

LP: Sources de rayonnement. Applications

Niveau : L3

Prérequis:

- Transfert thermique par rayonnement. Équilibre thermique radiatif. Notion de flux.
- Notion d'onde électromagnétique.
- Atome d'hydrogène, modèle de Bohr, nombres quantiques.
- Notion de densité d'état, gaz de photons, statistique de Bose-Einstein.
- Notion de semi-conducteur



Ampoule
de Type halogène



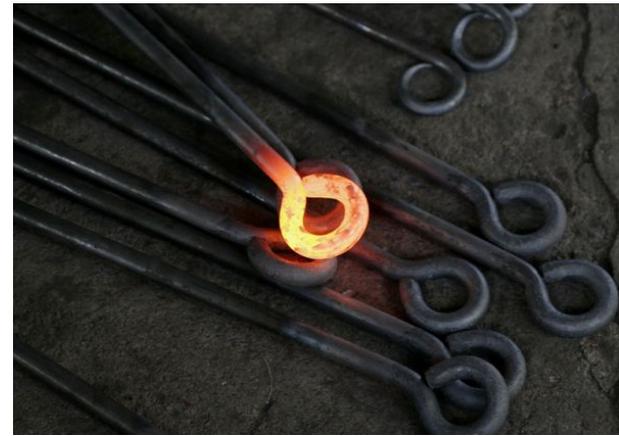
Ampoule
fluocompactes



Ampoule LED

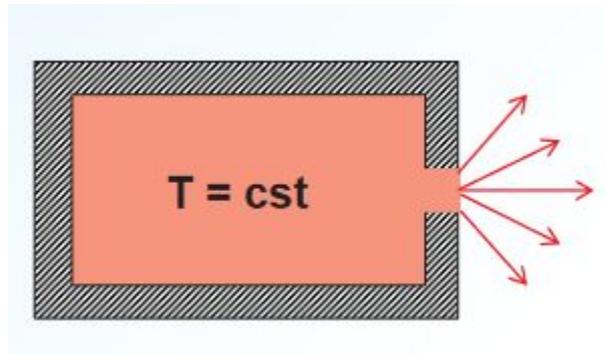
Laquelle choisir? Comment fonctionnent-elles?

Rayonnement thermique



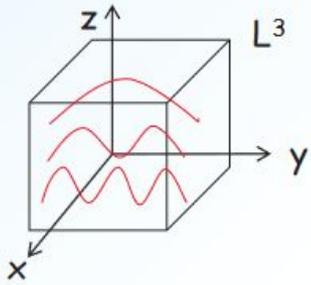
Hypothèses:

- enceinte de volume $V = L^3$
- corps opaque
- gaz de photons indépendants interagissant avec les parois
- équilibre thermique à T



Le corps noir absorbe toutes les radiations incidentes.

les modes électromagnétiques sont de la forme:

