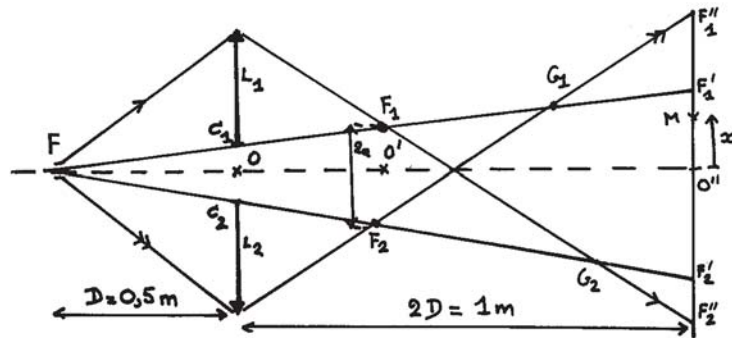


Agrégation Interne 2001 Exercices d'Optique Corrigé

Exo n°1 : Bilentilles de Billet (ENSAM 1980).

1. L'objet est placé à une distance $D = 2f$ de la lentille : il en résulte qu'on est dans les conditions de la méthode de Silbermann, donc l'image est aussi à cette distance de la lentille. Ceci peut se retrouver par application de la formule de Descartes des lentilles minces. Théorème de Thalès sur FC_1C_2 & FF_1F_2 : rapport $\frac{1}{2}$ donc : $F_1F_2 = 2a$, & les images F_1 & F_2 sont à la distance $D = 2D/2$ de l'écran. On en déduit (cf figure page suivante) : $F'_1F'_2 = 3a$ (largeur du champ d'interférences). la différence de marche est nulle en (F_1, F_2) ce qui traduit la condition de stigmatisme, d'où (cf figure) :

$$\delta_M(x) = MF_2 - MF_1 = \frac{2ax}{D}. \text{ Si } \Delta x = i \text{ sur l'écran, alors } \Delta\delta = \lambda, \text{ d'où : } i = \frac{\lambda D}{2a}.$$



2. Par raison de symétrie, la frange centrale (en O , pour $\delta = 0$) est brillante donc le nombre de franges brillantes doit être impair. En divisant la largeur du champ d'interférences par l'interfrange, on obtient le nombre de franges brillantes en arrondissant à l'entier impair inférieur, ce qui donne : $N = \frac{6a^2}{\lambda D} = 31$.

3. Le chemin optique L_2 du rayon R_2 n'est pas modifié, & en ce qui concerne le rayon R_1 on remplace l'air par le verre sur une épaisseur e , donc : $\Delta\delta = -\Delta L_1 = -(n-1)e$. Comme on a des lentilles, on travaille dans les conditions de Gauss, & la lame à faces parallèles est attaquée en incidence quasi normale $i = nr$, & l'épaisseur de verre traversée vérifie : $\frac{e}{\cos r} \approx e$. Alors la nouvelle ddm s'écrit :

$$\delta' = \frac{2ax}{D} - (n-1)e. \text{ La nouvelle frange centrale est en } x_1 \text{ telle que } \delta'(x_1) = 0 \text{ & donc :}$$

$$x_1 = \frac{(n-1)eD}{2a} > 0, \text{ donc le système de franges s'est déplacé vers le haut. On a :}$$

$$\Delta x = x_1 - 0 \Rightarrow e = \frac{2a\Delta x}{(n-1)D} = 24 \mu\text{m}.$$

4. Technique : l'ordre d'interférence. La ddm vaut $\delta = \frac{2ax_1}{D} = 7,2 \mu\text{m}$. Sur la frontière violette :

$$p_1 = \frac{\delta}{\lambda_1} = \frac{2ax_1}{D\lambda_1} = 18, \text{ nombre entier, donc on a une frange brillante. L'ordre d'interférence } p \text{ diminue si}$$

la longueur d'onde λ augmente, la première cannelure est obtenue pour $p = 17,5$ & la huitième pour $p = 10,5$ (car p varie de 1 entre deux cannelures consécutives) qui est visible alors que la neuvième (pour $p = 9,5$) ne l'est pas, donc : $9,5 < \frac{\delta}{\lambda_2} \leq 10,5 \Rightarrow \frac{7,2}{10,5} \leq \lambda_2 < \frac{7,2}{9,5}$, soit :

$$0,686 \mu\text{m} \leq \lambda_2 < 0,758 \mu\text{m} .$$

Tout ce domaine place la longueur d'onde λ_2 dans le rouge. La tolérance sur sa valeur n'est absolument pas une incertitude due à une imprécision de mesure mais est liée au caractère discontinu de la grandeur « nombre de cannelures ». Ce phénomène est beaucoup plus fréquent en physique quantique (penser aux inégalités de Heisenberg).