

Modèle scalaire des ondes lumineuses

Le mot optique vient du grec optikos : qui est relatif à la vue.

On distingue :

- L'optique physique : étude des phénomènes dont l'explication est nécessairement liée à la nature ondulatoire de la lumière et à son mécanisme de propagation (diffraction, interférences).
- L'optique géométrique : lorsque les dimensions des obstacles interposés sur le trajet de la lumière sont grandes devant la longueur d'onde de celle-ci, les phénomènes de diffraction ne se manifestent plus de manière sensible et la propagation de la lumière se fait selon des lois très simples, l'approximation étant basée sur la notion de rayon lumineux.

I Modèle de la lumière

I.1 Nature de l'onde lumineuse

La lumière naturelle (par ex. la lumière solaire) est une superposition d'ondes électromagnétiques de longueurs d'ondes λ différentes.

La lumière appartient au domaine des ondes électromagnétiques. Une onde électromagnétique correspond à la propagation d'un couple champ électrique \vec{E} et champ magnétique \vec{B} variant en fonction du temps à une fréquence qui est celle de la lumière monochromatique observée.

Une onde électromagnétique se propageant suivant un axe (Ox) est caractérisée par une double périodicité :

- temporelle T : $\vec{E}(x, t + T) = \vec{E}(x, t)$;
- spatiale $\lambda =$ longueur d'onde : $\vec{E}(x + \lambda, t) = \vec{E}(x, t)$.

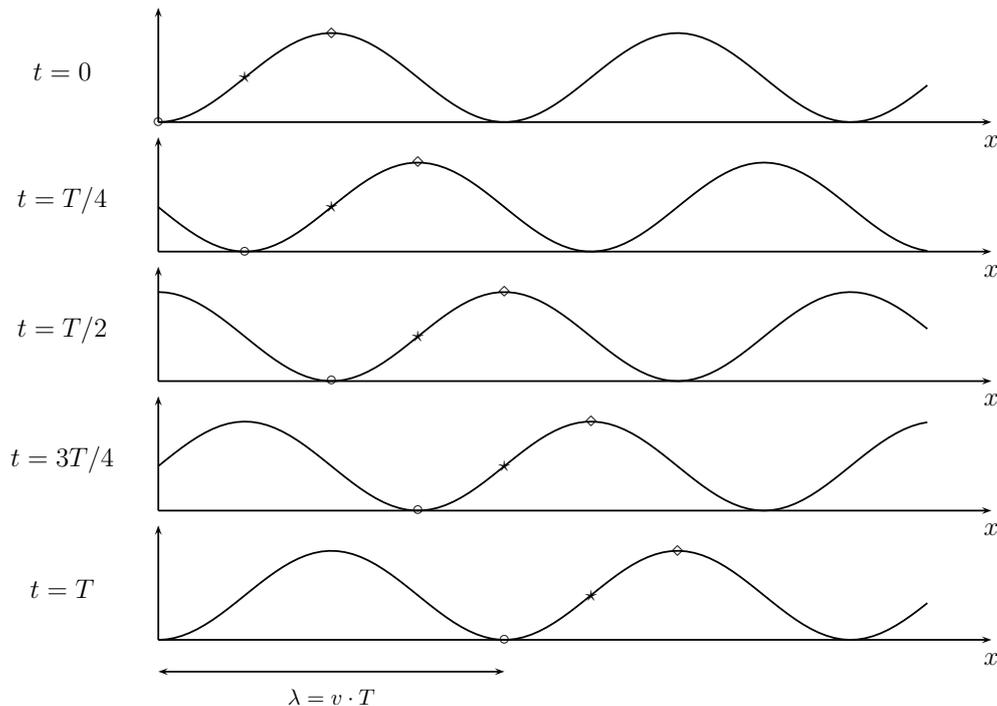


FIGURE 1 – Onde sinusoïdale se propageant

La longueur d'onde λ est liée à la période temporelle T par la relation :

$$\lambda = v \cdot T$$

où v = vitesse de propagation de l'onde dans le milieu (cf figure page suivante).

La vitesse de propagation de la lumière dans le vide est $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Le domaine du visible correspond aux longueurs d'onde dans le vide comprises entre 400 nm et 800 nm.

