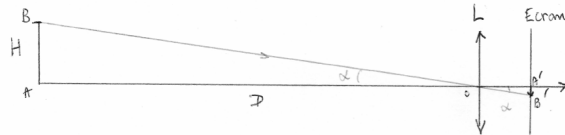


TD 4 : Optique (1)

1 Optique géométrique

Exercice 1: Champ d'un appareil photographique (*)



1.

L'immeuble est à une distance très grande devant f' donc l'image sera dans le plan focal image de L :

les triangles $OA'B'$ et OAB sont semblables donc : $\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

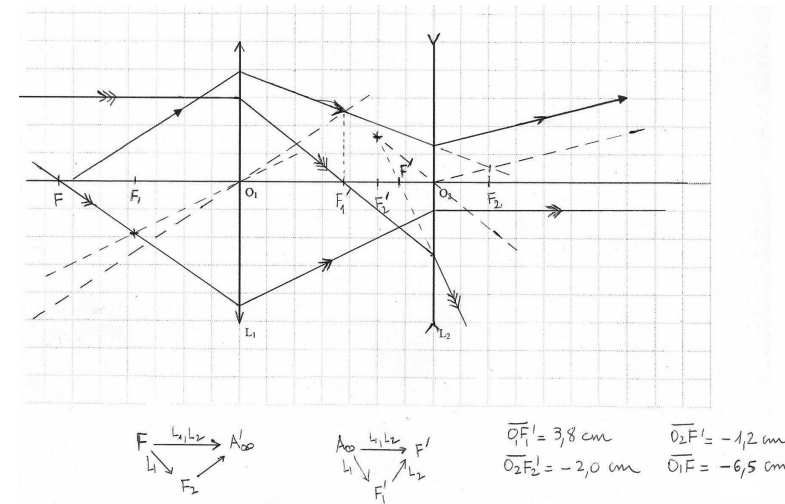
or $\overline{OA'} = f'$ et $\overline{OA} = -D$ donc $\boxed{\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{Hf'}{D}}$. AN : $\overline{A'B'} = -\frac{20 \times 50 \times 10^{-3}}{500} = -2,0 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Remarque : on peut faire le calcul exact avec $\overline{OA'} = \frac{\overline{OA} \times f'}{\overline{OA} + f'}$ mais comme $f' \ll \overline{OA}$, on trouvera le même résultat.

2. Si la taille de l'image vaut 36 mm, on a : $\overline{OA} = \frac{\overline{OA'} \times \overline{AB}}{\overline{A'B'}} = \frac{f' \times H}{-\overline{A'B'}} = \overline{OA}$. AN : $\overline{OA} = \frac{50 \times 10^{-3} \times 20}{-36 \times 10^{-3}} = -28 \text{ m}$

Exercice 2: Étude d'un doublet de lentilles

1. Voir figure pour le tracé des rayons. Il suffit de prolonger les rayons et de relier les rayons entre les lentilles.



- La première lentille rapproche le rayon incident de l'axe : elle est donc convergente. La deuxième lentille écarte les rayons de l'axe, elle est donc divergente.
- Voir figure. Pour trouver F'_1 , on trace le rayon parallèle au rayon incident passant par O_1 . Ce dernier n'est pas dévié et ils se coupent dans le plan focal image de L_1 . Pour trouver F'_2 , on prend un rayon parallèle au rayon intermédiaire arrivant sur L_2 et passant par O_2 . Ils se coupent dans le plan focal image de L_2 , situé ici à gauche de L_2 .

On trouve graphiquement : $\boxed{\overline{O_1F'_1} = 3,8 \text{ cm et } \overline{O_2F'_2} = -2,0 \text{ cm}}$.

- Le foyer objet F du doublet $\{L_1, L_2\}$ est le point objet conjugué d'une image à l'infini sur l'axe notée A'_∞ . Pour trouver F , on part d'un rayon sortant parallèle à l'axe optique et on remonte. L'intersection du rayon entrant dans le doublet avec l'axe optique détermine F . Voir figure.

De même, le foyer image F' du doublet $\{L_1, L_2\}$ est le point image conjugué d'un objet à l'infini sur l'axe notée A_∞ . Pour trouver F' , on part d'un rayon entrant parallèle à l'axe optique et on avance. L'intersection du rayon sortant du doublet avec l'axe optique détermine F' . Voir figure ??.

