

LP 34: Interferométrie à division d'amplitude

Niveau: L2

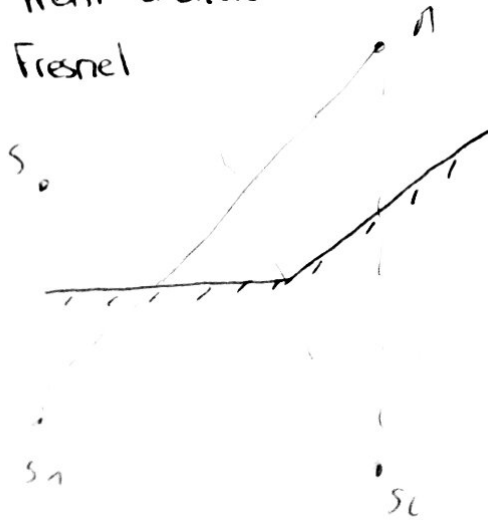
- Prérequis :
- Interférence à 2 ondes
 - Cohérence mutuelle de 2 sources.
 - Interférence avec 2 sources ponctuelles monochromatiques.
- Cours optique ondulatoire.

I) Interférences avec une source étendue

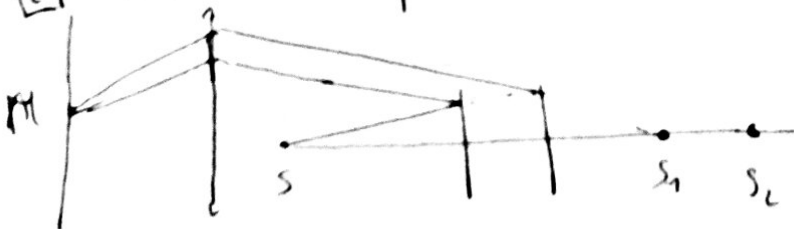
1) Dispositif à division du front d'onde et d'amplitude.

2 sources ponctuelles cohérentes à partir d'une source

1) Division du front d'onde
Miroirs de Fresnel



2) Division d'amplitude

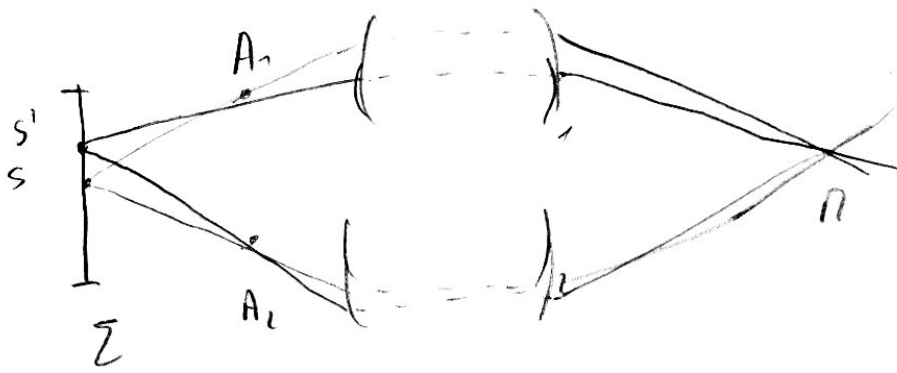


Eclairissement au point P

$$E(P) = 2E_0 \left(1 + \cos \frac{2\pi \delta(S_1, P)}{\lambda} \right)$$

$$S(P) = (S(P))_2 - (S(P))_1$$

2) Source étendue : Σ sources ponctuelles incohérentes entre elles.



$$E(P) = \iint_{\Sigma} 2E_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi \delta(S, P)}{\lambda} \right) \right) dS$$

$$\delta(S', P) = \delta(S, P) + \frac{\lambda}{2}$$

Source ponctuelle : $\delta(S, P) \ll \lambda$.