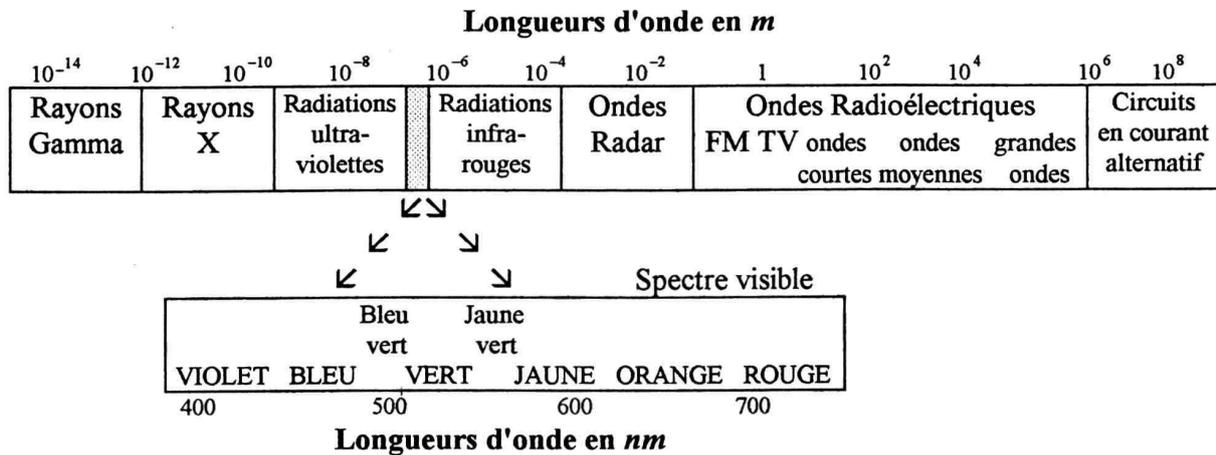


FIGURE 2 – Domaines des ondes électromagnétiques

I.2 Approximation scalaire

Le modèle scalaire consiste à décrire l'onde lumineuse par un champ scalaire $s(M, t)$ appelé onde scalaire ou vibration scalaire.

II Éclairement ou intensité vibratoire

II.1 Les récepteurs

Le temps de réponse d'un capteur est la durée caractéristique des variations les plus rapides qu'il puisse transcrire

Temps de réponse des capteurs optique (ordre de grandeur) :

Capteur	Oeil	Photorésistance	CCD	Photodiode
τ_r (s)	0,1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}

II.2 Éclairement

On appelle éclairement, noté $\mathcal{E}(M)$ la moyenne temporelle de la puissance lumineuse surfacique reçue au point M à une constante multiplicative K près :

$$\mathcal{E}(M) = k \langle s^2(M, t) \rangle_{\tau_R} \quad \text{en W.m}^{-2}$$

II.3 Cas de la lumière monochromatique

III Chemin optique

III.1 Propagation

Soit une onde monochromatique de pulsation ω et un rayon lumineux associé à cette onde allant de A vers B . Le chemin optique parcouru par la lumière entre A et B est :

$$(AB) = \int_A^B n(M) d\ell$$

On a aussi

$$(AB) = c \cdot \tau_{AB}$$

avec τ_{AB} est le temps mis par la lumière pour aller de A à B le long du rayon lumineux dans le milieu.

III.2 Calcul pratique de chemins optiques

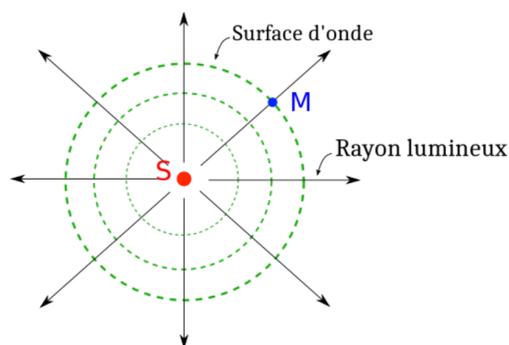
III.3 Surface d'onde

III.4 Théorème de Malus

III.5 Ondes planes et ondes sphériques

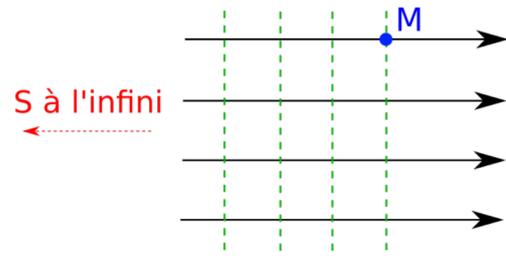
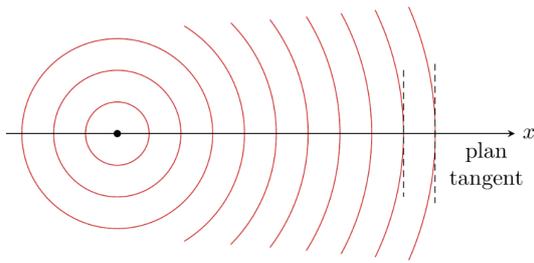
a Ondes sphériques

Dans un milieu homogène les surfaces d'ondes d'un point source sont des sphères concentriques. On parle d'onde sphérique.



b Ondes planes

Loin de la source les surface d'ondes peuvent être approximées par leurs tangentes, les surfaces d'ondes sont alors des plans, on parle d'onde plane.



