

Essentiel des chapitres OO1 et OO2

Optique ondulatoire ou optique géométrique?

La nature ondulatoire de la lumière se manifeste lorsque la taille des systèmes (diamètre d'un trou circulaire, largeur d'une fente, distance entre deux fentes..) est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière. Dans ce cas, les lois de l'optique géométrique ne sont pas vérifiées, on observe les phénomènes:

- de diffraction: quand une onde traverse un trou, les rayons lumineux sont déviés de leur direction d'incidence, d'autant plus que le trou est de petite taille.
- d'interférences: quand deux ondes cohérentes se rencontrent, elles peuvent donner des franges brillantes ou des franges sombres.

La lumière visible

La lumière visible a des longueurs d'onde comprises entre $\lambda_{bleu} \approx 400 \text{ nm}$ et $\lambda_{rouge} \approx 800 \text{ nm}$. On en déduit la fréquence par $f = \frac{c}{\lambda}$.

L'onde lumineuse est une onde électromagnétique caractérisée en toute rigueur par le couple $(\vec{E}(M, t), \vec{B}(M, t))$.

On se place dans l'approximation scalaire:

- l'amplitude de l'onde est donnée par $s(M, t)$ qui correspond à une seule composante du champ électrique
- l'intensité lumineuse s'écrit $I(M) = K \langle s^2(M, t) \rangle$ c'est la valeur moyenne temporelle du carré de l'amplitude (valeur moyenne car le temps de réponse des récepteurs est long devant la période de l'onde). K est une constante de proportionnalité pour l'homogénéité.

Les sources lumineuses

Les atomes émettent des trains d'onde de durée moyenne τ et de longueur moyenne l_c appelée longueur de cohérence.

La durée moyenne entre deux trains d'onde émis est aussi τ , la longueur moyenne entre deux trains d'onde émis est aussi l_c avec $l_c = c\tau$ avec $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.



A savoir: $l_c \approx 1 \text{ m}$ pour le laser, $l_c \approx 1 \text{ mm}$ pour les lampes à vapeur de sodium, $l_c \approx 1 \mu\text{m}$ pour la lumière blanche

Notations:

Fréquence moyenne f_0

Longueur d'onde moyenne λ_0

Largeur spectrale en fréquence Δf et en longueur d'onde $\Delta \lambda$

Relations entre ces grandeurs:

$$f_0 = \frac{c}{\lambda_0}$$

$$\Delta f = \frac{1}{\tau}$$

$$\frac{\Delta f}{\Delta \lambda} = \frac{c}{\lambda_0^2} = \frac{f_0^2}{c} \text{ (vient de } \frac{df}{d\lambda} = -\frac{c}{\lambda^2} \text{)}$$

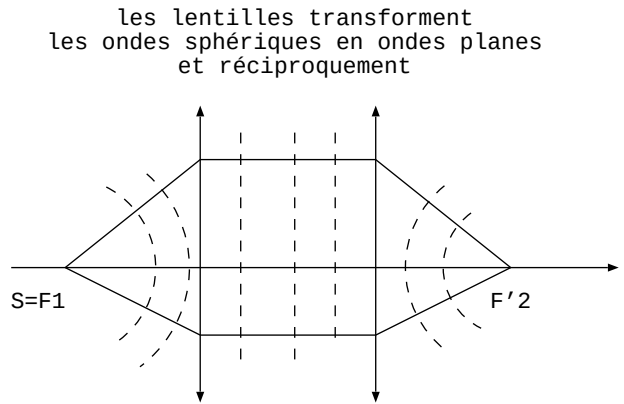
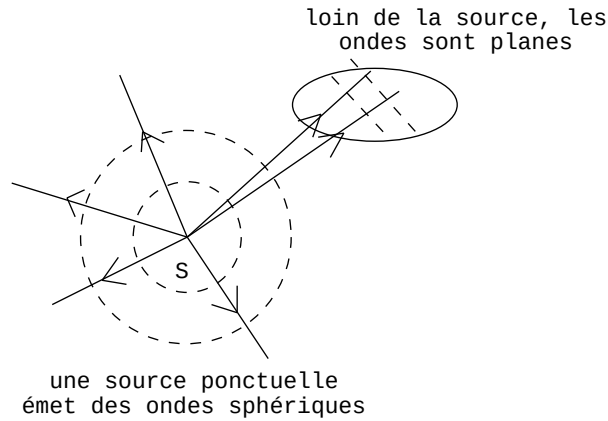
Conditions d'obtention de sources cohérentes

Pour réaliser des interférences, il faut disposer de sources cohérentes entre elles, les conditions de cohérence sont:

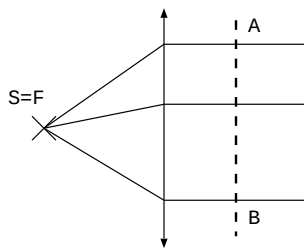
- Une seule source principale S monochromatique (une seule longueur d'onde, une seule fréquence, une seule période)
- Au moins deux sources secondaires S_1 et S_2 images de S (obtenues par un dispositif d'optique géométrique par division du front d'onde ou par division d'amplitude)
- La différence de marche $\delta_{2/1}(M) = (SS_2M) - (SS_1M)$ doit être inférieure à la longueur de cohérence l_c de la source : condition pour que les trains d'onde émis par le même atome se rencontrent.

Définition d'une surface d'onde: Le temps de parcours entre la source S et les points d'une même surface d'onde est le même pour tous les rayons.

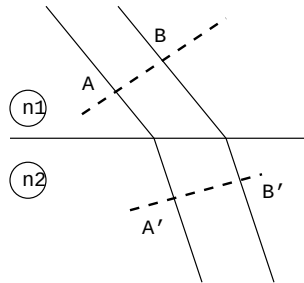
Théorème de Malus: les surfaces d'ondes sont perpendiculaires aux rayons lumineux en tout point.



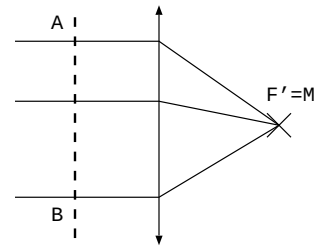
Utilisation des surfaces d'ondes



Entre la source S et la surface d'onde AB , le chemin optique est constant soit $(SA) = (SB)$



Entre les deux surfaces d'onde AB et $A'B'$, le chemin optique est constant soit $(AA') = (BB')$



Par principe de retour inverse de la lumière, F'_2 se comporte comme une source et entre la source F'_2 et la surface d'onde AB , le chemin optique est constant soit $(AF') = (BF')$

Attention: ne jamais tracer ni utiliser de surface d'onde au voisinage d'une lentille puisque la représentation des lentilles est simplifiée donc on ne peut pas visualiser les surfaces d'onde en son voisinage.

Le chemin optique: le chemin optique est la distance qu'aurait parcourue la lumière dans le vide pendant l'intervalle de temps où elle a parcouru le rayon AB dans son milieu d'origine

Dans un milieu homogène d'indice n le chemin optique (AB) est $(AB) = nAB$.

On peut appliquer la relation de Chasles pour les chemins optiques: $(AC) = (AB) + (BC)$.