

L'information : B – L'Image

EFREI L1

2011 – 2012

David Aubert

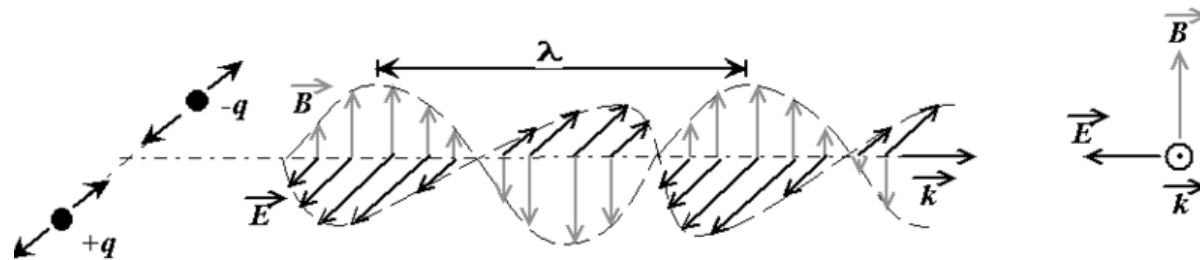
1. La Lumière

a) Nature de la lumière

- ⇒ **Lumière : rayonnement électromagnétique visible par l'œil**
- ⇒ **Dualité Onde – Corpuscule**
 - ⇒ **Mis en évidence par Einstein (1905)**
 - ⇒ **Généralisé aux particules matérielles par De Broglie (1924)**

⇒ **Onde :**

⇒ Électromagnétique (champ **E** et champ **B**)



⇒ Transverse

⇒ Vectorielle

⇒ Célérité v (dans le vide : $v = c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
dans un milieu donné : $v \leq c$)

⇒ Onde monochromatique : 1 seule fréquence f

⇒ Double périodicité : temporelle : ω, T, f
spatiale : k, λ, σ

$$\lambda = c T \quad c = \omega / k$$

$$\Rightarrow a(\mathbf{M}, t) = a_0 \cos(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r}) = a_0 e^{i(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r})}$$

⇒ Onde sphérique : $a(\mathbf{M}, t) = a_0/r e^{i(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r})}$

⇒ **Corpuscule :**

⇒ Photons : « grain indivisibles » de lumière

⇒ Masse : $m = 0$

⇒ Vitesse : v

⇒ Énergie : $E = h f = h v$

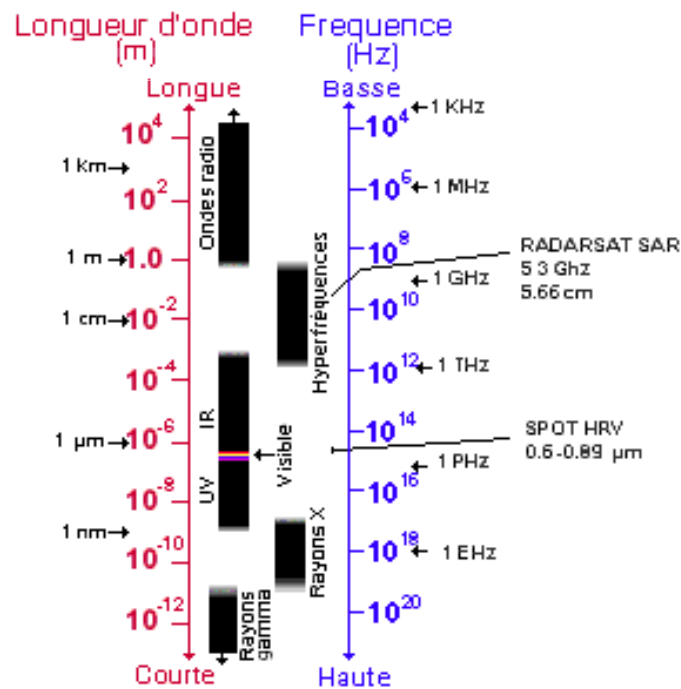
h : constante de Planck

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

b) Domaines Spectraux

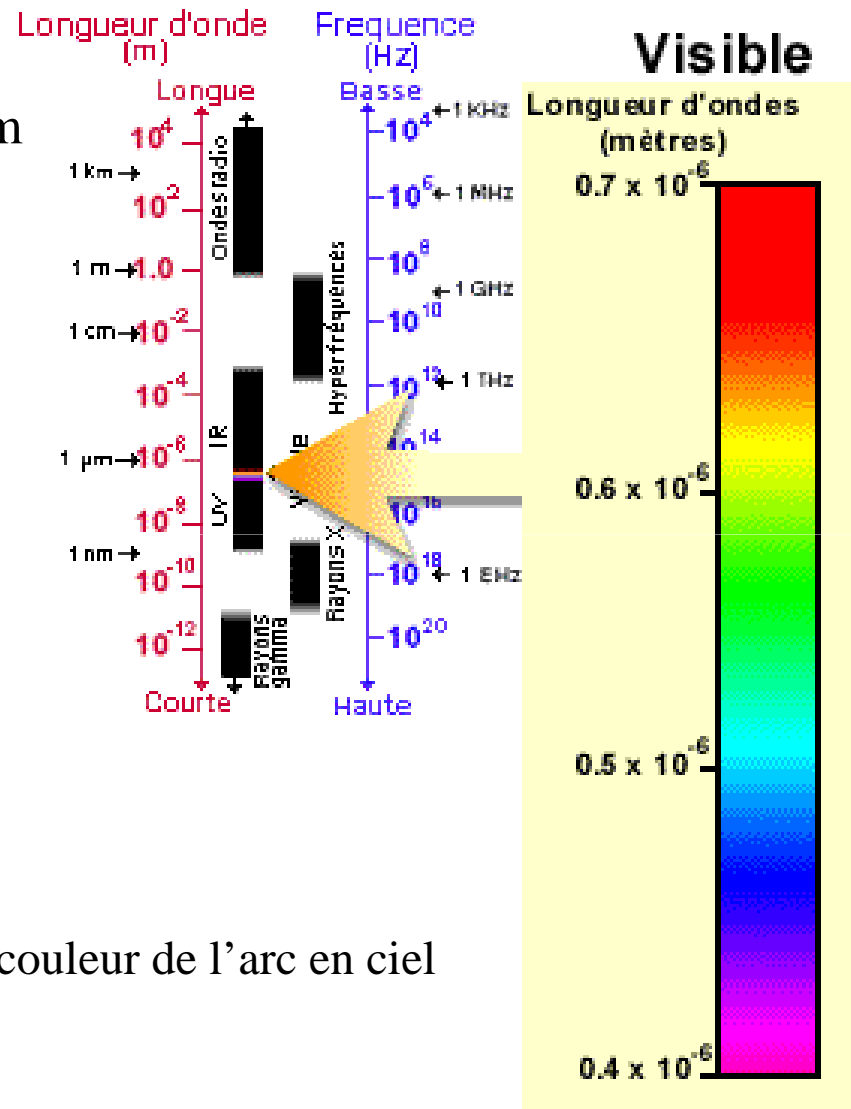
- ⇒ **Analyse de Fourier** : toute onde électromagnétique peut être décomposée comme la superposition d'ondes monochromatiques
- ⇒ Délimitation des rayonnements EM en fonction de leur fréquence f , longueur d'onde λ , énergie E

$$E = h f = h c / \lambda$$



⇒ **Lumière visible :**

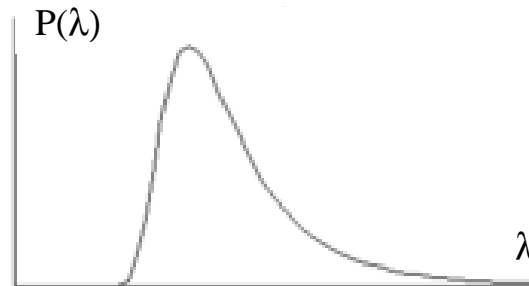
$$400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$$



⇒ 1 fréquence visible \longleftrightarrow 1 couleur de l'arc en ciel

c) Énergies lumineuses

- ⇒ **Puissance \mathcal{P}** : puissance totale émise par une source
 - ⇒ dans toutes les directions
 - ⇒ dans toutes les longueurs d'onde λ
 - ⇒ Unité : W
- ⇒ **Densité de puissance $P(\lambda)$** : puissance émise pour λ donnée
 - ⇒ Unité : W.m⁻¹

