

Exercice 5 : L'interféromètre de Michelson

1-1-a) pour une source ponctuelle on observe des franges non localisées $\forall$ le système

1-1-b) pour une source étendue:

*) par division d'amplitude les franges sont localisées

*) par division du front d'onde on a un brouillage.

1-2) pour observer des franges d'interférences il faut que $\delta < L_c$
avec L_c : longueur de cohérence temporelle: (longueur du train d'onde)

2)

2-1) a) $\gamma_{A_1} = \gamma_{A_2}$ et $M_1 \perp M_2$: contact optique $\rightarrow$ on observe la teinte plate (éclairage uniforme)

2-1) b) Il est nécessaire de diaphragmer la lentille pour se placer dans les conditions de Gauss de l'optique géométrique.

3-1) voir fig 1 en annexe

3-2) les rayons qui interfèrent sont $\parallel \rightarrow$ les franges sont localisées à l' ∞ c-à-d de la plan focal image d'une lentille convergente.

3-3) on a $\delta = 2e \cos i$ ($\delta_{\text{sup}} = 0$ par hypothèse)

au centre de l'écran ($\Delta \neq$ la frange centrale)

on a $i = 0 \rightarrow P_0 = \frac{\delta(i=0)}{\lambda} = \frac{2e}{\lambda}$; AN $P_0 = 4028,56$

Rsp: $P_0 = P_{\text{max}}$

$\rightarrow$ le centre de l'écran est sombre

le 1^{er} anneau brillant a pour ordre : $p_1 = E(p_0) = 4028$ partie entière

or $p_1 = p_0 \cdot \cos i_1$ ($p = \left(\frac{2e}{\lambda}\right) \cos i$) et $r_1 = f' \operatorname{tg} i_1$

1^{re} méthode

$\cos i_1 = \frac{p_1}{p_0}$ et $r_1 = f' \operatorname{tg} i_1$ or $1 + \operatorname{tg}^2 i = \frac{1}{\cos^2 i}$

$\rightarrow \operatorname{tg} i = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 i} - 1}$

AN : $r_1 = 16,67 \text{ mm}$

$r_1 = f' \sqrt{\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^2 - 1}$

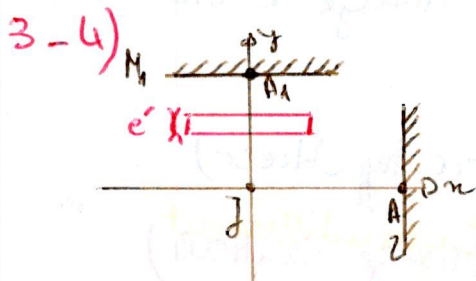
2^e méthode

$p_1 = p_0 \cos i_1 \simeq p_0 \left(1 - \frac{i_1^2}{2}\right) \rightarrow \frac{p_1}{p_0} = 1 - \frac{i_1^2}{2}$

$i_1 = \sqrt{2 \left(1 - \frac{p_1}{p_0}\right)}$

$r_1 = f' \operatorname{tg} i_1 \simeq f' i_1 \rightarrow r_1 = f' \sqrt{2 \left(1 - \frac{p_1}{p_0}\right)}$

AN $r_1 = 16,67 \text{ mm}$



$\mathcal{J}A_2 = \mathcal{J}A_1 + e$; δ' : d.d.m au centre

$\begin{aligned} \delta' &= 2(\mathcal{J}A_2) - 2(\mathcal{J}A_1) \\ &= 2(\mathcal{J}A_1 + e) - 2(\mathcal{J}A_1 - e' + ne') \\ &= 2e - 2(n-1)e' \end{aligned}$

