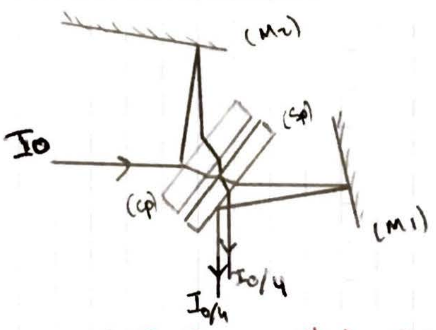
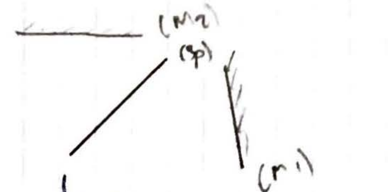
Dispositif interférentiel par division du front d'ondes : l'interféromètre de Michelson.

I) L'interféromètre de Michelson



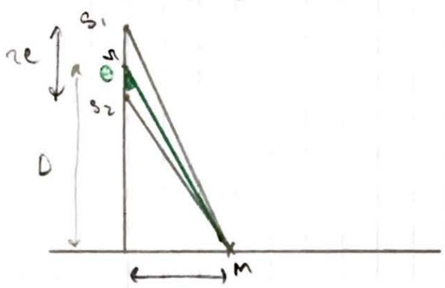
modélisation →

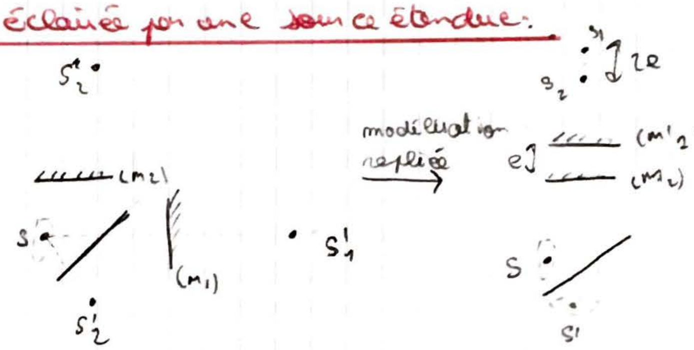


↳ 50% réfléchissant
50% transmis.

II) Configuration de la lame d'air éclairée par une source étendue.

→ miroirs perpendiculaires.





$\delta = [S_1M] - [S_2M]$. $e \ll D$.

$= (S_1M - S_2M)\, n$

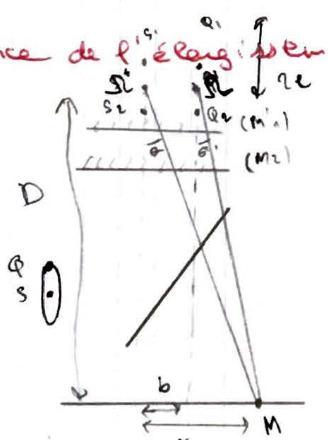
$= \dfrac{S_1M^2 - S_2M^2}{S_1M + S_2M}\, n$. On passe par Chasles avec : $S_1M^2 = -2\,\vec{\Omega S_1}\cdot\vec{\Omega M}$
$S_2M^2 = -2\,\vec{\Omega S_2}\cdot\vec{\Omega M}$.

D'où $\delta = n\,\dfrac{2\,\vec{S_1S_2}\cdot\vec{\Omega M}}{S_1M + S_2M} = n\,\dfrac{4e \times \Omega M \cos\theta}{2\,\Omega M} + O(e^2)$ ← ordre 1, ← ordre 0

$$\boxed{\delta = 2ne\cos\theta.}$$

⚠ déphasage de $+\pi$ (réflexion) pour certains interféromètres!

- influence de l'élargissement de la source.



$p_S(M) = \dfrac{\delta_S(M)}{\lambda_0} = 2\,n_{air}\,\dfrac{e}{\lambda_0}\cos\theta$

$\simeq 2n\dfrac{e}{\lambda_0}\left(1 - \dfrac{\theta^2}{2}\right)$.

$$\boxed{p_S(M) \simeq 2n\frac{e}{\lambda}\left(1 - \frac{r^2}{2D^2}\right).}$$

$$\boxed{p_Q(M) = 2n_{air}\frac{e}{\lambda_0}\left(1 - \frac{(r-b)^2}{2D^2}\right).}$$

Critère de visibilité : $|p(M)| \leq \frac{1}{2}$. $(b^2 \ll br)$.

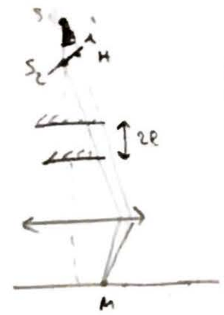
$\Leftrightarrow \boxed{\dfrac{2nebr}{\lambda_0 D^2} \leq \dfrac{1}{2}.}$

Interférences visibles pour $r \leq \dfrac{\lambda_0 D^2}{4neb}$.

Visibles partout si $b \to 0$, ou $D \to +\infty$.

Localisation des franges d'interférences à l'infini.

Différence de marche à l'infini :



$$\boxed{\delta(M) = 2ne\cos i}$$

$\Delta\varphi(M) = \frac{4\pi}{\lambda_0} n_{air} e \cos i$

$p(M) = 2 n_{air} \frac{e}{\lambda_0} \cos i$

$\mathcal{E}(M) = 2\frac{\mathcal{E}_0}{4}\left(1+\cos\left(\frac{4\pi}{\lambda_0} n e \cos\right.\right.$

- Division d'Amplitude :

1 seul rayon émerge de S, divisé par la lame de la séparatrice. + SOURCE ÉTENDUE = LOCALISAT° des franges.