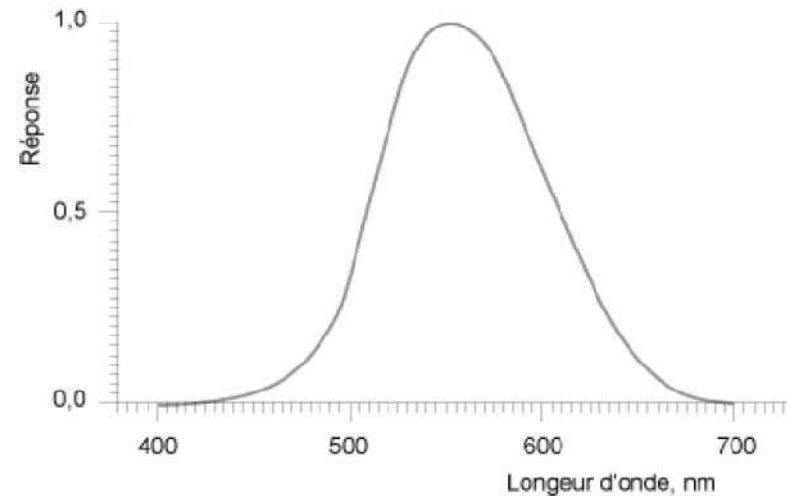


$$\mathcal{P} = \int_0^{+\infty} P(\lambda) d\lambda$$

⇒ Tous les rayonnements ne sont pas perceptibles par l'œil

⇒ **Sensibilité de l'œil :**

$S(\lambda)$: courbe de sensibilité de l'œil normalisée



⇒ **Flux lumineux :** puissance lumineuse émise, rapportée à la sensibilité de l'œil

$$\Rightarrow F = K_M \int_0^{+\infty} P(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

⇒ Unité : Lumen (lm)

⇒ $K_M = 683 \text{ lm/W}$

⇒ Efficacité lumineuse : $k = \frac{F}{\mathcal{P}}$

⇒ $0 \leq k \leq 683 \text{ lm/W}$

⇒ Soleil : $k = 93 \text{ lm/W}$

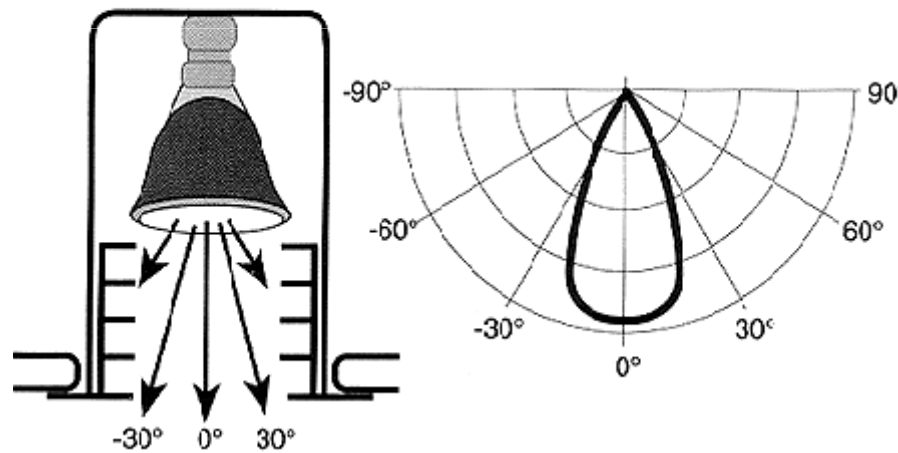
⇒ **Éclairement** : flux lumineux par unité de surface

⇒ Unité : lux (lx) $1\text{lx} = 1\text{ lm.m}^{-2}$

⇒
$$E = \frac{F}{S}$$

⇒ **Intensité lumineuse** : flux lumineux émis dans une direction

⇒ Unité : candela (cd) $1\text{ cd} = 1\text{ lm.sr}^{-1}$



2. Propagation de la lumière

(aspect ondulatoire)

a) Principe de Fermat

Pour aller d'un point A à un point B, le trajet effectivement suivi par la lumière est celui pour lequel le temps de parcours est extremum (minimum ou maximum)

- ⇒ **Le trajet pour aller de A à B est le même que pour aller de B à A (principe de retour inverse)**
- ⇒ **Dans un milieu homogène, la lumière va tout droit (propagation rectiligne)**

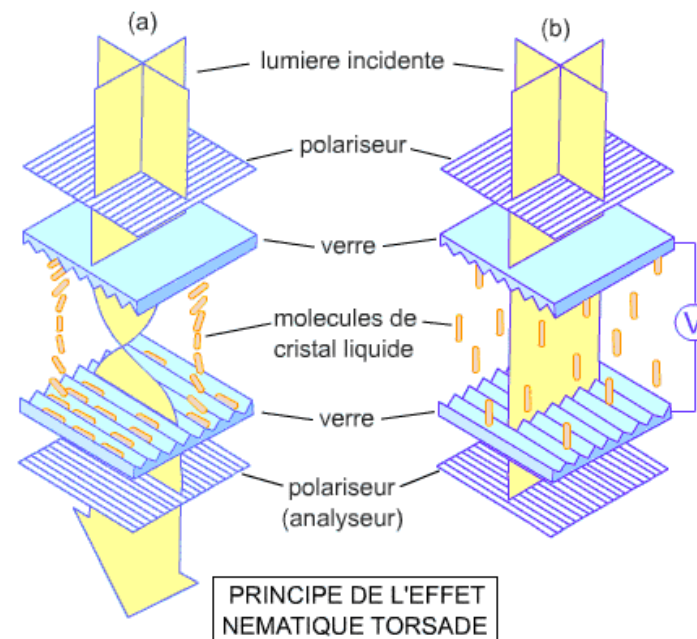
b) Propagation dans un milieu

⇒ **Indice optique :** $n = \frac{c}{v}$
($n \geq 1$)

Air	1	Verre	1,52 (1,5 à 2)
Eau	1,33	diamant	2,42

⇒ Milieu transparent : pas d'absorption

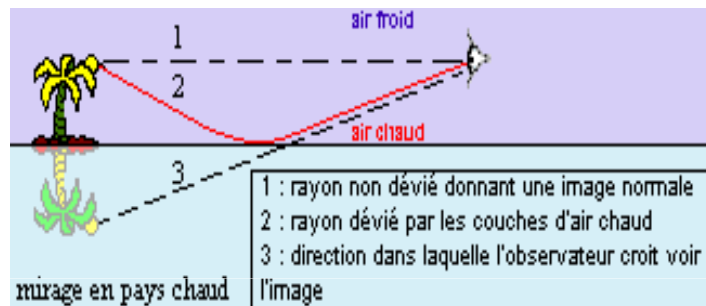
⇒ Milieu isotrope : n indépendant de la direction de propagation
(milieu anisotrope : cristaux liquides)



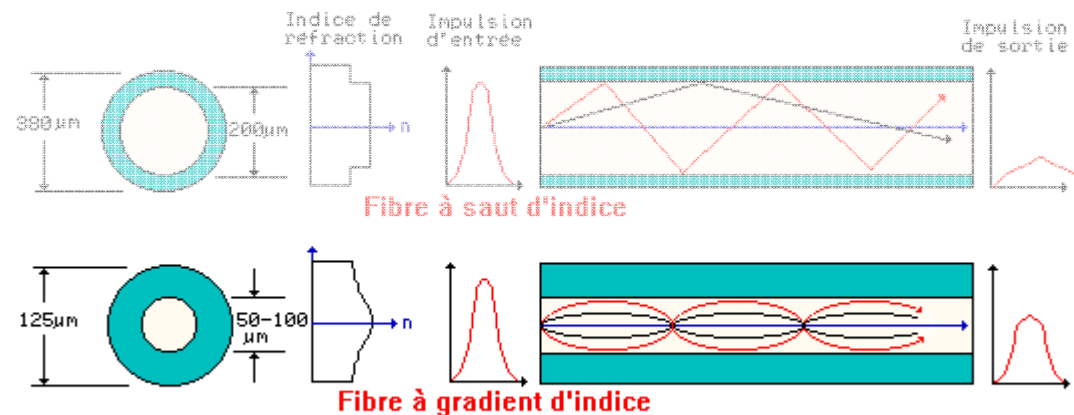
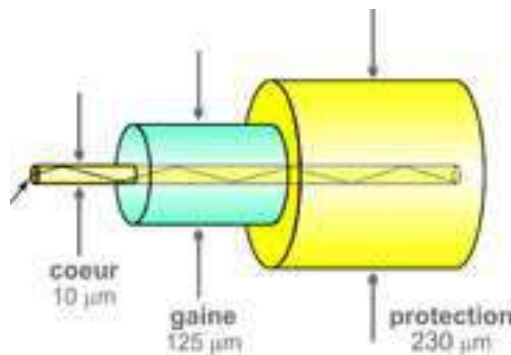
⇒ Milieu homogène : n uniforme

