

CP 47. Interférences de 2 ondes
en optique

(1)

Niveau : CPGE.

Prérequis : ondes (OPPM), optique géo, ^{ondes} EM.

Intro fil rouge avec exp?

Def: interf avec $I \neq I_1 + I_2$

I - Superposition d'ondes lumineuses.

1.1. Terme d'interférence

On considère deux OPPM

$$\vec{E}_i = \vec{E}_{0i} \cos(\omega_i t - \varphi_{0i} - \varphi_i(M))$$

Ondes totales $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ $\vec{r} \cdot \vec{SM}$

Pour rappel, on est sensible à la valeur moyenne de la norme au carré car $\omega \gg 1$ indétectable.

OG τ_{capteur} 10^{14} Hz

œil $0,06 \Delta$
 $10^{-6} - 10^{-10} \Delta$

10^{-12} mosec

$$I = \langle \|\vec{E}\|^2 \rangle_t$$

$$= \langle (\vec{E}_1 + \vec{E}_2)^2 \rangle_t$$

$$= \underbrace{\langle \|\vec{E}_1\|^2 \rangle_t}_{I_1} + \underbrace{\langle \|\vec{E}_2\|^2 \rangle_t}_{I_2} + 2 \underbrace{\langle \vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 \rangle_t}_{\text{terme d'interférence}}$$

$I = I_1 + I_2 + I_{\text{int.}}$

$$I_{\text{int}} = \langle (\vec{E}_{01} \cdot \vec{E}_{02}) \times \cos(\omega_1 t - \varphi_{01} - \varphi_1(r)) \times \cos(\omega_2 t - \varphi_{02} - \varphi_2(r)) \rangle_t$$

$$= \vec{E}_{01} \cdot \vec{E}_{02} \left[\langle \cos(\omega_1 - \omega_2)t - (\varphi_{01} - \varphi_{02}) - (\varphi_1(r) - \varphi_2(r)) \rangle_t \right. \\ \left. + \langle \cos(\omega_1 + \omega_2)t - (\varphi_{01} + \varphi_{02}) - (\varphi_1(r) + \varphi_2(r)) \rangle_t \right]$$

4.2. Conditions d'interférence.

3

Il y a interf si $I \neq I_1 + I_2$.

i.e. $I_{int} \neq 0$.

(a). $\langle \cos \omega_0 t \rangle_t \neq 0$ ssi $\omega_0 = 0$.

Deuxième terme toujours nul.

1^{er} terme $\neq 0$ ssi $\boxed{\omega_1 = \omega_2}$

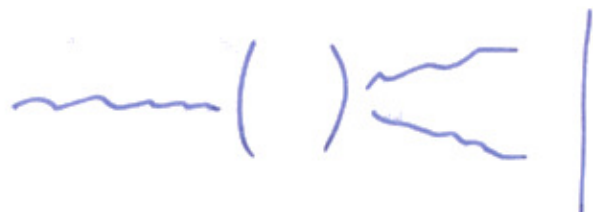
(b) $\boxed{\vec{E}_{01} \cdot \vec{E}_{02} \neq 0}$

\rightarrow polarisation non croisée

(c) $I_{int} \propto \cos[(\phi_{01} - \phi_{02}) - \phi_1(r) - \phi_2(r)]$

Il faut que $\boxed{\phi_{01} - \phi_{02}}$ soit fixe, on parle d'ondes cohérentes.

En pratique on divise une onde en deux ondes : $\phi_{01} = \phi_{02}$.



L'intensité est donc :

$$\boxed{I = I_1 + I_2 + 2 \sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\varphi)}$$

$$\begin{aligned} \text{où } \Delta\varphi &= \varphi_1(r) - \varphi_2(r) \\ &= \underbrace{k}_{\omega/c = \frac{2\pi}{\lambda}} \cdot (SM)_1 - k \cdot (SM)_2 \end{aligned}$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda} \underbrace{[(SM)_1 - (SM)_2]}$$

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

δ : différence de marche
= différence de chemin
optique

Appuyer peut-être dans partie suivante.

$$\Delta\varphi = 0[2\pi] \text{ onde en phase}$$

→ constructive.

