

Optique ondulatoire
TD 6 : Diffraction de Fraunhofer, interférences

I- Diffraction de Fraunhofer par une fente fine

On considère le système optique schématisé sur la figure 1 ci-dessous ; il comprend :

- deux lentilles minces convergentes (L_1) et (L_2) d'axe optique commun ($z'z$), de centres O_1 et O_2 , de distances focales f_1 et f_2 respectivement ;
- une source ponctuelle S_o de longueur d'onde λ , placée au foyer principal objet F_{O_1} de la lentille (L_1) ;
- un écran d'observation (E) confondu avec le plan focal image (F_{i_2} , x_i , y_i) de la lentille (L_2).

On place entre les deux lentilles un diaphragme rectangulaire (D) de centre O, situé sur ($z'z$), de largeur a (parallèle à $F_{O_1}x_o$) et de longueur b (parallèle à $F_{O_1}y_o$).

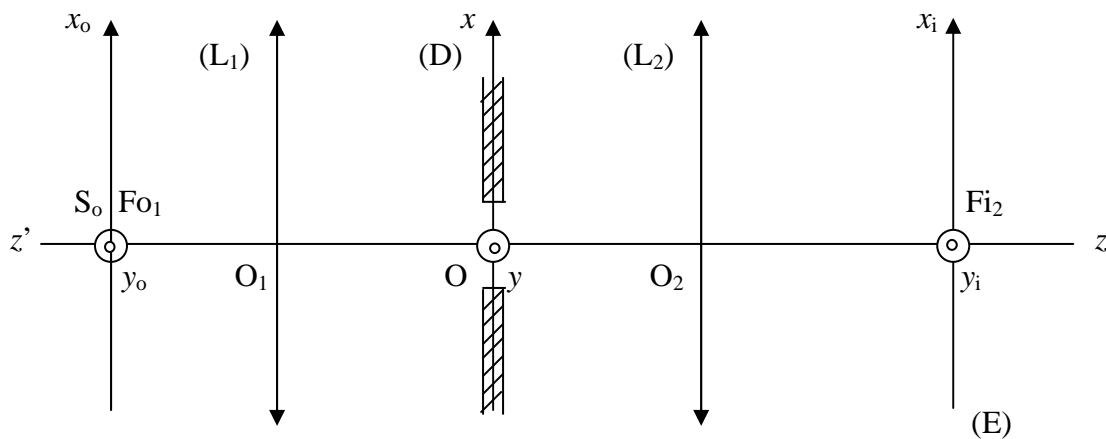


Fig. 1

1. Définir la transmittance $t(x, y)$ du diaphragme (D). Déterminer la répartition de l'intensité lumineuse dans le plan focal image de (L_2).
2. Décrire la figure de diffraction observée dans le plan focal image de (L_2).
On donne $\lambda = 546 \text{ nm}$, $a = b = 200 \lambda$ et $f_2 = 50 \text{ cm}$.
3. Que devient la figure de diffraction lorsque $b = 100 a$?
En déduire la figure de diffraction d'une fente fine parallèle à ($F_{O_1}y_o$).
4. Que se passe-t-il si le diaphragme (D) subit une translation suivant la direction ($x'x$) ?
5. Que se passe-t-il si le diaphragme (D) subit une rotation d'angle α autour de ($z'z$) ?
6. Que se passe-t-il si la source ponctuelle S_o subit un faible déplacement suivant la direction ($x'o_x$) ?
7. La source ponctuelle S_o est remplacée par une fente fine (F) centrée en F_{O_1} et parallèle à ($y'o_y$). Qu'observe-t-on dans le plan (E) ?
Que se passe-t-il si on fait subir à la fente source (F) une rotation autour de l'axe ($z'z$) ?

II- Diffraction de Fraunhofer par les fentes d'Young

On considère le système optique de l'exercice I dans lequel on remplace le diaphragme (D) par un diaphragme (D') percé de deux fentes fines identiques (F_1) et (F_2) largeur a (parallèle à Fo_1x_o) et de longueur b (parallèle à Fo_1y_o), Leurs centres C_1 et C_2 , distants de d , sont situés sur l'axe Ox , à égale distance de O.

1. Déterminer la transmittance en amplitude du diaphragme (D').
2. Donner la répartition de l'intensité lumineuse dans le plan focal image de (L_2) et comparer à celle obtenue dans le cas d'une seule ouverture rectangulaire.
3. Etudier le comportement du terme d'interférence de l'expression de l'intensité lumineuse diffractée par les deux fentes. On exprimera ce terme en fonction de la différence de chemin optique ΔL entre les ondes de même direction de propagation émises par C_1 et C_2 distants de d .
4. Représenter graphiquement l'intensité lumineuse en fonction de x_i . Calculera la position des maxima et des minima d'intensité. On prendra $\lambda = 500 \text{ nm}$, $f_2 = 1 \text{ m}$, $a = 0,40 \text{ mm}$ et $d = 5a$.
5. Que devient cette répartition si S_o est remplacée par une fente source (F) parallèle à (y'_oy_o) et centrée en Fo_1 ?
6. On place devant la fente (F_1) une lame à faces parallèles d'indice $n = 1,5$ et d'épaisseur $e = 10 \text{ mm}$.

Donner la nouvelle expression de la répartition de l'intensité dans le plan (E).

Calculer le déplacement de la frange centrale du système de franges d'interférences et montrer que ce système permet une mesure de l'indice connaissant l'épaisseur, ou le contraire.