⇒ Milieu inhomogène : propagation non rectiligne

⇒ Mirage

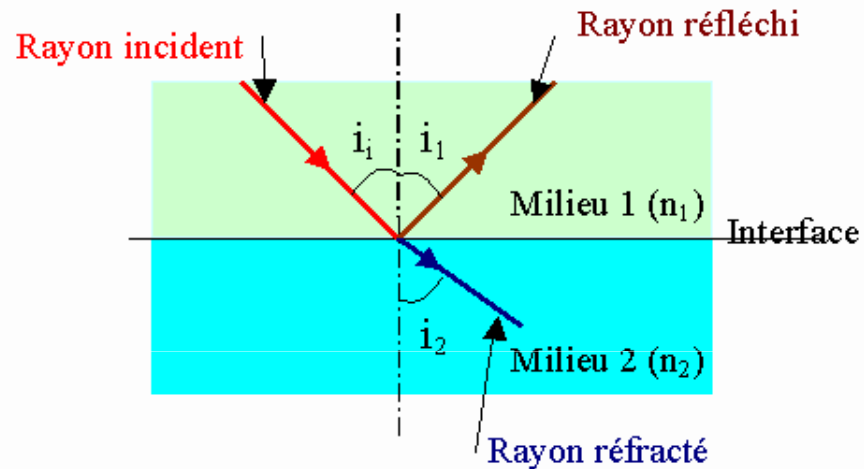


⇒ fibre optique à gradient



c) Lois de Snell – Descartes

⇒ **dioptre** : surface séparant 2 milieux homogènes isotropes d'indices différents



Réflexion :

$$r = i_1$$

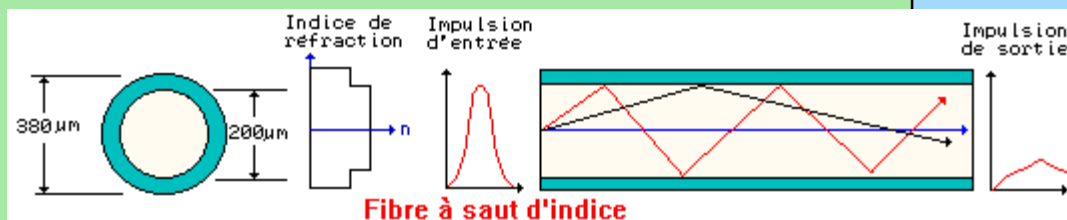
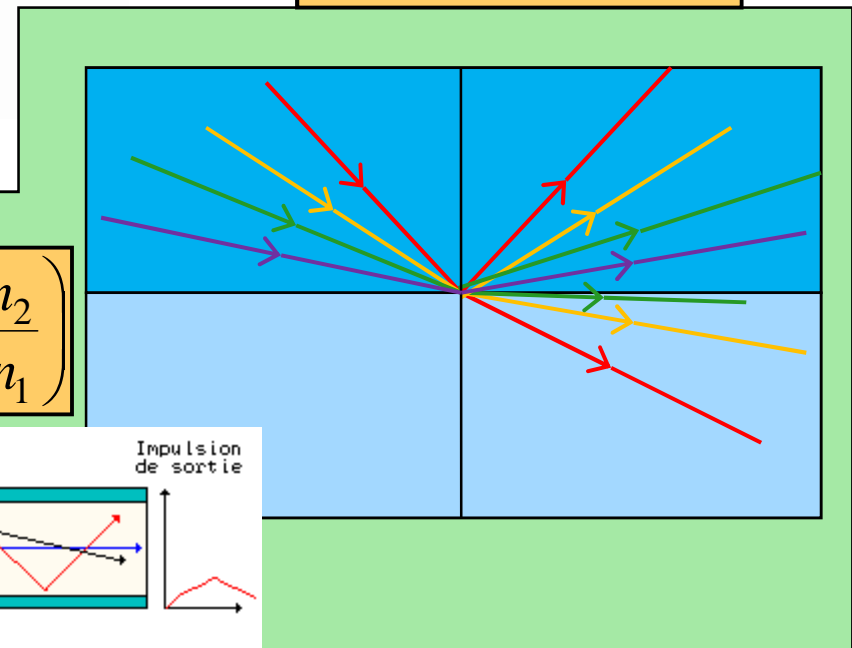
Réfraction :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

⇒ $n_1 < n_2 \Rightarrow i_2 < i_1$

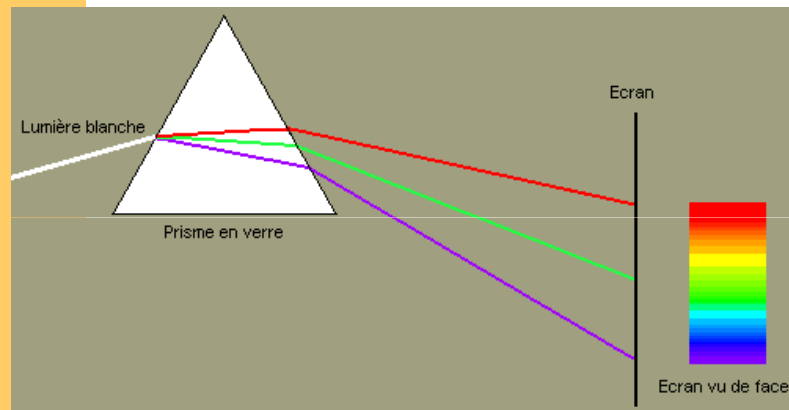
⇒ $n_1 > n_2 \Rightarrow i_2 > i_1$

$$i_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$



⇒ **Dispersion : réfraction vers un milieu dispersif**

$$\Rightarrow n_2(\lambda) \Rightarrow i_2(\lambda)$$

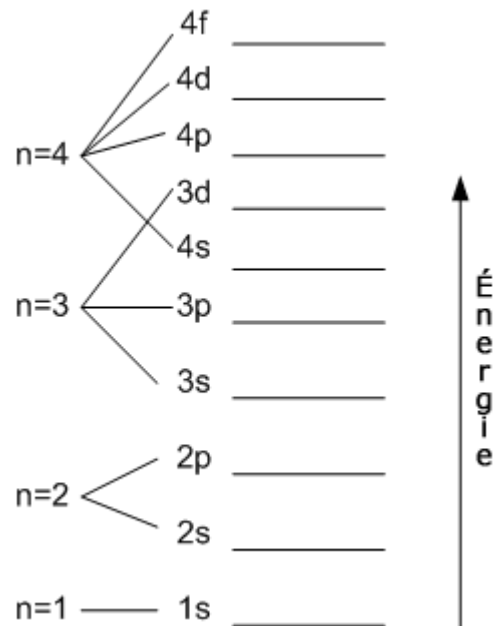


3. Emission de la lumière

(aspect corpusculaire)

a) Luminescence

- ⇒ Emission d'un photon lors d'une transition électronique
 - ⇒ Energie quantifiée au niveau atomique

