

BTS OPTICIEN LUNETIER

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE – U. 42

SESSION 2011

Durée : 2 heures
Coefficient : 3

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Tout autre matériel est interdit.

Document à rendre avec la copie :

- question III.2.3. : feuille de papier millimétré.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 5 pages, numérotées de 1/5 à 5/5.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2011
Optique géométrique et physique – U. 42	OLOGPH	Page : 1/5

La lunette astronomique

En 1611, Kepler améliore la lunette de Galilée en proposant le principe d'une lunette astronomique dont l'oculaire et l'objectif sont des lentilles convergentes. Il ne mettra cependant pas son idée en pratique. Il faudra attendre 1617 pour voir apparaître les premières lunettes astronomiques.

On se propose d'étudier une petite lunette astronomique constituée :

- d'un objectif assimilable à une lentille mince convergente (L_0), de centre optique O et de distance focale image $f'_{ob} = 160$ mm ;
- d'un oculaire composé d'un doublet de lentilles minces (L_1) et (L_2) taillées dans le même verre, de centres optiques respectifs O_1 et O_2 et de symbole (3,2,1).

On règle l'oculaire de façon à rendre cette lunette afocale.

L'œil de l'observateur est supposé emmétrope.

I. - Étude de l'oculaire

I.1. Détermination des distances focales

I.1.1. L'oculaire porte l'indication $\times 6$.

Déduire de cette indication que la distance focale image de l'oculaire a pour valeur $f'_{oc} = 42$ mm.

I.1.2. Calculer les distances focales images f'_1 et f'_2 des lentilles (L_1) et (L_2) ainsi que la distance $e = O_1O_2$ séparant leurs centres optiques O_1 et O_2 .

I.2. Position des éléments cardinaux

Nous notons H_{oc} et H'_{oc} les points principaux objet et image de l'oculaire et F_{oc} et F'_{oc} ses foyers objet et image.

Calculer $\overline{O_1H_{oc}}$, $\overline{O_1F_{oc}}$, $\overline{O_2H'_{oc}}$ et $\overline{O_2F'_{oc}}$.

I.3. Propriétés de l'oculaire

I.3.1. Cet oculaire est-il positif ou négatif ? Justifier.

I.3.2. Vérifier que cet oculaire satisfait à la condition d'achromatisme apparent. Quel est l'intérêt d'utiliser un tel oculaire ?

II. - Grossissement de la lunette

Dans cette partie, nous allons nous intéresser au grossissement G de la lunette et nous déterminerons sa valeur par deux méthodes différentes.

II.1. Quel est l'intérêt pour l'observateur de rendre la lunette afocale dans le cas où l'objet est très éloigné ?

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2011
Optique géométrique et physique – U. 42	OLOGPH	Page : 2/5

II.2. Détermination théorique du grossissement G

II.2.1. Établir l'expression du grossissement G de la lunette en fonction des caractéristiques de l'objectif et de l'oculaire (la démarche sera justifiée à l'aide d'un schéma de principe en considérant l'objet très éloigné).

II.2.2. Calculer la valeur du grossissement G de la lunette.

II.2.3. L'image définitive est-elle vue droite ou renversée ?

II.3. Détermination expérimentale du grossissement G

Afin de déterminer expérimentalement la valeur du grossissement G , on mesure le grandissement transversal g_y de la lunette dans le cas de l'observation d'un objet à distance finie.

Un viseur permet de mesurer la taille $A'B'$ d'un objet AB à travers la lunette. Pour une hauteur $AB = 10 \text{ mm}$, on mesure $A'B' = 2,5 \text{ mm}$.

II.3.1. Tracer, sans considération d'échelle, la construction géométrique permettant de déterminer l'image d'un objet situé à distance finie à travers la lunette afocale (par simplification, on pourra assimiler dans cette question l'oculaire à une seule lentille mince convergente).

II.3.2. Le grandissement transversal g_y de la lunette est-il ici dépendant ou indépendant de la position de l'objet ?

II.3.3. À l'aide du schéma précédent, établir l'expression littérale du grandissement transversal g_y en fonction des caractéristiques de l'objectif et de l'oculaire et en déduire la relation existant entre $|g_y|$ et G .

