

Examen d'optique - 2L30PCM

Session 2 - durée 2h

*Documents interdits***I Diffraction par une fente rectangulaire**

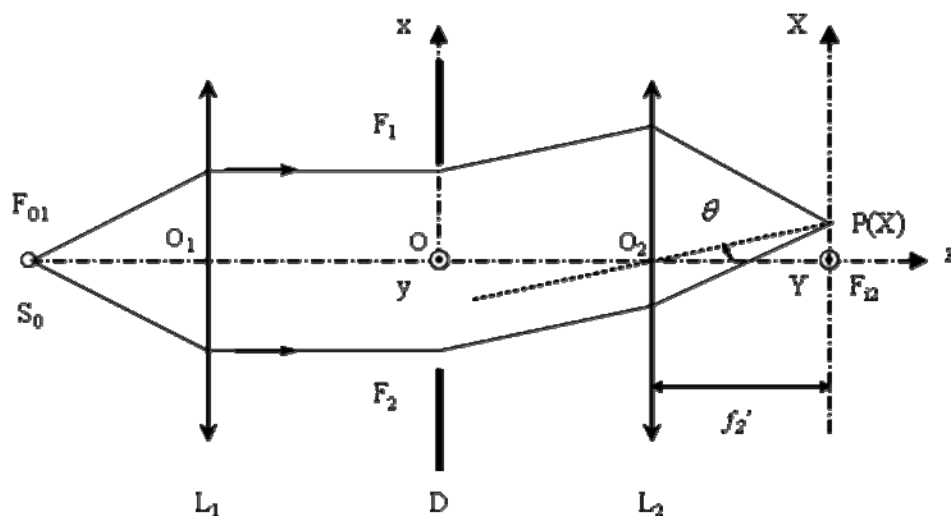
On considère le montage optique schématisé sur la figure ci-dessous ; il comprend :

- deux lentilles minces convergentes (L_1) et (L_2) d'axe optique commun ($z'z$), de centres optiques O_1 et O_2 , de distances focales images f_1' et f_2' respectivement ;
- une source ponctuelle S_0 de longueur d'onde λ_0 , placée au foyer principal objet F_{01} de la lentille (L_1) ;

On place entre les deux lentilles un diaphragme (D) de centre O , situé sur ($z'z$), comportant une fine fente (Figure 3) de largeur a selon Ox et de longueur b selon Oy . On considèrera que $b \gg a$: on négligera le phénomène de diffraction dans la direction Oy (approximation de la fente infiniment longue).

On donne $f_2' = 50$ cm et $\lambda_0 = 546,07$ nm.

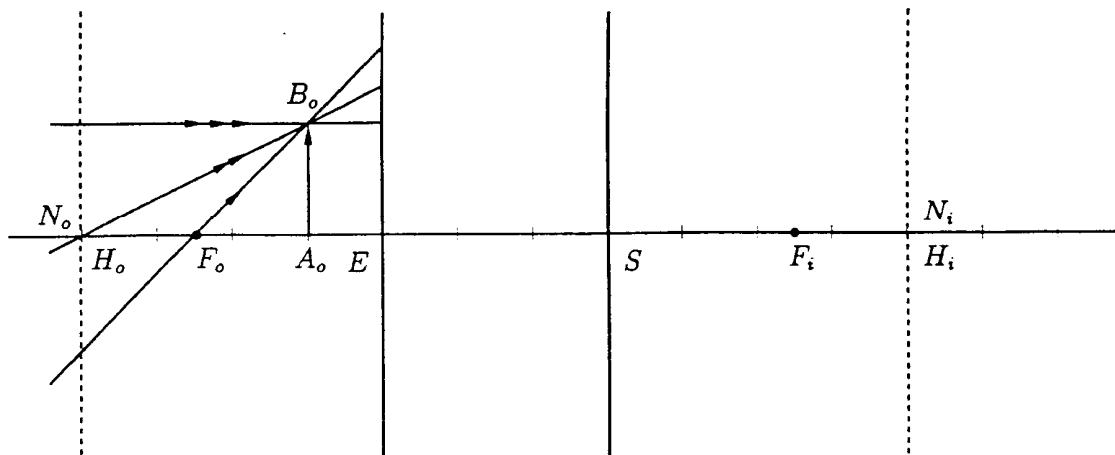
On assimilera l'indice de réfraction de l'air à celui du vide.