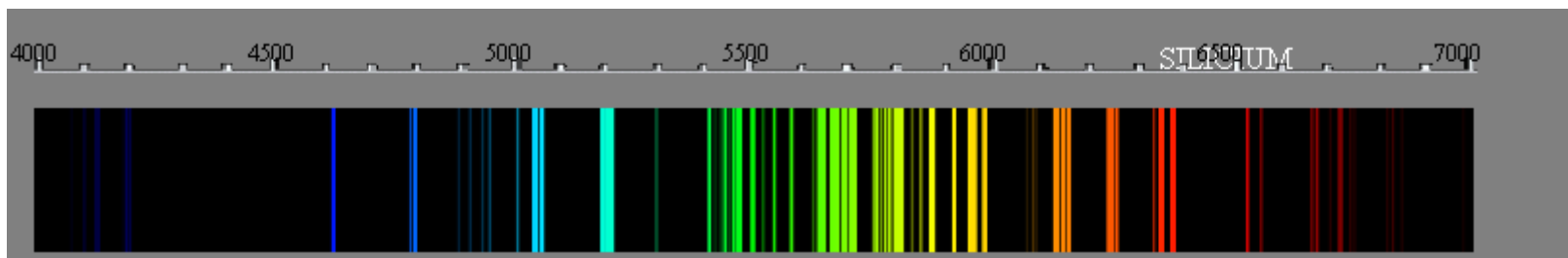
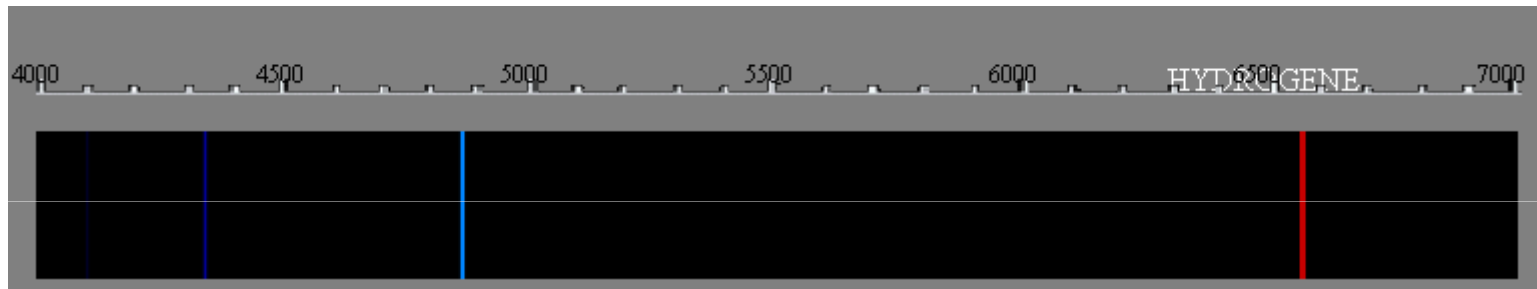


⇒ **Molécule :**

⇒ Transitions électroniques atomiques

⇒ Vibrations / Rotations moléculaires

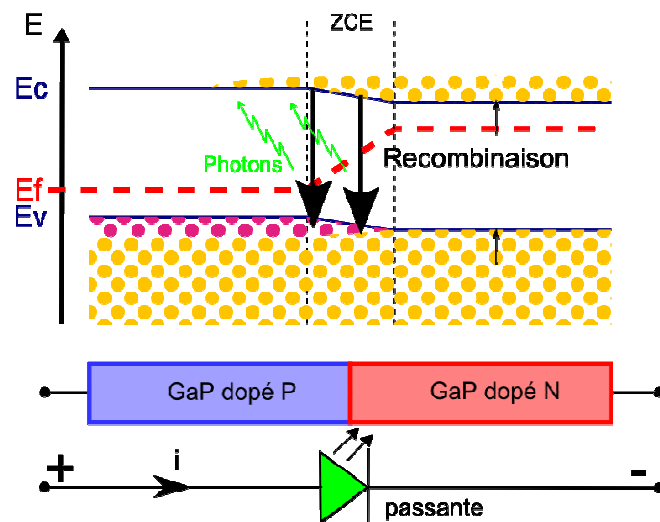
⇒ Spectre d'émission sous formes de raies caractéristique de la molécule



⇒ Principe de la spectroscopie

⇒ Electroluminescence :

- ⇒ Emission d'un photon lors de la recombinaison d'une paire électron-trou dans un semi-conducteur à gap direct
- ⇒ Diodes Électroluminescentes



Zone du spectre électromagnétique	Longueur d'onde λ (nm)	Tension directe V_f (V) ⁽¹⁾	Semi-conducteurs utilisés
Infrarouge	$\lambda > 700$	$V_f < 2,5$	arséniure de gallium aluminium (AlGaAs) arséniure de gallium (GaAs) phosphore arséniure de gallium indium (InGaAsP)
Rouge	$610 < \lambda < 700$	$1,5 < V_f < 2$	phosphore aluminium gallium indium (AlGaInP) arséniure de gallium aluminium (AlGaAs) arséniure phosphore de gallium (GaAsP) phosphore de gallium (GaP)
Orange	$590 < \lambda < 610$	$2 < V_f < 2,5$	phosphore aluminium gallium indium (AlGaInP) arséniure phosphore de gallium (GaAsP) phosphore de gallium (GaP)
Jaune	$570 < \lambda < 590$	$1,5 < V_f < 2$	phosphore aluminium gallium indium (AlGaInP) arséniure phosphore de gallium (GaAsP) phosphore de gallium (GaP)
Vert	$500 < \lambda < 570$	$1,5 < V_f < 2$	nitride de gallium indium (InGaN) phosphore de gallium (GaP) phosphore aluminium gallium indium (AlGaInP)
Bleu	$450 < \lambda < 500$	$2,5 < V_f < 4$	nitride de gallium indium (InGaN) séléniure de zinc (ZnSe) carbure de silicium (SiC)
Violet	$380 < \lambda < 450$	$3 < V_f < 5$	nitride de gallium indium (InGaN) nitride gallium (GaN)
Ultraviolet	$\lambda < 380$	$3 < V_f < 5$	nitride de gallium indium (InGaN) nitride gallium aluminium (AlGaIn) nitride gallium (GaN) nitride aluminium gallium indium (AlGaInN) nitride aluminium (AlN)
Blanc		$3 < V_f < 5$	Idem que le bleu ou l'ultraviolet

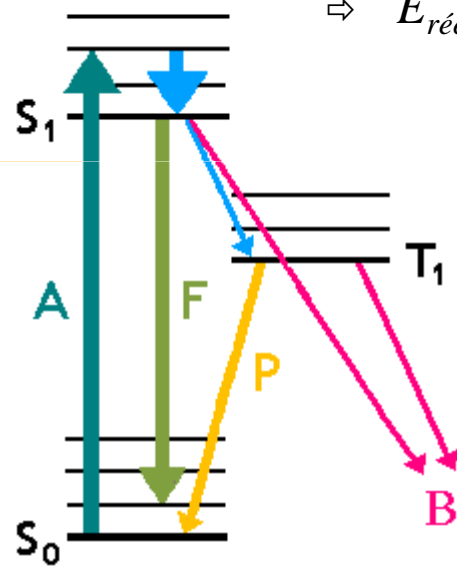
⇒ **Fluorescence :**

⇒ Emission de lumière à une certaine longueur d'onde après absorption d'une lumière à une autre longueur d'onde

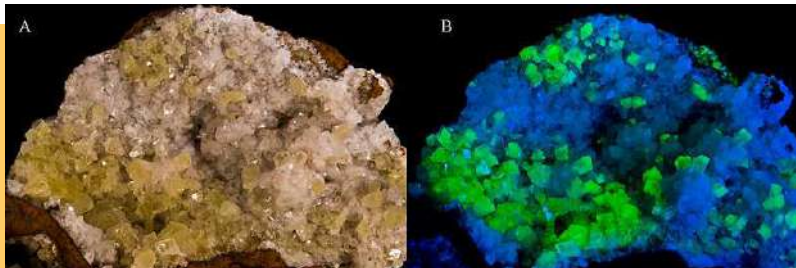
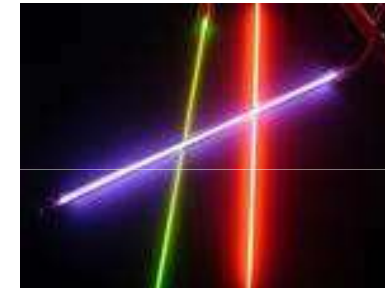
⇒ Fluorescence : réémission quasi-instantanée

⇒ Phosphorescence : réémission sur une certaine durée

⇒ $E_{\text{réemise}} < E_{\text{absorbée}} \Rightarrow \lambda_{\text{réemise}} > \lambda_{\text{absorbée}}$

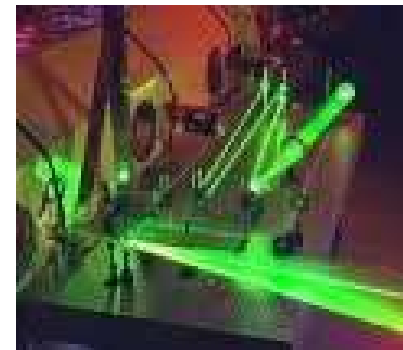
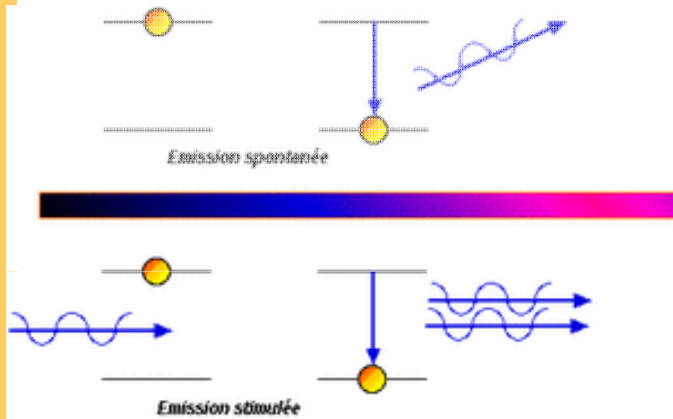


