

BTS OPTICIEN LUNETIER

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE – U. 42

SESSION 2015

—
Durée : 2 heures
Coefficient : 3
—

Matériel autorisé :

- toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique sous réserve 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 :

- annexe.....page 7/7

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2015
Optique géométrique et physique – U. 42	Code : OLOGPH	Page : 1/7

Pour répondre à une demande croissante de sa clientèle, un opticien décide de mettre en place un point de vente de jumelles.

Les différents domaines d'emploi de ce type d'instrument s'étendent de l'astronomie à la surveillance nautique en passant par l'ornithologie et la randonnée pédestre.

En s'appuyant sur les documents proposés, on examinera quelques aspects techniques de manière à construire un argumentaire commercial.

Les parties A, B, C et D sont totalement indépendantes.

La partie A présente un résumé des modèles classiques ainsi que le principe de fonctionnement de l'instrument.

Des extraits de données techniques regroupées dans le **tableau** de la **figure 2 (page 3/7)** présentent les grandeurs caractéristiques étudiées dans les parties B et C.

Enfin, la partie D permet d'aborder le principe des dépôts et leurs effets.

Partie A – Domaines d'utilisations et dénomination des modèles (1 point).

Le tableau, **figure 1 ci-dessous**, décrit les modèles en fonction de leur domaine d'utilisation.

Modèles	Observations et utilisation.
10 × 42	Des jumelles parfaitement équilibrées pour l'observation de la nature dans les conditions normales. Le grossissement 10 × est suffisant, le champ de vision reste confortable, la luminosité est correcte et l'instrument n'est ni lourd (env. 700 g) ni trop volumineux. C'est le choix de jumelles le plus fréquent pour l'ornithologie.
8 × 20 10 × 25	Des jumelles de poche, légères (env. 300 g) et souvent repliables, mais dont la luminosité est faible. Elles peuvent être un bon choix pour les randonneurs en montagne et pour les photographes, quand le poids compte et que la lumière ambiante est intense, mais elles montreront leurs limites par temps couvert, au crépuscule, ...
7 × 50 8 × 56 9 × 63	De grosses jumelles lourdes (plus d'un kilogramme) et encombrantes, mais très lumineuses. Leur domaine est surtout l'observation des mammifères au crépuscule. Ce sont les modèles de prédilection des chasseurs à l'affût (grand gibier, canards) et des naturalistes passionnés de mammifères qui ont besoin d'une luminosité supérieure. Du fait de son large champ, le format 7 × 50 est très apprécié pour les jumelles marines.

Figure 1 – Synthèse des modèles (d'après un site internet)

En analysant ce document, répondre aux questions suivantes :

- A.1. Quelles grandeurs représentent les deux chiffres (comme par exemple 10 × 42) caractérisant chacun des modèles ?
- A.2. Relever trois critères de choix énoncés dans le document.

Partie B – Architecture optique et principe (13 points).

Dans les parties B et C, on étudie les caractéristiques non connues pour le modèle 7 x 50 du tableau de la **figure 2** ci-dessous.

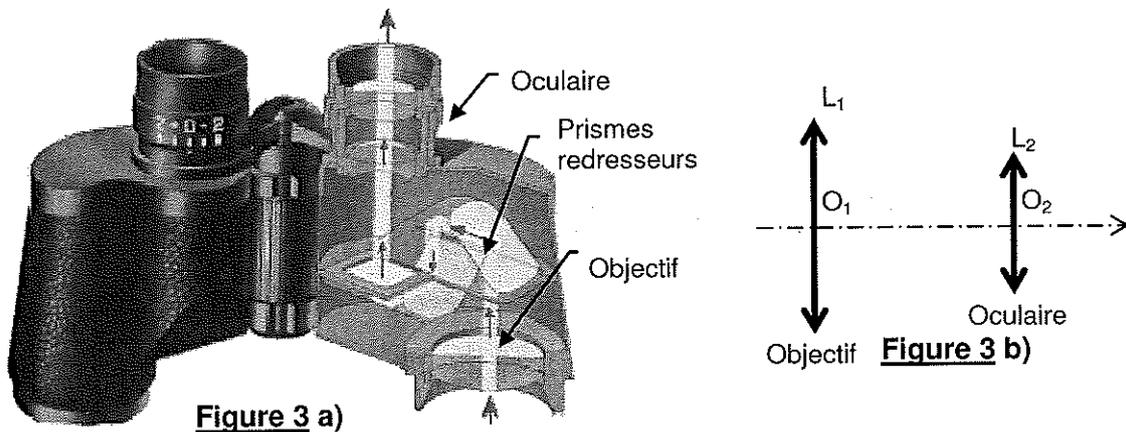
	1	2	3
	Eden XP 10 x 42	Leica ultravid 8 x 20 HD	Steiner Navigator 7 x 50 Compas
Grossissement	10 x	8 x	7 x
Diamètre de l'objectif en mm	42	20	50
Diamètre de la pupille de sortie en mm (cercle oculaire)	4,2	2,5	7,1
Champ visuel à 1000 m en mètres	114	110	XXXXXXXXXX
Champ visuel réel en degrés (°)	6,5	6,3	7,0
Champ visuel apparent en degrés (°)	65	50	XXXXXXXXXX
Indice de luminosité	17,6	6,25	XXXXXXXXXX