On trouve graphiquement : $\overline{O_2F'} = -1,2 \text{ cm}$ et $\overline{O_1F} = -6,5 \text{ cm}$.

Complément :

On peut déterminer par le calcul la position des foyers F et F' :

$$A_\infty \xrightarrow{L_1} F'_1 \xrightarrow{L_2} F'$$

Le point F' est conjugué de F'_1 par L_2 . On applique la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{O_2 F'} - \frac{1}{O_2 F'_1} = \frac{1}{f'_2}$$

soit $\overline{O_2 F'} = \frac{\overline{O_2 F'_1} \times f'_2}{f'_1 - \overline{O_2 F'_1}}$. AN : on utilise $\overline{O_2 F'_1} = \overline{O_2 O_1} + \overline{O_1 F'_1} = -7,0 + 3,8 = -3,2$ cm.

$$\overline{O_2 F'} = \frac{-3,2 \times -2,0}{-3,2 - 2} = -1,2 \text{ cm ce qui est conforme à la construction.}$$

On fait de même pour F :

$$F \xrightarrow{L_1} F_2 \xrightarrow{L_2} A'_\infty$$

Le point F est conjugué de F_2 par L_1 . On applique la relation de conjugaison de Descartes :

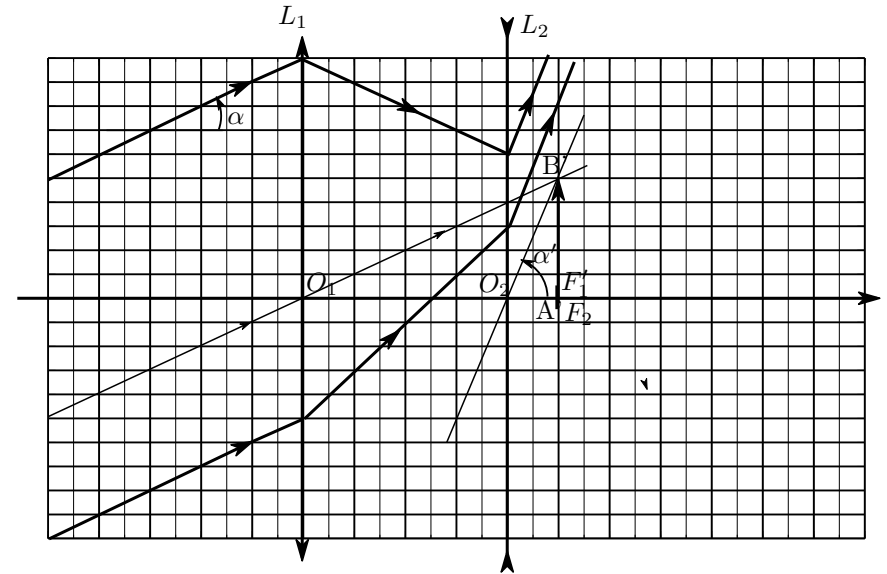
$$\frac{1}{O_1 F_2} - \frac{1}{O_1 F} = \frac{1}{f'_1}$$

soit $\overline{O_1 F} = \frac{\overline{O_1 F_2} \times f'_1}{f'_1 - \overline{O_1 F_2}}$. AN : on utilise $\overline{O_1 F_2} = \overline{O_1 O_2} + \overline{O_2 F_2} = 7,0 + 2,0 = 9,0$ cm.

$$\overline{O_1 F} = \frac{9,0 \times 3,8}{3,8 - 9,0} = -6,6 \text{ cm ce qui est conforme à la construction } (-6,5 \text{ cm soit un écart de moins de } 2\%).$$

Exercice 3: Lunette de Galilée (★)

1. La plan convexe est une lentille convergente, la plan concave est une lentille divergente.
2. Le foyer image de la première lentille est le foyer objet de la deuxième lentille.