→ la variation de différence de marche au centre est

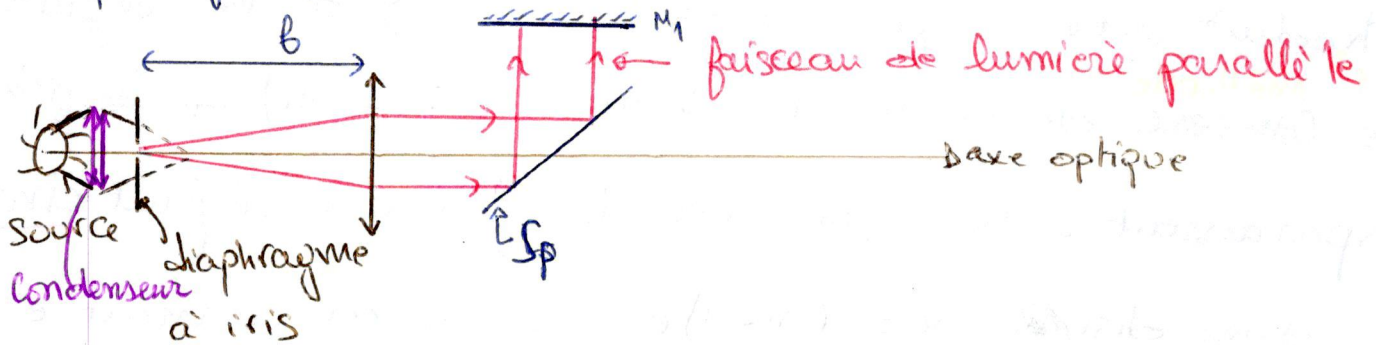
$\Delta \delta = \delta' - \delta = -2(n-1)e'$

$\rightarrow \Delta p_0 = \frac{\Delta \delta}{\lambda} = -\frac{2(n-1)e'}{\lambda}$

AN : $\Delta p_0 = -17,8 \rightarrow p_0' = 4010,76$

$$p_1' = 4010 \rightarrow r_1' = 19,47 \text{ mm}$$

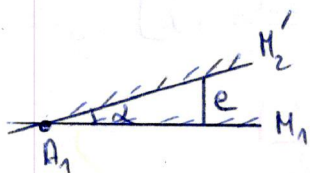
4-1) pour obtenir une incidence quasi-normale : on utilise le dispositif expérimental suivant :



4-2) voir fig 2 en Annexe

4-3) pour observer les franges sur un écran, on doit utiliser une lentille convergente qui conjugue (qui fait l'image) de la surface de localisation. (Rq : la distance qui sépare le miroir M_1 de l'écran doit être au moins égale à $4f'$)

4-4)



$$\delta = 2e \approx 2\lambda n \rightarrow \text{les franges sont}$$

lque $\delta = e\lambda \rightarrow n = e\lambda \rightarrow$ il s'agit de franges rectilignes // à l'arête du coin.

(ou bien à partir de la fig 2 : $S_1 S_2$ // écran $\rightarrow$ Franges rectilignes)

$$i = \frac{1}{2\alpha} \rightarrow \text{sur l'écran } i_E = \frac{1}{2\alpha} \times \gamma \quad \text{grandissement}$$

$$\text{or } \alpha = 1' (1 \text{ minute d'arc}) = \frac{1^\circ}{60} = \frac{1}{60} \times \frac{\pi}{180} = 2,908 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\rightarrow i_E = 3,75 \text{ mm}$$

4-5) Dans la configuration coin d'air, et en lumière blanche on observe des franges irrisesées.

En plaçant la lame d'épaisseur e' , celle dernière introduit une différence de marche $>$ à la longueur de cohérence de la lumière blanche ($\approx 1 \mu\text{m}$) $\rightarrow$ les franges disparaissent. Pour retrouver les franges il faut caractériser

M_2 d'une distance $x = (n-1)e'$ $\rightarrow$ si on connaît e' on pourra alors calculer n et inversement.