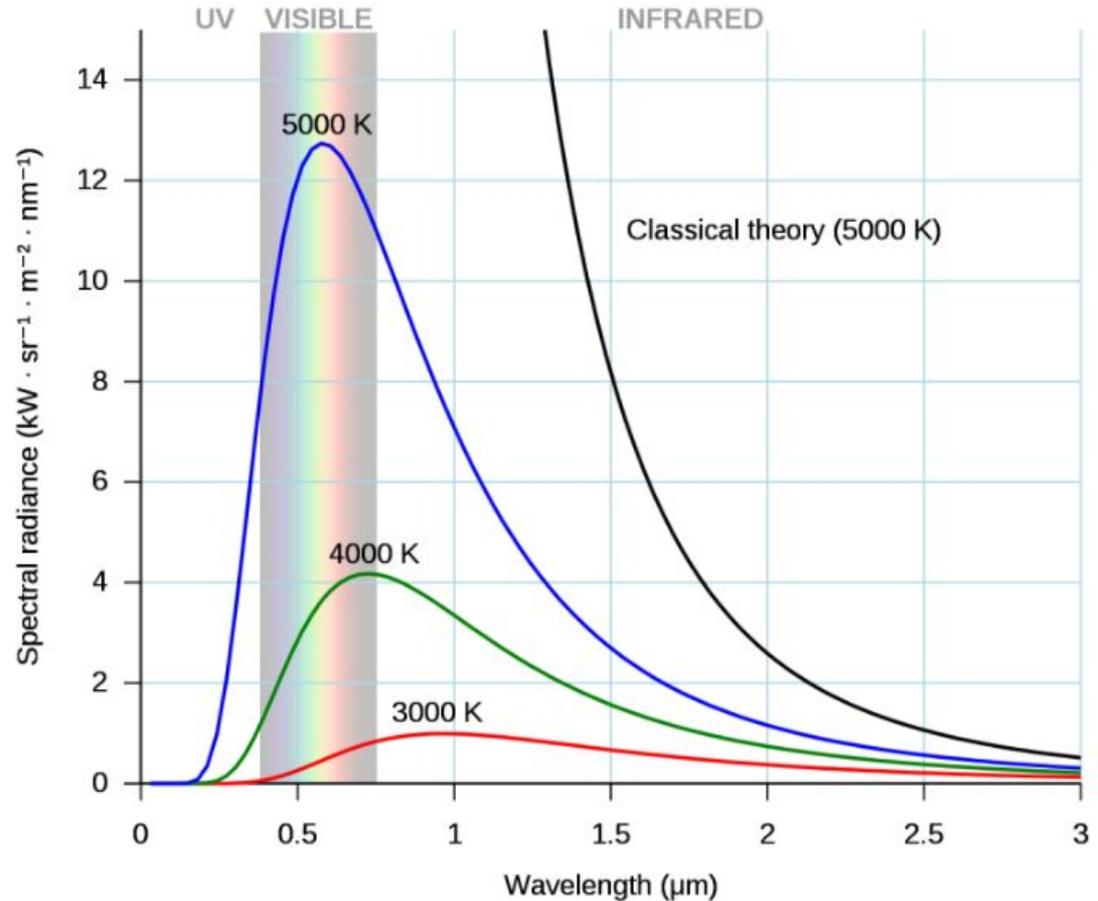
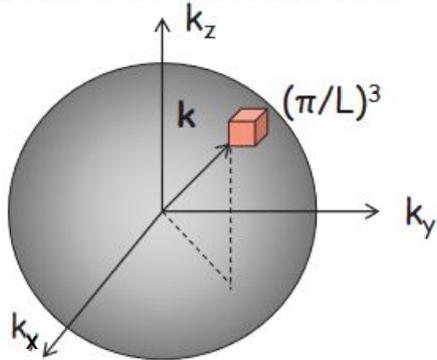


$$k_x = n_x \pi / L$$

$$k_y = n_y \pi / L$$

$$k_z = n_z \pi / L$$

Nombre de modes entre k et $k+dk$:



Loi de Planck pour différentes températures

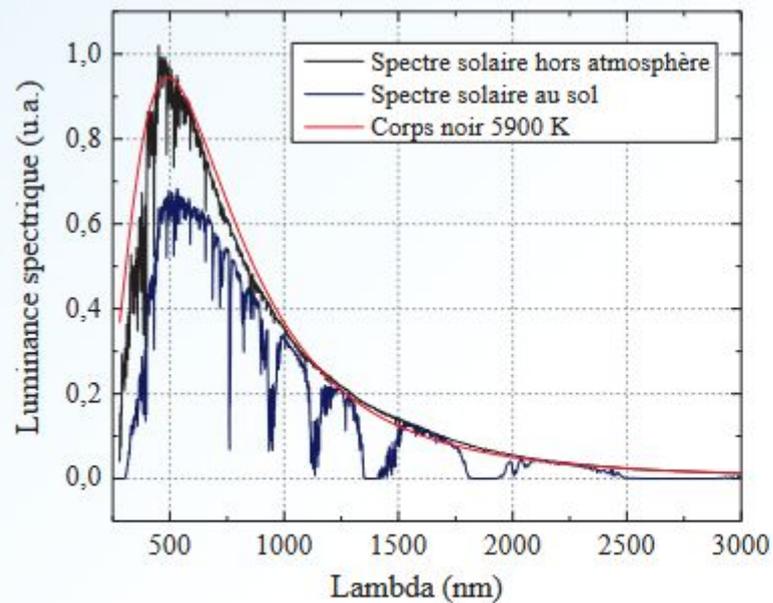


Fig. 1 : Spectre solaire (données ASTM¹)