IV Les sources de lumière

IV.1 Exemples

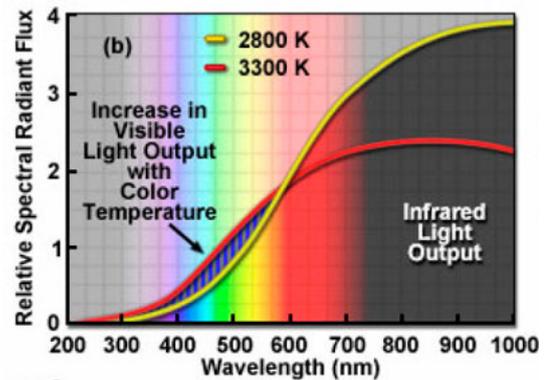
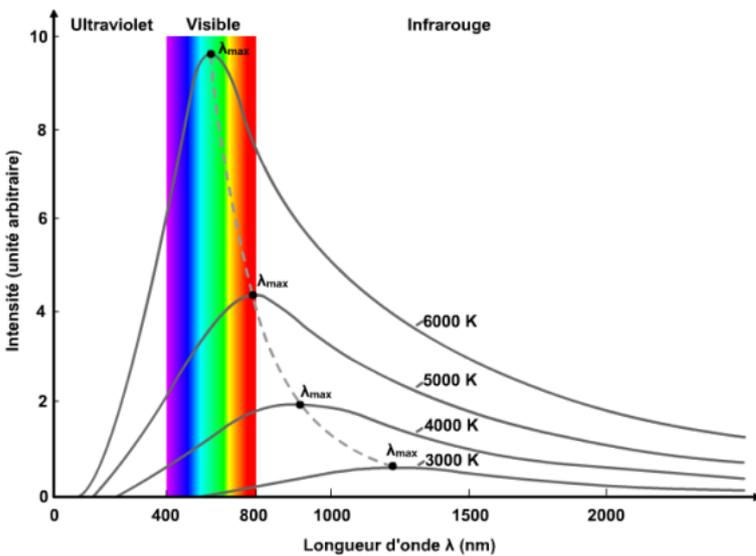
a Sources de lumière blanche

On parle de source lumière blanche lorsque le spectre contient toutes les composantes visibles du spectre de façon continue. Ces sources sont soit issues du rayonnements d'un corps noir, soit de la fluorescence.

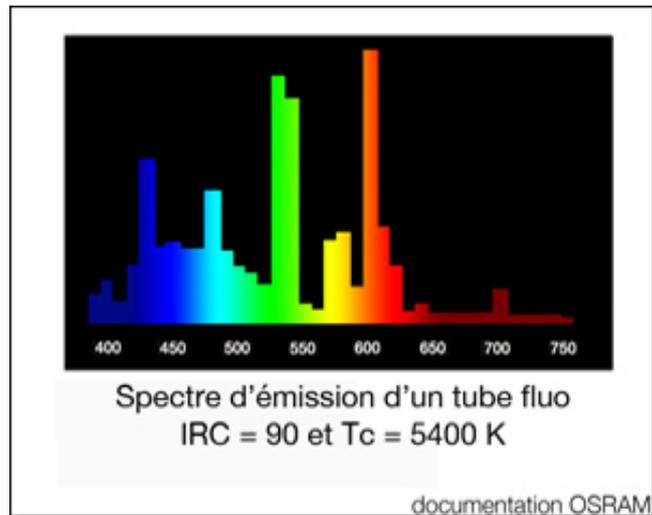
Lampes à incandescence

Dans le Soleil ou les lampes à filament, la lumière est émise par un corps chaud, ce qui produit un spectre intrinsèquement continu.

Spectre rayonné par un corps noir :

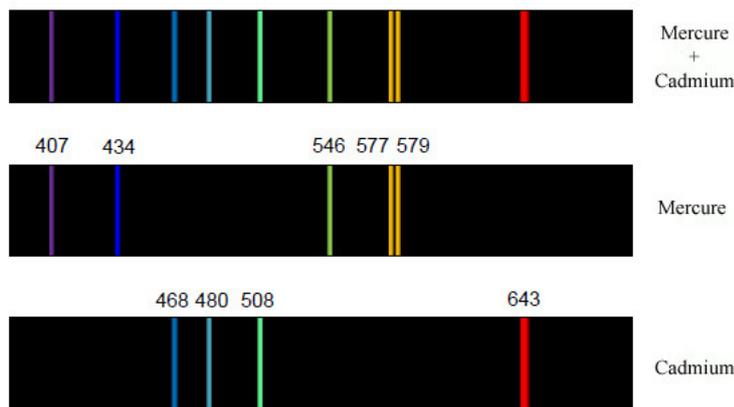


Tubes fluorescents et LEDS Une lumière avec un spectre discret est produite par un dispositif (DEL = semi-conducteur, fluocompacte = gaz excité) puis cette lumière est absorbée par une substance fluorescente qui réémet dans le visible un spectre continu



b Lampes spectrales

Ces lampes contiennent un gaz excité à l'aide d'une décharge électrique, la désexcitation du gaz crée un rayonnement. Les gaz présentent des niveaux d'énergie discrets donc seules certaines fréquences sont émises, on parle de spectre de raies.



c LASER

Le laser émet un spectre composé d'une unique raie, beaucoup plus fine que celle émise par une lampe spectrale. La laser a une très grande longueur de cohérence.

Exemple : Le laser rouge de TP émet à la longueur d'onde 632,8 nm.

