

Intro: dans le leçon précédent on a ~~étudié~~ étudié interf 2. ondes et en particulier dispositif de fentes de Young

On a vu l'existence des franges d'interf. visibles dans tout le champ d'interférence (on bouge l'écran et on le voit)

⇒ Trous d'Young → INTERFÉRENCES DÉLOCALISÉES

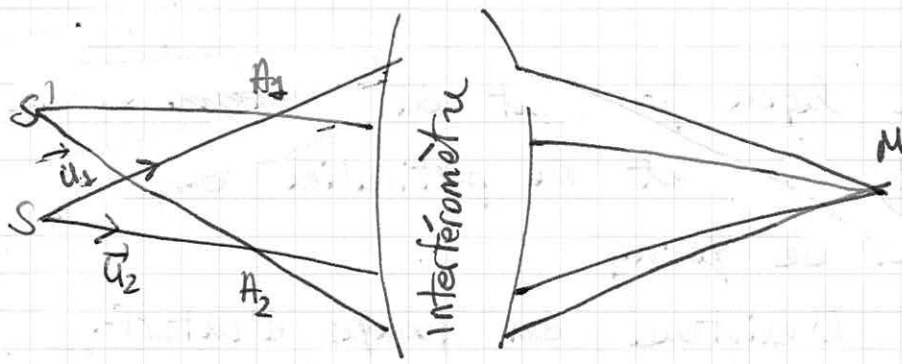
BROUILLAGE: Pour source trop étendue des nombreux points de la source donnent lieu à une figure d'interférence en ~~anti~~ anticoincidence

⇒ CONTRASTE ≈ 0 pour $l_s > \frac{\lambda L}{a}$
(longueur cohérence spatiale)

Théorème de localisation

Pour ~~surmonter~~ surmonter ce problème, ~~on~~ nous nous demandons s'il existe, pour certains dispositifs, quelques points ~~particuliers~~ privilégiés de l'espace où $I(s, u)$ dépend ~~très~~ très peu du point s de la source (pour avoir ~~des~~ des fig d'interférence en coïncidence pour tous les points source)

M : pas de brouillage



S, S'
deux points arbitraires
de la source

Pour éviter le brouillage on veut des différences de marche proches :

$$\Delta\delta = \delta(S', M) - \delta(S, M) \equiv 0 \quad [2\pi]$$

$$\delta(S', M) = (S'A_2) + (A_2M)' - (S'A_1) - (A_1M)'$$

$$\delta(S, M) = (SA_2) + (A_2M) - (SA_1) - (A_1M)$$

Stigmatisme parfait $(A_i M) = (A_i M')$

On considère qu'on est dans l'air avec $n \approx 1$

$$\Delta\delta = [S'A_2 - SA_2] - [S'A_1 - SA_1]$$

$$\approx -\vec{SS'} \cdot \vec{u}_2 + \vec{SS'} \cdot \vec{u}_1 = \vec{S'S} \cdot (\vec{u}_2 - \vec{u}_1)$$

Pour respecter $\Delta\delta = 0$:

$\rightarrow \vec{SS'} = \vec{0}$ (source ponctuelle)

$\rightarrow \vec{S'S} \perp (\vec{u}_2 - \vec{u}_1)$: élargissement $\perp$ aux rayons

qui interfèrent (source horizontale
Tous Young)
 $\hookrightarrow$ PAS PRATIQUE

$\rightarrow \vec{u}_1 = \vec{u}_2 \Rightarrow$ même rayon incidente $\Rightarrow$ Système division d'amplitude

Dans la suite on va étudier deux dispositifs à division d'amplitude : l'interféromètre

Michelson (~~qui~~ qu'on utilisera aussi pour étudier l'écart entre deux raies jaunes d'une lampe au sodium).

et l'interféromètre de Fabry-Pérot.

MICHELSON :

→ inventé par Albert Michelson pour détecter de très faibles variations de vitesse de la lumière, du ~~due~~ au mouvement relative de la Terre par rapport à l'éther

→ Utilisé par la détection des ondes gravitationnelles (VIRGO, LIGO aux USA)

Michelson géantes de 3km.

