

Modèle scalaire des ondes lumineuses

Propagation d'une vibration scalaire

Définition :

Dans l'approximation de la grandeur scalaire, l'onde lumineuse est caractérisée, en un point M , par :

- sa direction de propagation $\vec{n}(M)$
- sa vitesse de propagation $v(M) = \frac{c}{n(M)}$
- son **amplitude lumineuse**, qui définit son état vibratoire, $s(M, t)$

Chemin optique

Définition :

Pour un milieu quelconque d'indice $n(P)$, on définit le **chemin optique**, (OM) , par :

$$L_{OM} = (OM) = \int_O^M n(P) dl$$

Cas particulier : Milieu homogène

Indice optique n constant $\Rightarrow$ la lumière s'y propage en ligne droite comme dans le vide.

Chemin optique entre A et B : $(AB) = nAB$

Principe du retour inverse de la lumière :

Le trajet suivi par la lumière pour aller d'un point à un autre ne dépend pas du sens de propagation de la lumière.

Surfaces d'onde

Définition :

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

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.

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).

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

Propriété :

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

Amplitude lumineuse et de retard de phase $\varphi(M)$

Soit une onde lumineuse émise par une source O , assimilée à une OPPM, alors :

$$s(O, t) = s_0 \cos(\omega t - \varphi_0)$$

avec s_0 l'amplitude de l'onde.

L'amplitude lumineuse au point M s'exprime en fonction du **retard de phase** $\varphi(M)$ sous la forme :

$$s(M, t) = s_m \cos(\omega t - \varphi(M)) \quad \text{où} \quad \varphi(M) = \omega t_r + \varphi_0 = 2\pi \frac{(OM)}{\lambda_0} + \varphi_0$$

Avec : s_m = amplitude constante de l'onde, t_r = durée de propagation de la source O au point M , φ_0 = déphasage initial de l'onde, λ_0 la longueur d'onde dans le vide.

Déphasage dû à la propagation entre deux points :

$$\Delta\varphi_{AB} = \frac{2\pi}{\lambda_0} (AB)$$

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 sur leur surface.

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

Intensité lumineuse

Définition :

L'intensité lumineuse (ou éclairement), I (en $W.m^{-2}$) 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 $K = 1$) :

$$I(M) = \langle s^2(M, t) \rangle = \frac{s_0^2(M)}{2} \Rightarrow s(M, t) = 2\sqrt{I(M)} \cos(\omega t - \varphi(M))$$