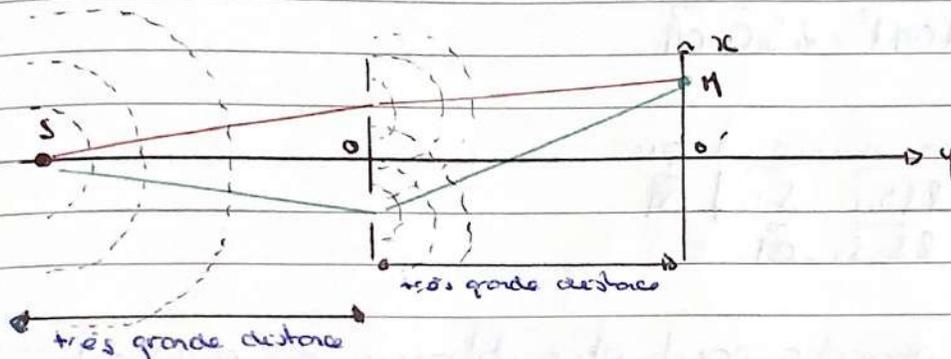


Dispositif interférentiel par division de front d'onde : les traces de Young

1805 Thomas Young réalise de nouveau l'expérience de Grimaldi avec la lumière blanche du soleil.

1. de dispositif des traces de Young

1.1 Dispositif expérimental



1.2 Notion de dispositif interférentiel à division de front d'onde

Un dispositif interférentiel donné, pour un point M d'observation donné, est configuré en division de front d'onde lorsque les deux rayons lumineux qui proviennent en M sont issus de deux rayons **distincts** qui émergent de la source.

⚠ Pour un dispositif interférentiel donné, le fonctionnement par division de front d'onde dépend du point M d'observation. Tant que ce dernier n'est pas précisé, on ne peut pas dire si le dispositif agit par division de front d'onde.

1.3 Description du champ d'interférences

des interférences produites par un dispositif interférentiel fonctionnant en division de front d'onde sont **non localisées** : elles sont observables en tout point du champ d'interférences.

a. Différence de phase; différence de marche et ordre d'interférences

$$\Delta\varphi(M) = \frac{2\pi \delta(M)}{\lambda_0} = \frac{2\pi}{\lambda_0} ((SM)_{\text{voie 2}} - (SM)_{\text{voie 1}})$$

On se trouve dans des conditions telles que $a \ll D$ et $|x| \text{ ou } |z| \ll D$. On en déduit que les rayons se propagent dans un milieu homogène d'indice n dont on néglige les variations avec la longueur d'onde.

$$\delta(M) = n \cdot (S_2M - S_1M)$$

$$\|\vec{S}_1M\|^2 = (\vec{S}_1O + \vec{OM})^2 = \|\vec{S}_1O\|^2 + \|\vec{OM}\|^2 + 2\vec{S}_1O \cdot \vec{OM}$$

de même:

$$\|\vec{S}_2M\|^2 = \|\vec{S}_2O\|^2 + \|\vec{OM}\|^2 + 2\vec{S}_2O \cdot \vec{OM}$$

Puisque $OS_1 = OS_2$, on en déduit que:

$$\begin{aligned} \|\vec{S}_2M\|^2 - \|\vec{S}_1M\|^2 &= 2(\vec{S}_2O - \vec{S}_1O) \cdot \vec{OM} \\ &= 2\vec{S}_2S_1 \cdot \vec{OM} \end{aligned}$$

la différence de marche peut être obtenue en écrivant

$$S_2M - S_1M = \frac{S_2M^2 - S_1M^2}{S_1M + S_2M}$$

Afin d'obtenir une expression de $\delta(M)$, à l'ordre minimal en a/D , il suffit d'écrire que $S_1M + S_2M \approx 2r$ alors

$$\delta(M) \approx n \frac{2\vec{S}_2S_1 \cdot \vec{OM}}{2r} = n \vec{u} \cdot \vec{S}_1S_2$$

n Franges d'interférence

$$\vec{OM} = x\vec{u}_x + D\vec{u}_y + z\vec{u}_z \Rightarrow \|\vec{OM}\| = \sqrt{x^2 + D^2 + z^2} \approx D$$