Le passage d'une onde produit de variation anisotropes de deux bras de l'interféromètre
⇒ ~~inter~~ interference.

a) CONSTITUTION INTERFÉROMÈTRE

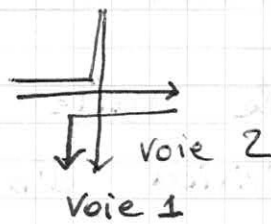
- M_1 (mobile), M_2 (fixe)

- séparatrice (traitée pour être semirefléchiss.)
compensatrice (non traitée) } inclinaison $\pi/4$

- Expliquer fonctionnement vis

(6) / (7) ⇒ // entre compensatrice et séparatrice

b) principe de l'interferometre :

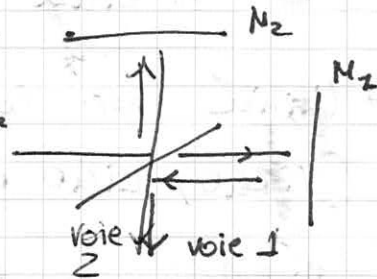


c) Rôle du dispositif séparateur :

- couche rayons à traverser 4 fois l'épaisseur d'une lame $\Rightarrow$ rendre les deux voies équivalentes
- Indispensable en lumière polychromatique car ~~l'élément~~ compensatrice et séparatrice sont des milieux dispersifs

d) Flux dans l'interferometre

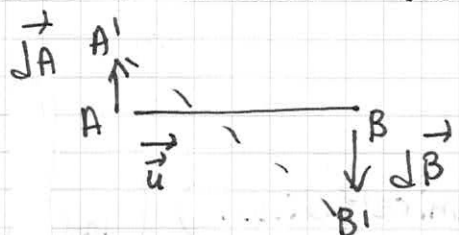
- On considère une seule lame semi-réfléchissante d'épaisseur $\Rightarrow$ nul



- $E_s = T R E_i = (1-R) R E_i$
sortant pour les deux

$$R = 0.5 \Rightarrow E_s \text{ max}$$

Détails calculs : ΔS



$$\vec{AB'} = \vec{AB} - \vec{AA'} + \vec{BB'}$$

Autrement

$$\vec{S'A_1} \neq \vec{SS'} = \vec{SA_1}$$

$$\|\vec{S'A_1}\| = \sqrt{\vec{SA_1}^2 + \vec{SS'}^2 + 2\vec{SS'} \cdot \vec{SA_1}}$$

$$\vec{AB} = AB \vec{u}, \|\vec{u}\|=1 \Rightarrow \vec{u} \cdot \vec{u} = 1$$

$$\text{si } \vec{SS'} \ll \vec{SA_1}$$

$$\Delta(\vec{AB}) = -\vec{AA'} + \vec{BB'} = d(AB) \cdot \vec{u} + \frac{\vec{AB} \cdot \vec{AA'}}{AB} = \lambda \|\vec{S'A_1}\| \approx \lambda \|\vec{SA_1}\| \cdot x$$

$$\Rightarrow \Delta(AB) = (\vec{BB'} - \vec{AA'}) \cdot \vec{u} \quad \left(1 + \frac{\vec{SS'} \cdot \vec{SA_1}}{\|\vec{SA_1}\|^2}\right)$$

On va étudier le fonctionnement d'un michelson
~~réflecteur~~ échoire avec une source étendue:

1) Mirrors $\perp$ entre eux

2) Même distance entre M_1 et sep. et M_2 et séparés.
~~et~~ mais inclinés

$$(SM)_{voie 1} = (SI_1) + \frac{\lambda_0}{2} + (I_1 J) + (J M)$$

$$(SM)_{voie 2} = (SK) + (KI_2) + \frac{\lambda_0}{2} + (I_2 M)$$

MICHELSON LAME D'AIR: (tout se passe comme s'il y
 avait une lame d'air entre

Royons sortants ~~100~~ // le deux miroirs)

interf $\propto (*)$

Pour raison de symétrie ~~et~~ $SI_1 = SI_1' = S_1 I_1'$

$$I_1 J = I_1' J$$

Il faut calculer ~~(I_2 M)~~ $(I_1' M) - (I_2 M)$

On peut montrer que ça est équivalente à:

$$\delta(H) = (S_1 M) - (S_2 M) = S_1 H = \boxed{2e \cos i} \quad \text{DIFFERENCE MARCHÉ}$$

(*) pour l'observation lentille convergente
 écran dans le plan image de la lentille

~~Il faut trouver l'interf~~ depuis lequel de

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi \delta(H)}{\lambda}$$

Symétrie révolution autour de $S_1 S_2 \Rightarrow$ Fig. interf =
 ANNEAUX
 (d'égale inclinaison)

