

Colle n° 13 : Optique 3

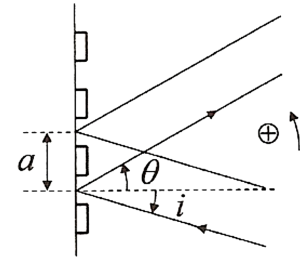
Exercice 1 - Surface d'un disque CD : La structure mécanique d'un CD permet de l'assimiler à un réseau par réflexion et explique son aptitude à décomposer la lumière blanche. Suivant un rayon du disque, le pas du réseau est a et l'on note i l'angle d'incidence et θ l'angle de réflexion ; le sens positif des angles est indiqué sur la figure. La lumière est réfléchiée dans les sillons uniquement. L'angle de réflexion n'est pas nécessairement égal à l'angle d'incidence. En effet, les sillons étant petits, un phénomène de diffraction apparaît et l'angle θ est donc quelconque.

1. Montrer que la condition d'interférence constructive est, en notant k l'ordre de la diffraction

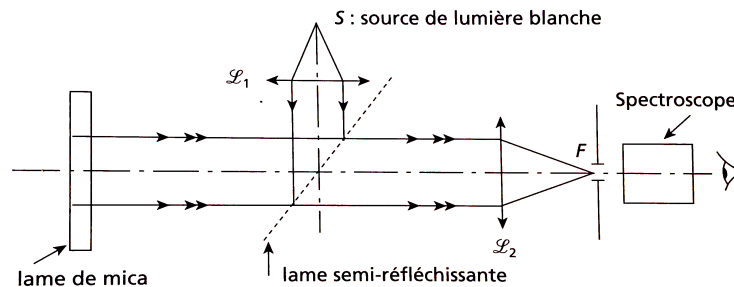
$$\sin \theta + \sin i = \frac{k\lambda}{a}$$

et la commenter. Attention, i est négatif sur le schéma.

2. On donne $a = 1.6 \mu\text{m}$ et $i = -10^\circ$. Calculer, pour l'ordre $k = 1$, les deux valeurs extrêmes θ_{\min} et θ_{\max} correspondants aux longueurs d'ondes extrêmes du spectre visible.
3. Le faisceau de lumière blanche, parallèle et suffisamment large, pour éclairer complètement un rayon du disque, est toujours placé tel que $i = -10^\circ$. La largeur de la partie enregistrée d'un CD est $\ell = 33 \text{ mm}$. À quelle distance minimale D_m faut-il approcher son œil pour commencer à voir l'ensemble du spectre visible ?



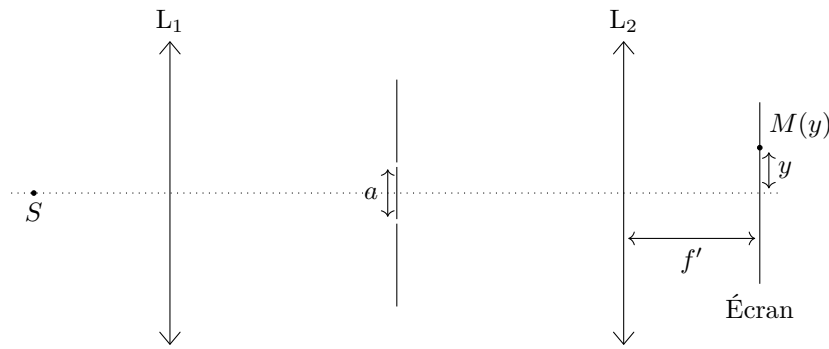
Exercice 2 - lame mince et spectre cannelé : Le montage suivant permet d'obtenir des interférences à deux ondes aboutissant, en lumière blanche, à la formation d'un spectre cannelé (spectre traversé de bandes sombres manifestant l'absence de certaines longueurs d'onde dans le spectre).



F est la fente d'un spectroscope fournissant à l'observateur un spectre de la lumière éclairant F . Dans ce montage, les interférences se produisent entre les rayons qui, sous incidence normale, se réfléchissent d'une part sur la face avant de la lame de mica, d'autre part sur la face arrière de cette même lame. On désignera par n l'indice de cette lame ($n = 1.57$) et on notera e son épaisseur.