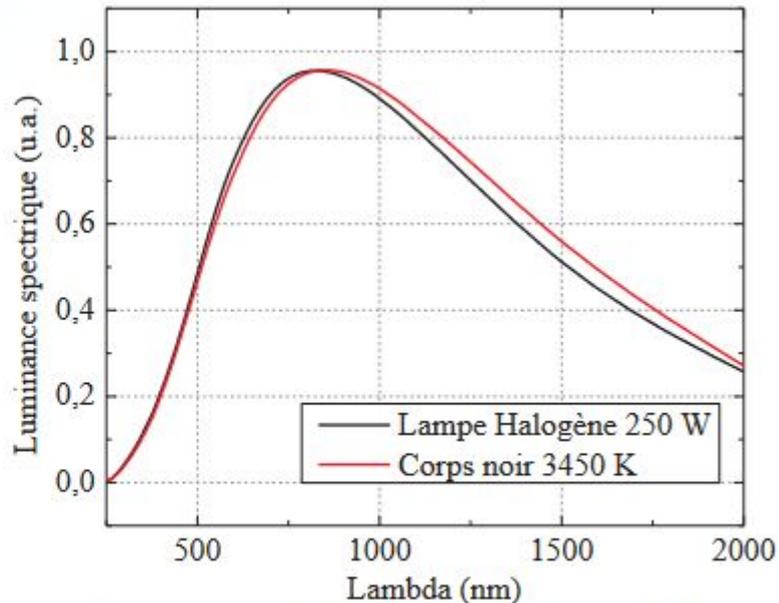
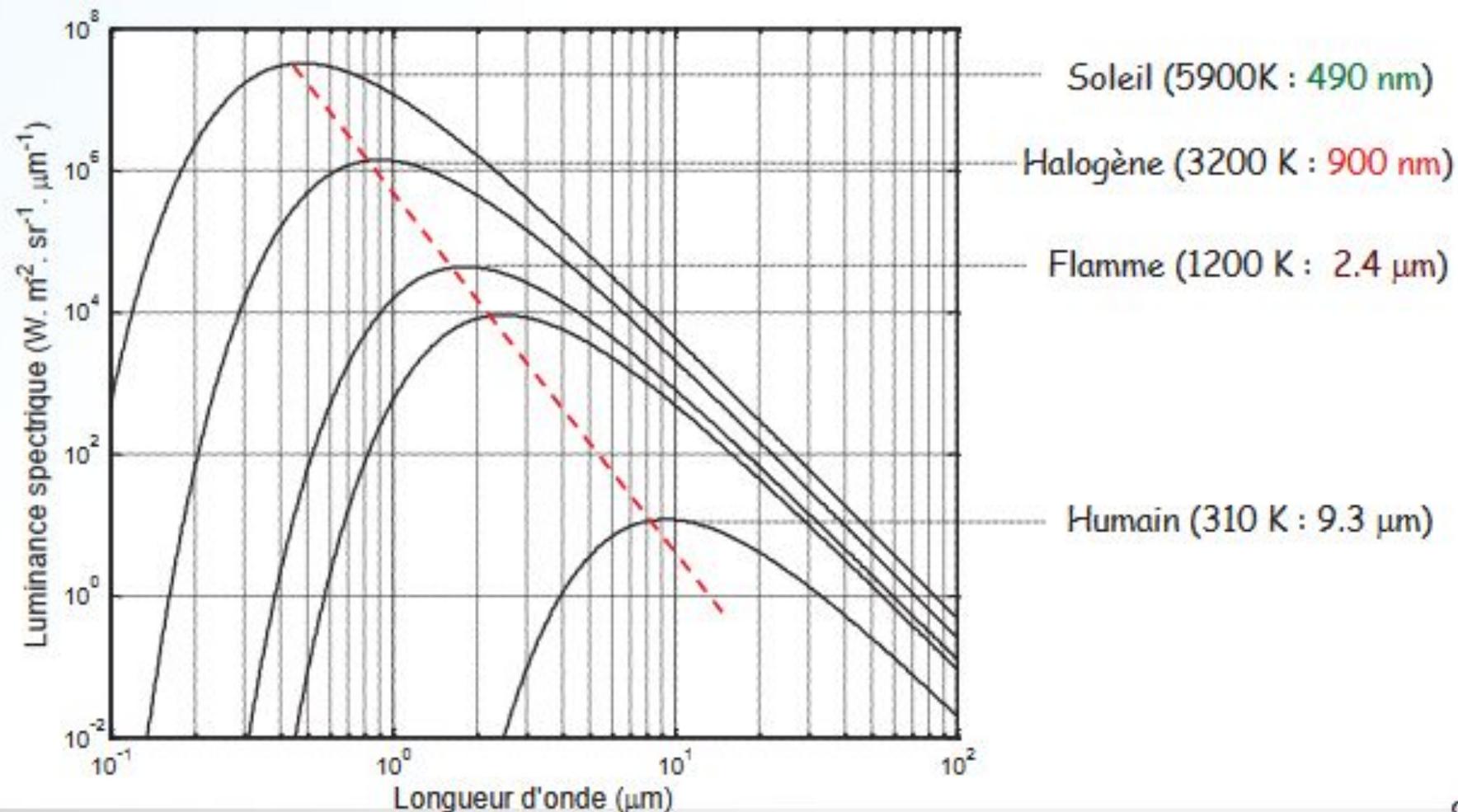
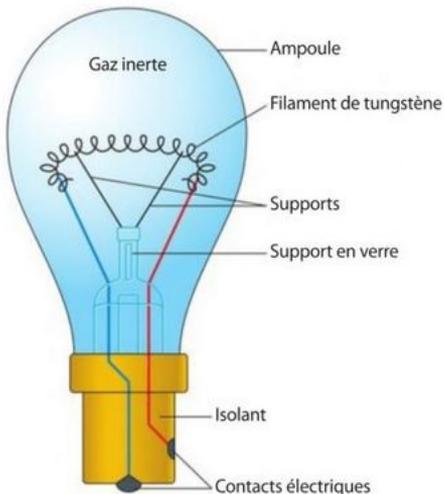