5° $d_1 = 589,0 \text{ nm}$; $d_2 = d_1 + \Delta\lambda$ avec $\Delta\lambda \ll d_0$

$$d_0 = \frac{d_1 + d_2}{2} ; \quad \Delta\lambda = d_2 - d_1$$

$$I(M)^2 = I_{A_1}(M) + I_{A_2}(M)$$

$$\text{on a } I(M) = \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos \frac{2\pi s}{d_1} \right) + \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos \frac{2\pi s}{d_2} \right)$$

$$= I_0 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\cos \left(\frac{2\pi s}{d_1} \right) + \cos \left(\frac{2\pi s}{d_2} \right) \right) \right]$$

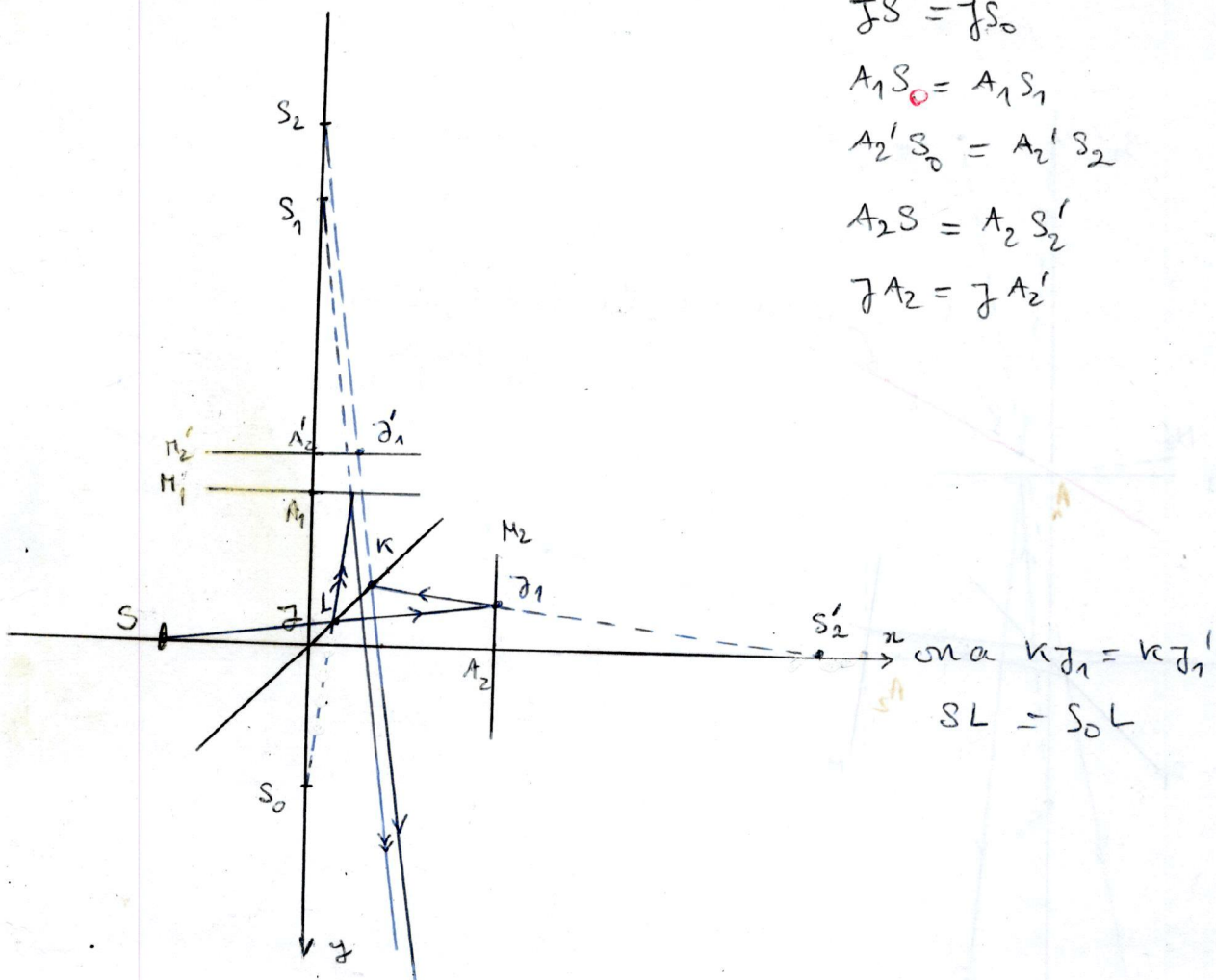
$$\text{or } \cos a + \cos b = 2 \cos \left(\frac{a+b}{2} \right) \cdot \cos \left(\frac{a-b}{2} \right)$$

