

1. Modèle scalaire des ondes lumineuses.

⇒ Le modèle scalaire des OL consiste à décrire le champ électrique d'une lumière émise par une source lumineuse par une grandeur scalaire $a(M, t)$ appelée vibration lumineuse. Cette approximation est justifiée dans le cas très fréquent :

- d'une lumière non polarisée (ex : naturelle) dont la direction du champ électrique change de manière aléatoire, la durée moyenne entre deux changements appelle temps de cohérence est si bref qu'il est impossible d'attribuer une direction au champ électrique.
- des ondes polarisées dont les directions de polarisation sont voisines.

Le théorème de superposition:

⇒ Dans le cas d'une source étendue, constituée de plusieurs points sources repérés par un indice (i) émettant plusieurs vibrations lumineuses se propageant simultanément : les vibrations lumineuses sont additives :

$$a(M, t) = \sum_i a_i(M, t)$$

2. L'éclairement lumineux

⇒ Dans le domaine des ondes lumineuses, les détecteurs grandeur quadratique (l'œil, pellicule photographique, photodiode.....) sont tous sensibles à l'éclairement ou l'intensité lumineuse : grandeur homogène à la puissance surfacique rayonnée par l'onde électromagnétique et qui est proportionnelle au carré du champ électrique, et à la surface utile du détecteur :

$$I(M) = K \langle a^2(M, t) \rangle = \frac{k}{2} \underline{a}(M, t) \cdot \underline{a}^*(M, t)$$

3. lumière monochromatique

⇒ Une lumière monochromatique est une vibration idéale purement sinusoïdale est de la forme :

$a(M, t) = a_m \cos(\omega t - \phi(M))$ caractérisée par sa période : $T = 2\pi / \omega$, sa fréquence $f = 1/T$ et

sa longueur d'onde dans le vide λ_0 : $\lambda_0 = c_0 T = 2\pi \frac{c_0}{\omega} = \frac{c_0}{f}$ c_0 est la vitesse de la lumière dans le

vide. λ_0 est la distance parcourue par une onde lumineuse dans le vide pendant une période T.

⇒ Dans le domaine visible, la longueur d'onde ou la pulsation d'une onde monochromatique correspond à la sensation de couleur: par exemple

λ_0	<400	500	550	590	630	>750
f	$>7,5 \cdot 10^{14}$	$6 \cdot 10^{14}$	$5,5 \cdot 10^{14}$	$5,1 \cdot 10^{14}$	$4,8 \cdot 10^{14}$	$<4 \cdot 10^{14}$
couleur	UV	bleu	vert	Jaune/orangé	rouge	IR

⇒ A une onde lumineuse réelle de la forme : $a(M, t) = a_m \cos(\omega t - \phi_M)$, on associe une onde

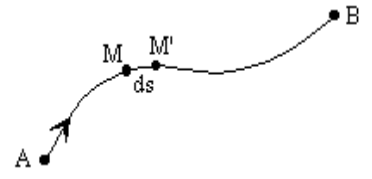
complexe : $\underline{a}(M, t) = a(M, t) + ja(M, t - \frac{T}{4}) = A_m \exp(j(\omega t - \phi_M))$: $a(M, t) = \text{Re } \underline{a}(M, t)$

On appelle amplitude complexe $\underline{a}(M)$: $\underline{A}(M) = a_m \exp(-j\phi_M)$ / $\underline{a}(M, t) = \underline{A}(M) \exp(j\omega t)$

4. Notion du chemin optique.

- Le chemin optique entre A et B, noté (AB) est définie par:

$$(AB) = \int_A^B n(M) ds \quad \begin{matrix} \text{milieu} \\ \equiv \\ \text{homogène} \end{matrix} \quad nAB = \frac{c}{v} AB = c\tau_{AB}$$



- dans le cas d'un milieu homogène (l'indice est constant et par conséquent la lumière se propage en ligne droite), le chemin optique est égal la longueur de rayon multiplié par l'indice de milieu transparent qu'il traverse,
- la vibration lumineuse au point M ,tient compte de retard de phase ϕ_M tel que :

$$a(M, t) = a_m \cos(\omega t - \phi_M) \text{ avec } \phi_M = \phi_S + 2\pi \frac{(SM)}{\lambda_0}$$

- la phase de la vibration lumineuse émise par une source ponctuelle au point M

$$\phi_M = \phi_S + 2\pi \frac{(SM)}{\lambda_0} + \phi_{\text{sup}} \text{ avec } \phi_{\text{sup}} = \pi$$

- il faut ajouter une valeur de π au retard de phase au point M dans les cas suivants :
 - une réflexion sur un métal.
 - passage d'une onde par un point de convergence.
 - une réflexion sur un milieu plus réfringent c'éda dire sur un dioptre séparant le milieu de propagation d'indice n d'un milieu d'indice $n' > n$.

