

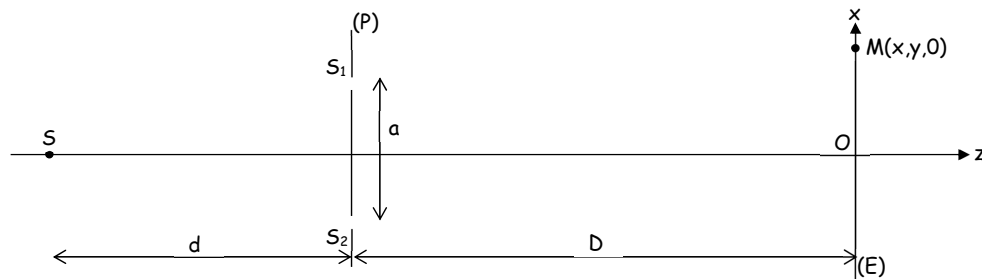
OPTIQUE

Chapitre 3 : Dispositif interférentiel par division du front d'onde

Trous d'Young

Exercice 1 : Trous d'Young – Paramètres de modification des franges

On considère le dispositif des trous d'Young décrit sur la figure suivante :

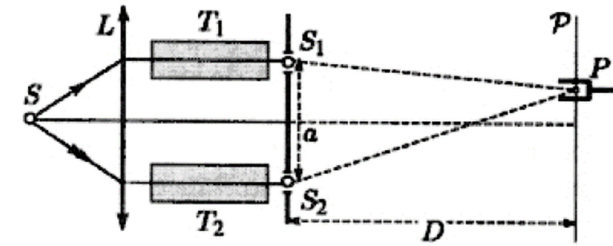


S est une source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde λ_0 . On suppose que $d \gg a$ et $D \gg a$. Déterminer dans les cas suivants la différence de marche et l'intensité au point M de l'écran, la position des franges brillantes, la position de la frange d'ordre 0, l'interfrange i , puis conclure quant à la modification de la figure d'interférence :

- 1) S se trouve dans la position indiquée sur la figure (configuration du cours). Ce sera le cas de référence.
- 2) On déplace S :
 - a) Selon l'axe (Ox) : sa nouvelle abscisse est x_s , les autres coordonnées restent inchangées.
 - b) Selon l'axe (Oy) : sa nouvelle ordonnée est y_s , les autres coordonnées restent inchangées.
 - c) Conclure quant à la possibilité de remplacer la source ponctuelle par une fente source de longueur L suivant (Oy) et d'épaisseur négligeable suivant (Ox). Faire de même si on remplace les trous d'Young par des fentes de longueur L' et infiniment fines suivant (Ox).
- 3) On recule l'écran par rapport aux trous d'Young, la nouvelle distance entre (P) et (E) est D'.
- 4) On modifie la longueur d'onde de S : $\lambda'_0 > \lambda_0$.

Exercice 2 : Trous d'Young – Mesure de l'indice de l'air

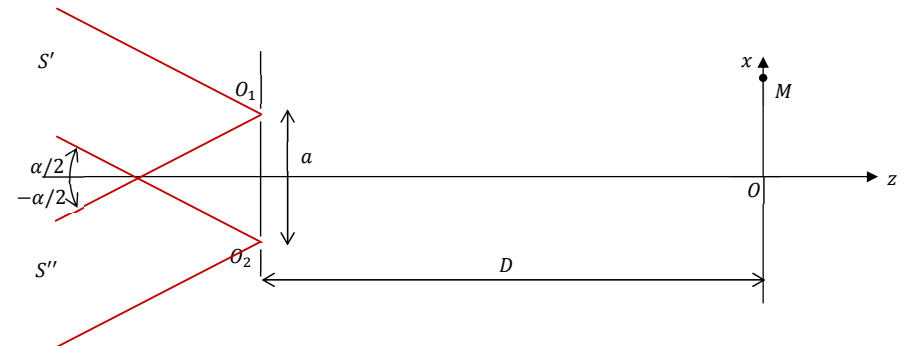
L'interféromètre de Rayleigh (dérivé du dispositif d'Young) est représenté sur la figure ci-dessous. Lorsque les tubes T_1 et T_2 sont remplis d'air dans les conditions normales, le montage est symétrique et on observe une frange brillante au centre O de l'écran d'observation (P). La source S, placée au foyer objet de la lentille L, émet la radiation $\lambda = 577 \text{ nm}$, la longueur commune des tubes est $l = 0,20 \text{ m}$, l'écran d'observation est placé à une distance $D = 30 \text{ cm}$ des trous d'Young, séparés de $a = 1 \text{ cm}$.



