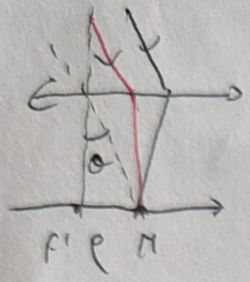
Ex 1 Franges égale inclinaison

1) Franges localisées à l'∞ → écran au foyer image lentille CV

2)



$$p = \frac{2ne\cos\theta}{\lambda}$$

$$p_0 = \frac{2e}{\lambda_0} = p_1 + \varepsilon$$

1er anneau $p_1 = \frac{2e\cos\theta_1}{\lambda_0} \approx \frac{2e}{\lambda_0}\left(1 - \frac{\rho_1^2}{2f'^2}\right)$

5e anneau $p_5 = p_1 - 4 = \frac{2e}{\lambda_0}\left(1 - \frac{\rho_5^2}{2f'^2}\right)$

$\ominus$

$$4 = \frac{2e}{2f'^2\lambda_0}\left(\rho_5^2 - \rho_1^2\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{e = \frac{4\lambda_0 f'^2}{\rho_5^2 - \rho_1^2}} = \frac{4 \times 0.546 \times 10^{-6} \times (50\,10^{-2})^2}{(13{,}3\,10^{-2})^2 - (4{,}8\,10^{-2})^2} = 3{,}55\,10^{-5}\,m$$

Calcul composition incertitudes compliqué car carré et diff c'est pas de forme donnée car fait cas extrêmes

$\begin{cases} \rho_{5_{max}} = 13{,}4\,cm \\ \rho_{1_{min}} = 4{,}7\,cm \end{cases}$ $e_{min} = 3{,}47^{673}\,10^{-5}\,m$

$e_{max} - e_{min} = 1{,}67\,10^{-6}\,m$

$\begin{cases} \rho_{5_{min}} = 13{,}2\,cm \\ \rho_{1_{max}} = 4{,}9\,cm \end{cases}$ $e_{max} = 3{,}63^{44}\,10^{-5}\,m$

$\Downarrow$

$\boxed{e = (35{,}5 \pm 0{,}8)\,\mu m}$

$= \frac{e_{max} + e_{min}}{2} \pm \left(\frac{e_{max} - e_{min}}{2}\right)$

Ex 2 Mesure indice gaz

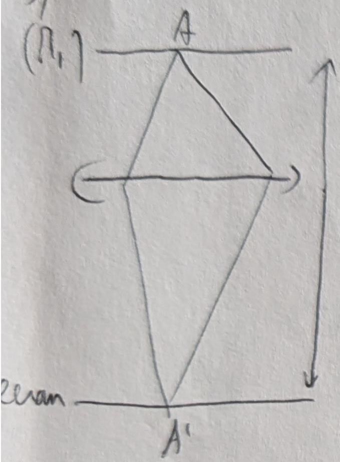
1) Cours franges rectilignes – coin d'air

2) 17 interfranges sur distance ← 5,7 cm (échelle 1) → $i_{écran} = \frac{5,7}{17} = 0,34\,cm$

$|\gamma| = \frac{A'B'}{AB} = \left|\frac{i_{écran}}{i_{miroir}}\right| \rightarrow i_{miroir} = \frac{i_{écran}}{\gamma}$ avec $|\gamma| = \frac{\text{taille miroir écran}}{\text{réelle}} = \frac{7,3\,cm}{2,0\,cm} = +3,7$

$$\rightarrow \boxed{i_{miroir} = \frac{0,34 \cdot 10^{-2}}{3,7} = 0,092\,cm = 9,2 \cdot 10^{-4}\,m}$$

3)



$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{\overline{OA'}\,\overline{OA}}{\overline{OA} - \overline{OA'}}$

or $\begin{cases} \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \\ D = \overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'} = \overline{OA'} - \overline{OA} = (\gamma - 1)\overline{OA} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \overline{OA} = \frac{D}{\gamma - 1} \\ \overline{OA'} = \frac{\gamma D}{\gamma - 1} \end{cases}$