- franges d'égale inclinaison. Symétrie de révolution :

Calculer $p(0) = p_0 + \varepsilon,\ 0 \leq \varepsilon < 1.$
$p(r_1) = p_0.$

$\hookrightarrow \quad p(0) = 2n\frac{e}{\lambda_0},\ p(r_1) = 2n\frac{e}{\lambda_0}\left(1 - \frac{r^2}{2f'^2}\right) = p_0.$

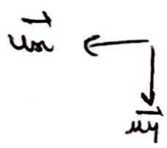
On a donc $\boxed{r_1 = f'\sqrt{2\left(1 - \frac{\lambda_0}{2ne}p_0\right)}}$. ⚠ $p(r)$ fct ↘ de r.

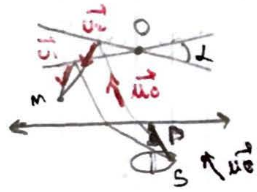
k^e anneau brillant : $p(r_k) = p_0 - k + 1$

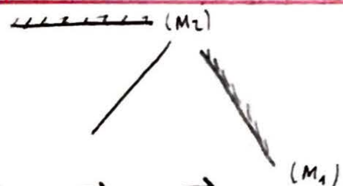
$$r_k = f'\sqrt{2\left(1 - \frac{\lambda_0}{2ne}(p_0 - k + 1)\right)}$$

- Contact optique : $(M_1' = M_2)$, écran uniformément éclairé.

III) Configuration du coin d'air éclairé par une source étendue :







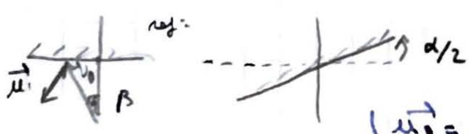
$\vec{OM} = x\vec{u_x} + y\vec{u_y}.$

$$\begin{cases} \underline{s_1}(M) = \underline{s_0}\exp\Big(i\big(\omega t - \underbrace{\frac{2\pi}{\lambda_0}n\vec{u_1}}_{\vec{k_1}}\cdot\vec{OM}\big)\Big) \\ \underline{s_2}(M) = \underline{s_0}\exp\Big(i\big(\omega t - \frac{2\pi n}{\lambda_0}\vec{u_2}\cdot\vec{OM}\big)\Big). \end{cases} \quad (\varphi_0 = 0).$$

$$\boxed{\Delta\varphi(M) = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_{air}(\vec{u_2} - \vec{u_1})\cdot\vec{OM}.}$$

$\vec{u_0} = \sin\beta\,\vec{e_x} - \cos\beta\,\vec{e_y}$

$\vec{u_2} = \sin\beta\,\vec{e_x} + \cos\beta\,\vec{e_y}.$



$\begin{cases} \vec{u_1} = \sin(\beta - \alpha)\,\vec{e_x} + \cos(\beta - \alpha)\,\vec{e_y} \\ \vec{u_2} = \sin(\beta + \alpha)\,\vec{e_x} + \cos(\beta + \alpha)\,\vec{e_y}. \end{cases}$

$\vec{u_2} - \vec{u_1} = 2\sin\alpha\cos\beta\,\vec{e_x} - 2\sin\beta\sin\alpha\,\vec{e_y}$

$$\boxed{\Delta\varphi(M) = \frac{2\pi}{\lambda_0} n\, 2\sin\alpha\,(x\cos\beta - y\sin\beta)}$$

- influence de l'élargissement de la source :

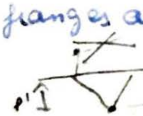
$p_S(M) = \frac{2n\sin\alpha}{\lambda_0}x.$ (Au centre, $\beta = 0$)

$p_{S'}(M) = \frac{2n\sin\alpha}{\lambda_0}(x\cos\beta_m - y\sin\beta_m)$ (Au bord, $\beta = \beta_m$).

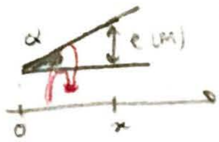
$\Delta p(M) \leq \frac{1}{2} \iff \ldots$ DL en $\beta \ll 1$.

Localisation des franges au voisinage des miroirs.

Rem :



voir au voisinage des miroirs.



$\boxed{\begin{array}{l}\delta(M) = 2ne(M) \\ \delta(M) = 2n\alpha x\end{array}}$

$\boxed{p(M) = \frac{2n\alpha x}{\lambda_0}}$

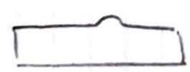
- franges d'égale épaisseur :

$$\mathcal{E} = 2 \times \frac{\mathcal{E}_0}{4}\left(1 + \cos\left(2\pi \frac{2n\alpha}{\lambda_0} x\right)\right).$$

$$\hookrightarrow \quad i = \frac{\lambda_0}{2n\sin\alpha} \simeq \frac{\lambda_0}{2n\alpha}.$$

<u>Remarque</u> : Application à la détection de défauts :

$$\delta_{\text{sans bosse}} = 2n\alpha x + 2(n-1)e_0$$



$$\delta_{\text{avec}} = 2n\alpha x + 2(n-1)(\Delta e + e_0).$$

D'où, à x fixé, $\Delta p = 2(n-1)\dfrac{\Delta e}{\lambda_0}$. $\Delta e = \dfrac{\lambda_0 \Delta p}{2(n-1)}$, avec Δp lisible.