$$\rightarrow I(s) = I_0 \left[1 + \underbrace{\cos \left(\pi s \frac{\Delta\lambda}{d_0^2} \right)}_{V(s)} \cdot \cos \left(\frac{2\pi s}{d_0} \right) \right]$$

$$V(s) = 0 \text{ pour la 1}^{\text{er}} \text{ fois qd } \pi s \frac{\Delta\lambda}{d_0^2} = \pi/2 \rightarrow \Delta\lambda = \frac{d_0^2}{2s}$$

$$\text{or } s = 2d \rightarrow \Delta\lambda = \frac{d_0^2}{4d} = 0,6 \text{ nm} \rightarrow d_2 = 589,6 \text{ nm}$$

(Rq : on ne dispose pas de la valeur de d_0 , on utilise d_1 ds le calcul de $\Delta\lambda$)



ce schéma est équivalent à

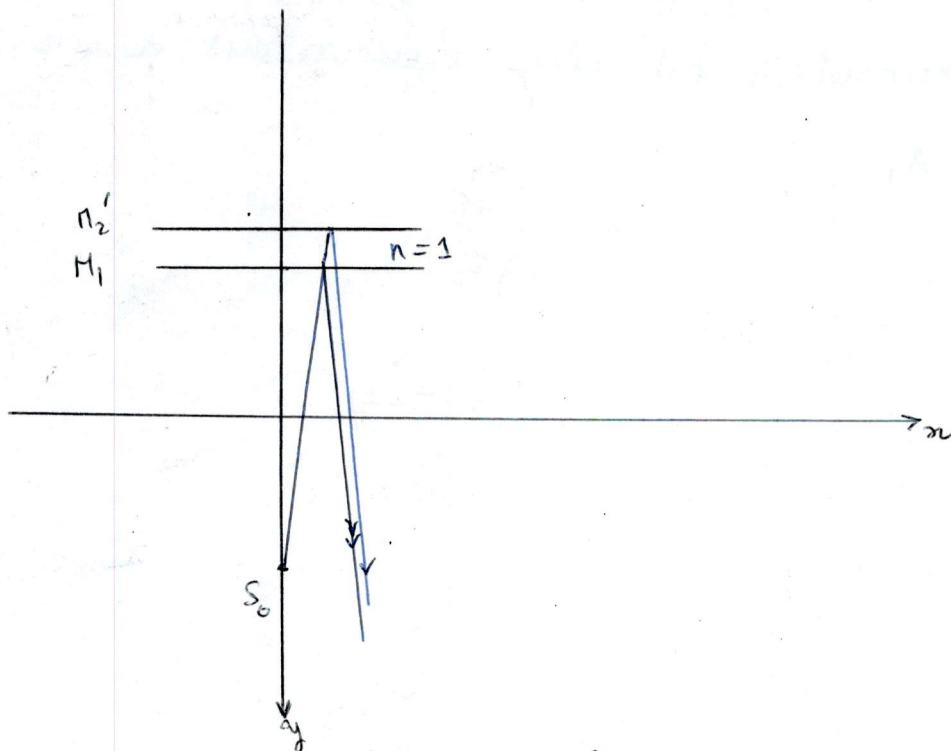


fig 1

- Annexe -

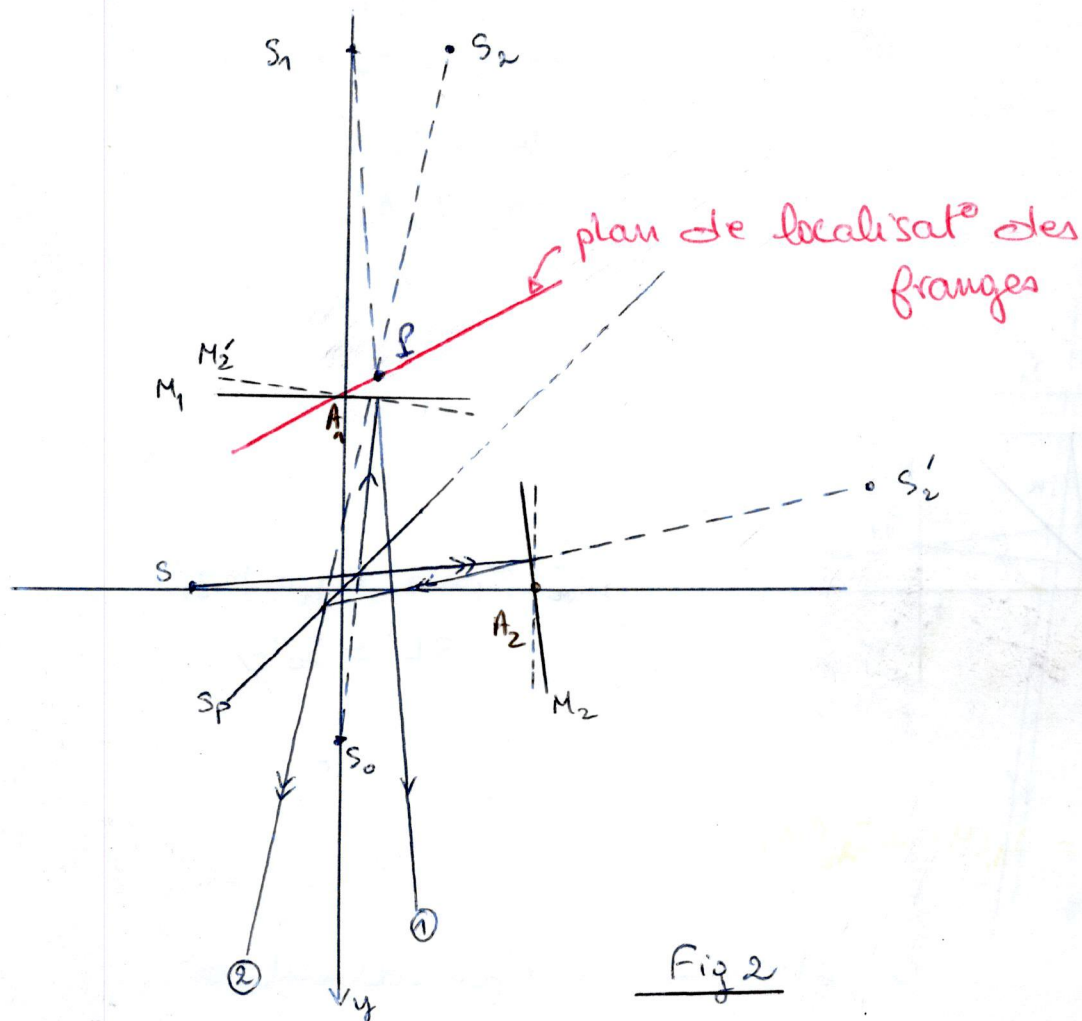


Fig 2

l'image M_2' de M_2 à travers S_P fait un angle α avec M_1 $\Rightarrow$
 l'interféromètre de Michelson est alors équivalent à un
 coin d'air à l'arête A_1