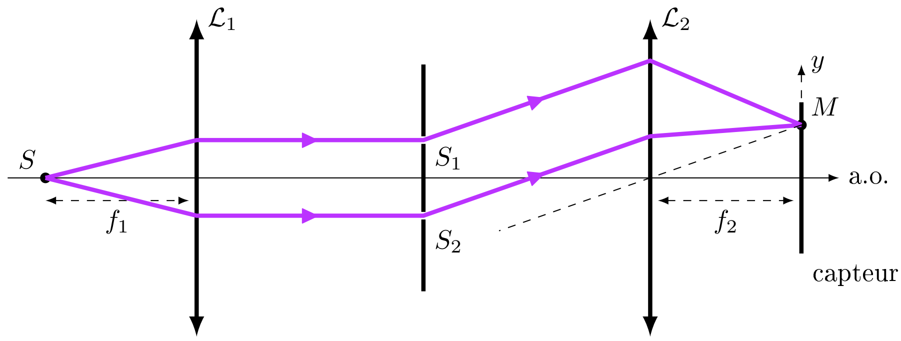
OP3-TD

Correction

OP3 – 12 Expériences avec des trous d'Young

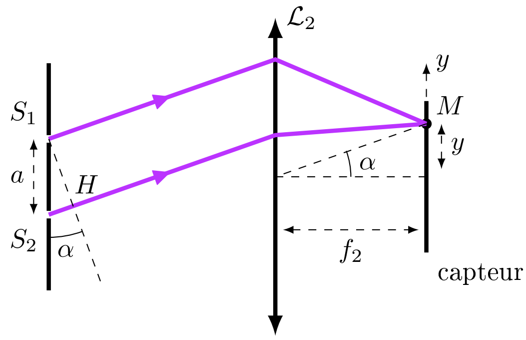
1) On dessine le schéma suivant



2) S_1 etS_2 sont deux sources cohérentes, car issues de la même source primaire S parfaitement monochromatique. L'éclairement à l'écran est donc donné par la **formule de Fresnel**

$$\boxed{I(M) = 2\,I_0 \left(1 + \cos\left(\frac{2\,\pi\,\delta}{\lambda}\right)\right)}$$

Il faut calculer la différence de marche δ. Pour cela, on grossit la seconde partie du montage :



On a par définition

$$\delta = \mathcal{L}(SS_2M) - \mathcal{L}(SS_1M) = \mathcal{L}(S_2M) - \mathcal{L}(S_1M)$$

car $\mathcal{L}(SS_2) = \mathcal{L}(SS_1)$ par symétrie. Ensuite, si par principe de retour inverse de la lumière on imagine que M est la source, alors on comprend que H est sur la même surface d'onde issue de M que S_1 *(le théorème de Malus dit que les surfaces d'onde sont orthogonales aux rayons lumineux, ce qui permet de dessiner la surface d'onde en pointillé sur le schéma).* On a donc

$$\mathcal{L}(S_1M) = \mathcal{L}(HM)$$

et par conséquent

$$\delta = \mathcal{L}(S_2M) - \mathcal{L}(S_1M) = \mathcal{L}(S_2H) + \mathcal{L}(HM) - \mathcal{L}(S_1M) = \mathcal{L}(S_2H) = n_{\text{air}}\,S_2H$$