- ⇒ Tubes fluorescents
- ⇒ Lampes fluocompactes
- ⇒ LEDs blanches



- ⇒ **Emission stimulée** : sous l'action d'un photon incident, un atome excité se désexcite en émettant un 2nd photon possédant les mêmes caractéristiques que le 1^{er}
- ⇒ Lumière unidirectionnelle, intense, monochromatique

⇒ LASER



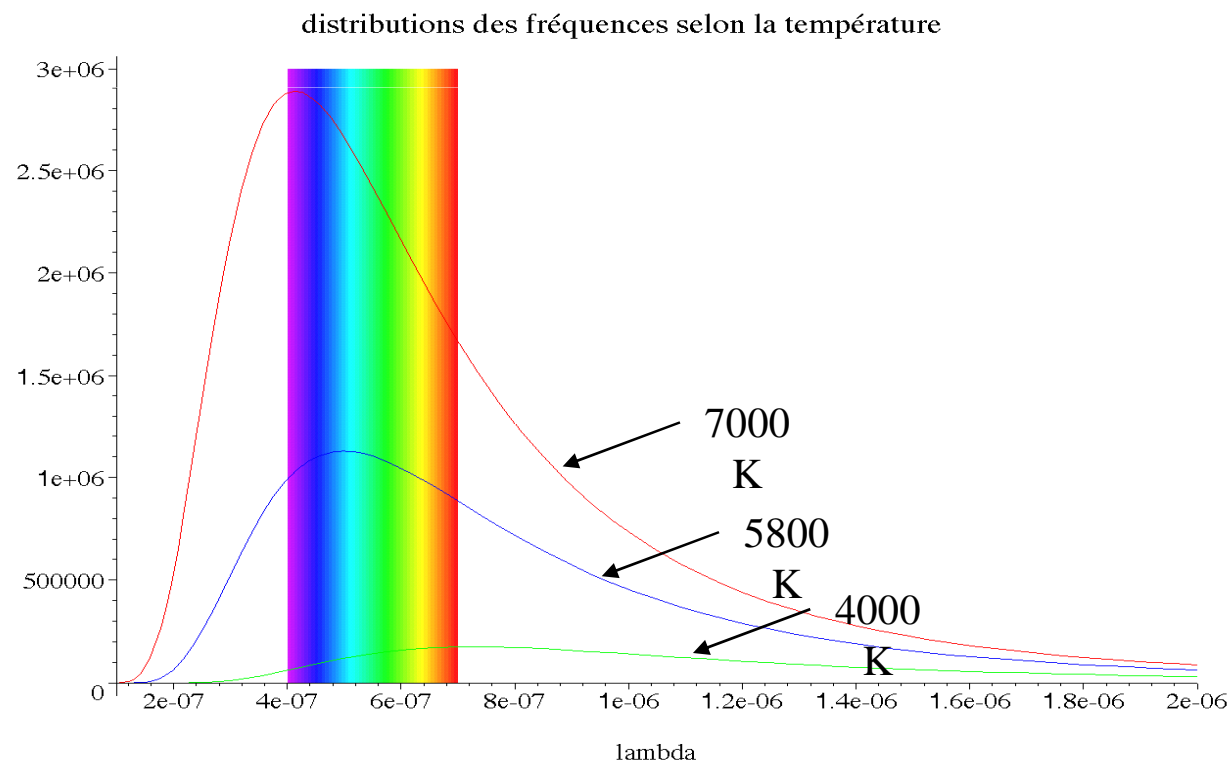
b) Incandescence

⇒ **Tout corps porté à une certaine température T émet un rayonnement électromagnétique**

⇒ Loi du corps noir :

$$M(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda k_B T} - 1}$$

$M(\lambda)$: émittance : densité de puissance rayonnée par unité de surface ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

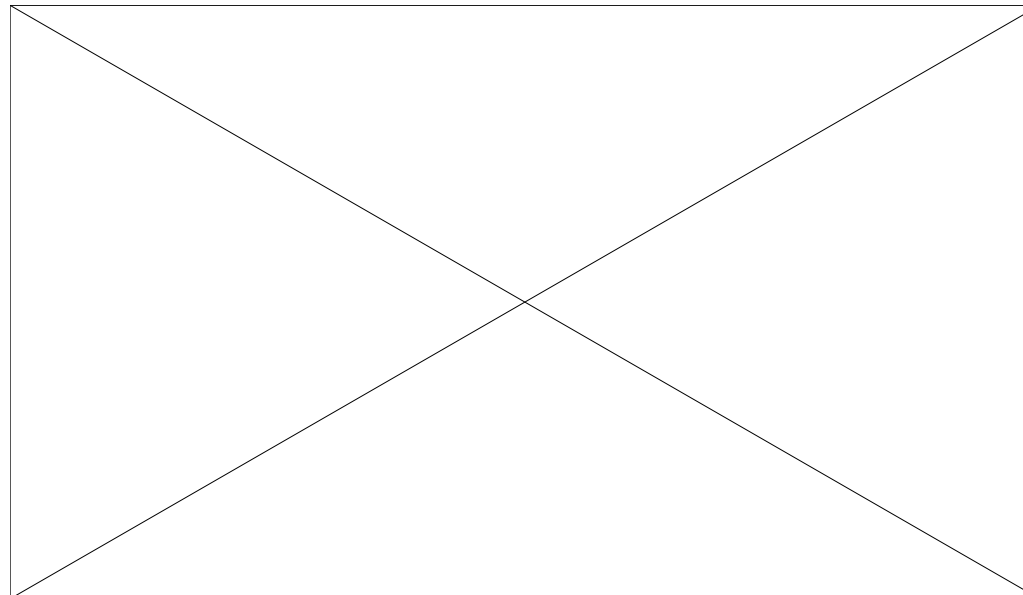


⇒ **Loi de Wien** : donne la longueur d'onde d'émission principale

$$\lambda_{\max} T = \text{cste} = 2,898.10^{-3} \text{ K.m}$$

⇒ **Loi de Stefan-Boltzman** : donne la puissance émise par unité de surface dans toutes les longueurs d'ondes

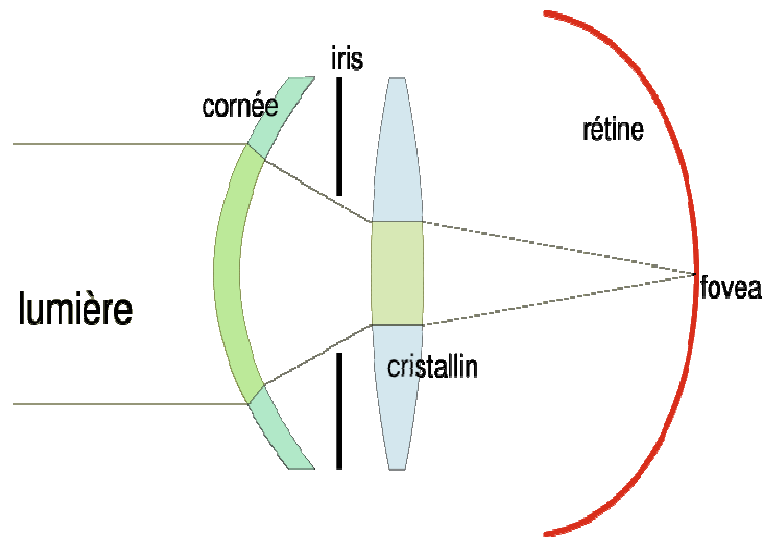
$$M_0(T) = \sigma.T^4 = \int_0^{+\infty} M(\lambda) d\lambda$$