- 1) T_1 et T_2 sont remplis d'air. Exprimer l'intensité $I(M)$ à l'écran en fonction l'indice n_0 , a et D . En déduire l'interfrange i et la position de la frange centrale.
- 2) On fait progressivement le vide dans le tube T_1 , T_2 étant toujours rempli d'air dans les conditions normales. A un instant t où l'indice de l'air dans le tube vaut $n(t)$, déterminer l'expression de la nouvelle intensité $I'(M)$. En déduire l'interfrange i' et la position de la frange centrale. Dans quel sens les franges défilent-elles en O ?
- 3) Pendant le pompage, 101 franges brillantes défilent en O et, lorsque la pression dans T_1 est quasi nulle, on observe une frange sombre en O. En déduire l'indice absolu n_0 de l'air dans les conditions normales.
- 4) T_1 et T_2 sont à nouveau remplis d'air. La température dans T_1 augmente légèrement de sorte que l'indice de réfraction diminue d'une quantité ε . On montre que les franges se déplacent d'une quantité égale à une interfrange i . Calculer ε .

Exercice 3 : Mesure de l'écart angulaire de deux étoiles

On considère deux trous d'Young distants de a . Ils sont éclairés par une étoile double assimilée à deux sources ponctuelles S' et S'' situées à l'infini dans des directions faisant des angles $\pm \alpha/2$ avec l'axe (Oz). Chaque étoile engendre une intensité I_0 sur l'écran lorsqu'on bouche un des trous d'Young. On place un filtre centré sur la longueur d'onde $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$ devant les trous.



- 1) Donner l'expression de l'intensité sur l'écran quand on éteint S'' . Calculer l'interfrange Δ pour $a = 1 \text{ mm}$ et $D = 2 \text{ m}$.
- 2) Exprimer l'intensité sur l'écran en présence des deux étoiles S' et S'' . On augmente a en partant de la valeur nulle. Calculer la plus petite valeur a_m permettant de brouiller les franges et la valeur correspondante Δ de l'interfrange pour $\alpha = 10^{-6} \text{ rad}$ et $D = 2 \text{ m}$.
- 3) Dans le dispositif réel, un jeu de miroirs permet d'imposer les différences de marche δ' (respectivement δ'') entre les deux ondes émises par S' (respectivement S'') arrivant en M :

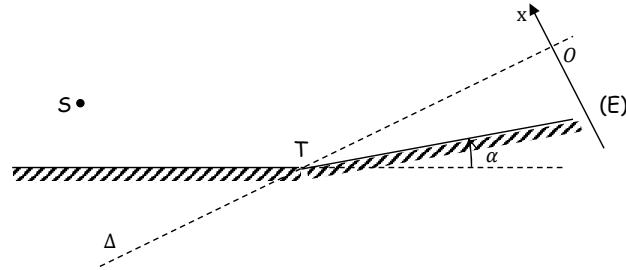
$$\delta' = \frac{ax}{D} + \frac{h\alpha}{2} \quad \text{et} \quad \delta'' = \frac{ax}{D} - \frac{h\alpha}{2}$$

où h est une distance réglable indépendamment de a . Calculer la plus petite valeur h_m de h permettant de brouiller les franges et la valeur correspondante de Δ de l'interfrange pour $\alpha = 10^{-6} \text{ rad}$, $a = 1 \text{ mm}$ et $D = 2 \text{ m}$.

- 4) En réalité le filtre possède une bande passante $\Delta\lambda = 0,05 \mu\text{m}$. Cette valeur est-elle nuisible au protocole ? Quels seraient l'avantage et l'inconvénient de prendre une valeur $\Delta\lambda$ nettement plus faible.

Exercice 4 : Miroirs de Fresnel

On considère le montage suivant constitué d'une source ponctuelle monochromatique S de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 589 \text{ nm}$ et de deux miroirs identiques faisant un angle $\alpha = 0,1^\circ$. La droite Δ sépare le champ d'interférence en deux parties égales. L'axe Ox , sur l'écran (E), est orthogonal à Δ .



Données :

$$TO = 1,8 \text{ m}$$

$$ST = 0,2 \text{ m}$$

- 1) Calculer la largeur du champ d'interférences.
- 2) Déterminer l'intensité $I(x)$ sur l'écran. On notera I_0 l'intensité maximale.
- 3) Décrire la figure d'interférence et calculer le nombre de franges brillantes et sombres sur l'écran.
- 4) La source est maintenant une source de lumière blanche telle que : $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$. On se place en $x = 3 \text{ mm}$. Quelles sont les longueurs d'onde éteintes.