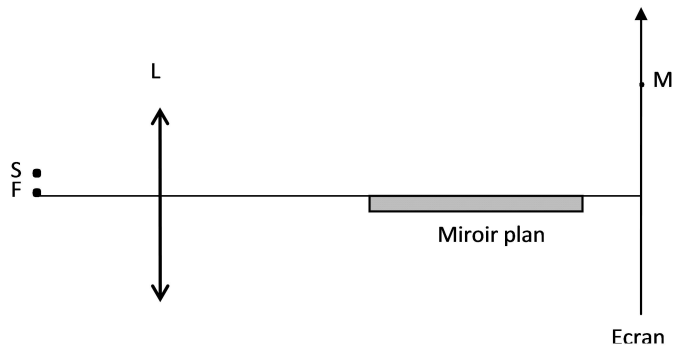


TD Optique : Interférences

Exercice : 1 *Miroir de Lloyd*

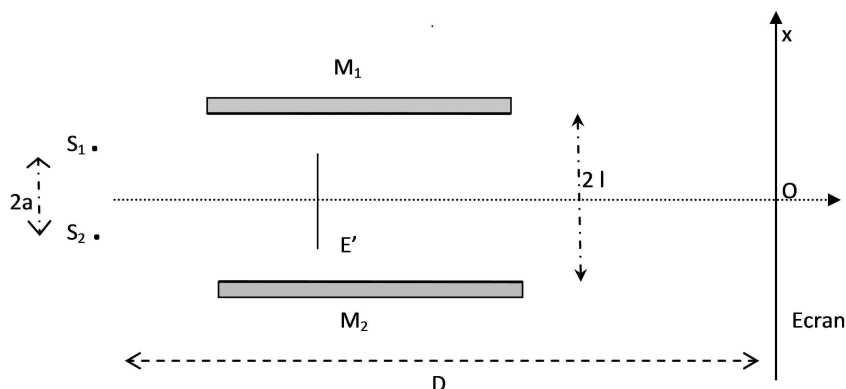
On éclaire, par une fente source S , très fine, monochromatique $\lambda = 0,5\mu\text{m}$. S étant dans le plan focale objet d'une lentille convergente L de distance focale image $f' = 20\text{cm}$, et située à une distance $a = 0,5\text{mm}$ du foyer objet F de L .



1. Dessiner le champ d'interférence.
2. Déterminer la différence de marche entre deux rayons qui interfèrent au point M sur l'écran d'observation.
3. En déduire l'intensité lumineuse $I(M)$, au point M . Tracer $I(x)$.
4. On élargit symétriquement la fente source $2e$ étant sa largeur. ($2e < a$). Déterminer la nouvelle intensité sur l'écran ; Tracer l'allure de $I(x)$.

Exercice : 2 *Interférence à l'aide de 2 Miroirs*

On considère le dispositif ci-dessous, constitué de deux sources ponctuelles monochromatiques S_1 et S_2 distants de $2a$, incohérentes entre elles et de même intensité, deux miroirs plans M_1 et M_2 distants de $2l$, un écran E' opaque qui élimine la lumière directe.



1. Dessiner le champ d'interférence dû à la source S_1 .
2. Déterminer la différence de marche entre deux rayons provenant de la source S_1 et qui interfèrent au point M sur l'écran d'observation .
3. En déduire l'intensité lumineuse $I_1(M)$, au point M . Tracer $I_1(x)$.
4. Mêmes questions pour la source S_2 .
5. Déterminer l'intensité totale au point M sur l'écran ; Tracer l'allure de $I(x)$. Interpréter.

Exercice : 3 *Biprisme en lumière blanche*

On éclaire, en lumière blanche $\lambda \in [0,4\mu\text{m}; 0,8\mu\text{m}]$, un prisme de fresnel d'angle $A = 40 \text{ mn d'arc}$, d'indice $n = 1,67$.

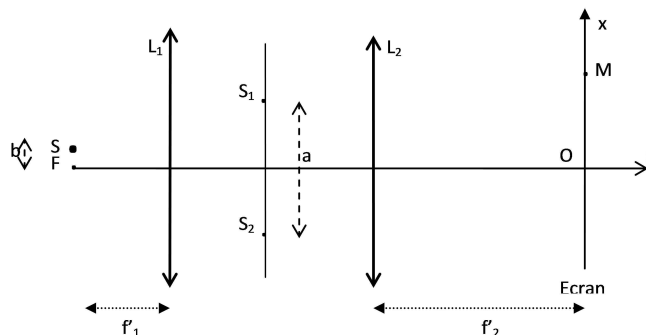
Quelles sont les radiations éteintes à 1 cm de la frange centrale sur un écran à 1 m du biprisme. La source étant de 75 cm avant le biprisme.