Figure 2 – Extraits des données techniques constructeur

Les jumelles désignent un dispositif optique binoculaire grossissant, composé de deux lunettes symétriques côte à côte, destiné à l'observation d'objets lointains.

Une vue détaillée présente sur la **figure 3 a)** ci-dessous les différents éléments optiques des jumelles.

La modélisation des lentilles est représentée sur la **figure 3 b)** ci-dessous.



On ne tient pas compte par la suite des prismes redresseurs.

L'observateur emmétrope n'accommode pas. Il regarde à travers la lunette, un objet AB (A sur l'axe, B hors de l'axe) situé à l'infini, vu sous un angle α .

On note f'_1 , Φ_1 et O_1 (respectivement f'_2 , Φ_2 et O_2) la distance focale image, le diamètre et le centre optique de l'objectif (respectivement de l'oculaire).

On suppose que $f'_2 = 10$ mm et que $f'_1 = 7 \times f'_2$.

On note A'B', l'image finale et A₁B₁, l'image intermédiaire.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2015
Optique géométrique et physique – U. 42	Code : OLOGPH	Page : 3/7

Grossissement

B.1.

- Écrire la chaîne de conjugaison objets-images.
- Sur le **schéma** de principe donné en **annexe (page 7/7, à rendre avec la copie)**, tracer la marche d'un faisceau lumineux issu d'un point objet à l'infini (hors de l'axe, incliné d'un angle α par rapport à l'axe optique) et couvrant entièrement la lentille L_1 . On précisera la position de l'image intermédiaire A_1B_1 et l'angle du rayon émergent par rapport à l'axe optique α' .

B.2. Démontrer, à l'aide du schéma précédent, que la valeur absolue du grossissement est $|G| = \frac{f_1}{f_2}$.

B.3. Vérifier que la valeur du grossissement donnée dans la notice est juste.

Ouverture

On prendra $\Phi_1 = 50 \text{ mm}$ et $\Phi_2 = 18,4 \text{ mm}$.

B.4. En vous plaçant dans l'espace intermédiaire, montrer que la monture de l'objectif, D_0 , joue le rôle de diaphragme d'ouverture, D_0 . Justifier le raisonnement à l'aide d'un schéma à l'échelle ou d'un calcul.

B.5. Quelle est l'influence du diamètre de l'objectif sur l'image ?

Le cercle oculaire est l'image par l'oculaire de la monture de l'objectif. La lunette équivalente est réglée de manière à constituer un système afocal.

B.6. Vérifier, par le calcul, la valeur du diamètre D_3 du cercle oculaire donnée par le constructeur dans le **tableau figure 2**.

Champ de vision

*Le constructeur désigne le champ visuel réel et apparent selon la méthode décrite pour les jumelles 10 x 42 (colonne 1 de la **figure 2**) sur la **figure 4** ci-dessous.*

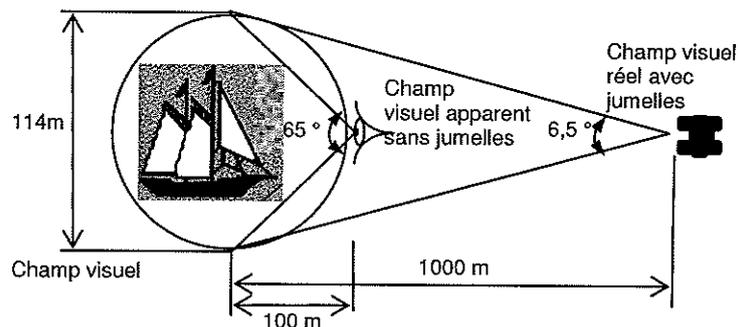


Figure 4 – Champ visuel à 1000 m de jumelles 10 x 42

On admet que le champ visuel réel correspond au champ de pleine lumière.