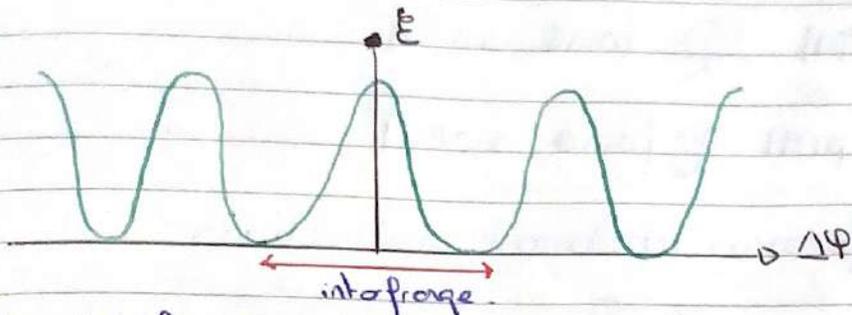
$$\begin{aligned} \vec{u} &\approx \frac{x}{D} \vec{u}_x + \vec{u}_y + \frac{z}{D} \vec{u}_z \\ \vec{S}_2S_1 &= a \vec{u}_x \end{aligned}$$

$$\text{Différence de marche: } \delta(M) \approx \frac{na x}{D}$$

$$\text{Différence de phase: } \Delta\varphi(M) \approx \frac{2n\pi a x}{\lambda_0 D}$$

$$\text{Ordre d'interférence: } p(M) = \frac{na x}{\lambda_0 D}$$

Eclaircissement : $E(M) = 2E_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi na x}{\lambda_0 D} \right) \right)$



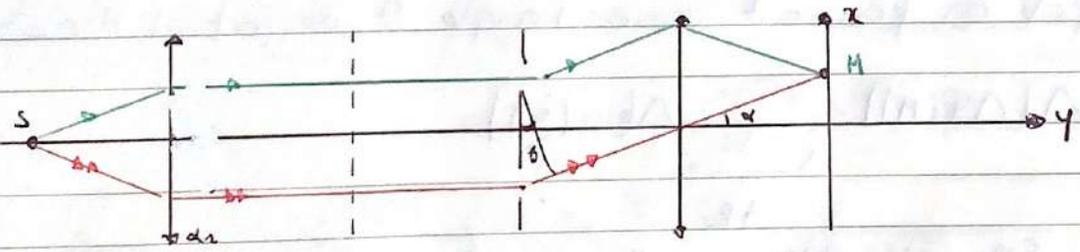
position des franges brillantes : $x_p = p \frac{\lambda_0 D}{na}$ avec p entier.

des franges d'interférences, sur un écran à grande distance parallèle aux fentes on voit les traces d'Young, apparaissent rectilignes. leur période spatiale est appelée interfrange et est donnée par

$i = \frac{\lambda_0 D}{na}$

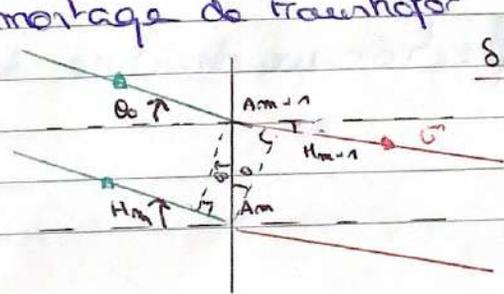
⚠ des autres dispositifs interférentiels par division des fronts d'onde fonctionnent de la même manière.

exemple : montage de Fraunhofer



2. Dispositif interférentiel de N trous d'Young

On considère un ensemble de N trous d'Young équidistants, dans la config. du montage de Fraunhofer



$\delta_{m-1/m}(M) = - (H_m A_m) + (A_{m-1} H_{m-1})$

Différence de marche: $\delta(H) = na(\sin\theta - \sin\theta_0)$

Différence de phase: $\Delta\varphi(H) = \frac{2\pi na}{\lambda_0} (\sin\theta - \sin\theta_0)$

Ordre d'interférences: $p(H) = \frac{na}{\lambda_0} (\sin\theta - \sin\theta_0)$

2.1 Condition d'interférences totalement constructives

des ondes lumineuses qui émergent de chaque trée constituant N ondes cohérentes, de même amplitude, et dont les phases sont en progression arithmétique.