$f' = \frac{\frac{\gamma D^2}{(\gamma-1)^2}}{\frac{(1-\gamma)D}{\gamma - 1}}$

$\Downarrow$

$f' = -\frac{\gamma D}{(\gamma - 1)^2}$

$\gamma < 0$

$= \frac{3,7 \times 1,15}{(-3,7 - 1)^2}$

$\boxed{f' = 21\,cm}$

4) Supposons jet dans Π_2 alors traversée du diamètre d du jet engendre une ddm supplémentaire de $2(n-1)d$

→ $\delta = 2\alpha x - 2(n-1)d = 2\alpha(x - x_0)$ avec $x_0 = \frac{(n-1)d}{\alpha}$ translation

or $\alpha = \frac{\lambda_0}{2i} = 3,2 \cdot 10^{-4}\,rad$

→ d par contact → petite lame ≈ 1 cm sur écran → $d = \frac{d_{écran}}{\gamma} = 0,27\,cm$

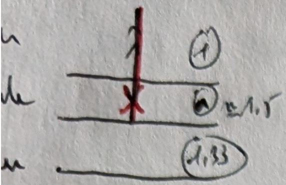
FS décalée de 4 mm environ ⇒ $n = \frac{\alpha x_0}{d} + 1 = 1,00047 >$ air OK

1,0002

f esc

Ex3 Flaque d'huile

Pour une λ donnée, ∃ interf entre onde se réfléchissant à l'interface air-huile et celles se réfléchissant à interface huile-eau



"Lame d'huile" ⇒ $\delta = 2ne\cos i$ $+\lambda/2$ car une des reflexions avec n ↗ avec n ↗ refrigt avec $i \simeq 0 \to \delta = 2ne$

Les irisations sont dues aux interférences en LB

Or, pour qu'elles soient visibles on doit avoir $\delta < \ell^{*} = \dfrac{\lambda_0^2}{\Delta\lambda}$

LB $\lambda_0 = 600\,nm$ $\Delta\lambda = 400\,nm$ $\to \ell^{*} = \dfrac{(6\,10^{-7})^2}{4\,10^{-7}} = \dfrac{36}{4}\,10^{-7} = 9\,10^{-7}\,m \simeq 1\,\mu m$

Ainsi si $e < \dfrac{\ell^{*}}{2n} \sim \mu m$ les interf sont visibles & on observe irisations

On a pu avoir épaisseur ≃ couche-dimension exp. lac Franklin (1770)

2 cm³ cuillère huile sur lac 2000 m² → l'épaisseur $\dfrac{2\,10^{-6}}{2\,10^{3}} = 10^{-9}\,m$ → 1 atome

et nombre d'atomes ? $\dfrac{2\,10^{-6}}{(10^{-9})^3} = 2\,10^{21} \simeq N_A$.

Calcul fait par Rayleigh 1890

Ex 5 Doublet jaune Hg

1) Michelson en lame d'air → franges d'égale inclinaison (anneaux) localisés à l'∞ si source étendue

ddm des deux ondes c'est $\delta = 2e\cos i$

au centre ($i=0$) → $\delta = 2ne$

Cours | Fresnel → $\mathcal{E}_1(0) = 2\mathcal{E}_0\left(1+\cos\left(\frac{4\pi ne}{\lambda_1}\right)\right)$ pour λ_1, de même pour λ_2

Ondes émises par λ_1 et λ_2 incohérentes → on somme les I

$$\mathcal{E}(0) = 4\mathcal{E}\left(1+\cos\left(2\pi ne\left(\frac{1}{\lambda_1}+\frac{1}{\lambda_2}\right)\right)\cos\left(2\pi ne\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_2}\right)\right)\right)$$

$$= 4\mathcal{E}_0\left[1+\cos\left(\frac{4\pi ne}{\lambda_m}\right)\cos\left(\frac{2\pi ne\Delta\lambda}{\lambda_m^2}\right)\right]$$

or $e(t) = Vt$ → $\frac{4\pi ne}{\lambda_m} = \frac{4\pi ntV}{\lambda_m} = \frac{2\pi}{T_0}t$ avec $\boxed{T_0 = \frac{\lambda_m}{2nV}}$