De plus, 1° équivaut à l'angle sous lequel on voit un objet de taille 17,5 m à 1000 m.

- B.7.** Calculer, à partir des éléments extraits de la **colonne 3** du **tableau figure 2 (page 3/7)**, en s'aidant de l'exemple cité **figure 4**, la valeur en mètre du champ visuel réel avec les jumelles.
En déduire le champ visuel apparent en degrés ($^{\circ}$).
- B.8.** Si l'objectif joue le rôle de diaphragme d'ouverture, préciser le rôle de l'oculaire pour l'instrument.
- B.9.** Définir, à l'aide d'un schéma, la limite du champ de pleine lumière, dans le plan focal image de l'objectif.
- B.10.** Calculer la valeur numérique de son diamètre D_{PL} .

Limite de résolution

La limite de résolution de l'instrument est la plus petite distance angulaire entre deux points objets dont le système (instrument + œil) donne deux images nettement séparées.

On rappelle que la résolution angulaire de l'œil est de $\epsilon_0 = 3 \times 10^{-4}$ rad.

La limite de résolution liée à la diffraction est donnée par : $\alpha = \frac{1,22 \cdot \lambda}{D_{PE}}$

Où :

- D_{PE} est le diamètre de la pupille d'entrée de l'instrument ;
- λ est la longueur d'onde de la lumière ;
- α est exprimé en radians.

- B.11.** Calculer la limite de résolution des points objets $(\alpha_{\min})_{\text{œil}}$ imposée par l'œil pour le grossissement $G = 7$.
- B.12.** Calculer la limite de résolution $(\alpha_{\min})_{\text{diff}}$ due à la diffraction pour $\lambda = 500$ nm.
- B.13.** Est-ce l'œil ou le phénomène de diffraction qui limite la résolution dans ce cas ? Justifier.

Trajet optique dans un système de prismes redresseurs

Entre l'objectif et l'oculaire de la lunette équivalente aux jumelles, on insère un dispositif redresseur à prismes. Les deux types de configurations existantes sont présentés sur la **figure 5 suivante**.

La flèche indique le cheminement de la lumière dans les prismes.

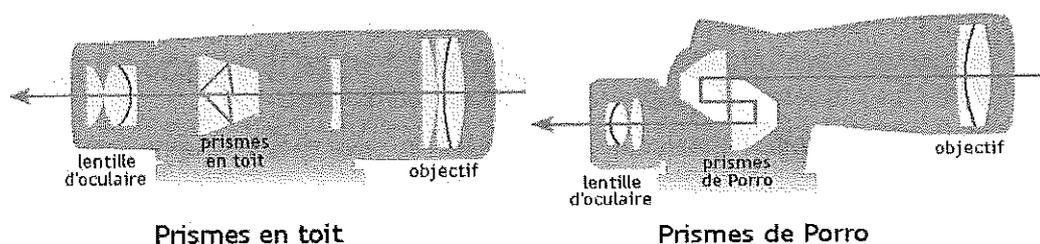


Figure 5 – Coupe des systèmes à prismes redresseurs

On étudie le trajet de la lumière dans un prisme isocèle rectangle. Sur le **schéma figure 6** de l'**annexe (page 7/7, à rendre avec la copie)**, un rayon lumineux monochromatique arrive sous incidence normale sur l'hypoténuse du triangle isocèle rectangle. Toutes les faces sont parfaitement transparentes.

L'indice du prisme n est supérieur à celui du milieu extérieur.

- B.14.** Compléter le schéma de la **figure 6** donné en annexe et tracer qualitativement le trajet de la lumière en supposant qu'il y a réflexion totale dans le prisme.
- B.15.** Le prisme est placé dans l'air d'indice 1,00, calculer la valeur limite de n permettant la réflexion totale.
Est-ce la valeur maximale ou minimale de l'indice ?

Partie C – Luminosité (1 point).

