

I] Conditions d'interférences

Rapels Phys

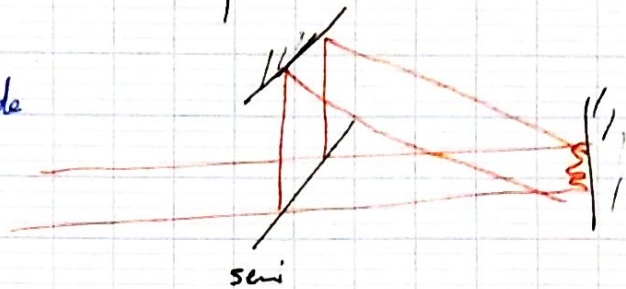
1) Observations expérimentales

Observation:

- Superposition de 2 sources laser $\Rightarrow \phi$ interférences
Même s'ils ont la même pulsation

- Avec un diaphragme d'onde

Hypothèses de travail

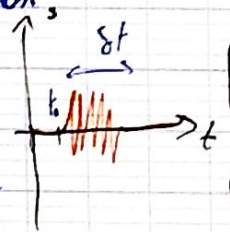


À mettre en III

(retour sur le modèle après avoir vu la cohérence temporelle)

2) Modèle du train d'onde

Emission provient de la désexcitation d'un électron à un instant t_0 . Durée δt finie



Pour un ensemble d'atomes: on a des sources de photon ayant toutes des phases différentes et amplitudes

Def τ_c le temps de cohérence = durée moyenne d'un train
Source monochromatique: $s(t) = A(t) e^{i(2\pi\nu_0 t + \phi(t))}$

$$I = K \langle s^2(t) \rangle = I_1 + I_2 + \frac{1}{2} K A_1 A_2 \langle \cos((\omega_1 + \omega_2)t + (\phi_1 + \phi_2)) \rangle + \langle \cos(\Delta\phi(t)) \rangle$$

→ Deux ondes ne peuvent interférer que si elle appartiennent au même train d'onde → on dit qu'elles sont cohérentes

Def $L_c = c\tau_c \Rightarrow$ interférence si $|S| \ll L_c$

II Coherence spatiale : source non-punctuelle

1) Cas de 2 sources ponctuelles

Rappel : dispositif de fente de Young

Pour une source ponctuelle

$$I(x) = 2\mathcal{E}_0 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{ax}{d} + \frac{ax'}{f'} \right) \right) \right]$$

Pour 2 sources primaires incohérentes
(de même intensité)

$$I(x) = I_1(x) + I_2(x) = 2\mathcal{E}_0 \left[1 + \underbrace{\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} a \left(\frac{x_1}{d} + \frac{x}{f'} \right) \right)}_{\phi_1} + \underbrace{\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} a \left(\frac{x_2}{d} + \frac{x}{f'} \right) \right)}_{\phi_2} \right]$$

$$= 4\mathcal{E}_0 \left[1 + \cos\left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right) \right]$$

$$= 4\mathcal{E}_0 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ae}{d}\right) \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ax}{f'}\right) \right]$$

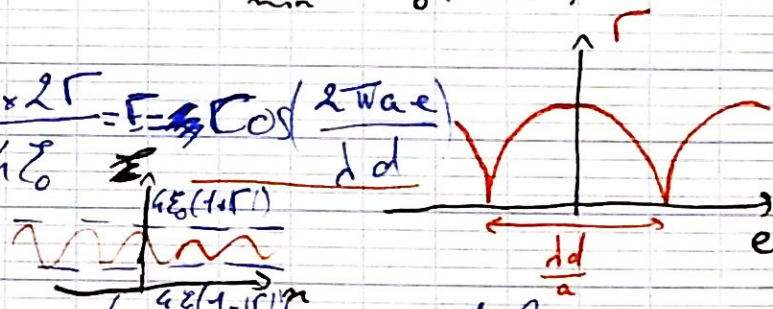
$$I_{\max} = 4\mathcal{E}_0 (1 + |\Gamma|) \quad \text{avec } \Gamma = \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ae}{d}\right)$$

$$I_{\min} = 4\mathcal{E}_0 (1 - |\Gamma|)$$

2) Contraste

Γ indep de x

$$\text{Contraste : } C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{4\mathcal{E}_0 \times 2\Gamma}{4\mathcal{E}_0} = \Gamma = \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ae}{d}\right)$$