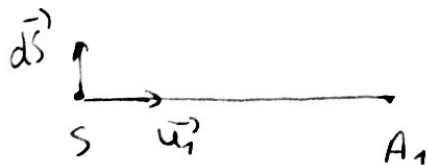
A_1 est le point conjugué de P

$$\delta(S, P) = (SA_2) - (A_2P) - ((SA_1) - (A_1P))$$

$$\delta(S', P) = (S'A_2) - (A_2P) - ((S'A_1) - (A_1P))$$

$$\Delta S = (SA_2 - S'A_1) - ((SA_1) - (S'A_1))$$

$$= d(SA_2) - d(SA_1)$$

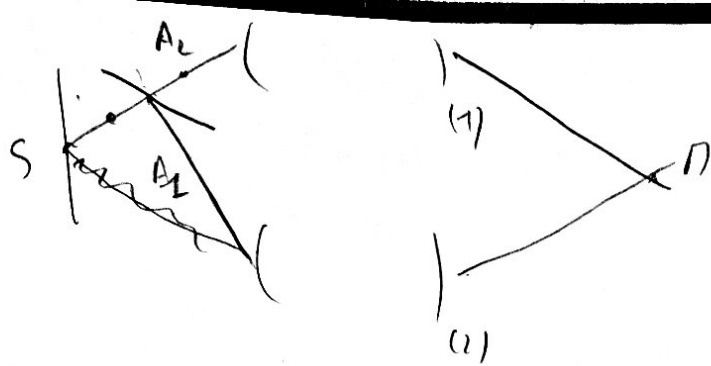


$$dSA_1 = -dS \cdot \vec{u}_1$$

$$\Delta S = -d\vec{S} \cdot \vec{u}_2 + d\vec{S} \cdot \vec{u}_1 = d\vec{S} (\vec{u}_1 - \vec{u}_2)$$

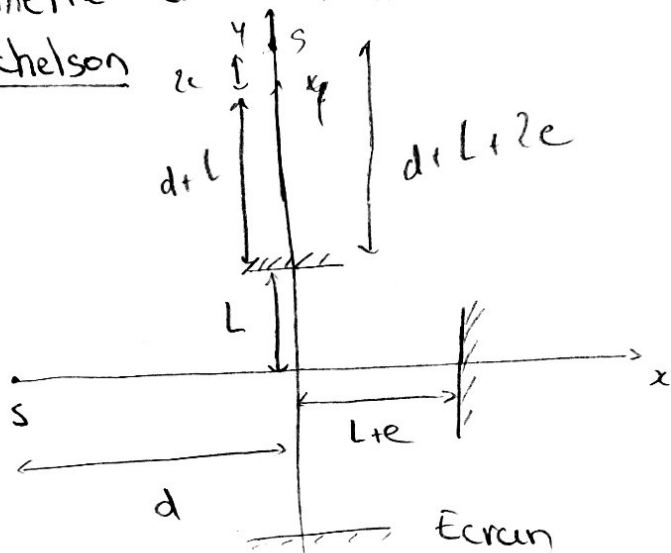
$$\vec{u}_1 = \vec{u}_2$$

\Rightarrow Nécessité d'utiliser un système à division d'amplitude, pr une source étendue.