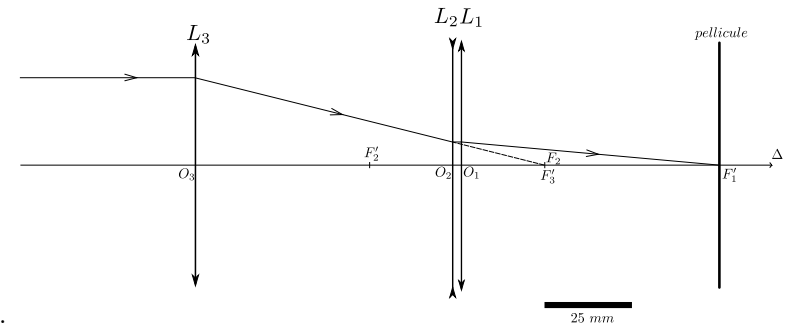
3.

$$4. G = f'_1 / f_2$$

5. En notant $D = f'_1 + f'_2$ l'encombrement de la lunette. D'après l'énoncé, $D = \frac{3}{4} \times 50 = 37,5$ cm. On obtient

$$f'_1 = GD / (G - 1) = 52 \text{ cm} \quad \text{et} \quad f'_2 = -D / (G - 1) = -1,7 \text{ cm}$$

Exercice 4: Téléobjectif (★★)



1.

Pour le tracé, on sait que :

- la pellicule est dans le plan focal image de L_1 : distance L_1 -pellicule = $f'_1 = 75$ mm ;

- la lentille L_2 est collée à L_1 ;
- L_3 forme sur la pellicule une image d'un objet situé à l'infini : on a donc les relations de conjugaison suivantes :

$$A_\infty \xrightarrow{L_3} F'_3, F_2 \xrightarrow{\{L_2, L_1\}} F'_1$$

$\swarrow \quad \nearrow$
 $L_2 \quad L_1$
 $A_{2\infty}$

- un objet situé à l'infini A_∞ forme son image par L_3 en F'_3 (définition du foyer image) ;
- on sait que l'image définitive de A_∞ est sur la pellicule donc en F'_1 d'après l'énoncé : F'_3 est donc conjugué de F'_1 par le doublet $\{L_2, L_1\}$.
- Si on décompose la conjugaison par L_2 et L_1 , on passe par une image intermédiaire à l'infini notée $A_{2\infty}$ par définition de F'_1 . F_2 et F'_3 sont donc conjugués par le doublet $\{L_2, L_1\}$.

2. En utilisant une décomposition de Chasles, on a :

$$\overline{O_3 F'_1} = \overline{O_3 F'_3} + \overline{F'_3 F_2} + \overline{F_2 O_2} + \overline{O_2 O_1} + \overline{O_1 F'_1} = f'_3 + f'_2 + f'_1$$

$$\text{car } \overline{F'_3 F_2} = 0 \text{ et } \overline{O_2 O_1} = 0.$$

$$\boxed{\overline{O_3 F'_1} = f'_3 + f'_2 + f'_1}$$

$$\text{AN : } \overline{O_3 F'_1} = 100 - 25 + 75 = 150 \text{ mm}$$

3. Par définition du grandissement (relation de Descartes) :

$$A \xrightarrow{L_3} A_1 \xrightarrow{\{L_2, L_1\}} A'$$

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1 B_1}} \times \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1 F'_1}}{\overline{O_1 A_1}} \times \frac{\overline{O_3 A_1}}{\overline{O_3 A}}$$

On détermine la position de l'image intermédiaire A_1 avec la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{O_3 A_1}} - \frac{1}{\overline{O_3 A}} = \frac{1}{f'_3} \text{ soit } \overline{O_3 A_1} = \frac{\overline{O_3 A} f'_3}{\overline{O_3 A} + f'_3} \approx f'_3 \text{ car } \overline{O_3 A} \gg f'_3.$$

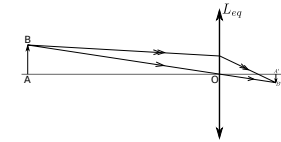
$$\text{De même } \overline{O_1 A_1} = \overline{O_1 O_3} + \overline{O_3 A_1} = \overline{O_1 O_2} + \overline{O_2 F_2} + \overline{F'_3 O_3} + \overline{O_3 A_1} = f_2 - f'_3 + \overline{O_3 A_1}$$

$$\text{soit } \overline{O_1 A_1} = f_2 - f'_3 + \frac{\overline{O_3 A} f'_3}{\overline{O_3 A} + f'_3} \approx f_2 - f'_3 + f'_3 \approx f_2$$

$$\boxed{\gamma = \frac{f'_1 f'_3}{f_2 O_3 A}}$$

$$\text{AN : } \gamma = -1,0 \times 10^{-4} \text{ soit } \overline{A'B'} = 9,0 \text{ mm}$$

4. Soit une lentille unique équivalente notée L_{eq} formant sur la pellicule l'image de l'objet :



L'objet étant très loin ($OA \gg f'_{eq}$), l'image se formera dans le plan focal image de la lentille équivalente. L'encombrement de l'appareil vaut donc f'_{eq} .