3) Application : détermination de la distance entre 2 étoiles

On fait varier la distance entre les fentes

On considère 2 étoiles séparées de e
à une distance d de la Terre

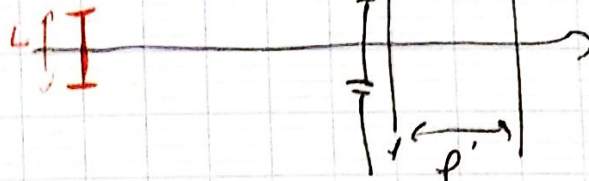
On fait varier la distance entre les trous

3) Source élargie

- On considère une source de taille L et d'intensité totale I_0

- on considère l'intensité uniforme

- on considère donc une infinité de sources de longueur dx_s incohérentes entre elles
 $\Rightarrow dI_s = \frac{I_0}{L} dx_s$ incohérents et $dI(r) = 2dI_s \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} a \left(\frac{x_s}{d} + \frac{x}{f'}\right)\right) \right]$



$$I_{tot}(r) = \int_{source} dI(r) = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} 2 \frac{I_0}{L} \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} a \left(\frac{x_s}{d} + \frac{x}{f'}\right)\right) \right] dx_s$$

slide

$$\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \cos(ax + \beta) dx = \frac{2}{a} \text{sinc}\left(\frac{aL}{2}\right) \cos \beta$$

$$= \frac{2I_0}{L} L + 2I_0 \text{sinc}\left(\frac{2\pi a L}{2\lambda d}\right) \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ax}{f'}\right)$$

$$I_{tot} = 2I_0 \left[1 + \underbrace{\text{sinc}\left(\frac{\pi a L}{\lambda d}\right)}_r \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ax}{f'}\right) \right]$$

On retrouve une modulation globale

Rmq - Le problème de source ponctuelle se pose pour les fentes de Young

↳ division du front d'onde

Pas pour le Michelson

slide

division d'amplitude et dépend de l'angle d'incidence et du chemin parcourus dans le Michelson

III Cohérence temporelle : source polychromatique

1) Cas d'une source constitué d'un doublet de lignes d'onde

~~On reprend une source ponctuelle~~

On considère une source dont le spectre est composé de 2 lignes d'onde λ_1 et λ_2

On note $\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$ $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$

Cas général: $I(H) = 2I_0 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \delta(H)\right) \right]$

$\Rightarrow I_{\text{tot}}(H) = I_1(H) + I_2(H) = 2I_0 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \delta\right) \right] + 2I_0 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \delta\right) \right]$

$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_2} \approx \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \\ \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \approx \frac{2}{\lambda} \end{array} \right\} \Rightarrow I_{\text{tot}}(H) = 4I_0 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi \Delta\lambda}{\lambda^2} \delta(H)\right) \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \delta(H)\right) \right]$

Figure de base avec le contraste modéré

$\Gamma(H) = \left| \cos\left(\frac{\pi \Delta\lambda}{\lambda^2} \delta(H)\right) \right|$

2) Terme du doublet du sodium

Michelson: $\delta(a) \approx 2e \cos(\theta) \approx 2e$
Lame d'air

Montage réalisé avec un photodétecteur au foyer d'une lentille de sortie

On translate ordre d'interférence: $p_2 - p_1 = 2e \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \approx 2e \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} = \frac{2m\lambda}{2}$

CCP après translation $p_2 - p_1 = 2e \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = N \frac{2\pi \Delta\lambda}{\lambda^2}$

~~Rmq~~ Rmq

$\Rightarrow \Delta\lambda = \frac{N \lambda^2}{2d}$

$\lambda_m = 589 \text{ nm}$

$\Delta\lambda = 6,0 \cdot 10^{-10}$