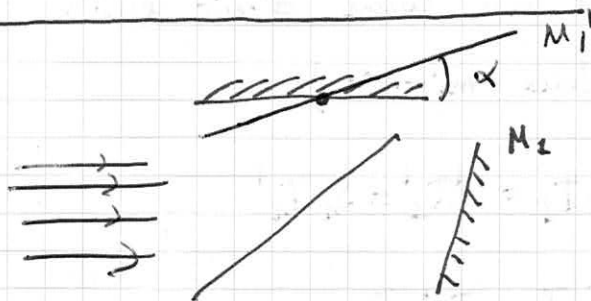
Ordre d'interférence = $p(M) = \frac{\delta(M)}{\lambda_0}$

→ fonction décroissante de i

→ $p(i=0) = p_0 + \varepsilon \quad 0 < \varepsilon < 1$

→ $p_0 = \frac{2ne}{\lambda} \cos i \approx \frac{2ne}{\lambda_0} \left(1 - \frac{i^2}{2} \right) = \frac{2ne}{\lambda_0} \left(1 - \frac{r_1^2}{f_1^2} \right)$
 gauss @ $\tan i = \frac{r_1}{f_1} \approx i$

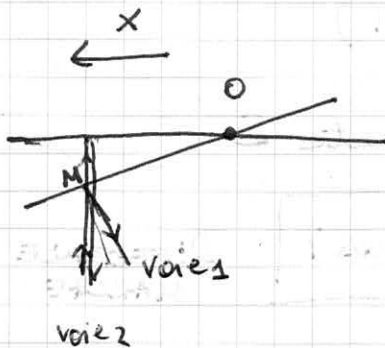
ou va au contact optique $e=0$ (teinte plate) et au radieu
 MICHELSON ~~coin~~ COIN D'AIR



← ou admet que les interférences sont localisées au voisinage de miroirs

Eclairement incidence normale

→ on veut la figure d'interférence



différence de marche

$\delta(M) = 2e(M) = 2x\alpha^n$ ← indice

car $\tan \alpha = \frac{e(x)}{x} \approx \alpha$

⇒ Figure d'interférence ⇒ Frange rectiligne
 (d'égale épaisseur)

Interfrange ou Frange d'ordre p : $\delta = p\lambda$

$x_p = \frac{p\lambda}{2n\alpha} \Rightarrow i = x_{p+1} - x_p = \frac{\lambda}{2n\alpha}$

Doublet sodium :

$$\lambda_1 = 589,00 \text{ nm} , \lambda_2 = 589,597 \text{ nm}$$

$$\lambda_1 = \lambda_m - \Delta\lambda$$

$$\lambda_2 = \lambda_m + \Delta\lambda$$

$$I(\delta) = 2I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi\delta}{\lambda_2} \right) \right) + 2I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi\delta}{\lambda_1} \right) \right)$$

~~$2I_0$~~

Ou utilise : $\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$

$$\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \simeq \frac{2}{\lambda_m} , \quad \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \simeq \frac{2}{\lambda_m^2} \Delta\lambda$$

$$= 4I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi\Delta\lambda\delta}{\lambda_m^2} \right) \cos \left(\frac{2\pi\delta}{\lambda_m} \right) \right)$$

FACTEUR de CONTRASTE

Ou chariotte et on change la valeur de δ (variation e)

Pour certains valeur de δ on a anticoïncidence :

$$\delta \neq m_1 \lambda_1 \quad \delta = \left(m_1 + \frac{1}{2} \right) \lambda_1 = m_2 \lambda_2$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \delta = \left(m_1 - m_2 \right) + \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \delta \simeq \left(k + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda_m^2}{\Delta\lambda}$$

~~MESURES~~ MESURES :

Ou chariotte et on change e donc δ

Ou part d'un brouillage et on mesure la position sur le vernier $\Rightarrow P_1$

Ou compte un certain nombre n de brouillage et on remesure la position P_2

$$\frac{p_2 - p_1}{h} = \frac{\lambda_m^2}{4\Delta\lambda}$$

$$p_2 = 19,375$$

$$p_1 = 17,910$$

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 = 0,005$$

$$\Rightarrow \Delta e = \frac{p_2 - p_1}{5} = 0,293 \text{ mm}$$

$$\text{Erreur } \Delta e \approx \frac{1}{5} \sqrt{2} \cdot 0,005 \approx 0,002$$