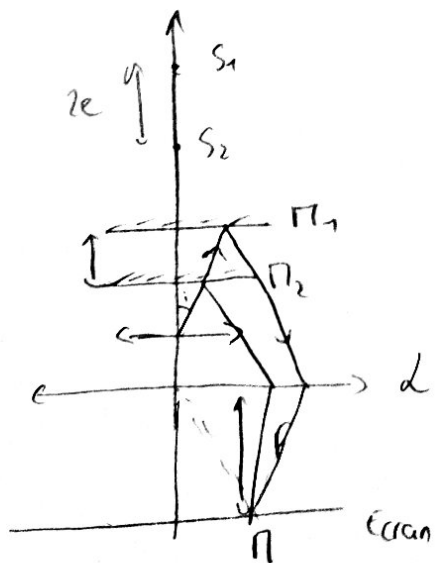
II) Interferomètre à faces //

1) Nichelson

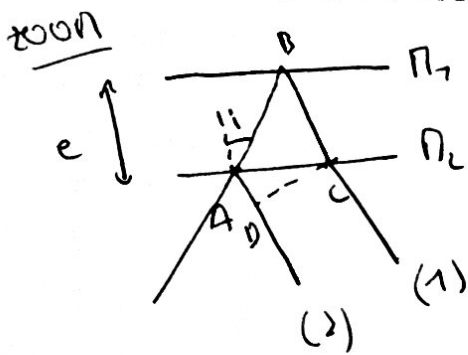


Source étendue : frange localisée à l'infini

2) Franges localisées pour dispositif à faces //



Schema équivalent



$$S(s, \Pi) = AB + BC - AD$$

$$= 2AB - AD$$

$$AB = \sin i \cdot AC$$

$$AC = 2 \sin i \cdot AB$$

$$\Rightarrow S(s, \Pi) = 2AB (1 - \sin^2 i)$$

$$= 2 \frac{e}{\cos i} (1 - \sin^2 i) = 2e \cos i$$

La différence de marche ne dépend que de Π , le point d'observation! Pas de s , l'étendue de la source.

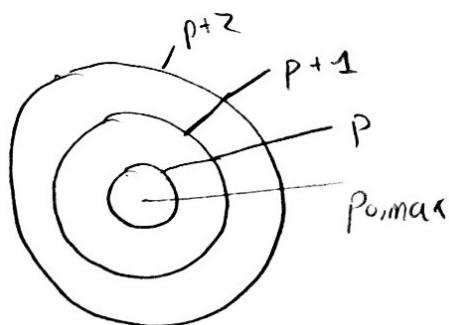
Ordre d'interférences

$$S(i) = 2e \cos i = p\lambda \quad , \quad p \in \mathbb{N}$$

$$p_{\max} = \frac{2e}{\lambda} \quad (\notin \mathbb{N})$$

$$p = \frac{2e \cos i}{\lambda} < p_{\max}$$

L'ordre d'interférence diminue qu'on s'éloigne du centre



$$2) \quad p_{\min} = \frac{2e \cos i_0}{\lambda}$$

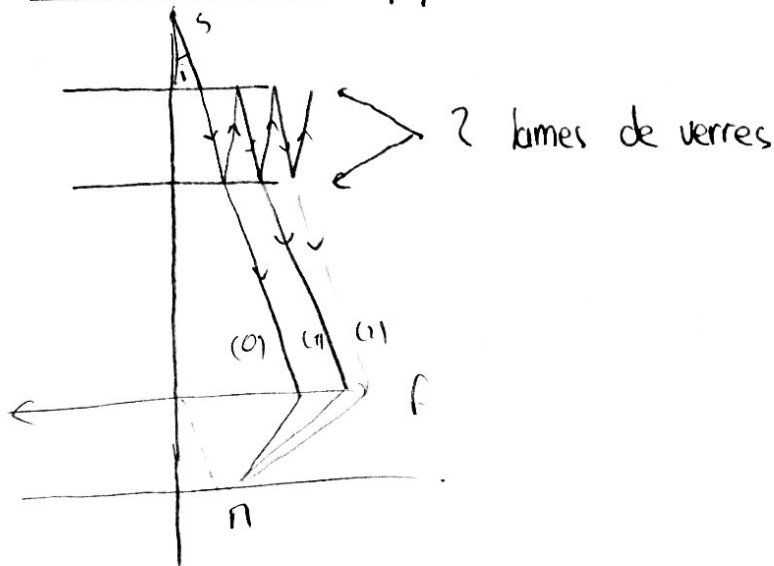
$$p_{\max} - p_{\min} = \frac{2e}{\lambda} (1 - \cos i_0)$$

nombre d'anneaux que l'on observe
brillant

$$\frac{N}{e} = \frac{2(1 - \cos i)}{\lambda}$$

Si $e \rightarrow$ au augmente le nombre d'anneaux.