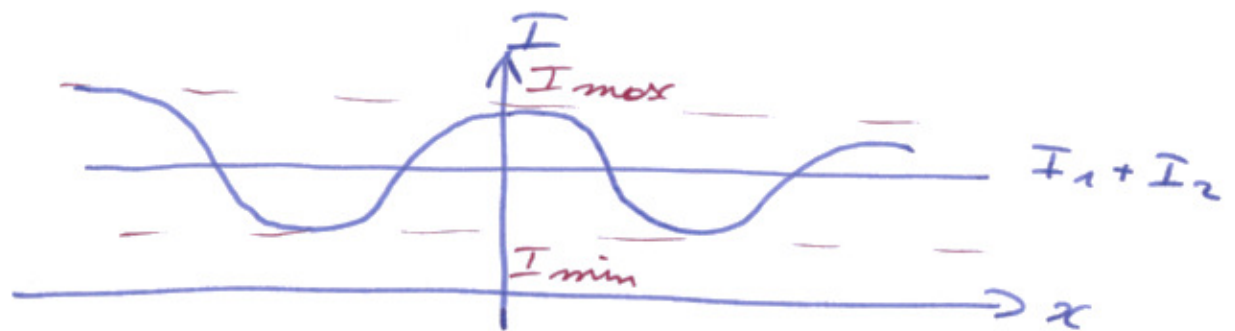
$$\Delta\varphi = [] \text{ onde ...}$$

→ destructive

II. Figure d'interférence

2.1. Interférence constructive et destructive δ varie spatialement

→ on a des maxima et minima



2.2. Contraste

$$C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

$$= \frac{2 \sqrt{I_1 I_2}}{I_1 + I_2}$$

$$\text{Donc } I = (I_1 + I_2) (1 + C \cos \Delta \varphi)$$

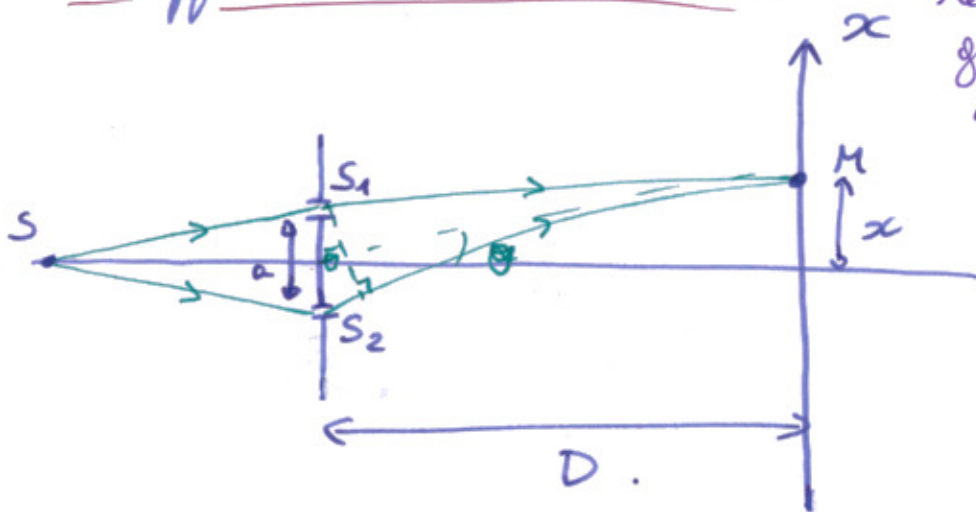
$$C = 1 \quad \text{si} \quad I_1 = I_2.$$

$$I_{\min} = 0.$$

III - Expériences d'Young

83. 1. Différence de marche.

→ dire que recouvrement grâce à la diffraction



$$\theta \sim \sin \theta = \frac{\delta}{a}$$

$$\theta \sim \tan \theta = \frac{x}{D}$$

$$\rightarrow \boxed{\delta = \frac{ax}{D}}$$

D'où la figure

$$\boxed{I = 2I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ax}{D} \right) \right)}$$

→ frange rectiligne d'interférence i.

tg

$$\Delta \varphi = 2\pi = \frac{2\pi a}{\lambda D} \times i$$

$$\Rightarrow \boxed{i = \frac{\lambda D}{a}}$$

OG ?

| plus grande si a ↓.