- des maxima d'éclairement correspondent aux directions θ pour lesquelles il y a interférence totalement constructive des N ondes. Cela se traduit par la relation

$$\sin\theta_p - \sin\theta_0 = p \frac{\lambda_0}{na} \quad p \in \mathbb{Z}$$

- N élevé implique que l'éclairement est négligeable en dehors des directions repérées par θ_p .

- la finesse des pics correspondant aux interférences totalement constructives est importante. On passe d'un bord à l'autre d'un pic principal en faisant varier l'angle θ de part et d'autre de θ_p .

$$\Delta(\Delta\varphi(H)) = \frac{2\pi na}{\lambda_0} \Delta(\sin(\theta))$$

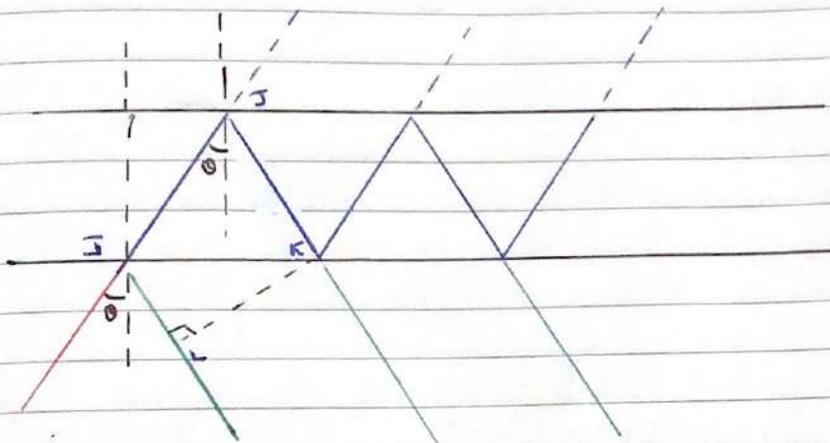
$$\Delta(\sin\theta) = \frac{2\lambda_0}{Nna} \quad \text{Plus } N \text{ est important, plus les pics sont fins.}$$

2.2 Du modèle des N trées d'Young aux réseaux par de diffraction

On appelle réseau par de diffraction une structure diffractible plane et périodique.

de modèle théorique des N trous de Young que nous venons de développer décrit bien la distribution expérimentale de l'éclairement produit par un réseau de diffraction plan, quel que soit le réseau par transmission. Il existe aussi des réseaux par réflexion.

Interféromètre de Fabry-Pérot



Différence de marche: $\delta(M) = (IK)_m - (IL)_m$
 $= 2IJ - IL$
 $= 2d \cos \theta$

Amplitude de onde: $a_0 = r A e^{i \frac{2\pi (IL)}{\lambda}}$ avec $IL = \frac{2d \sin \theta}{\cos \theta}$

$a_{i+1} = a_i \times \pi^2 \times e^{i \frac{2\pi d}{\lambda}}$ pour $i > 1$

$a_{tot} = \sum_{i=0}^{+\infty} a_i = r A e^{i \frac{2\pi (IL)}{\lambda}} + r t^2 A e^{i \frac{2\pi (IL+d)}{\lambda}} \times \frac{1}{1 - r^2 e^{i \frac{2\pi d}{\lambda}}}$

Intensité en sortie: $I = I_0 \cdot \frac{1}{1 + m \sin^2(\frac{\pi d}{2\lambda})}$ ($\Gamma = |a_{tot}|^2$)