

OPTIQUE GEOMETRIQUE

Durée : 2 h 30

Aucun document n'est autorisé

Les deux parties sont indépendantes

I - Optique géométrique

On considère une lunette astronomique constituée par l'association d'un objectif et d'un oculaire, tout le système étant placé dans l'air.

I.1 - Etude de l'oculaire

L'oculaire est formé de deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2 de distances focales image respectives f_{i1} et f_{i2} . La distance entre les centres optiques O_1 et O_2 de ces deux lentilles est égale à $e = \overline{O_1 O_2}$.

- a)- Rappeler la matrice de transfert d'une lentille mince.
- b)- Etablir les éléments de la matrice de transfert de cet oculaire en fonction de f_{i1} , f_{i2} et e . En déduire l'expression de sa vergence et de ses distances focales.
- c)- Déterminer les éléments cardinaux de ce système centré. Effectuer les applications numériques ; on donne : $e=4$ cm, $f_{i1}=6$ cm et $f_{i2}=2$ cm.
- d)- On veut retrouver la position du plan focal image de l'ensemble à l'aide d'une construction géométrique. Pour cela, à l'aide d'un rayon et d'un objet dont vous choisirez la position, vous déterminerez la position de l'image de cet objet par l'oculaire.
- e)- Cet oculaire est-il convergent ou divergent ? Justifier la réponse.

I.2 - Etude de la lunette

On remplace l'oculaire précédent par une lentille mince convergente L_3 de centre optique O_3 et de distance focale f_{i3} . L'objectif, quant à lui, est formé d'une lentille mince convergente L de centre optique O et de distance focale f_i . On donne : $f_i=50$ cm et $f_{i3}=3$ cm.

- a)- Quelle doit être la distance l entre les 2 lentilles L et L_3 pour que les foyers de l'ensemble soient rejetés à l'infini (système afocal)?
- b)- Faire un schéma de la lunette dans ce cas et représenter la marche d'un rayon lumineux parallèle à l'axe optique (échelle 1/5).
- c)- En utilisant la construction graphique de la question précédente, exprimer le grandissement transversal G_t de la lunette en fonction des distances focales f_i et f_{i3} . En déduire l'expression du grandissement angulaire G_a . Calculer sa valeur numérique.

- d)- A l'œil nu, comme à l'entrée de l'objectif, le diamètre apparent de la Lune vaut $0,5^\circ$. Sous quel angle, exprimé en degrés, voit-on la Lune à travers l'oculaire ?

II_ Diffraction et interférence

Soit un montage « $4f$ » composé de deux lentilles convergentes L_1 et L_2 , de focale f , éclairées par une source monochromatique S_1 , émettant une onde d'amplitude unité, placée au foyer objet de L_1 (Figure 1). On place un écran opaque percé d'un diaphragme rectangulaire, de longueur a et de largeur b , à mi-chemin entre les deux lentilles (Figure 2).

