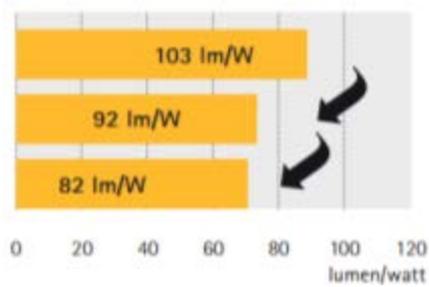


Les solutions d'aujourd'hui et de demain (à choisir en fonction des caractéristiques souhaitées)

Fluorescence

ou

LED



X

EN 12464-1

Conclusion pour l'optimisation de l'éclairage

Les 3 fondements des économies en éclairage

- 1) **Utilisation de sources lumineuses et de luminaires efficaces**
(et bien les entretenir!)
- 2) **Eteindre ou dimmer l'éclairage quand on n'en a pas besoin**
(de façon intelligente! Favorisez la lumière du jour !)
- 3) **Dimensionnement et planification adéquat**
(concept, normes, confort visuel ! ...)

A l'action !

Faites des économies !

Améliorez le confort visuel et la sécurité
dans votre société !

Il y a des subsides (**UREBA**) pour les audits en éclairage
et il y a des **primes énergie**
pour les travaux de rénovation:

<http://energie.wallonie.be>



Besoin d'aide? ... A votre service !

ingrid@odid.be



Cas pratiques

Questions/Réponses