Le grandissement vaut : $\gamma = \frac{f'_{eq}}{OA} = -\frac{f'_{eq}}{d}$. On en déduit l'encombrement :

$$\boxed{\text{encombrement} = f'_{eq} = -d \times \gamma}. \text{ AN : encombrement} = -3000 \times -1,0 \cdot 10^{-4} = 30 \text{ cm}.$$

Pour le même résultat (même grandissement), le téléobjectif est donc deux fois moins encombrant.

2 Interféromètre à division du front d'onde

Exercice 5: Franges de Pohl (**)

1. S_1 et S_2 sont deux sources secondaires synchrones et cohérentes donc vont interférer sur l'écran.
2. On observe dans un plan perpendiculaire à l'axe $S_1 S_2$ donc les franges seront des cercles de centre O .
3. La réflexion sur le verre introduit une différence de marche supplémentaire de $\frac{\lambda_0}{2}$ et dans le triangle rectangle $S_1 O M$ rectangle en O , la relation de Pythagore nous donne :

$$(SM)_1 = n_{air} \sqrt{\rho^2 + (D+d)^2} + \frac{\lambda_0}{2}$$

4.

$$\delta = (SM)_2 - (SM)_1 \approx D+d+2ne + \frac{\rho^2}{2(D+d) \times \left(1 + \frac{2e}{D+d}\right)} - (D+d) \times \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\rho^2}{(D+d)^2}\right) - \frac{\lambda_0}{2}$$

$$\delta \approx 2ne - \frac{\lambda_0}{2} + \frac{\rho^2}{2(D+d)} \times \left(\frac{1}{1 + \frac{2e}{D+d}} - 1 \right)$$

$$\delta \approx 2ne - \frac{\lambda_0}{2} - \frac{e\rho^2}{(D+d)^2}$$

Soit un ordre d'interférence :

$$p \approx \frac{2ne}{\lambda_0} - \frac{1}{2} - \frac{e\rho^2}{\lambda_0(D+d)^2}$$

5.

$$p(\rho = 0) = \frac{2ne}{\lambda_0} - \frac{1}{2}$$

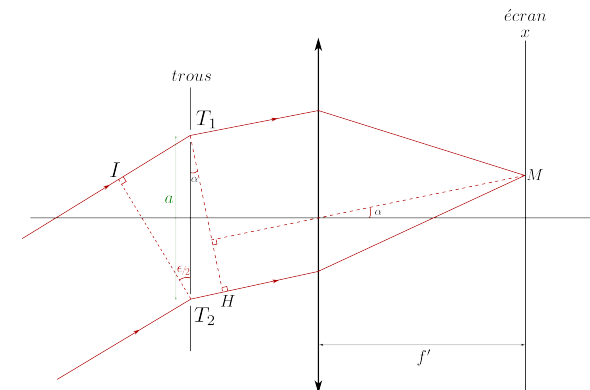
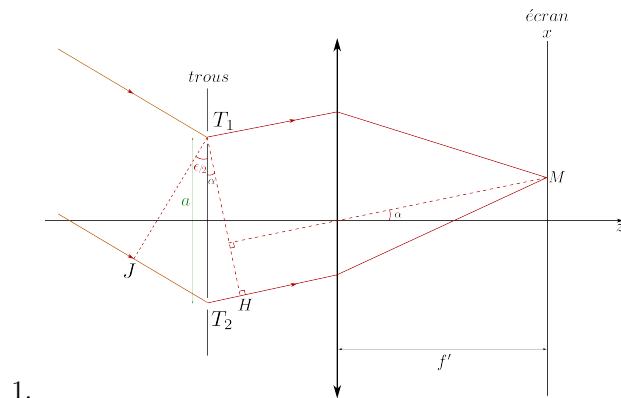
AN : $p(\rho = 0) = 71,98$

Le premier anneau possède donc un ordre entier $p_1 = 71$ donc

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{2ne}{\lambda_0} - \frac{1}{2} - p_1\right) \times \frac{\lambda_0}{e} \times (D+d)}$$

AN : $\rho = 26 \text{ cm}$

Exercice 6: Écart angulaire d'une étoile double (★)