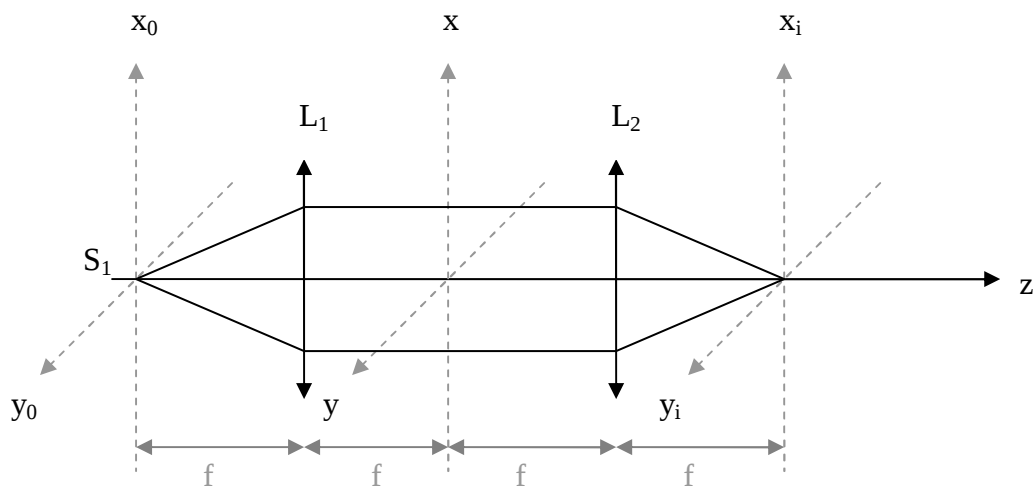


Figure 1

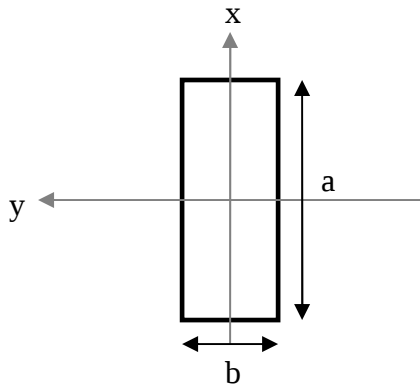


Figure 2

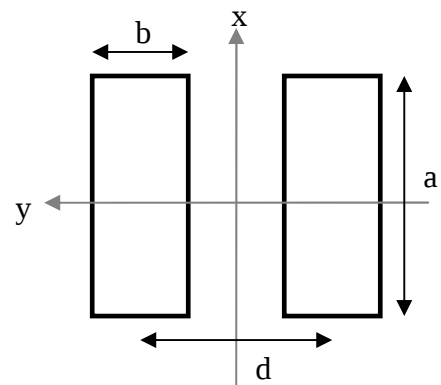


Figure 3

II.1- Détermination de l'intensité de la figure de diffraction pour une source S_1 monochromatique de longueur d'onde λ placée sur l'axe optique.

- Donner l'expression de la transmittance $t(x,y)$ du diaphragme rectangulaire.
- Donner l'expression de l'amplitude complexe de l'onde diffractée $\underline{\psi}$ dans le plan focal image de la lentille L_2 :
 - En fonction des fréquences spatiales u et v ($\underline{\psi}(u,v)$).

- En fonction des coordonnées d'espace x_i et y_i ($\psi(x_i, y_i)$)

c)- En déduire l'expression de l'intensité $I(x_i, y_i)$ de la figure de diffraction dans le plan focal image de la lentille L_2 .

d)- Tracer sur deux graphes $I(x_i, y_i = 0)$ et $I(x_i = 0, y_i)$, en précisant les abscisses des minima d'intensité.

II.2- Le diaphragme a maintenant (questions 2 à 6) une dimension a très supérieure à la dimension b . Comment évolue la figure de diffraction ? Donner la nouvelle expression de l'intensité.

II.3- La source S_1 est déplacée sur l'axe y_0 au point de coordonnées $(0, y_{01})$. Expliquez les changements observés dans le plan d'observation. Quelle est la nouvelle expression de l'intensité $I_1(x_i = 0, y_i)$ de la figure de diffraction associée à la source S_1 ?

II.4- On rajoute une deuxième source monochromatique S_2 de même longueur d'onde λ sur l'axe y_0 , en $y_{02} = -y_{01}$. S_1 et S_2 sont incohérentes (S_1 et S_2 ne peuvent pas interférer).

a)- Expliquer ce que l'on observe dans le plan d'observation.

b)- Donner l'expression de l'intensité $I_2(x_i = 0, y_i)$ de la figure de diffraction associée à la source S_2 .

c)- Tracer sur le même graphe $I_1(x_i = 0, y_i)$, $I_2(x_i = 0, y_i)$ et $I_d(x_i = 0, y_i)$, I_d étant l'intensité totale de la figure de diffraction.

II.5- a)- Montrer que la distance entre les deux sources S_1 et S_2 doit être supérieure ou égale à $\frac{\lambda f}{b}$, si l'on veut être en mesure de distinguer leurs deux images à travers ce montage.

b)- Application numérique : $\lambda = 0.6 \mu\text{m}$, $f = 20 \text{ cm}$ et $b = 2 \text{ mm}$.

II.6- On éclaire le diaphragme rectangulaire par une seule source S_1 polychromatique placée sur l'axe optique :

a)- Qu'observe-t-on au voisinage des minima d'intensité ?

b)- Quantifier le décalage Δy_i des positions des minima d'intensité pour deux longueurs d'onde λ et $\lambda + \Delta\lambda$ et montrer que celui-ci dépend du minimum considéré.

II.7- Le diaphragme est maintenant composé de deux trous rectangulaires (Figure 3).

a)- Donner l'expression de la nouvelle transmittance.

b)- Quelle est la nouvelle intensité $I_i(x_i, y_i)$ dans le plan d'observation pour la seule source S_1 monochromatique placée sur l'axe optique aux coordonnées $(0, 0)$?

c)- Tracer $I_i(x_i = 0, y_i)$ et donner les expressions des interfranges d'interférence et de diffraction.