

Chapitre n°3 Comportements ondulatoires

I. Diffraction

1. Phénomène

La propagation d'une onde sinusoïdale dans un milieu homogène est rectiligne. La propagation peut être modifiée au voisinage d'un objet de dimension a : il y a alors diffraction de l'onde par l'objet.

L'objet diffractant (ou pupille diffractante) est une ouverture ou bien un obstacle.

2. Diffraction des ondes mécaniques

Si $a < \lambda$, l'onde diffractée occupe tout l'espace ;

si $a > \lambda$ l'onde diffractée occupe une partie seulement de l'espace, avec une ouverture angulaire :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \quad \text{avec } \lambda \text{ et } a \text{ en mètre et } \theta \text{ en radian.}$$

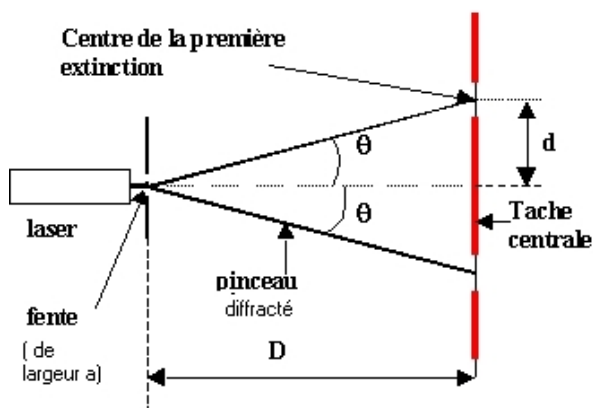
Si $a \gg \lambda$ alors $\theta = 0$ la propagation de l'onde est alors rectiligne.

Application : quelle est l'ouverture angulaire en degré d'une onde acoustique de fréquence $\nu = 4.0$ kHz ayant traversé une ouverture de largeur $a = 80$ cm, la célérité étant $c = 340$ m.s⁻¹.

Solution : on trouve $\lambda = 85$ mm $< a$. On trouve $\theta = 6.1^\circ$.

3. Diffraction des ondes lumineuses

Une onde lumineuse monochromatique est diffractée par des objets de petite taille, on observe une alternance lumière-obscurité.



L'ouverture angulaire du faisceau diffracté est $\theta = \frac{\lambda}{a}$;

de plus $\tan \theta = \frac{L}{2D}$ avec L : largeur de la tache centrale, ici $L = 2d$

On fait l'approximation des petits angles $\tan \theta \sim \theta$ soit $\theta = \frac{L}{2D}$

On trouve alors $L = \frac{2\lambda D}{a}$

La largeur de la tache centrale est inversement proportionnelle à la taille de la pupille diffractante.

Remarque : en lumière blanche, la superposition des figures de diffraction des différentes radiations est irisée (exemple : les réseaux de diffraction).

II. Interférences

1. Déphasage entre deux ondes synchrones

Ondes synchrones

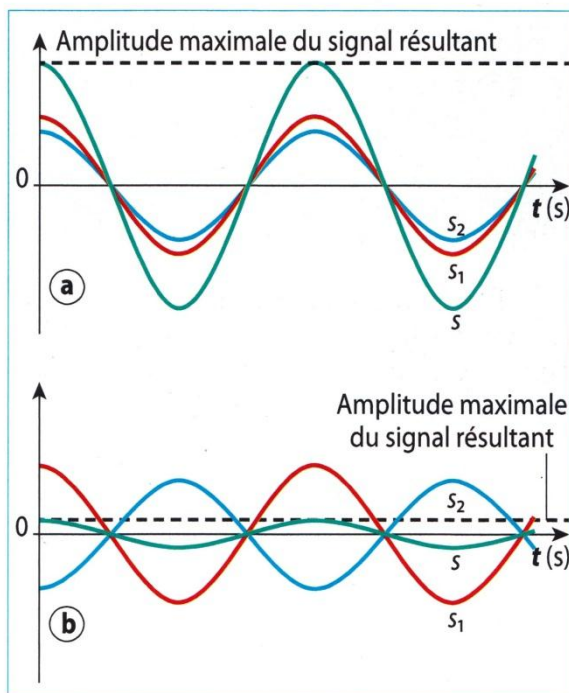
Une onde sinusoïdale de fréquence ν émise depuis un point source S se propage et atteint un point M en passant par deux chemins différents : les deux ondes résultantes, de même fréquence ν , sont dites synchrones.