5. Les surfaces d'onde.

On appelle surface d'onde relative à une source ponctuelle S , une surface définie par l'ensemble des points séparés de la source ponctuelle par le même chemin optique $(SM) = \text{cste}$

Le théorème de Malus (admis)

Les surfaces d'ondes relatives au point source sont orthogonales aux rayons lumineux issus de S.

Cas d'une source à distance finie : onde sphérique.

Pour une source ponctuelle à distance finie, les surfaces d'ondes sont des sphères concentriques sur la source et à pour expression : $(SM) = nSM = nr$

$$a(a, t) = a_m \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0} nr - \phi_s) = a_m \cos(\omega t - kr - \phi_s) \text{ avec } k = \frac{2\pi}{\lambda_0} n$$

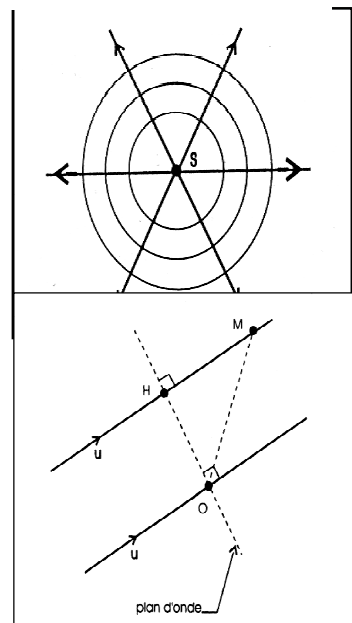
Cas d'une source à l'infini : ondes plane

⇒ Lorsque la source S est rejetée à l'infini, les rayons lumineux issus de S sont une famille de droites parallèles à une direction fixe \vec{u} . Les surfaces d'ondes sont donc des plans perpendiculaires à \vec{u} : on dit alors que l'onde est plane.

L'expression d'une onde plane se propagent dans la direction de le vecteur

d'onde : $\vec{k} = \frac{2\pi n}{\lambda_0} \vec{u}$ et de phase $\phi_M = \phi_O + \vec{k} \cdot \vec{r}$ soit :

$$a(M, t) = a_m \cos(\omega t - \phi_O - \vec{k} \cdot \vec{r})$$



⇒ En pratique, pour "envoyer une source à l'infini", on réalise un collimateur en la plaçant au foyer objet d'une lentille mince convergente :

⇒ Avec une bonne approximation, un LASER est une source d'ondes planes

Propriété des couples de points conjugués

Le chemin optique entre deux points conjugués par un système optique stigmatique est indépendant du rayon qui les relie.

6. Le concept du train d'ondes.

- ♣ Les atomes d'une source de lumière émettent des trains d'onde Par désexcitation (retour des états excités vers l'état fondamental) : la phase initiale d'une source $\phi_s(t)$ est une grandeur qui varie aléatoirement d'un train d'onde à un autre en prenant toutes les valeurs possibles entre **0 et 2π** la source est dite temporellement incohérente.
- ♣ temps de cohérence τ d'une source est la durée moyenne des trains d'onde en un point donné typiquement **$\tau_c \approx 10^{-11}$** pour les sources spectrales class **$\tau_c \approx 10^{-7}$** pour un laser
- ♣ dans une bande spectrale de largeur $\Delta\nu$ voutour de la fréquence centrale ν_0 :

$$\tau_c \text{ et } \Delta\nu \text{ sont liées par : } \Delta\nu \tau_c = 1$$
- ♣ **$L_c = c\tau_c$** la distance parcourue par la lumière (dans le vide) pendant τ . **L_c** est appelée longueur de cohérence temporelle.
- ♣ Pour une source monochromatique **$\tau_c \rightarrow \infty$** et **$\Delta\nu \rightarrow 0$**