Chaque étoile va donner son propre système de franges d'énergies :

$$\mathcal{E}_1 = 2\mathcal{E}_0(1 + \cos(\Delta\phi_1)) \quad \text{avec} \quad \Delta\phi_1 = (E_1T_2M) - (E_1T_1M) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \left(\frac{nax}{f'} + \frac{na\epsilon}{2} \right)$$

$$\mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E}_0(1 + \cos(\Delta\phi_2)) \quad \text{avec} \quad \Delta\phi_2 = (E_2T_2M) - (E_2T_1M) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \left(\frac{nax}{f'} - \frac{na\epsilon}{2} \right)$$

2. Ces franges rectilignes ont même interfrange et sont simplement décalées. On aura brouillage $\forall x$ si en un point $M(x)$ de l'écran :

$$p_{\text{étoile 1}} - p_{\text{étoile 2}} = \frac{1}{2} + m \quad \text{avec} \quad m \in \mathbb{Z}$$

or

$$p_{\text{étoile 1}} - p_{\text{étoile 2}} = \frac{1}{\lambda_0} \left(\frac{nax}{f'} + \frac{na\epsilon}{2} \right) - \frac{1}{\lambda_0} \left(\frac{nax}{f'} - \frac{na\epsilon}{2} \right) = \frac{na\epsilon}{\lambda_0}$$

soit

$$\frac{na_m\epsilon}{\lambda_0} = \frac{1}{2} + m \quad \text{avec} \quad m \in \mathbb{Z}$$

donc

$$a_m = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2\epsilon}$$

3. Les étoiles sont non cohérentes car pas issues d'une même source primaire :

$$\mathcal{E}_{\text{total}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E}_0 \left(2 + 2 \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{nax}{f'} \right) \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{na\epsilon}{2} \right) \right)$$

On en déduit le contraste :

$$\mathcal{C} = \left| \frac{\mathcal{E}_{tot,max} - \mathcal{E}_{tot,min}}{\mathcal{E}_{tot,max} + \mathcal{E}_{tot,min}} \right| = \left| \cos_p a \frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{a\epsilon}{2} \right|$$

On aura brouillage des franges si le contraste s'annule soit $\mathcal{C} = 0$ soit

$$\frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{a_m \epsilon}{2} = \frac{\pi}{2} + m\pi \quad \text{avec} \quad m \in \mathbb{Z}$$

$$\Leftrightarrow a_m = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2\epsilon}$$

4.

$$\epsilon = \frac{\lambda_0}{2a_0}$$

AN : $\epsilon = 2,7 \times 10^{-7} \text{ rad} = 1,56 \times 10^{-5}^\circ = 0,056''$ d'arc

Remarque : la distance d entre les deux étoiles vaut donc : $d = D_{\text{Terre-Proxima}} \times \epsilon = 42 \times 3,0 \times 10^8 \times 86400 \times 365,25 \times 2,7 \times 10^{-7} = 1,07 \times 10^{11} \text{ m} \approx \frac{2}{3} ua$

Exercice 7: Miroirs de Lloyd (★★)

1. Les deux sources qui interfèrent sont la source S elle-même et la source S' image de S par le miroir (elles sont représentées sur la figure suivante). Ce sont deux sources ponctuelles, de même pulsation, mais aussi synchrones : elles sont donc cohérentes.
2. La marche des deux rayons lumineux qui parviennent en M sur l'écran est représentée ci-dessous.

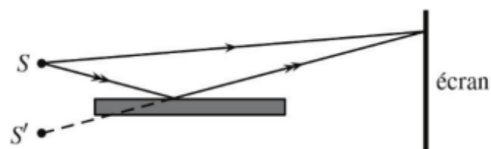


FIGURE 1 – Schéma des rayons lumineux pour les miroirs de Lloyd

On constate que ce sont bien deux rayons distincts issus de S qui donnent les deux rayons qui parviennent en M : le dispositif fonctionne bien par division du front d'onde.

3. Le champ d'interférences est limité au recouvrement des faisceaux lumineux issus de la source S et des faisceaux lumineux réfléchis. Le dispositif à division du front d'ondes étudié ici est éclairé par une source ponctuelle : les interférences ne sont pas localisées.