1. Donner l'expression de la transmittance $t(x)$ du diaphragme (D).
2. Calculer la répartition de l'intensité lumineuse $I(X)$ au point $P(X)$ dans le plan focal image de (L_2). On se limite ici à l'étude de la diffraction aux petits angles, soit $\theta \ll 1$ (P au voisinage du foyer image F_{i2} de L_2).
3. Représenter $I(X)$, en faisant figurer 5 franges brillantes. Pour quelles valeurs de X l'intensité est-elle nulle ?
4. On trouve expérimentalement que le premier minimum (pour les valeurs positives de X) se trouve à $X_1 = 0,5$ mm. En déduire la largeur a de la fente.
5. Décrire ce qui se passe lorsque l'on translate le diaphragme (D) selon l'axe Ox .
6. Décrire la nouvelle répartition de l'intensité lumineuse $I(X)$ lorsque l'on réduit d'un facteur 2 la largeur a du diaphragme (D).

II Tracé de rayons système centré

On considère le système centré représenté à la figure ci-dessous. Les faces d'entrée et de sortie du système centré sont respectivement repérées par E et S. Les plans principaux sont indiqués en pointillés. Le point nodal objet N_o (nodal image N_i) est confondu avec le point principal objet H_o (principal image H_i). F_o et F_i sont respectivement les foyers objet et image du système centré.



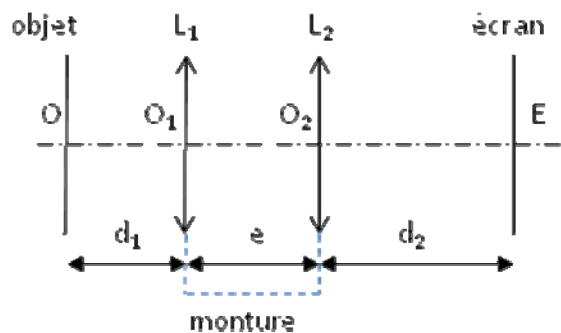
Compléter le tracé pour les 3 rayons associés à l'objet A_oB_o , de façon à faire apparaître l'image A_iB_i , en identifiant la correspondance avec les rayons incidents (nombre de flèches)..

Rendre obligatoirement cette feuille avec la copie (avec ou sans tracé)

III Doublet de lentilles

On considère un banc optique, un objet fixe O et un écran mobile E sur lequel on souhaite obtenir l'image de l'objet. On dispose de deux lentilles minces L_1 et L_2 , de centres optiques O_1 et O_2 . On note respectivement f_{i1} et f_{i2} leurs distances focales images. On donne $f_{i1} = 20$ cm et $f_{i2} = 10$ cm.

1. Expliquer pourquoi on ne peut obtenir en utilisant une seule lentille, L_1 ou L_2 , une image sur l'écran se caractérisant par un grandissement transversal G_T positif. Serait-ce possible avec une lentille divergente seule ? Justifiez votre réponse.
2. On considère maintenant l'association des deux lentilles L_1 et L_2 , placées sur une monture qui les solidarise. L_1 est placée du côté de l'objet. Les deux lentilles sont séparées par la distance $e = 50$ cm. L'ensemble peut être translaté sur le banc optique.



- a) Calculer la matrice de transfert $T(\overline{O_1 O_2}) = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{pmatrix}$ du système centré formé par L_1 et L_2 . On donnera l'expression analytique des coefficients t_{ij} , puis leurs valeurs numériques dans le système international, en précisant les unités. Vérifier que le déterminant de cette matrice est égal à 1. Que vaut la vergence V du doublet ?
- b) On place la monture comportant les deux lentilles sur le banc d'optique, entre l'objet et l'écran. A ce stade, les positions de la monture et de

l'écran sont quelconques : on n'observe pas l'image de O sur l'écran. La distance entre l'objet et L_1 est notée d_1 , celle entre L_2 et l'écran d_2 .

Calculer la matrice de transfert $T(\overline{OE})$ entre le plan objet et l'écran. On exprimera cette matrice en fonction de des coefficients t_{ij} , de d_1 et de d_2 .

- c) On considère un objet placé dans le plan objet O. On veut former son image sur l'écran E avec un grandissement positif $G_T = 4$. Repérer les positions de la monture et de l'écran en donnant les valeurs numériques des distances d_1 et d_2 .

On rappelle que la matrice de conjugaison entre un objet A_o et son image A_i s'écrit :

$$T(\overline{A_o A_i}) = \begin{bmatrix} G_T & 0 \\ -V & G_T^{-1} \end{bmatrix}$$

où V est la vergence de l'instrument utilisé.

- d) Montrer qu'en considérant la distance d_1 trouvée à la question précédente, et successivement les relations de conjugaison de L_1 et L_2 , on retrouve bien la même position de l'écran et le même grandissement $G_T = 4$. On appellera O' l'image de O formée par L_1 .
- e) Faire un tracé de rayons lumineux (à l'échelle 1/10 le long de l'axe) sur la feuille de papier millimétré fournie, montrant la conjugaison objet-image dans la configuration de la question c) ci-dessus. On considérera deux rayons partants d'un objet $A_o B_o$, placé dans le plan objet, et on montrera comment ces deux rayons sont déviés par chacune des deux lentilles.