3) Interferomètre de Fabry péro



Interférences avec une infinité d'ondes

$$s(\pi) = \sum_{n=0}^{\infty} (s_0 r^n e^{-i\Delta\varphi})^n = s_0 \frac{1}{1 - R e^{-i\Delta\varphi}}$$

avec $R = r^2$

$$E(\pi) \propto |s(\pi)|^2 = s_0^2 \frac{1}{1 + R^2 - R \cos(\Delta\varphi)}$$

$$\cos(\Delta\varphi) = 1 - 2 \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}$$

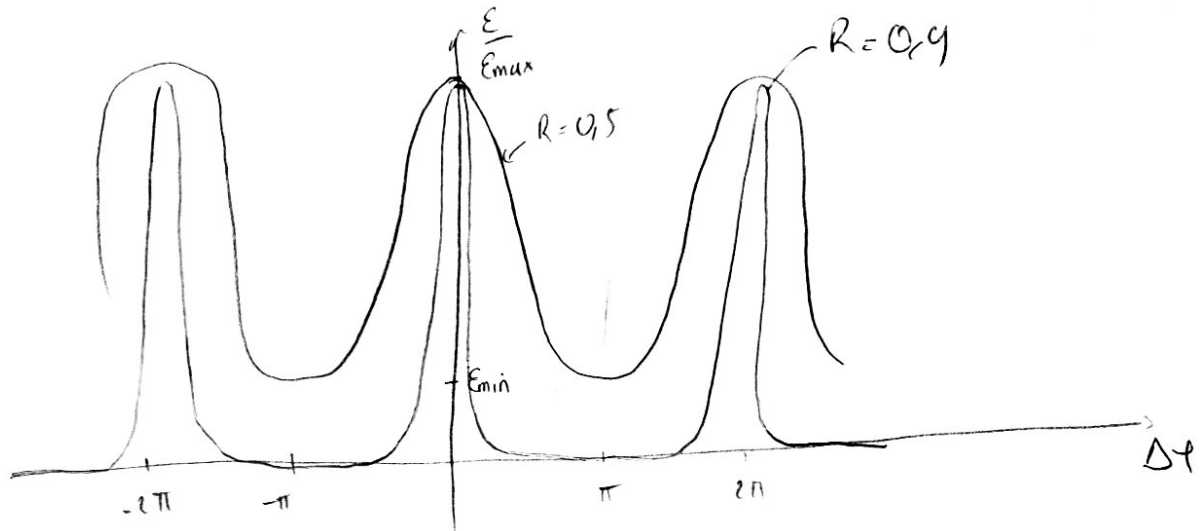
$$E(\pi) \propto \frac{\varepsilon_0}{1 + \frac{4R}{(1-R^2)} \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}}$$

$\Delta\varphi$: même différence de marche qu'avec le Michelson.

Etude de la figure d'interférence.

$$1) E_{\max} \text{ si } \frac{\Delta\varphi}{2} = \pi + p\pi \quad \Delta\varphi = 2\pi [2\pi]$$

$$E_{\min} = \frac{E_0}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2}}$$



$$\sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) = \frac{(1-R)^2}{4R} \Leftrightarrow \Delta\varphi = \frac{1-R}{\sqrt{R}}$$

$$\Delta\varphi_{\text{pic}}\left(\frac{E_{\max}}{2}\right) = \frac{2(1-R)}{\sqrt{R}}$$

III) Interferométrie à faces non //

Conclusion:

schéma du Michelson à projeter.

1 image du Michelson nu

1 image avec les rayons.

- Michelson à face // et à coin d'air.

- Fabry-Pérot : Interférences à Nondes.

- Franges d'égalité inclinaisons à introduire au début du Michelson.



$s = 2e \cos i \Rightarrow$ Plus rapide pr la \neq de marche.

- Anneaux d'égalité inclinaison: Ts les points sources génèrent une figure d'interférence qui se superpose. Cohérence spatiale infinie (= caractéristique du système : source + dispositif)

- Quand $e \rightarrow 0$ on a des anneaux dt les rayons divergent. Tante plate quelque soit la longueur d'onde. On appelle ça aussi le contact optique.

- Fabry Pérot : Coefficient de transmission,

Présenter le cas limite $R \rightarrow 1$ à la fin pr montrer la conséquence

$$E(R) = \frac{E_0}{1 + F(R) \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)}$$

$$F(R) = \frac{4R}{(1-R)^2}$$

$F \rightarrow \infty$: $R \rightarrow 1$: Miroir de très forte réflectivité.