4. Les Couleurs

a) L'Œil

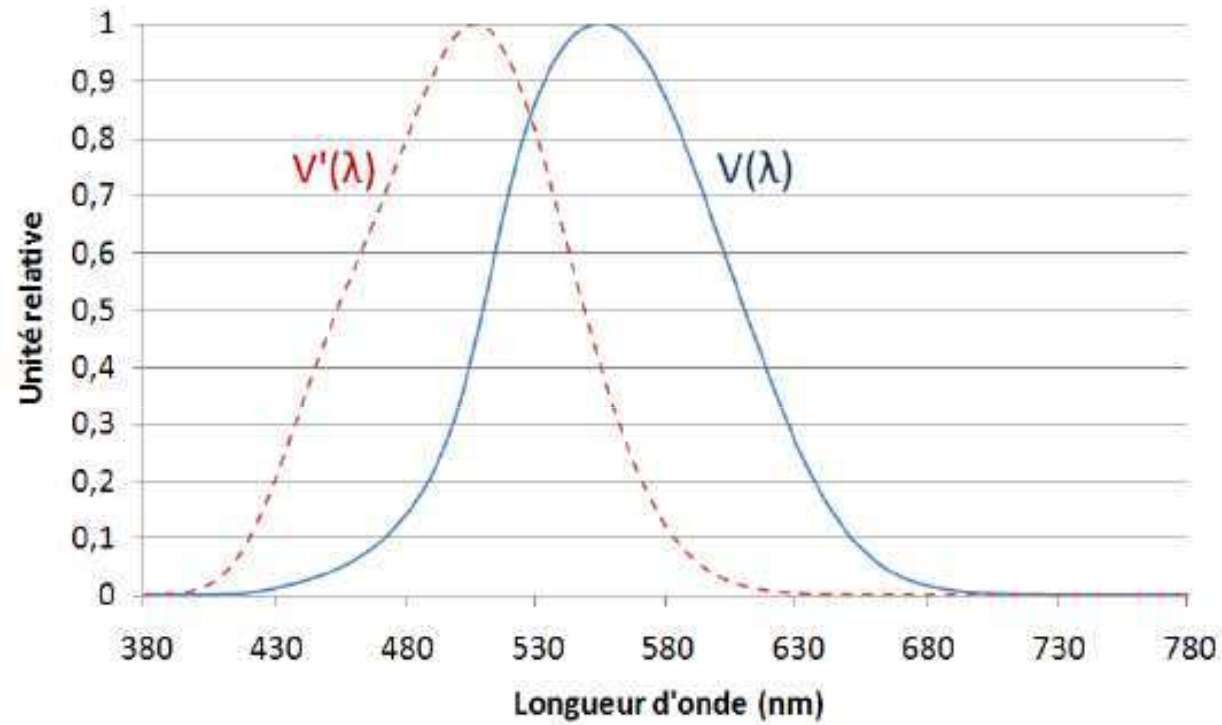
⇒ Schéma simplifié de l'œil :



⇒ **Rétine :**

- ⇒ constituée de cellules photoréceptrices
- ⇒ Envoie l'information au cerveau via le nerf optique
- ⇒ Bâtonnets (~120 millions)
Vision nocturne en noir et blanc
- ⇒ Cônes (~5 millions)
Vision diurne en couleurs

⇒ **Efficacité lumineuse de l'œil :**

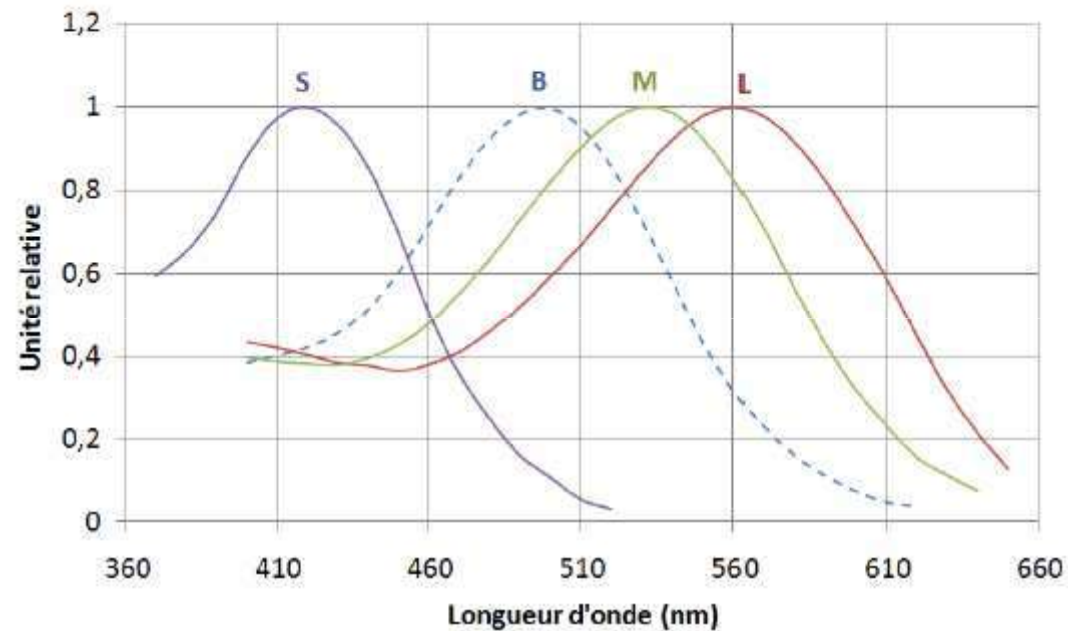


⇒ $V(\lambda)$: vision photopique (diurne)

⇒ $V'(\lambda)$: vision scotopique (nocturne)

⇒ **Vision de la couleur :**

⇒ Dû aux 3 types de cônes : S, M, L



Sensibilité spectrale des 3 types de cônes
et des bâtonnets.

1 couleur \longleftrightarrow **réponse combinée des cônes S, M et L**

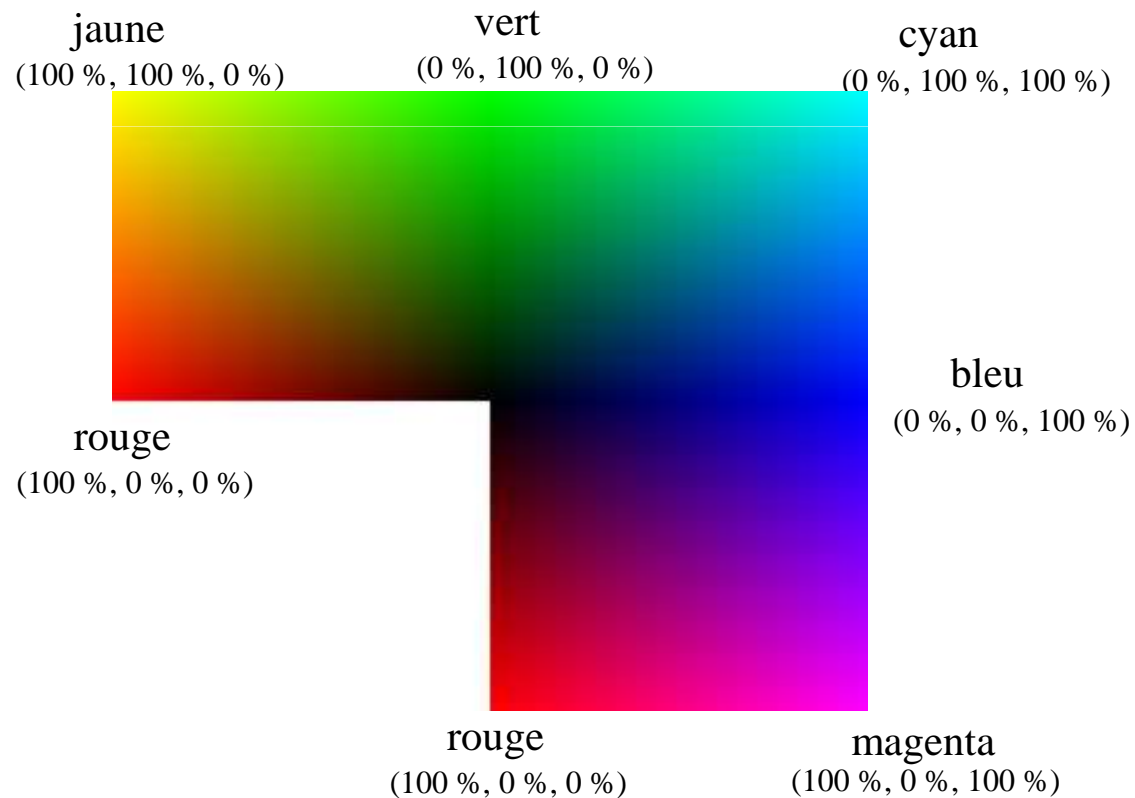
b) Modélisations de la couleur

⇒ Système RVB (RGB) :