$\frac{2\pi ne\Delta\lambda}{\lambda_m^2} = \frac{2\pi nVt\Delta\lambda}{\lambda_m^2} = \frac{\pi t}{\Delta t}$ avec $\boxed{\Delta t = \frac{\lambda_m^2}{2nV\Delta\lambda}}$

battements

→ $\Delta t = T_0\frac{\lambda_m}{\Delta\lambda} \gg T_0$

→ $\mathcal{E}(0) = 4\mathcal{E}_0\left[1+\cos\left(\frac{\pi t}{\Delta t}\right)\cos\left(\frac{2\pi t}{T_0}\right)\right]$

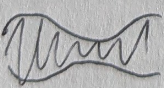
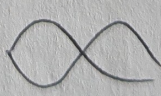
2) 1ère courbe donne temps court (T_0) période des variations rapides d'éclairement

On mesure $10T_0 = 5{,}8\,s$ → $T_0 = 0{,}58\,s$ or $\boxed{\lambda_m = 2nVT_0 = 2VT_0 = 582\,nm}$

2e courbe battements donc écart entre 2 minima de contraste est donné par Δt

On mesure $3\Delta t = 420\,s$ → $\boxed{\Delta t = 140\,s}$ → $\boxed{\Delta\lambda = \frac{\lambda_m^2}{2nV\Delta t} = 2{,}2\,nm}$

3) Si intensité identique alors le contraste minimal, obtenu par une anticoïncidence, doit être nul → ok

Si ce n'est pas le cas  au lieu  mais Δt et T_0 identiques

Si car $\mathcal{E}_1 \neq \mathcal{E}_2$ donc $\mathcal{E}_{max} = \mathcal{E}_1+\mathcal{E}_2$ (coïncidence FB λ_1 et FB λ_2)

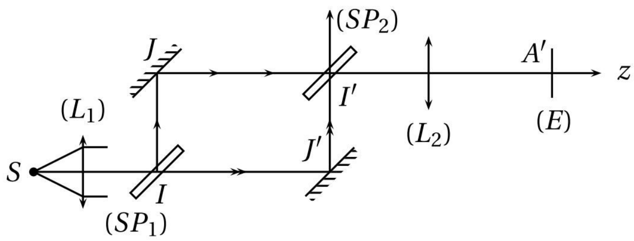
mais $\mathcal{E}_{min} = \mathcal{E}_1$ anticoïncidence FB λ_1 et FS λ_2 | Contraste minimal $C_{min} = \frac{\mathcal{E}_2-\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2+\mathcal{E}_1} \neq 0$

pour anticoïncidence FB λ_2 et FS λ_1 avec $\mathcal{E} = \mathcal{E}_2$

⚠ ne pas écrire $I = I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\varphi$ car ici $\lambda_1 \neq \lambda_2$ donc pas Fresnel

c'est plutôt $I = I_1+I_2 = I_1\left(1+\cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda_1}\right)\right)+I_2\left(1+\cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda_2}\right)\right)$

et les calculs sont cohérents car $I_1 \neq I_2$ d'ici



1. La longueur d'onde $\lambda_0 = 645$ nm correspond au rouge.

2. Avec $IJ = I'J'$ et $JI' = IJ'$, les deux rayons parcourent le même chemin optique, et $\delta = 0$: on observe la **teinte plate**, c'est-à-dire une intensité uniforme.

