

OPTIQUE GEOMETRIQUE

Les calculatrices sont autorisées conformément à la circulaire N° 99-186 du 16 novembre 1999. La clarté du raisonnement et la qualité de la rédaction interviennent dans l'appréciation des copies.

Ce sujet comporte quatre parties pouvant être résolues indépendamment.

Un appareil photographique peut-être équipé de différents objectifs dont on désire étudier certaines propriétés. L'image est reçue sur une pellicule de format 24x36 mm

Première partie : étude d'un objectif dit "normal".

Cet objectif est constitué de deux lentilles minces (L_1) et (L_2), convergentes, identiques, et dont les centres optiques O_1 et O_2 sont distants de 10.0 mm. Sa distance focale image vaut $f_{ob} = 50.0$ mm et un diaphragme à iris est placé en D, milieu du segment $[O_1O_2]$. On prendra $f_1 = f_2 = 95.0$ mm.

1. Calculer les positions des plans principaux $[H_{ob}]$ et $[H'_{ob}]$ de ce doublet.

2.

a) Le diaphragme à iris étant diaphragme d'ouverture, déterminer la position de la pupille d'entrée.

b) Cette pupille occupe une position particulière : que peut-on dire de la position de la pupille de sortie de cet objectif ?

3. Le nombre d'ouverture est le rapport : distance focale image de l'objectif sur le diamètre de la pupille d'entrée.

a) Calculer le diamètre du diaphragme à iris pour que le nombre d'ouverture soit de 2.

b) L'objet photographié étant à l'infini et le champ image de pleine lumière correspondant à la diagonale de la pellicule, calculer le champ objet de pleine lumière (ce calcul sera obligatoirement justifié par un schéma).

c) Tracer le faisceau utile correspondant au champ de pleine lumière (échelles conseillées : axiale 4 et transversale 2). En déduire le diamètre minimum de (L_1) pour qu'elle n'entame pas ce faisceau lorsque le nombre d'ouverture vaut 2.

Deuxième partie : étude d'un objectif dit "longue focale".

Cet objectif est un doublet achromatique formé de deux lentilles minces (L_3) et (L_4) accolées ;
- (L_3) est équiconvexe, taillée dans un verre d'indice $n_3 = 1.519$ et de constringence $u_3 = 65.0$.
- (L_4) est divergente, taillée dans un verre d'indice $n_4 = 1.628$ et de constringence $u_4 = 35.0$

La distance focale image de cet achromat mince vaut 106.0 mm.

1. Calculer les vergences de ces deux lentilles.

2. En déduire les rayons de courbure des faces de ces lentilles sachant que les faces accolées ont même rayon de courbure.

3. Résumer ces résultats en faisant un schéma (qualitatif) de ce doublet.

Troisième partie : étude d'un objectif dit "téléobjectif".

Cet objectif est assimilé à un doublet de lentilles minces (L_5) et (L_6) de symbole (8, 5, -4).

1. Calculer le paramètre a du doublet pour que la distance entre la lentille (L_5) et la pellicule soit la même que dans l'objectif précédent lorsque la mise au point est faite sur l'infini.

2. En déduire la distance focale image de ce téléobjectif.

3. Quel est l'intérêt principal de cet objectif par rapport à l'objectif précédent ?

Quatrième partie : utilisation d'un réseau par transmission.

Un réseau plan, utilisé en transmission, est formé de traits fins parallèles équidistants, gravés sur un support en verre. Le faisceau incident, parallèle, a une direction fixe et fait l'angle variable i avec la normale au réseau, ce dernier pouvant tourner autour d'un axe parallèle aux traits.

La source polychromatique utilisée est une lampe à vapeur de mercure émettant dans le visible, entre $\lambda_{\text{violet}} = 404.7 \text{ nm}$ (raie violette) et $\lambda_{\text{rouge}} = 690.7 \text{ nm}$ (raie rouge).

1. On mesure, avec ce réseau, la déviation minimale $D_m = 31^\circ 42'$ pour la raie verte de la lampe à vapeur de mercure ($\lambda_{\text{vert}} = 546.1 \text{ nm}$), et ceci dans l'ordre 2. Sachant que dans cette situation particulière, faisceaux incident et diffracté (pour λ_{vert}) sont symétriques par rapport au plan du réseau, calculer :

a) l'angle d'incidence i correspondant à cette déviation minimale de la raie verte,

b) le nombre de traits par millimètre n de ce réseau.

2. On désire maintenant photographier le spectre obtenu, dans l'ordre 1, à l'aide du téléobjectif étudié précédemment. Ici l'incidence est normale et l'axe de l'objectif est confondu avec la raie verte.

a) Calculer la distance séparant les deux composantes de son doublet jaune ($\lambda = 577.0 \text{ nm}$ et $\lambda = 579.1 \text{ nm}$) dans le plan focal image de cet objectif et ceci dans l'ordre 1 (on prendra $f' = 200.0 \text{ mm}$ comme distance focale image de l'objectif et $n = 500$ traits par mm).

b) Quel est le nombre minimal de traits à éclairer si on désire séparer ces deux radiations dès l'ordre 1 ?

c) Dans cet ordre, quel domaine de longueurs d'onde est accessible au système photographique sachant que la longueur de la pellicule vaut 36 mm ?

Le spectre sera-t-il photographié en entier ?