4. Les deux sources sont distantes de a et la distance entre les deux sources et l'écran est $d + \ell$. On en déduit les expressions demandées sans oublier le retard de phase égal à π , associé à la réflexion sur le miroir. L'abscisse $x = 0$ doit être positionnée sur l'axe médiateur des deux sources S et S' :

$$p(M) = \frac{nax}{\lambda_0(d + \ell)} + \frac{1}{2}$$

$$\delta(M) = \frac{nax}{d + \ell} + \frac{\lambda_0}{2}$$

$$\Delta\varphi(M) = \frac{2\pi nax}{\lambda_0(d + \ell)} + \pi$$

5. L'éclairement au point M d'abscisse x est :

$$\varepsilon(x) = 2\varepsilon_0 \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi nax}{\lambda_0(d + \ell)} \right) \right)$$

L'éclairement ne dépend donc pas de x : les franges sont donc rectilignes. Dans le cours, nous avons vu, dans le cas analogue des trous d'Young, qu'il était possible d'étendre la source dans une dimension orthogonale à l'axe des deux sources sans que le contraste de la figure d'interférences ne soit affecté.

6. Si l'on rapproche la source S du miroir d'une distance $b/2$, alors la source S' se rapproche aussi de la même distance $b/2$. La distance entre S et S' devient alors $a - b$. L'ordre d'interférences au point M s'écrit alors (l'axe médiateur de S et S' n'est pas modifié, donc l'origine $x = 0$ reste la même) :

$$p'(M) = \frac{n(a - b)x}{\lambda_0(d + \ell)} + \frac{1}{2}$$

La variation de l'ordre d'interférences au point M est :

$$\Delta p(M) = p'(M) - p(M) = -\frac{nbx}{\lambda_0(d + \ell)}$$

Considérons maintenant une source élargie de largeur totale b . Le calcul que nous venons de faire correspond à l'évaluation de la variation de l'ordre d'interférences lorsqu'on considère une source ponctuelle au centre de la source étendue puis sur son bord. On obtient donc $|\Delta p(M)| = \frac{nb|x|}{\lambda_0(d + \ell)}$. Les franges restent visibles en M à condition que $|\Delta p(M)| \leq \frac{1}{2}$, soit pour :

$$\frac{nb|x|}{\lambda_0(d + \ell)} \leq \frac{1}{2} \Rightarrow |x| \leq \frac{\lambda_0(d + \ell)}{2nb}$$

L'interfrange se lit dans l'expression de l'éclairement, en l'écrivant sous la forme :

$$\varepsilon(x) = 2\varepsilon_0 \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi x}{i} \right) \right)$$

On obtient :

$$i = \frac{\lambda_0(d + \ell)}{na}$$

On en déduit finalement que les franges restent bien visibles pour x vérifiant la condition suivante :

$$|x| \leq i \frac{a}{2b}$$

Exercice 8: Miroirs de Fresnel (★★★)

1. Les points S , S_1 , S_2 sont à égale distance R de O . Les coordonnées des trois points sont

$$\left. \begin{array}{l} S_1 \\ S_2 \end{array} \right| \begin{array}{l} -R \sin \alpha \simeq -R\alpha \\ d + R \cos \alpha \simeq d + R \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} S_2 \\ M \end{array} \right| \begin{array}{l} R \sin \alpha \simeq R\alpha \\ d + R \cos \alpha \simeq d + R \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right| \begin{array}{l} x \\ 0 \end{array}$$

2. Les distances peuvent se calculer en calculant les normes des vecteurs.

$$S_1M = \sqrt{(x + R\alpha)^2 + (d + R)^2} = (d + R) \sqrt{1 + \frac{(x + R\alpha)^2}{(d + R)^2}}$$

$$S_1M \simeq (d + R) \left[1 + \frac{x^2 + 2xR\alpha + R^2}{2(d + R)^2} \right]$$

et

$$S_2M \simeq (d + R) \left[1 + \frac{x^2 - 2xR\alpha + R^2}{2(d + R)^2} \right]$$

On en déduit

$$\delta = [S_1M] - [S_2M] = \frac{2xR\alpha}{d + R}$$

Par application de la formule de Fresnel, on a donc

$$I(x) = 2I_0 \left(1 + \cos \frac{4\pi x R\alpha}{\lambda_0(d + R)} \right)$$

Les franges brillantes sont obtenues quand le cosinus vaut $+1$, donc quand

$$\delta = k\lambda_0 \quad \text{soit} \quad x_k = k \frac{\lambda_0(d + R)}{2R\alpha}$$

où k est un entier relatif. L'interfrange est donc

$$i = |x_{k+1} - x_k| = \frac{\lambda_0(d + R)}{2R\alpha} = 9,0 \text{ mm}$$

3. L'interfrange est proportionnel à λ . Les franges bleues sont donc moins larges que les franges vertes, elles-mêmes moins larges que les rouges. Autour de la frange centrale brillante ($k = 0$) blanche (les trois couleurs y sont brillantes), on distingue une bande jaune de chaque côté (le bleu est éteint, le vert et le rouge brillent), puis une bande rouge de part et d'autre.