L'intensité valant I_0 en sortie de L_1, la lame SP_1 donne deux ondes d'intensité $I_0/2$; la lame SP_2 donne alors deux ondes d'intensité $I_0/4$. La formule de Fresnel des interférences à deux ondes s'écrit alors

$$I(M) = 2\frac{I_0}{4}\left[1+\cos\Delta\varphi(M)\right] = \frac{I_0}{2}\left[1+\cos\Delta\varphi(M)\right].$$

Avec $\Delta\varphi = 0$, on obtient donc sur l'écran l'intensité $\boxed{I(M) = I_0}$.

3. **a)** Partant de $\delta(M) = 0$, la lame introduit une différence de marche

$$\boxed{\delta(M) = (n-1)e}.$$

b) L'intensité est alors donnée par

$$I(M) = \frac{I_0}{2}\left[1+\cos\left(2\pi\frac{(n-1)e}{\lambda_0}\right)\right].$$

Avec $e = 20$ µm et $n = 1{,}5$, l'ordre d'interférence vaut

$$p(M) = \frac{(n-1)e}{\lambda_0} = 15{,}504 \approx 15{,}50.$$

On observe des interférences destructives, soit $I \approx 0$ (on a $I = 1{,}5\cdot 10^{-4} I_0 \ll I_0$).

4. **a)** L'ordre d'interférence $p = \frac{(n-1)e}{\lambda}$ dépend de la longueur d'onde. Les longueurs d'onde λ_k telles que $p = k + \frac{1}{2}$ correspondent à deux interférences destructives ; on observe alors des franges sombres (des cannelures) dans le spectre à ces longueurs d'onde.

b) Les longueurs d'ondes des cannelures sombres vérifient

$$\frac{(n-1)e}{\lambda_k} = k + \frac{1}{2} \quad \text{soit} \quad \lambda_k = \frac{(n-1)e}{k+\frac{1}{2}}.$$

Sur l'intervalle $[\lambda_1 = 430 \text{ nm}, \lambda_2 = 780 \text{ nm}]$, les franges sombres observables sont données par

$$\lambda_1 \leqslant \lambda_k \leqslant \lambda_2 \quad \text{soit} \quad \lambda_1 \leqslant \frac{(n-1)e}{k+\frac{1}{2}} \leqslant \lambda_2.$$

On a donc

$$\frac{1}{\lambda_2} \leqslant \frac{k+\frac{1}{2}}{(n-1)e} \leqslant \frac{1}{\lambda_1}$$

soit

$$\frac{(n-1)e}{\lambda_2} - \frac{1}{2} \leqslant k \leqslant \frac{(n-1)e}{\lambda_1} - \frac{1}{2}.$$

On calcule $12{,}32 \leqslant k \leqslant 22{,}76$. On observe donc **10 franges sombres**, aux longueurs d'onde $\lambda_{13} = 740{,}7$ nm ; $\lambda_{14} = 689{,}7$ nm ; $\lambda_{15} = 645{,}2$ nm ; $\lambda_{16} = 606{,}1$ nm ; $\lambda_{17} = 571{,}4$ nm ; $\lambda_{18} = 540{,}5$ nm ; $\lambda_{19} = 512{,}8$ nm ; $\lambda_{20} = 487{,}8$ nm ; $\lambda_{21} = 465{,}1$ nm ; $\lambda_{22} = 444{,}4$ nm.

5. Quand les deux cuves sont emplies d'air, on a l'ordre d'interférences $p = 0$.

Quand l'une des cuves est vide, l'ordre d'interférences est $p' = \dfrac{(n_{\text{air}}-1)e}{\lambda_0}$. La variation de l'ordre d'interférences est donc

$$\Delta p = p' - p = \frac{(n_{\text{air}}-1)e}{\lambda_0}.$$

En considérant que l'on termine sur la 10e frange sombre, on a $\Delta p = 9{,}5$, d'où

$$n_{\text{air}} = 1 + 9{,}5\frac{\lambda_0}{e} \quad \text{soit} \quad \boxed{n_{\text{air}} = 1{,}000\,28}.$$