L'indice de luminosité évalue la luminosité de l'image donnée par les jumelles. Il correspond au carré du diamètre de la pupille de sortie de l'instrument exprimé en mm.

- C.1.** Compléter le tableau de valeurs (**figure 7**) sur l'**annexe (page 7/7, à rendre avec la copie)**.
- C.2.** Quel modèle peut-on conseiller à un client qui souhaite faire une observation en soirée ? Justifier votre choix.

Partie D – Traitements antireflets et corrections (5 points).

Les verres de jumelles sont réalisés en BK7 (borosilicate) ou BAK4 (sulfate de baryum). Le BK7 est bon marché et le BAK4 offre un excellent taux de transmission (de l'ordre de 95 %).

Leur transmission est améliorée en réalisant des traitements antireflets des surfaces optiques.

Principe des antireflets

Dans toute la suite, on se limite à l'étude d'un dioptre air/verre d'indice respectivement $n_1 = 1,00$ et $n_v = 1,57$, éclairé sous incidence normale.

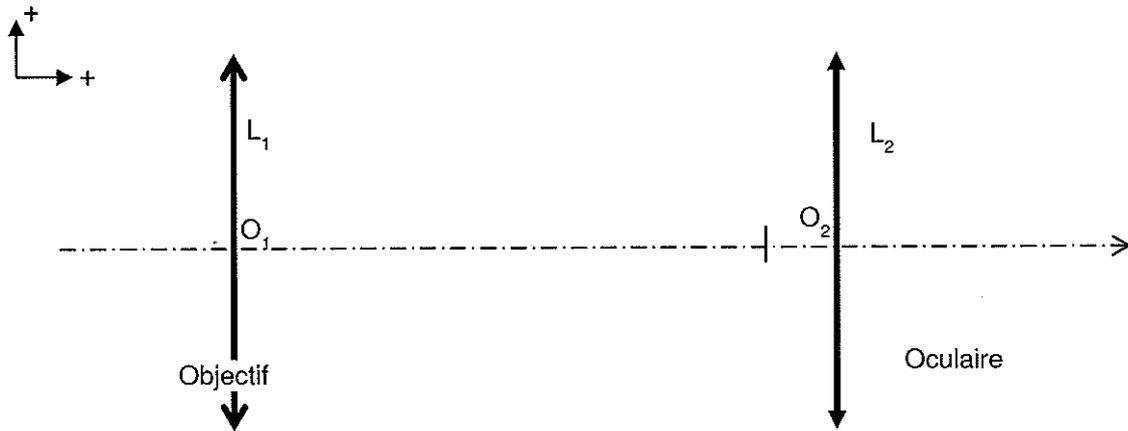
On dépose une couche de fluorure de magnésium MgF_2 , d'indice $n_c = 1,36$, d'épaisseur e_c à déterminer, afin d'améliorer la transmission du verre.

- D.1.** Rappeler brièvement, en vous aidant d'un schéma, le principe physique sur lequel repose le traitement antireflet.
- D.2.** Exprimer, dans une incidence normale, la différence de marche entre les rayons réfléchis par les deux dioptres de la couche anti-reflet.
- D.3.** En déduire que l'épaisseur e_c , nécessaire pour avoir une intensité réfléchie minimale, est égale à $e_c = \frac{(2k+1) \times \lambda}{4 \times n_c}$ avec k entier.
- D.4.** Calculer l'épaisseur minimale e_{cmin} de MgF_2 à déposer pour réaliser cet antireflet pour une longueur d'onde de centrage $\lambda = 587,6$ nm.

BTS OPTICIEN LUNETIER		Session 2015
Optique géométrique et physique – U. 42	Code : OLOGPH	Page : 6/7

ANNEXE (À rendre avec la copie)

Question B.1. :



Question B.14. :

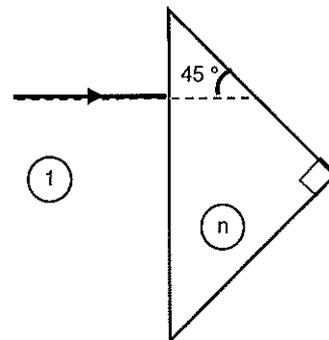


Figure 6 – Trajet d'un rayon lumineux à travers un prisme

Question C.1. :

Modèles	Diamètre de la pupille de sortie	Indice luminosité
7 × 50		
10 × 50	5	

Figure 7 – Comparatif de deux modèles d'ouverture identique