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_m^2}{2\Delta e} \approx 5,94 \text{ \AA} \quad (10^{-10} \text{ m})$$

$$\Delta(\Delta\lambda) = \frac{\lambda_m^2 \Delta(\Delta e)}{2(\Delta e)^2} \approx 0,05 \text{ \AA} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Propagation} \\ \text{des erreurs} \end{array} \right)$$

$$\Delta\lambda + \Delta(\Delta\lambda) = (5,94 \pm 0,05) \text{ \AA}$$

Valeur totale 5,97 \AA

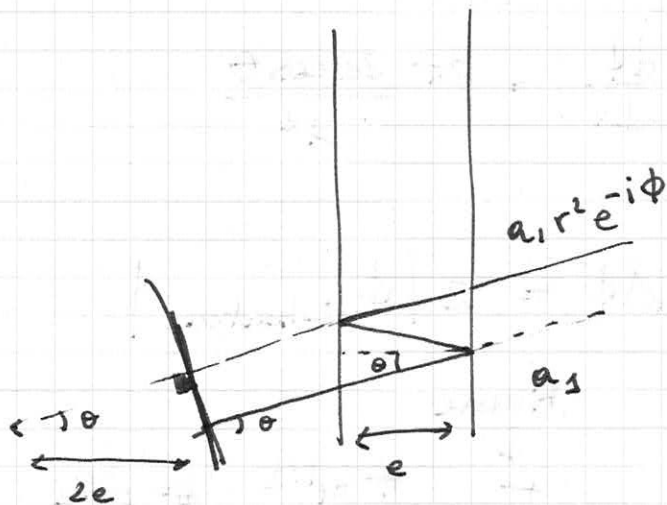
Nombre de maxima d'éclairement entre

$$\text{deux brouillages} \quad \frac{\lambda_m}{\Delta\lambda} = N \approx 1000 = \frac{589,30}{0,59}$$

sodium

Impossible de voir avec les trous car on n'a pas autant de pics à cause de la diffraction

FABRI-PEROT



r, t coeff reflex, transm.
 $\in \mathbb{R}$

$$|r|^2 + |t|^2 = 1$$

Différence de phase
entre 2 onde sortantes
successive

$$\Delta\phi = 2e \cos \theta$$

$$a_1 = a_0 t^2$$

Amplitude de la superposition de N ondes
(serie geometrique de raison $r^2 e^{-i\phi}$)

$$a = a_1 \frac{1 - r^{2N} e^{-iN\phi}}{1 - r^2 e^{-i\phi}}$$

Intensité en fonction du dephasage:

$$I = \left| \frac{a_1}{1 - r^2 \cos \phi + i r^2 \sin \phi} \right|^2 = \frac{|a_1|^2}{1 + r^4 - 2r^2 \cos \phi}$$

$$= \frac{I_{\max}}{1 + m \sin^2 \phi/2}$$

$$|\phi_{\text{mi-hauteur}}| \sim \frac{2}{\sqrt{m}}$$

$$|\sin \frac{\phi}{2}| = 1/\sqrt{m} \sim \frac{\phi}{2}$$

$$I_{\max} = \frac{|a_1|^2}{(1 - r^2)^2} = |a_0|^2$$

↓
incidence

$$m = \frac{4r^2}{(1 - r^2)^2}$$

↑
 r grand
 m grande

$$\cos \phi = \cos^2 \phi/2 - \sin^2 \phi/2$$

$$= 1 - 2 \sin^2 \phi/2$$

Pouvoir de resolution

$$\Delta\lambda = \left| \frac{d\lambda}{d\phi} \right| \Delta\phi$$

$$\left| \frac{d\phi}{d\lambda} \right| = 2\pi \frac{ze \cos \theta}{\lambda^2}$$

$$\Delta\phi = 2 \left| \phi_{\text{mi-hauteur}} \right|$$

$$\Delta\lambda = \frac{4}{\sqrt{m}} \cdot \frac{\lambda^2}{2\pi ze \cos \theta}$$

finesse
↓

$$F = \frac{\pi m^{1/2}}{1-R} = \frac{\pi R^{1/2}}{1-R}$$

Pouvoir resolution $\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{\pi m^{1/2} e \cos \theta}{1-R}$

- Haute pour resolution $\Rightarrow$ utilisation en spectrometrie
- Pics fins $\Rightarrow$ grandes finesse
↓
spectrometrie
- ~~Cou~~ Lorentz : cavité resonante qui permet de selectionner certains fréquence d'emission du lore.