Déphasage

Le retard temporel est Δt_1 suivant un premier chemin, tandis que pour l'autre chemine, le retard est Δt_2 .

$s_1(t)$ et $s_2(t)$ sont les signaux temporels associés à chacune des deux ondes en M .

Le décalage temporel s'écrit : $\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$.



11 Le signal vert résulte de la superposition en un point de deux ondes synchrones dont les signaux (en rouge et bleu) sont : (a) en phase ; (b) en opposition de phase.

Il y a un déphasage $\Delta\phi$ entre ces deux signaux sinusoïdaux :

$$\Delta\varphi = 2\pi\frac{\Delta t}{t} \text{ avec } \Delta\varphi \text{ en radian.}$$

Si $\Delta\varphi = 2k\pi$ où k est un entier, les signaux sont en phase. Les deux ondes se renforcent l'une l'autre en ce point : l'amplitude maximale du signal est la somme des amplitudes maximales de chacun des signaux.

Si au contraire $\Delta\varphi = 2k\pi + \pi$ où k entier, les signaux sont en opposition de phase. L'amplitude maximale du signal résultant est faible, voire nulle.

2. Interférences en lumière monochromatique

Expérience prof : trous d'Young, ils permettent de sélectionner deux ondes synchrones.

A la réception sur un écran, l'amplitude maximale dépend du déphasage entre les deux signaux $s_1(t)$ et $s_2(t)$, donc du point d'observation M.

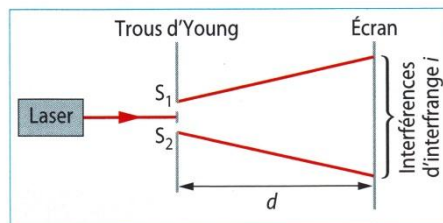
Ondes synchrones : il faut qu'elles soient issues du même point source (ex : laser).

Il y a interférences de deux ondes lumineuses lorsque l'intensité lumineuse subit des variations suivant l'endroit d'observation sur l'écran.

Signaux en phase : intensité lumineuse maximale, on dit que M se trouve sur une frange claire et qu'il y a interférence constructive en M.

Signaux en opposition de phase : l'interférence est dite destructive au point M, qui se trouve alors sur une frange sombre.

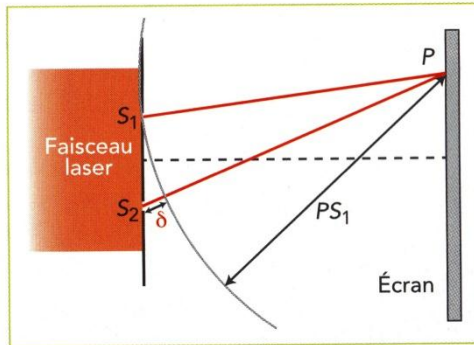
La distance entre deux franges consécutives de même nature est l'interfrange, i , exprimée en mètre.



12 Le dispositif des trous d'Young S_1 et S_2 permet d'observer des interférences lumineuses sur l'écran.

Ex : dans le cas des trous d'Young, l'interfrange est $i = \frac{\lambda d}{s_1 s_2}$.

3. Différence de marche



Doc. 10 Dans le cas de l'expérience des fentes d'Young dans l'air, la différence de marche des ondes qui interfèrent en P est $\delta = S_2P - S_1P$.

Le déphasage observé au point P est lié à la différence de marche δ des ondes issues de S_1 et de S_2 .

Dans le cas des fentes d'Young la différence de marche s'écrit : $\delta = S_2P - S_1P$.

On observe des interférences constructives quand $\delta = k\lambda$.

On observe des interférences destructives quand $\delta = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$.

k est un nombre entier positif ou négatif appelé ordre d'interférences.

4. Couleurs interférentielles

Expérience de biréfringence.

Le caractère constructif ou destructif des interférences dépend de la longueur d'onde de la lumière.

Pour la lumière blanche : interférences constructives pour certaines longueurs d'onde et inversement. On observe alors des irisations, ce sont des couleurs interférentielles.

Ex couches de fluides : eau savonneuse, huile, CD, DVD, ailes d'insectes... Dans les couches minces, les ondes réfléchies sur les parois interne et externe peuvent interférer.