Exercice : 4 *Trous d'Young, présence d'une lame à faces parallèles*

On considère le dispositif interférentiel des trous d'young utilisé avec une source ponctuelle monochromatique S. Soit a la distance entre les trous, d la distance entre le plan des trous et la source S et D la distance entre le plan des trous et l'écran. On repère la position d'un point M sur l'écran par ses coordonnées cartésiennes (x,y) . On suppose que D est très grand devant d , a , x et y .

1. Déterminer l'expression de l'intensité I observée sur l'écran (On notera I_0 l'intensité individuelle associée à chacune des sources secondaires).
2. On place devant le trou supérieur une petite lame de verre d'épaisseur e et d'indice n . Donner la nouvelle expression de l'intensité I observée sur l'écran.
3. On remplace la source S par une autre source émettant un spectre continu. l'indice du verre de la lame suit la loi de Cauchy $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$ où A et B sont des constantes. Déterminer, en fonction des données du problème, l'expression de la position x_a de la frange brillante achromatique du système (frange brillante pour toutes les longueurs d'onde émises par la source).

Exercice : 5 *Trous d'Young avec lentilles*



Le montage ci-dessus représente le dispositif des trous d'Young utilisant deux lentilles convergentes L_1 et L_2 . La source ponctuelle monochromatique est dans un foyer objet secondaire de L_1 ($F_1S = b$), l'écran est dans le plan focal image de L_2 .

1. Tracer les deux rayons qui interfèrent au point M.
2. Quelle est la différence de marche entre ces deux rayons. Que devient l'interfrange.
3. Quel est l'intérêt de ce dispositif.

Exercice : 6 *Interférence par une bilame et une lentille convergente*

Un dispositif interférentiel comporte une bilame et une lentille achromatique convergente L, éclairées par une source ponctuelle S. La bilame est constituée par deux lames de verre plan-parallèles, identiques, d'épaisseurs $e = 6 \text{ mm}$ et d'indice $n = 1,5$ que l'on supposera indépendant de la longueur d'onde. Ces lames sont disposées symétriquement par rapport à l'axe optique SO et font entre elles un angle dièdre de 120° . On admettra qu'elles donnent de S deux images S_1 et S_2 définies par le calcul classique de la réfraction quasi normale (incidence faible). la lentille L, de distance focale 60 cm, forme à son tour de S_1 et S_2 deux images virtuelles S'_1 et S'_2 .

On donne : $SO = 30 \text{ cm}$, $OO' = 3,60 \text{ m}$

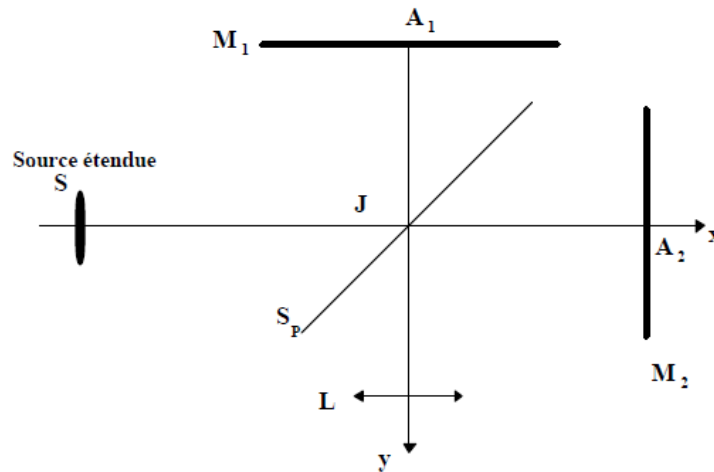
1. Déterminer géométriquement les images S_1 , S_2 , S'_1 et S'_2 .
2. Calculer les distances SS_1 , SS_2 et $S'_1S'_2$.
3. La source S est monochromatique $\lambda = 632,8 \text{ nm}$. Calculer l'interfrange sur l'écran et l'ordre d'interférence au point M tel que $OM = 4,5 \text{ mm}$.
4. La source S émet de la lumière blanche.
 - (a) Décrire brièvement l'aspect des franges observées sur l'écran.
 - (b) Pour analyser le phénomène, on remplace l'écran par un spectromètre dont la fente d'entrée, parallèle aux franges d'interférences, est placée en M, à $4,5 \text{ mm}$ de la frange centrale. Décrire et expliquer le phénomène observé. Calculer le nombre de cannelure visibles dans le spectre entre les radiations extrêmes $\lambda = 0,4 \text{ }\mu\text{m}$ et $\lambda = 0,8 \text{ }\mu\text{m}$.