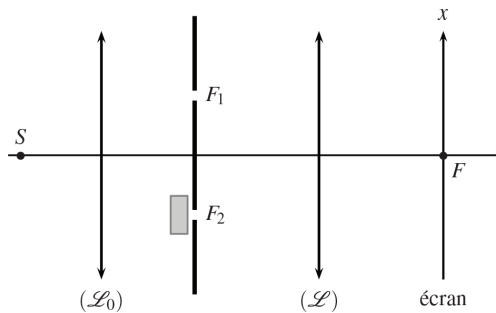
1. Expliquer l'origine des bandes sombres dans le spectre. Comment calculer les longueurs d'onde correspondantes ?
2. Entre $\lambda_1 = 0.47 \mu\text{m}$ et $\lambda_2 = 0.63 \mu\text{m}$, on observe $N = 40$ bandes sombres dans le spectre (extrémités λ_1 et λ_2 comprises). En déduire l'épaisseur de la lame de mica.

Exercice 3 - Fentes d'Young avec double lentilles : On considère une source de lumière ponctuelle et monochromatique placée au foyer objet d'une lentille convergente (L_1). Elle éclaire deux fentes de Young distantes de a . On observe les interférences en un point M (ordonnée y) d'un écran situé au foyer image d'une seconde lentille convergente (L_2) de focale f' .



1. Exprimer l'éclairement sur l'écran en un point M . Quelle est la figure d'interférence ? Quel est l'interfrange ?
2. On décale la source ponctuelle d'une distance d selon la verticale (elle est toujours dans le plan focal objet de (L_1)). Que se passe-t-il ?
3. Qu'observe-t-on si on introduit avant une des fentes un matériau transparent d'épaisseur e et d'indice n ? Est-on capable de remonter à la valeur de e ou n ? Si oui, comment ?

Exercice 4 - Frange achromatique : On considère le dispositif des fentes d'Young en lumière monochromatique avec observation dans le plan focal image d'une lentille \mathcal{L} , la source étant placée au foyer objet d'une lentille \mathcal{L}_0 .



1. Décrire la figure d'interférence observée ainsi que la répartition de l'intensité $I(x)$ sur l'écran. Calculer l'interfrange pour $F_1F_2 = a = 1 \text{ mm}$, $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$ et $f' = 50 \text{ cm}$.
 2. Une lame de verre d'épaisseur e , d'indice n , est placée devant F_2 (voir figure). Déterminer la nouvelle position de la frange centrale. De combien d'interfranges s'est-elle déplacée ? Faire l'application numérique pour $n = 1.50$ et $e = 0.01 \text{ mm}$.
- On remplace désormais la source monochromatique par une source de lumière blanche. L'indice du verre varie avec la longueur d'onde dans le vide selon la loi de Cauchy

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} \quad \text{où} \quad A = 1.489 \quad \text{et} \quad B = 0.004 \mu\text{m}^2 .$$

On appelle frange achromatique celle pour laquelle $\frac{\partial \Delta\varphi}{\partial \lambda}(\lambda_0) = 0$ pour $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$, longueur d'onde moyenne du spectre visible, et avec $\Delta\varphi$ le déphasage entre les deux rayons.

3. Déterminer la position de la frange achromatique. Donner, en interfrange, l'écart entre la frange achromatique et la frange centrale trouvée à la question précédente

Pour mesurer l'épaisseur e d'une lame à faces parallèles d'indice n , on mesure l'écart entre les positions, sur l'écran, de l'unique frange blanche (qui est aussi la mieux contrastée) avant et après l'introduction de la lame.

4. Quelle erreur relative commet-on sur la mesure de e si on considère $n = 1.500$ indépendamment de la longueur d'onde ?
5. Dans cette question, on néglige la dispersion ($B = 0$). Sachant que le dispositif des fentes d'Young permet d'obtenir des différences de marches géométriques allant de 0 à $10 \mu\text{m}$, quelle est la valeur maximale de e qui peut être mesurée par cette méthode ? Qu'observe-t-on si on prend une lame ayant 1 mm d'épaisseur ? On rappelle que la longueur de cohérence de la lumière blanche peut être estimée en pratique à environ $3 \mu\text{m}$.