Fig. 2 : Spectre d'une lampe halogène 250 W et comparaison avec un corps noir à 3450 K



Loi de Wien

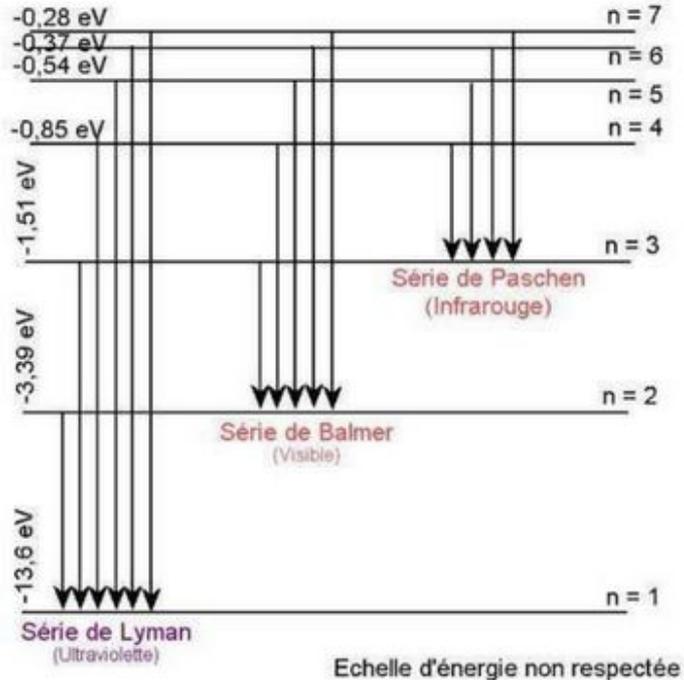




6 Schéma d'une ampoule à incandescence. Deux contacts électriques conduisent le courant dans le filament en tungstène. Très fragile, ce dernier est protégé par l'ampoule en verre.

