

Modèle scalaire des ondes lumineuses

Propagation d'une vibration scalaire

Pour une onde électromagnétique polarisée rectilignement, le champ électrique se met sous la forme :

$$\vec{E}(M, t) = s(M, t)\vec{u} \text{ où } \vec{u} : \text{vecteur unitaire dans la direction de polarisation}$$

Définition :

Dans l'approximation de la grandeur scalaire, l'onde lumineuse est décrite l'**amplitude lumineuse** $s(M, t)$ (en $V.m^{-1}$)

Chemin optique

Définition :

Le chemin optique (AB) représente la distance parcourue dans le vide pendant la durée réelle mise pour aller de A à B dans le milieu d'indice n .

Cas particulier :

Si le milieu est homogène (indice optique n constant), la lumière s'y propage en ligne droite comme dans le vide.

Chemin parcouru dans le vide pendant t_r : $(AB) = ct_r = c \frac{AB}{v} = nAB$

Amplitude lumineuse d'une OPPM d'amplitude s_0 et de retard de phase $\varphi(M)$ dans un milieu d'indice n

$$s(M, t) = s_0 \cos(\omega t - \varphi(M)) \quad \text{où} \quad \varphi(M) = \omega t_r - \varphi_0 = 2\pi \frac{(SM)}{\lambda} - \varphi_0$$

Avec : t_r = temps de propagation de la source S au point M et φ_0 = déphasage initial de l'onde.

Onde plane, onde sphérique

Source ponctuelle $\Rightarrow$ onde lumineuse sphérique (surface d'onde = sphère, décroissance en $1/r$ de l'amplitude).

Localement, à grande distance de la source, **onde plane** (surface d'onde = plan, amplitude constante).

Surface d'onde

Définition :

On appelle **surface d'onde** relative au point source S une surface formée des points M tels que $(SM) = \text{constante}$.

Conséquence :

Entre deux surfaces d'onde, le chemin optique est constant quel que soit le rayon lumineux choisi.

Théorème de Malus (admis) :

Les surfaces d'ondes sont orthogonales aux rayons lumineux, quel que soit le nombre de réflexions ou réfractions subies.

Effet d'une lentille mince dans l'approximation de Gauss

Propriété :

Le chemin optique est conservé entre deux points conjugués : $(AA') = cte$ si A et A' sont conjugués

Cohérence d'une source

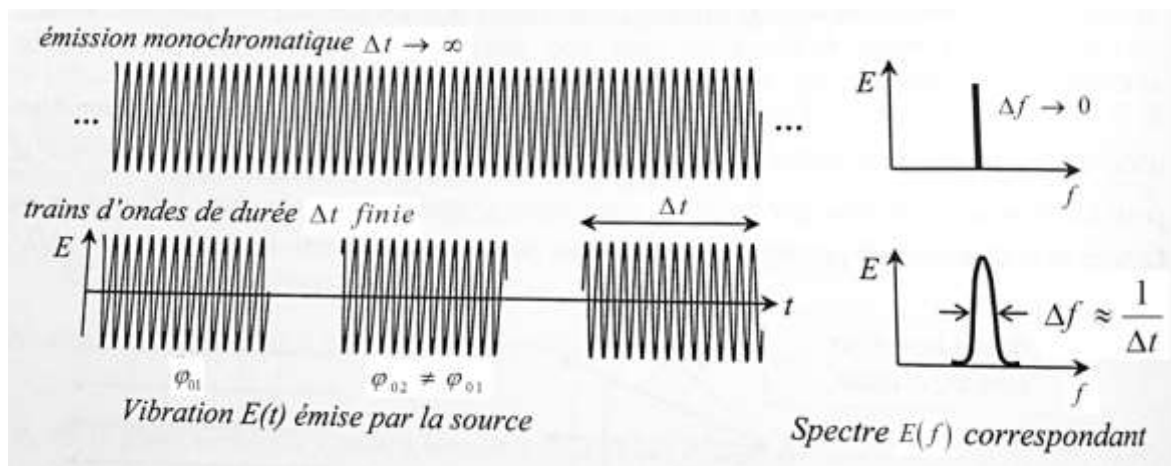
On considère que le rayonnement émis par la source est constitué par la superposition de **trains d'onde**.

Chaque train d'onde est de durée finie moyenne appelée **temps de cohérence** Δt et possède une phase à l'origine φ_0 constante. Il est constitué d'un très grand nombre d'oscillations de la grandeur vibrante de période $T = \frac{1}{f}$. A la fin de ce temps Δt , l'onde s'annule. Puis, elle reprend pendant un nouveau temps Δt avec une phase à l'origine différente et aléatoire.

Propriété :

On peut relier la durée des trains d'onde à la largeur spectrale d'une source par :

$$\Delta f \Delta t \sim 1 \quad \text{ou} \quad \Delta \lambda \Delta t \sim \frac{\lambda^2}{c}$$



On peut définir aussi la **longueur du train d'onde** L_c tel que dans un milieu d'indice n : $L_c = \frac{c}{n} \Delta t$

Les détecteurs lumineux

Ils sont sensibles à la valeur moyenne (réalisée sur une durée $\tau_r \gg T$) de la puissance lumineuse qu'ils reçoivent.

Ordres de grandeur :

- pour l'œil, τ_r est de l'ordre de 0,1 s
- pour une photodiode, τ_r est de 10^{-6} s
- pour une pellicule photo, τ_r est de l'ordre de 10^{-1} s à 10^{-2} s.

Intensité lumineuse

Définition :

L'**intensité lumineuse**, I (en candela, Cd) est proportionnelle à la moyenne temporelle du carré de l'amplitude lumineuse au point M :

$$I(M) = K \langle s^2(M, t) \rangle$$

L'**intensité lumineuse** d'une OPPM se met sous la forme (pour $K = 1$) : $I(M) = \langle s^2(M, t) \rangle = \frac{s_0^2}{2}$