3.2. Expérience
longueur pisces $8 \mu\text{m}$.

(7)

$$21,8 \text{ mm} \pm 0,4.$$

$$48,8 \pm 0,3 \text{ mm}.$$

$$\rightarrow \dot{c} = 3,1 \pm 0,7 \text{ cm}.$$

$$D = 141 \pm 1 \text{ cm}.$$

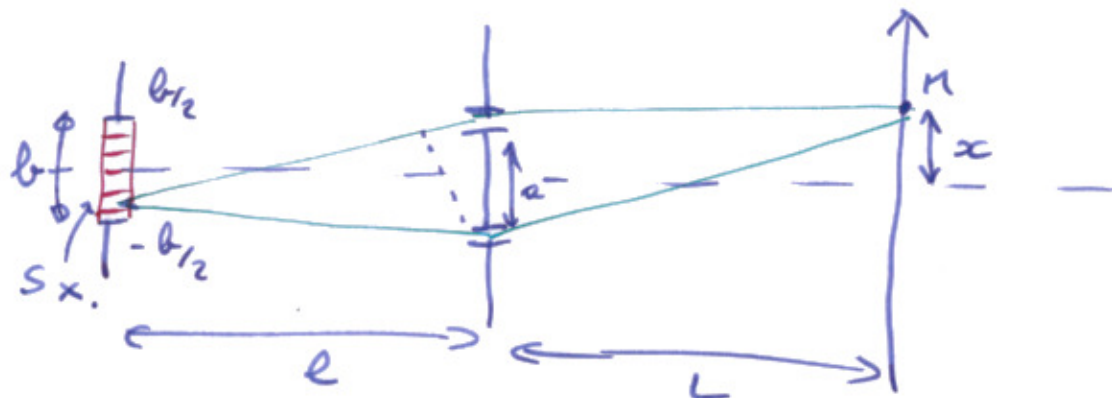
$$\lambda = 602,5 \text{ nm}.$$

$$a = 0,2 \text{ mm}.$$

3.3. Source étendue et cohérence spatiale. (8)

exp: on déplace fente \rightarrow déplace figure.

Si fente source large \rightarrow superposition de plusieurs figures \rightarrow brouillage.



$$dI_{S_x}(M) = \frac{2I_0}{b} \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{ax}{b} + \frac{ax}{l}\right)\right) \right) dx$$

\uparrow
translation

$$I(M) = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} dI_{S_x}(M)$$

$$= 2I_0 + \frac{2I_0}{b} \left[\frac{\sin\frac{\pi}{\lambda} \left(\frac{ax}{b} + \frac{a}{2l}\right)}{\frac{2\pi a}{\lambda b}} - \sin\frac{\pi}{\lambda} \left(\frac{ax}{b} - \frac{a}{2l}\right) \right]$$

$$= 2I_0 + \frac{I_0 l \lambda}{\pi a b} 2 \sin\frac{\pi a b}{\lambda l} \cos \frac{2\pi a x}{b}$$

$$\sin 2 \cdot \sin b = 2 \sin \frac{a-b}{2} \cos \frac{a+b}{2}$$

$$= 2I_0 \left(1 + \operatorname{sinc} \frac{\pi a b}{\lambda l} \cdot \cos \frac{2\pi a x}{\lambda b} \right)$$

\hookrightarrow contraste.

\hookrightarrow interf.

Donc contraste si



$$\frac{\lambda a b}{\lambda l} < \lambda$$

$$b \leq \frac{\lambda l}{2a}$$

OG:

$$\lambda = 500 \text{ nm}$$

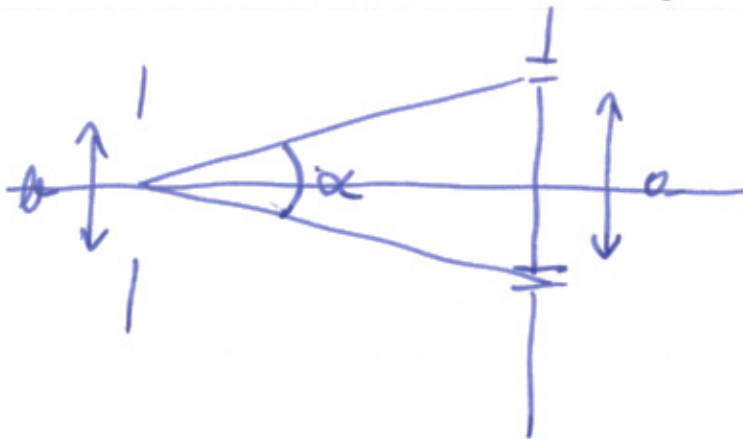
$$l = 10 \text{ cm}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