Exercice : 7 *Interféromètre de Michelson*

Un interféromètre de Michelson est constitué par une lame semi réfléchissante, non absorbante, appelée séparatrice SP dont les facteurs de transmission et de réflexion valent $1/2$, et de deux miroirs plans M_1 et M_2 perpendiculaires l'un à l'autre. La lame SP est inclinée à 45° par rapport aux normales à M_1 et M_2 . L'interféromètre est plongé dans l'air. Dans tout le problème, on ne tiendra compte, ni des inconvénients liés à l'épaisseur non négligeable de la séparatrice (qui sont supposés parfaitement corrigés grâce à une lame compensatrice), ni d'éventuels changements de phases par réflexion. L'indice de l'air sera pris égal à 1.

On utilise comme source étendue S une lampe spectrale de symétrie de révolution autour de l'axe SJ.

1. On part de la situation où les deux bras sont égaux ($JA_1 = JA_2$). On observe en lumière monochromatique dans le plan focal d'une lentille mince convergente L d'axe optique Jy et de distance focale $f' = 1 \text{ m}$.



- (a) Qu'observe-t-on ?
 - (b) Pourquoi est-il nécessaire de diaphragmer la lentille ou de limiter l'inclinaison des rayons incidents issus de la source primaire ?
2. On déplace M_2 normalement à son plan de $e = 1,1 \text{ mm}$ dans la direction des x positifs.
- (a) Montrer à l'aide d'un schéma que le phénomène d'interférences observé est analogue à celui d'une lame d'air à faces parallèles.
 - (b) Donner en le justifiant, le lieu de localisation des franges d'interférences.
 - (c) Avec une raie de longueur d'onde $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ dans le vide, déterminer le rayon du premier anneau brillant.
 - (d) On place sur le bras JA_1 et parallèlement au miroir M_1 , une lame d'épaisseur $e' = 9,5 \mu\text{m}$ et d'indice $n = 1,5117$. Calculer la variation de l'ordre d'interférence au centre et le rayon du premier anneau brillant.
3. A partir de la situation où les deux bras sont égaux ($JA_1 = JA_2$), on fait tourner le miroir M_2 d'un angle α très faible autour d'un axe perpendiculaire JA_1A_2 et passant par A_2 .
- (a) Montrer à l'aide d'un schéma que le dispositif est équivalent à un coin d'air d'angle α .
 - (b) Comment éclairer le coin d'air sous incidence quasi-normale ?
 - (c) Pour des rayons lumineux voisins de l'incidence normale, faire apparaître à l'aide d'un schéma, la position du plan de localisation de la figure d'interférences.
 - (d) Comment faut-il placer la lentille L pour observer les interférences sur un écran ?
 - (e) Caractériser le système de franges et donner la valeur de l'interfrange i sur l'écran, sachant que le grandissement de la lentille est 4. Application numérique : $\alpha = 1 \text{ minute d'arc}$. $\lambda = 546,1 \text{ nm}$. Donner la valeur de i .
 - (f) On éclaire le coin d'air en lumière blanche, et on remplace la lame d'épaisseur e' . Indiquer un moyen de déterminer l'épaisseur e' ou l'indice moyen de la lame.

4. L'interféromètre est réglé comme à la question 4, mais la source primaire est maintenant une lampe à vapeur de sodium dont on suppose que le spectre d'émission ne contient que deux raies intenses, de couleur jaune et de longueur d'onde $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$ avec $0 \ll \Delta\lambda \ll \lambda_1$.
On déplace le miroir M_2 de façon à faire défiler les franges obtenues dans la question 4. On constate que les franges disparaissent lorsque le déplacement de M_2 est $d = 0,15 \text{ m}$.
- (a) Expliquer le phénomène.
- (b) En déduire $\Delta\lambda$ et λ_1 .
5. L'interféromètre est réglé comme à la question 4. La radiation utilisée maintenant, la raie rouge du cadmium, ($\lambda_0 = 643,8 \text{ nm}$) n'est pas rigoureusement monochromatique. On peut admettre que le spectre d'émission : $I(\nu) = I_0$ est une constante entre $(\nu_0 - \frac{\Delta\nu}{2})$ et $(\nu_0 + \frac{\Delta\nu}{2})$; ν_0 est la fréquence centrale de la raie correspondant à la longueur d'onde λ_0 .
- (a) Déterminer le facteur de visibilité V (où facteur de contraste) des franges en fonction de la différence de marche d , de $\Delta\nu$, et de la vitesse de la lumière dans le vide c . On donne $V = \frac{E_2 - E_1}{E_2 + E_1}$, E_2 étant l'éclairement d'une frange brillante et E_1 celui d'une frange sombre.
- (b) Pour quelle valeur de d V s'annule-t-il pour la première fois? On notera : $L_c = \frac{c}{\Delta\nu}$, la longueur de cohérence.
- (c) Michelson avait trouvé pour la raie rouge du cadmium $L_c = 30 \text{ cm}$. Calculer $\Delta\nu$ pour la raie rouge du cadmium et en déduire la durée τ du train d'onde.