Exercice 9: Frange achromatique (★★★)

1. Il s'agit de l'expérience des fentes de Young avec source ponctuelle à l'infini et écran à l'infini (montage de Fraunhofer). La construction des rayons et le calcul de la différence de marche se font comme dans le cours. La différence de marche au point M de l'écran d'abscisse $x = \overline{F'M}$ est donnée par :

$$\delta(x) = (SF_2M) - (SF_1M) = \frac{n_{\text{air}}ax}{f'}$$

et l'éclairement est donné par :

$$\mathcal{E}(x) = 2\varepsilon_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi n_{\text{air}}ax}{\lambda_0 f'} \right) \right)$$

où ε_0 est l'éclairement uniforme obtenu lorsqu'on obstrue l'une des fentes. L'interfrange est :

$$i = \frac{\lambda_0 f'}{n_{\text{air}}a} = 0,3 \text{ mm}$$

2. La lame introduit un supplément de chemin optique valant $(n - n_{\text{air}})e$. La différence de marche devient alors :

$$\delta'(x) = \frac{n_{\text{air}}ax}{f'} + (n - n_{\text{air}})e$$

La frange centrale se trouve alors en :

$$x'_0 = \frac{(n_{\text{air}} - n)ef'}{n_{\text{air}}a}$$

Le déplacement du système de franges correspond à un nombre de fois l'interfrange égal à :

$$\frac{x'_0}{i} = \frac{(n_{\text{air}} - n)e}{\lambda_0} = -8,3$$

3. À partir de $\Delta\varphi(x, \lambda)$, on obtient :

$$\Delta\varphi(x, \lambda) = \frac{2\pi\delta(x)}{\lambda_0} = \frac{2\pi n_{\text{air}}ax}{\lambda_0 f'} + \frac{2\pi(n - n_{\text{air}})e}{\lambda_0}$$

En dérivant cette expression par rapport à λ_0 , on obtient :

$$\frac{\partial\Delta\varphi}{\partial\lambda_0} = \frac{-2\pi e}{\lambda_0^2} \left(n - n_{\text{air}} + \frac{2B}{\lambda_0^2} \right) - \frac{2\pi n_{\text{air}}ax}{\lambda_0^2 f'}$$

La frange achromatique est donc située en :

$$x'_0 = \left(n_{\text{air}} - n - \frac{2B}{\lambda_0^2} \right) \frac{ef'}{n_{\text{air}}a}$$

Avec :

$$\frac{x'_0 - x_0}{i} = \frac{-2Be}{\lambda_0^3} = -0,37$$

4. On mesure x''_0 . Supposer que l'indice de la lame est constant revient à interpréter le résultat comme si c'était x'_0 . L'erreur relative sur la détermination de e qui en découle est :

$$\frac{x''_0 - x'_0}{x'_0} = \frac{-2B}{(n_{\text{air}} - n)\lambda_{0m}^2} = -4,4\%$$

5. Pour que l'on puisse trouver la frange centrale dans le champ d'interférences, il faut que la différence de marche supplémentaire apportée par la lame reste inférieure à $10\mu\text{m}$, soit :

$$e < e_{\text{max}} = \frac{\delta_{\text{max}}}{(n - n_{\text{air}})} = 20\mu\text{m}.$$

Si on prend une lame de 1 mm d'épaisseur, la différence de marche dans le champ d'interférences est comprise entre $(n_{\text{air}} - n)e - \delta_{\text{max}} = 490\mu\text{m}$ et $(n_{\text{air}} - n)e + \delta_{\text{max}} = 510\mu\text{m}$. Cela reste supérieur à la longueur de cohérence de la lumière blanche, donc les franges disparaissent lorsqu'on introduit la lame. On observe un blanc d'ordre supérieur.