$$\rightarrow b < 0,04 \text{ mm.}$$

il va voir comme

$$\frac{a}{l} = \alpha < \theta_c = \frac{\lambda}{a}$$



Ecl : donc on a décrit le phénomène d'interf qui apparaît lorsque on recombine deux ondes préalablement séparées. Du à diff de marche, on obtient des figures \neq de juste superposition des deux luminosités.

On a vu l'expérience d'Young, il existe d'autres dispo tq Michelson.

On a vu le phénomène de cohérence spatiale, dont l'origine du brouillage peut nous permettre de mesurer l'étendue de source. comme en astro.

ouverture sur Michelson et cohérence
tempo spectralement par

On a considéré sinusoïde parfait^V, modèle excessif, dans la réalité train d'onde limité du à largeur spectrale. Donne lieu à d'autres limitations
→ cohérence temporelle très peu limitant avec fente Young → Michelson.

- $\tau_{\text{detect}} = 10^{12} \text{ Hz}$.

- en intro deusc ondes on m
endueit où $I \neq I_1 + I_2$.

- OG: capteur qu'on.

\neq acoustique, optique.

Cohérence temporelle

$$\tau_c = \frac{1}{\Delta\omega}$$

$$l_c = c\tau_c$$

$$\tau_c = \frac{l_c}{c}$$

$$l_c = \frac{c}{\Delta\omega}$$

$$\delta < l_c = c\tau_c$$

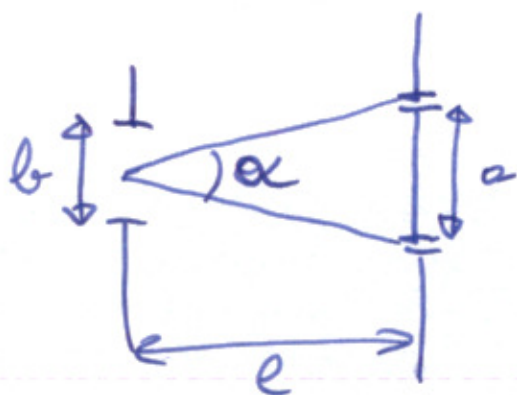
Brouillage quand $\delta \sim l_c$

Cohérence spatiale

On déplace la fente source \rightarrow déplace frange.

Donc si on ~~deplace~~ ouvre fente \rightarrow brouillage.

CALCUL ...



$$\left| \frac{a}{e} = \alpha < \theta_c = \frac{\lambda}{b} \right|$$

$$\delta = \frac{\lambda x}{D} \rightarrow \frac{0,2 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$\rightarrow x = \frac{D}{\lambda} \delta. = \cancel{1000 \text{ mm}}.$$

$$\frac{1 \text{ m}}{0,2 \text{ mm}} = 5000$$

$$\rightarrow x = 1000 \text{ m} \quad L_c = 20 \text{ cm}.$$

$$\rightarrow x = 15 \text{ cm} \quad L_c \approx 30 \mu\text{m}.$$

$$\rightarrow \Delta \lambda = 200 \text{ nm}$$

$$\lambda_0 = 500 \text{ nm} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \Delta \lambda \\ \lambda_0 \end{matrix}} \right\} L_c = \frac{\lambda_0^2}{\Delta \lambda} = 1,25 \times 10^{-6}.$$

$$x = 6 \text{ mm},$$

- bifente de \neq longueur.
- QI
- condenseur 12 cm. et 8 cm.
- fente réglable.
- CCD.
- filtre interf vert ? $\rightarrow \sim 500 \text{ nm}$
rouge $\rightarrow \sim 602 \text{ nm}$.
- laser. He Ne OM