Or on a d'une part

$$S_2H = a\,\sin\alpha \approx a\,\alpha$$

et d'autre part

$$y = f_2\,\tan\alpha \approx f_2\,\alpha$$

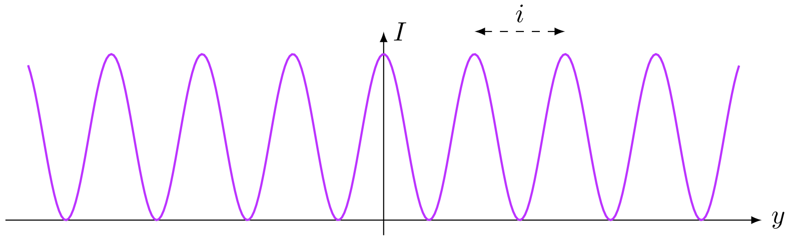
donc $S_2H = a\,y\,/\,f_2$ et il vient

$$\boxed{\delta = \frac{n_{\text{air}}\,a\,y}{f_2}}$$

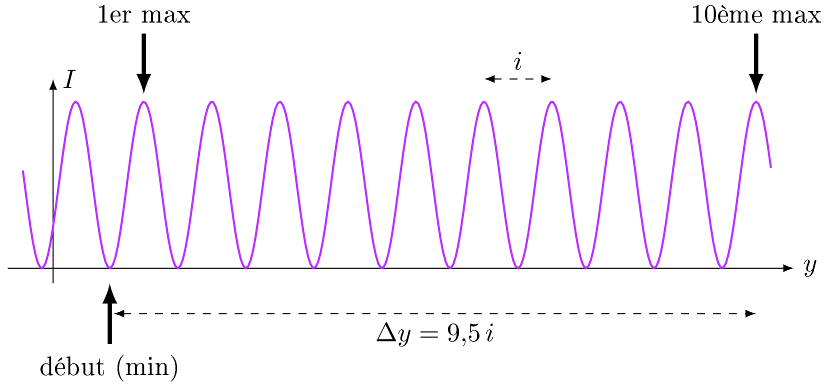
Finalement, l'intensité lumineuse en M est

$$\boxed{I(M) = 2\,I_0\left(1+\cos\left(\frac{2\,\pi}{\lambda}\,\frac{n_{\text{air}}\,a\,y}{f_2}\right)\right)}$$

On peut déterminer l'interfrange comme la période du cosinus , c'est $i = \lambda\,f_2\,/\,(n_{\text{air}}\,a)$. On trace :



3) Encore un graphique, en changeant l'échelle :



En considérant $n_{\text{air}} = 1$ on a donc

$$\Delta y = 9{,}5\,i = 9{,}5\,\frac{\lambda\,f_2}{a} \qquad \text{soit} \qquad \boxed{a = 9{,}5\,\frac{\lambda\,f_2}{\Delta y} = 2{,}2\,\times\,10^{-4}\text{ m.}}$$

4) Sur l'épaisseur de la lame de verre, le rayon qui passe par S_2 voit un chemin optique $n\,e$ tandis que celui qui passe par S_1 voit un chemin optique $n_{\text{air}}\,e$. La géométrie des rayons ne change pas par ailleurs. À la différence de marche de la question 2, il faut donc ajouter $(n - n_{\text{air}})\,e$. La nouvelle différence de marche δ' est ainsi

$$\boxed{\delta' = \frac{n_{\text{air}}\,a\,y}{f_2} + (n - n_{\text{air}})\,e = \frac{a\,y}{f_2} + (n-1)\,e}$$

où la deuxième égalité pose $n_{\text{air}} = 1$. La différence de marche étant décalée d'un terme constant $(n-1)\,e$, **tout se passe comme si on changeait l'axe des ordonnées** $y \to y' = y + (n-1)\,e$ et alors

$$\delta' = \frac{a\,y'}{f_2}$$

est la même différence de marche que celle de la question 2. Par conséquent, on comprend que la figure d'interférence est exactement la même, elle est seulement **décalée verticalement de** $-(n-1)\,e$ **(donc décalée vers le bas)**.

5) Si il y a un minimum d'intensité en O, c'est-à-dire en $y = 0$, alors **l'ordre d'interférence** p **y est demi-entier** :

$$p = k + \frac{1}{2} \qquad \text{avec} \qquad k \in \mathbb{Z}$$

Puisque l'ordre d'interférence est par définition $p = \delta'\,/\,\lambda$, on détermine

$$p = \frac{\delta'}{\lambda} = \frac{a\,y}{\lambda\,f_2} + (n-1)\,\frac{e}{\lambda} = (n-1)\,\frac{e}{\lambda}$$

car on regarde en $y = 0$. Il existe un k entier tel que

$$n = \left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{e} + 1$$

La seule valeur de n qui tombe dans l'intervalle proposé est

$$\boxed{n = 1{,}496 \qquad \text{obtenue pour} \qquad k = 15.}$$