Transmission du système : $T(\Delta\varphi) = \frac{E(\Delta\varphi)}{E_0}$

- Intervall spectral libre.

$$\Delta J_{n+1, n} = \frac{c}{2L} = ISL$$

• Pouvoir de résolution du F.P.

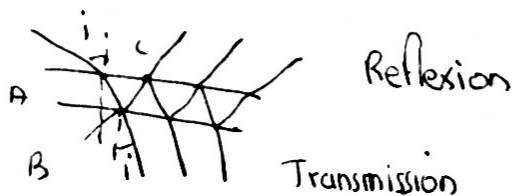
$$\Delta J_{1/2} = \frac{ISL}{F}$$

• H prépa PC. PC*
Perez optique

• Plan proposé par Y. Petit

I) Interférence par division d'amplitude

1) Frange d'égale inclinaison



PAS D'ABSORPTION

$$\Delta \varphi = \delta = \delta_{\text{géométrique}} + \delta_{\text{interfère}}$$

$$= 2e \cos i \left(+ \frac{\lambda}{2} \right)$$

↳ pr la réflexion. (Pérez)

• Ordre d'interférence

$$p = \frac{2e \cos i}{\lambda} \left(+ \frac{1}{2} \right)$$

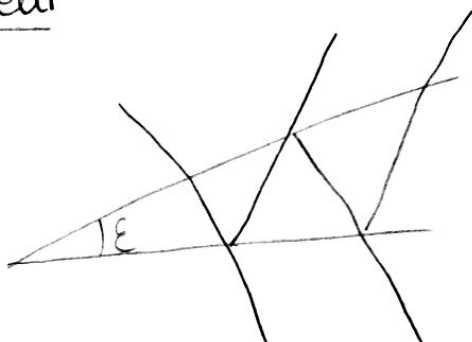
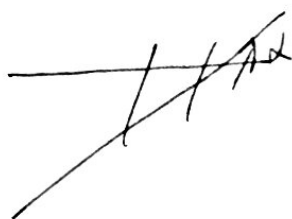
⇒ L'énergie est conservée.

• Localisation

⇒ Rayons avec la même inclinaison. Interfère à l'infini. On peut les observer ds le plan focale d'une lentille

$$r_k = r' \tan i = F \sqrt{\frac{\lambda}{e}} (f_0 - f_n)$$

2) Tranches d'épaisseur égale



$$\begin{aligned} \Delta(x) &= 2 \tan \epsilon x \\ &\approx 2 \epsilon x \left(+ \frac{\lambda}{2} \right) \\ &\quad \quad \quad \leftarrow \text{reflection} \end{aligned}$$

L'énergie est soit transmise ou réfléchi

$$p = \frac{\Delta(x)}{\lambda} = \frac{2 \epsilon x}{\lambda} \left(+ \frac{1}{2} \right)$$

$$\Delta p = 1 \Rightarrow \Delta x = \frac{\lambda}{2 \epsilon} = i$$

- Localisation : non localisé
- Localisation vers les miroirs si la source s'étend.

II) Interferomètre par division d'amplitude

1) Le Michelson

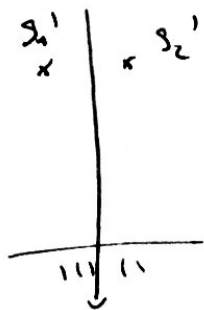
2) Réglage en lame d'air.

$$S = 2e \cos i$$

- Cohérence spatiale infinie : on gagne de la luminosité tout en gardant un contraste

3) Réglage en coin d'air.

$$\cdot (s_2' \pi) - (s_1' \pi) = cte$$



4) Application

- En lame d'air, mesure de l'épaisseur de l'âme d'air
- Spectroscopie.
- Mesure d'indice.

III) Fabry-pérot.

1) Dispositif

2) Transmission d'Airy.

- Notion de finesse
- largeur à mi-hauteur

⇒ Notion de résonateur optique

Division du front d'onde