⇒ 3 couleurs primaires correspondant aux 3 cônes S, M, L

↪ Rouge ↪ Vert ↪ Bleu

⇒ Couleur définie par sa décomposition RGB



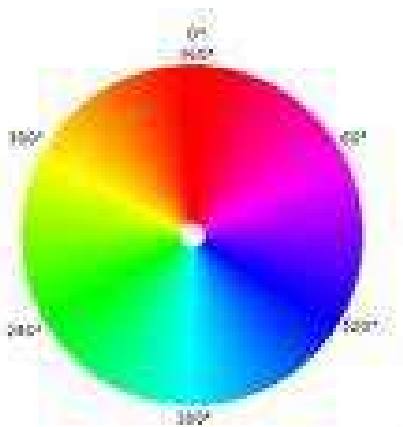
⇒ **Système TSL:**

⇒ Couleur définie par :

⇒ Teinte ⇒ Saturation ⇒ Luminance



Quelques teintes



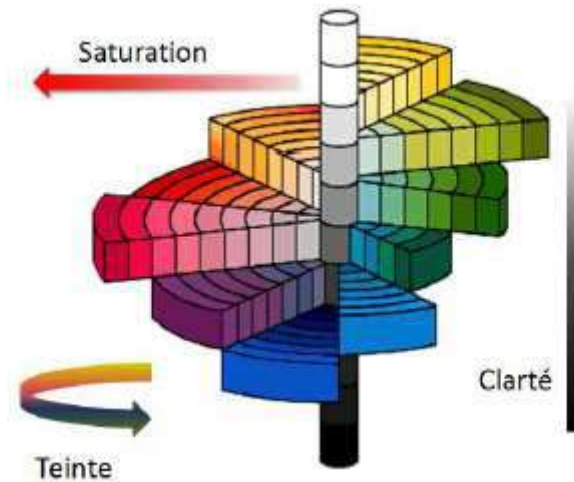
Cercle chromatique



Saturation d'une teinte jaune



Luminance décroissante



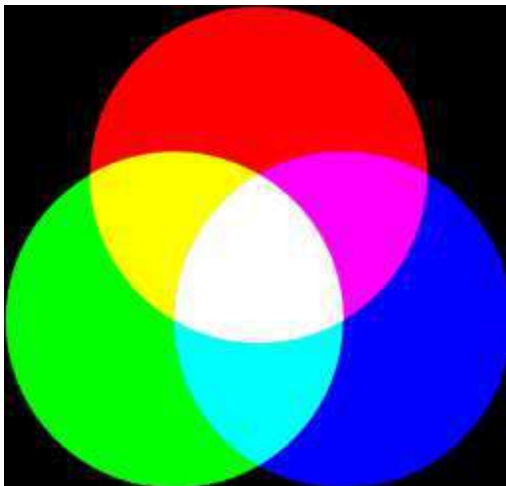
Arbre des couleurs de Munsell

b) Synthèse de la couleur

Toute couleur peut être obtenue par la combinaison de 3 couleurs de base

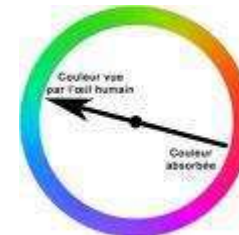
⇒ **Synthèse additive :**

- ⇒ 3 couleurs primaires : Rouge Vert Bleu
- ⇒ Nouvelle couleur obtenue par superposition des couleurs
- ⇒ Adapté aux sources lumineuses ⇒ *Ecrans, vidéoprojecteurs, ...*



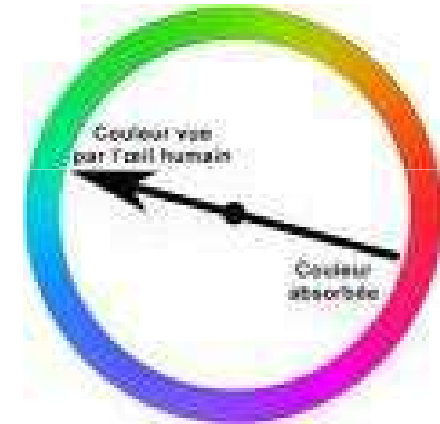
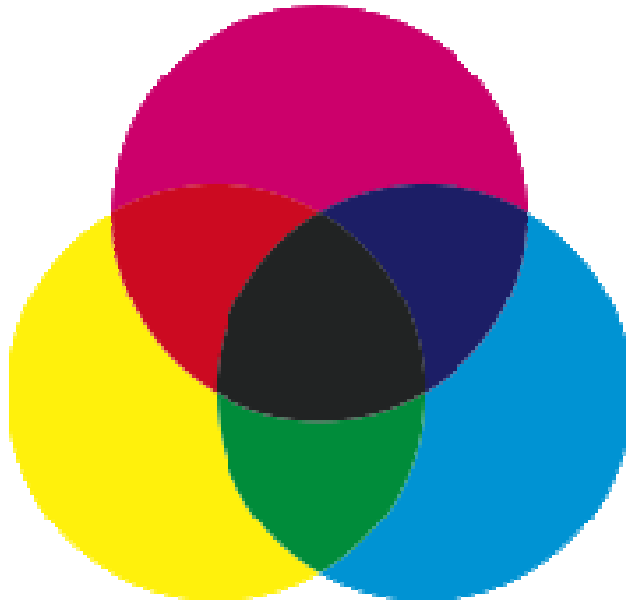
⇒ 3 couleurs secondaires :

- ⇒ Magenta ($R + B$)
- ⇒ Cyan ($B + V$)
- ⇒ Jaune ($V + R$)



⇒ **Synthèse soustractive :**

- ⇒ 3 couleurs secondaires : Cyan Magenta Jaune (CMJ ou CMY)
- ⇒ Nouvelle couleur obtenue par absorption des couleurs
- ⇒ Œil : perçoit la couleur complémentaire
- ⇒ Adapté aux récepteurs lumineux ⇒ *Imprimerie, Peinture, Filtres, ...*
- ⇒ Trichromie (CMY) ou quadrichromie (CMYK)



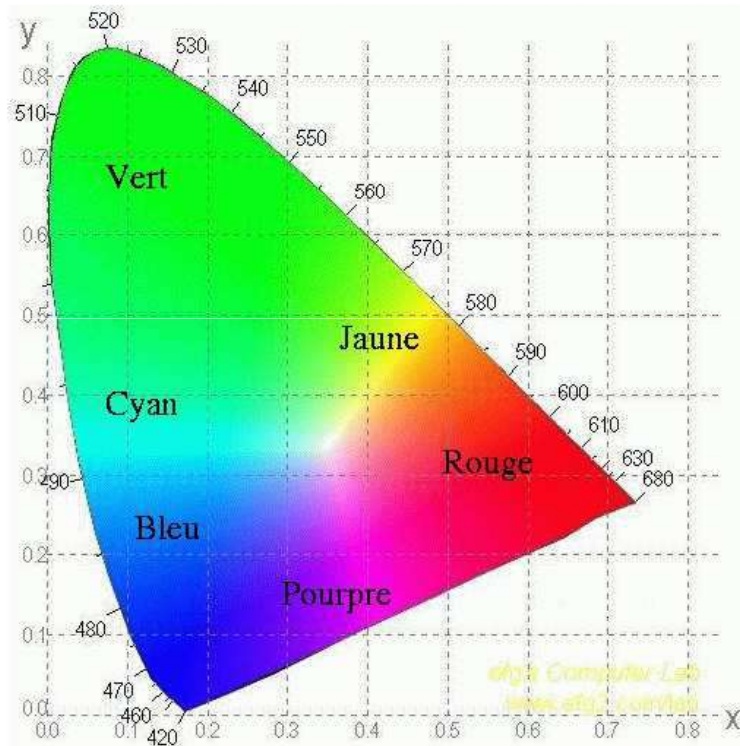
⇒ 3 couleurs primaires :

- ⇒ Rouge (M + J)
- ⇒ Vert (C + J)
- ⇒ Bleu (M + C)