II.3.4. Vérifier que la valeur numérique de G déterminée par cette méthode est cohérente avec celle trouvée dans la **question II.2.2**.

II.4. Pourquoi les lunettes astronomiques sont-elles généralement constituées de longs tubes avec des oculaires de faible distance focale ?

III. - Champs transversaux de la lunette

L'objet visé est situé à l'infini. La monture de l'objectif de diamètre $2R_0 = 30 \text{ mm}$ est le diaphragme d'ouverture de l'instrument.

La monture du verre de champ de l'oculaire de diamètre $2R_1 = 20 \text{ mm}$ est le diaphragme de champ de la lunette. On considère que le verre d'œil a un diamètre suffisamment grand pour ne pas limiter le champ.

III.1. Vérifier par le calcul que $\overline{OO_1} = 118 \text{ mm}$ et que l'encombrement du système est $\overline{OO_2} = 174 \text{ mm}$.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2011
Optique géométrique et physique – U. 42	OLOGPH	Page : 3/5

III.2. Champ de pleine lumière

Tous les calculs seront justifiés par une (ou plusieurs) construction(s).

III.2.1. Vérifier que la valeur R_p du rayon du champ de pleine lumière dans l'espace intermédiaire entre objectif et oculaire est égale à 8,2 mm.

III.2.2. En déduire la valeur ω_p du champ objet de pleine lumière, puis la valeur ω'_p du champ image de pleine lumière.

III.2.3. Sur **la feuille de papier millimétré à rendre avec la copie**, tracer la marche réelle du faisceau lumineux issu du bord du champ de pleine lumière à travers la lunette.

Échelles : axiale 1 et transversale 3.

III.2.4. Pourquoi les lunettes astronomiques avec objectif à grande focale sont-elles surmontées de petites lunettes dites lunettes chercheuses à grand champ ?

III.3. Champ de contour

III.3.1. Quelle est la position du diaphragme D qui supprimerait le champ de contour ?

III.3.2. Calculer la valeur d du diamètre du diaphragme D.

III.3.3. Dans un tel dispositif, quel est l'intérêt de supprimer le champ de contour ?

IV. - Traitement anti-réfléchissant des surfaces optiques

On suppose que les trois lentilles composant la lunette sont réalisées dans un verre d'indice $n_v = 1,52$. L'épaisseur des lentilles est faible et on peut considérer que l'absorption de la lumière est négligeable.

On rappelle que R le coefficient de réflexion en intensité d'un dioptré éclairé en incidence quasi-normale et séparant deux milieux homogènes et isotropes d'indices n_1 et n_2

$$\text{est } R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2.$$

IV.1. Calculer le coefficient de transmission T d'un dioptré puis, en l'absence de traitement antireflet, le coefficient de transmission T' de la lunette.

Afin de minimiser le coefficient total de réflexion, on réalise un traitement antireflet qui consiste à déposer sur chacun des dioptrés de la lunette une mince couche de cryolithe d'épaisseur e . Pour des radiations de longueur d'onde moyenne $\lambda = 550$ nm, l'indice de réfraction du cryolithe est $n_c = 1,35$.

Le traitement antireflet est obtenu par interférences entre les vibrations réfléchies sur les deux faces de la couche mince. On ne tiendra compte que des deux premières vibrations réfléchies et on se placera en incidence quasi-normale.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2011
Optique géométrique et physique – U. 42	OLOGPH	Page : 4/5

IV.2. Pour une longueur d'onde donnée, quelles sont les deux conditions auxquelles doivent satisfaire les vibrations réfléchies pour que le traitement soit efficace ?

IV.3. En utilisant un schéma, montrer que l'expression de la différence de marche δ entre les deux vibrations qui interfèrent est $\delta = 2 n_c.e$.

IV.4. À partir de la question précédente, déduire l'expression de l'épaisseur minimale e_{min} de cryolithe à déposer sur un dioptre de la lentille en fonction de n_c et de λ . Calculer alors la valeur de e_{min} .