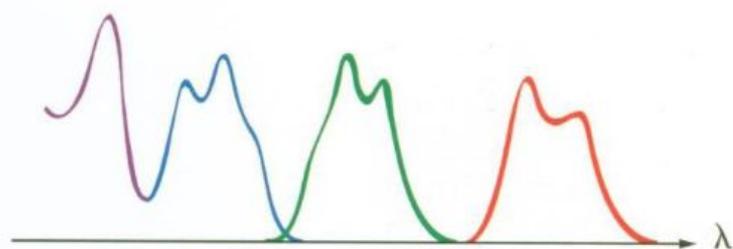
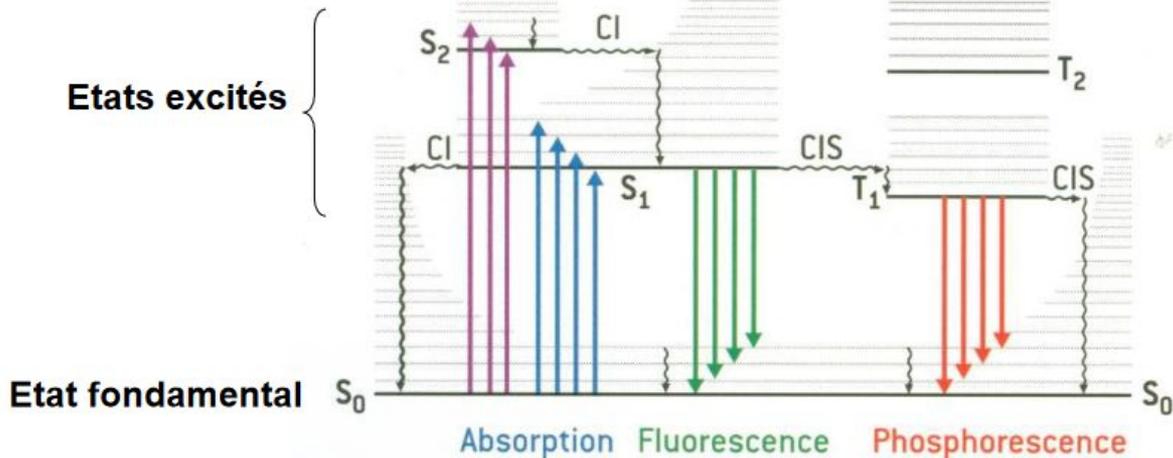
Technologie	Incandescence
Puissance (W)	40
Tension (V)	220-240
Dimmable	Oui
Culot	E27 (Ampoule à vis standard)
Couleur de Lumière (Kelvin)	2700K - Blanc Très Chaud
Code Couleur	927 - Blanc Très Chaud
Indice de Rendu des Couleurs (Ra)	90-99 - Excellent rendu des couleurs

Série de Balmer

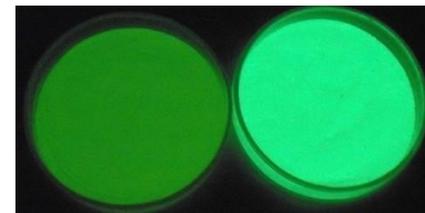


Nombre quantique de départ n	Longueur d'onde (nm)
3	656.3
4	486.1
5	434.0
6	410.1
7	397.00