⇒ **Diagramme CIE:**

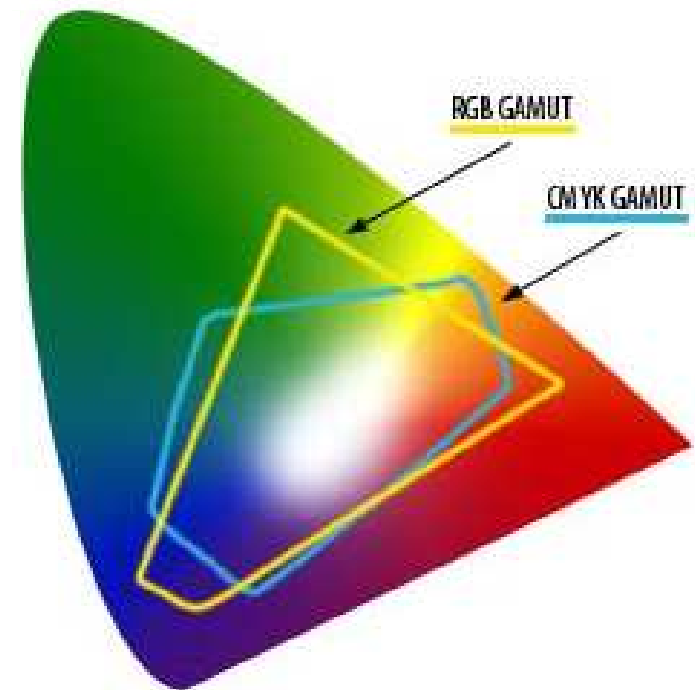
⇒ Représentation des couleurs en 2D :

Le spectre visible dans le diagramme de chromaticité de la CIE (1931)



$$\begin{cases} x = \frac{R}{R+V+B} \\ y = \frac{V}{R+V+B} \\ z = 1 - x - y \end{cases}$$

⇒ Gamut : étendue des couleurs reproductible par un matériel



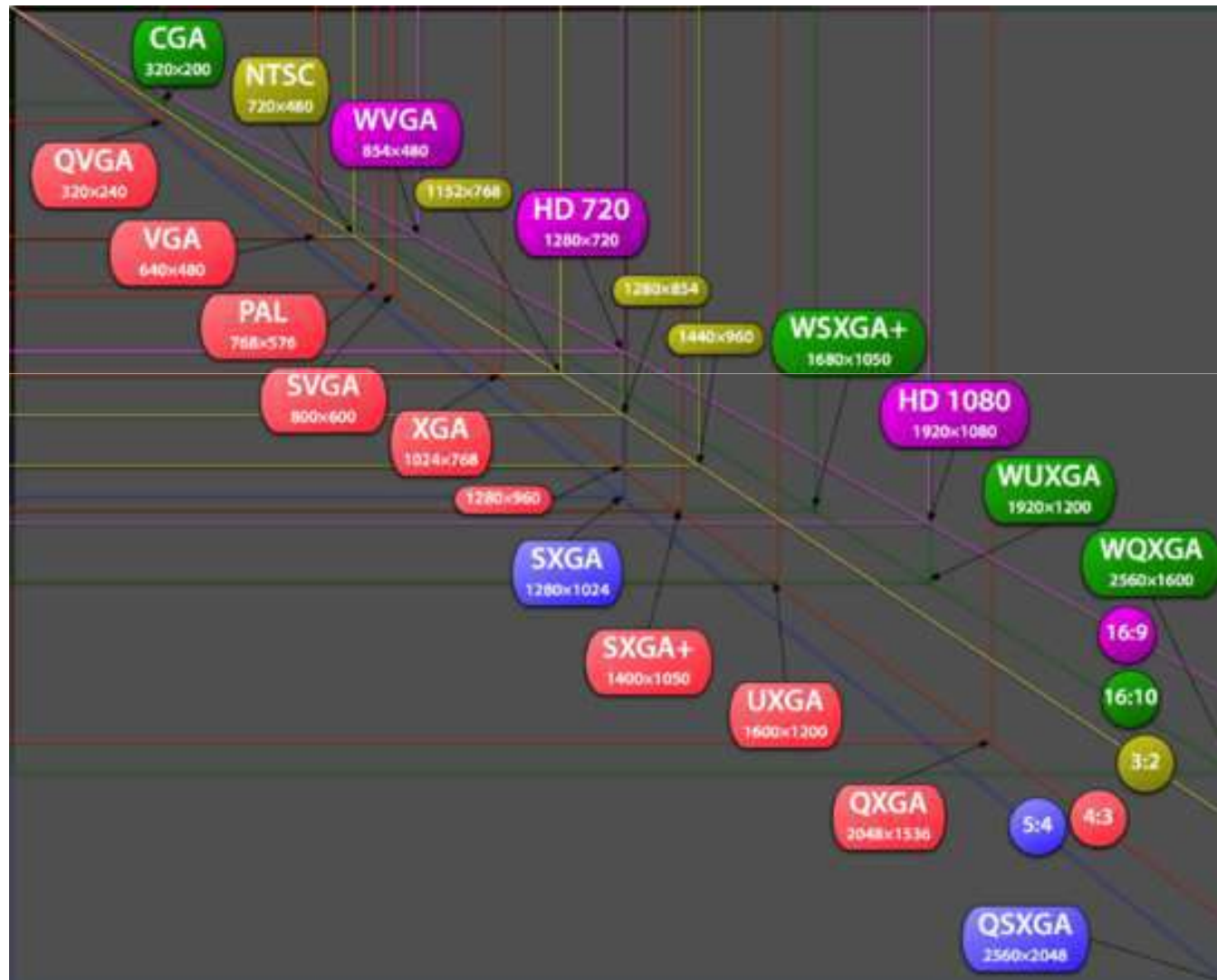
5. Image Numérique

a) Codage de l'image

- ⇒ **numérisation**: image décomposée en petites surfaces uniformes
- ⇒ **Pixels** (Picture Element) : brique de base de l'image numérique
 - ⇒ Carré ou rectangulaire
- ⇒ **Définition** : nombre de pixels composant l'image
 - ⇒ (souvent : nbh x nbv)
- ⇒ **Résolution** : nombre de pixels par unité de longueur
 - ⇒ Ppp ou ppi : point par pouce ⇒ dpi : dot per inch



⇒ Définitions normalisées :



b) Codage de la couleur

⇒ Pixel caractérisé par 1 couleur :

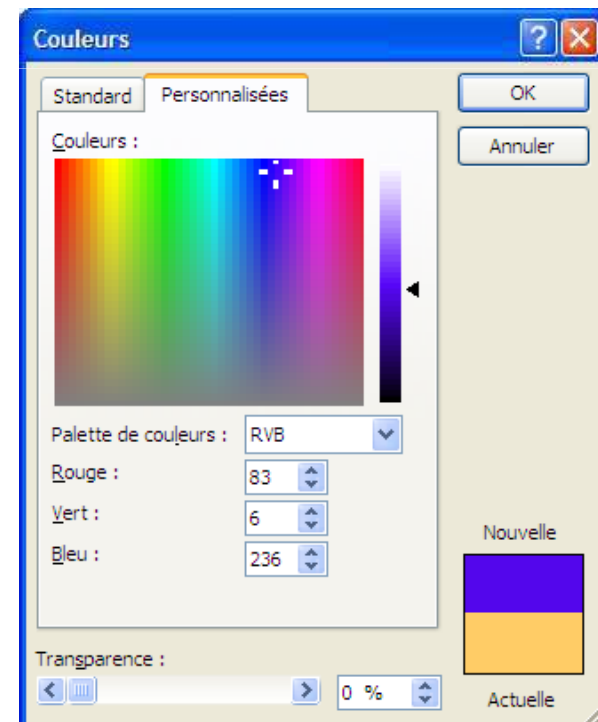
- ⇒ Image noir et blanc
- ⇒ 256 niveaux de gris
- ⇒ Palette de couleur (en général 256)
- ⇒ Couleurs vraies :
 - ⇒ Rouge : 8 bits (256 niveaux)
 - ⇒ Vert : 8 bits (256 niveaux)
 - ⇒ Bleu : 8 bits (256 niveaux)
 - ⇒ $2^{24} \approx 16,7$ millions de couleurs
 - ⇒ Codage RGB ou TSL
 - ⇒ En général 32 bits / px
 - ⇒ Format de l'image :
 - ⇒ codage + Compression
 - ⇒ BMP, JPEG, GIF, PNG,

1 bit / px

8 bits / px

8 bits / px

24 bits / px



C) Vidéo Numérique

⇒ Image + Temps

- ⇒ Œil : distingue 20 images par secondes
- ⇒ Succession rapide d'images ⇒ image animée
- ⇒ Flux vidéo : nombre d'images par secondes
 - ⇒ Fps (Frame per second) ou tps (trames par seconde)
 - ⇒ 25 Hz ou 50 Hz