Diagramme de Perrin-Jablonski



encre fluorescente



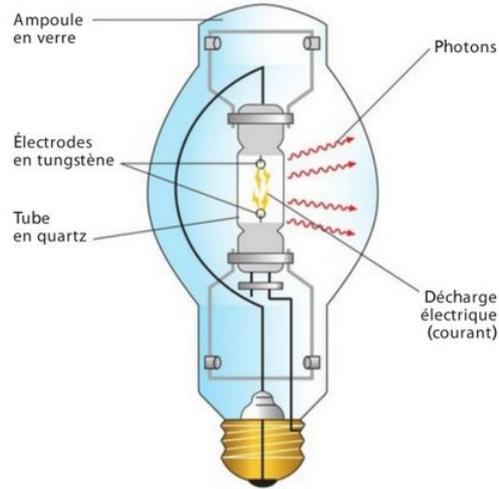
t=0s



t=4 min

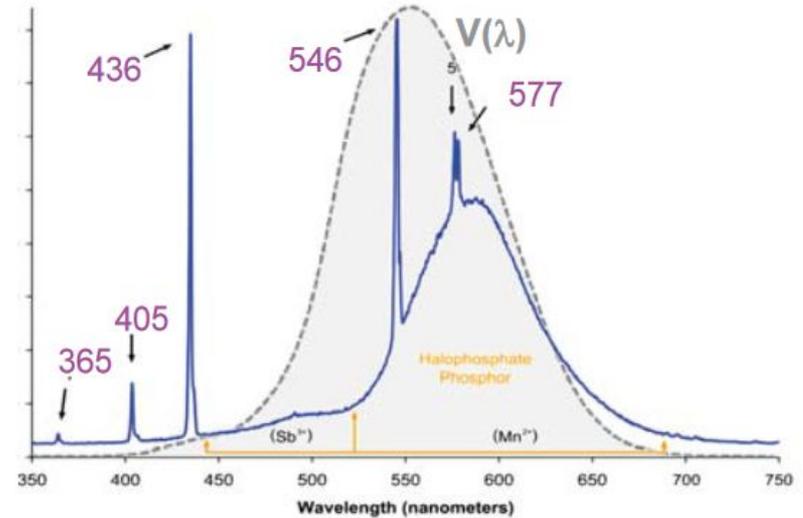
Pigments phosphorescents
ZnS et SrAl

CI Conversion Interne
CIS Croisement InterSystème



4 Dans une ampoule à décharge, une grande différence de potentiel provoque un courant d'électrons (une décharge) entre deux électrodes. Les atomes du gaz de l'ampoule sont excités lors des collisions avec les électrons, et se dés excitent en émettant de la lumière.

Puissance d'une lampe fluorescente (W)	Puissance d'une lampe classique à incandescence (W)	Flux lumineux (lm)
9	40	432
13	60	741
16	75	970
23	100	1398



Spectre d'ampoule fluo-compacte

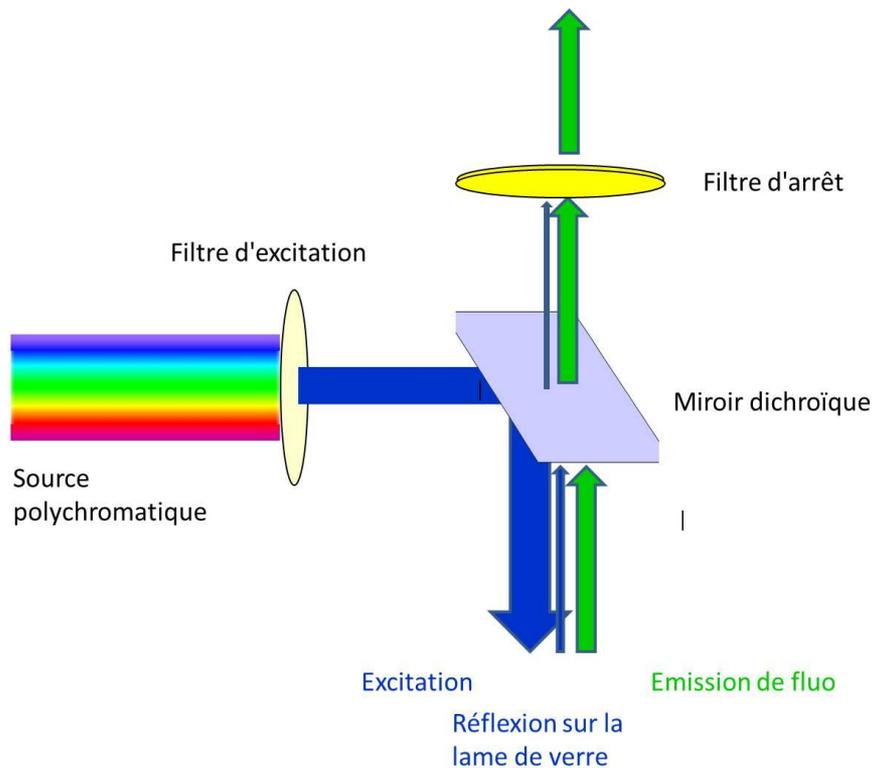
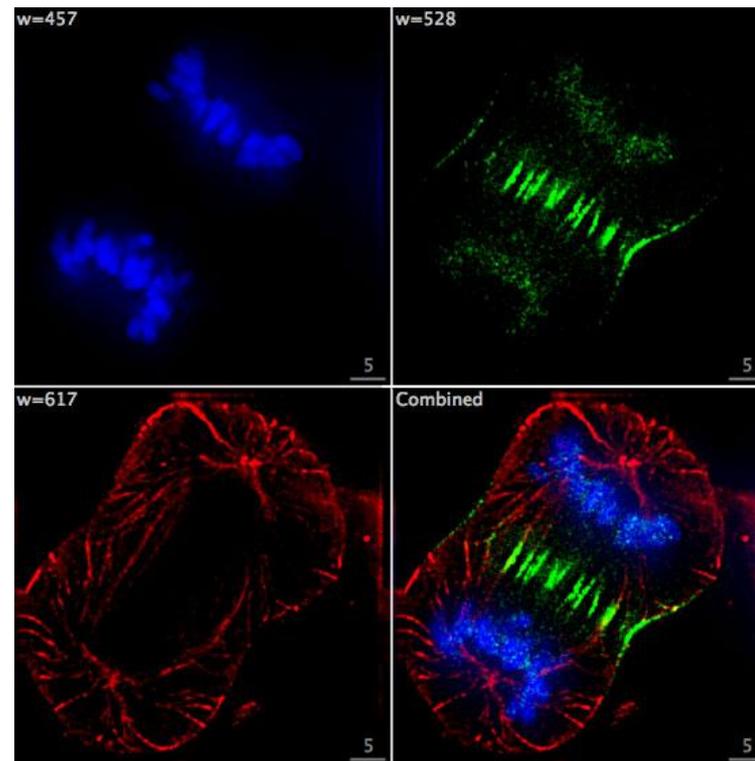


Schéma de principe d'un microscope à fluorescence



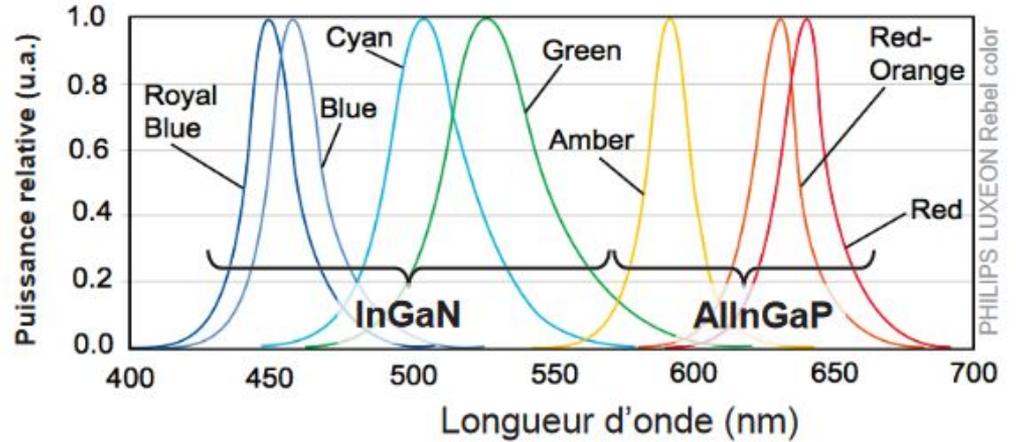
Images obtenues par microscopie à fluorescence

	E_g (eV)	λ (nm)
GaN	3.4	365
GaP	2.3	540
GaAs	1.4	860

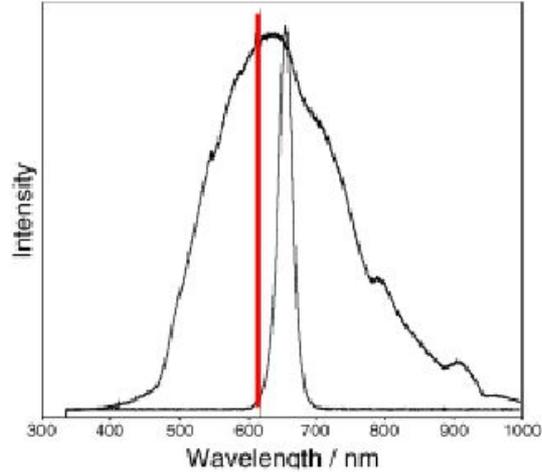
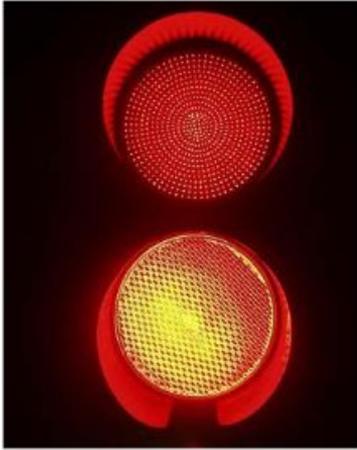
Énergies de gap et longueurs d'ondes d'émission correspondantes pour des semiconducteur au gallium.

Caractéristiques:

- Taille réduite (de quelques mm à quelques μm)
- Performances accrues : 100lm/W



Spectres de Diodes électro-luminescentes



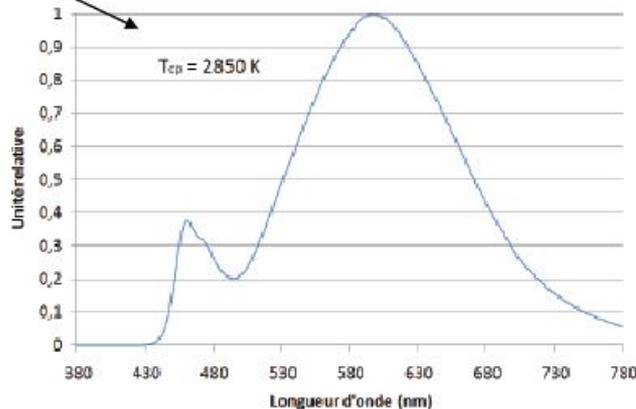
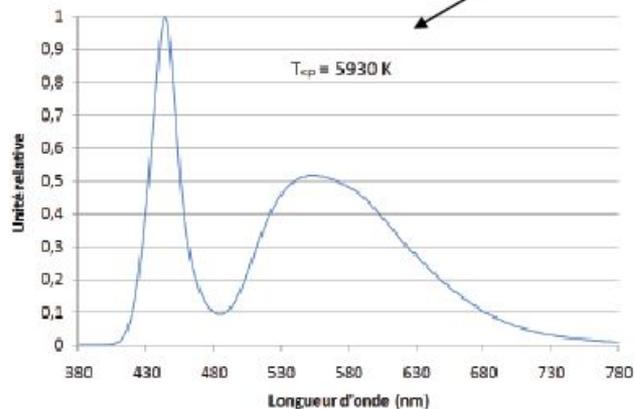
Comparaison LED/ampoule à incandescence (LED en haut, ampoule à incandescence en bas).

Tableau des performances et durées de vie:

	Durée de vie (h)	Performance (lm/W)
Incandescence	1000	10
Halogène	2000	20
Fluorescence	10000	50
LED	10000	100

Répartition spectrale de LEDs émettant différents blancs

Températures de couleur proximale



LED bleue (GaN)
+ luminophore jaune ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$)
Déficient en rouge



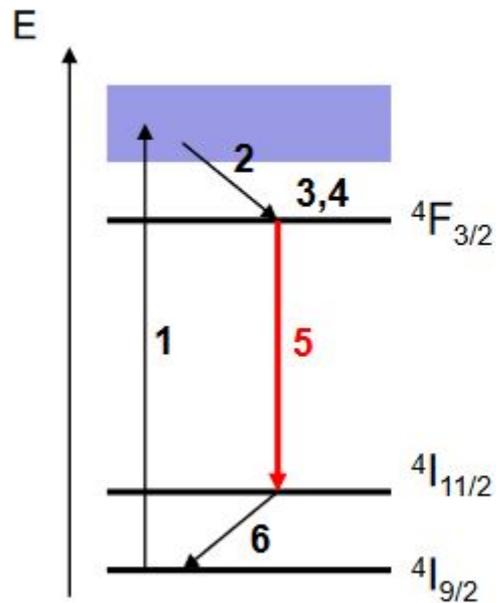
Blanc froid

+ luminophore rouge-orange



Blanc chaud

Systeme à 4 niveaux



1. Absorption de lumière blanche
2. Emission rapide non radiative vers $4F_{3/2}$
3. Durée de vie sur $4F_{3/2} \approx 10^{-4}$ s
4. Inversion de population
5. Emission stimulée vers $4I_{11/2}$
6. Retour rapide vers $4I_{9/2}$ maintient l'inversion de population

→ Finesse de raie

↓
*Radiation
monochromatique
10,600 Å*