

BTS OPTICIEN LUNETIER

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE - U.42

SESSION 2022

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Document à rendre avec la copie :

Document réponse - (3 schémas) page 6/6

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6.**

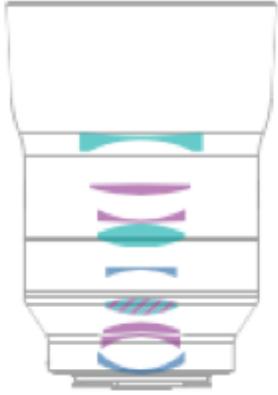
PHOTOGRAPHIE D'UNE VITRINE

Monsieur Balthazar, opticien, vient d'ouvrir un magasin dans une galerie marchande et souhaite en faire la promotion. Après avoir arrangé la vitrine avec quelques montures originales de lunettes ainsi que des instruments d'optique, il sort de son magasin pour prendre des clichés photographiques.

Il possède un appareil photo numérique hybride monté d'un objectif de focale fixe. La galerie est assez encombrée ce qui limite la distance de mise au point. Il désire photographier les objets derrière la vitrine sur toute la hauteur, sans vignettage et que ces objets (montures et instruments) soient bien visibles.

On se propose, dans les parties 1 et 2, d'étudier l'objectif utilisé ainsi que son association au boîtier pour répondre au souhait de monsieur Balthazar de photographier, sans vignettage, la totalité des objets derrière la vitrine. Dans la partie 3, on s'intéresse à la bonne visibilité des montures et instruments sur la photographie.

PARTIE 1 - ÉTUDE DE L'OBJECTIF

<p><u>Caractéristiques de l'objectif</u></p> <p>Distance focale image : $f' = 40$ mm</p> <p>Nombre d'ouverture N : compris entre 2 et 22</p> <p>Lentilles/groupes : 9/8</p> <p>Compatible avec des boîtiers Sony monture E</p>	 <p>Figure 1 : objectif</p>
--	---

Source : www.zeiss.com

1.1. Caractéristiques générales de l'objectif

L'objectif à focale fixe (figure 1) est composé de 9 lentilles traitées antireflet. Certaines lentilles présentent des surfaces asphériques, d'autres sont taillées dans un verre spécial (ED pour Extra low Dispersion) et d'autres sont à la fois asphériques et taillées dans un verre ED.

1.1.1. Pourquoi l'objectif est-il constitué de plusieurs lentilles ? **Préciser** notamment d'une part l'influence des surfaces asphériques et d'autre part, l'influence de l'utilisation de verre faiblement dispersif (ED) sur la qualité de l'image.

1.1.2. **Justifier** l'utilisation d'un traitement antireflet sur toutes les surfaces des lentilles.

1.1.3. Le nombre d'ouverture N peut varier de 2 à 22. **Préciser** la valeur de N correspondant à l'ouverture qui laisse passer le plus de lumière.

1.2. Modélisation optique de l'objectif

Le dioptre d'entrée de l'objectif est repéré par le point S_e et le dernier dioptre par le point S_d . L'épaisseur est $\overline{S_e S_d} = 30,4$ mm. Le diaphragme d'ouverture D_0 est placé tel que $\overline{S_e D_0} = 16,6$ mm.

On modélise l'objectif par ses éléments cardinaux : plans principaux $[H]$ et $[H']$ et foyers objet F et image F' . La distance frontale est $\overline{S_d F'} = 23,1$ mm. La position de la pupille de sortie P_S est telle que $\overline{F' P_S} = -43,4$ mm et le diamètre $2 R_{P_S}$ est égal à 11,2 mm. Ces différents éléments du modèle de l'objectif sont représentés sur la figure 2 ci-dessous.

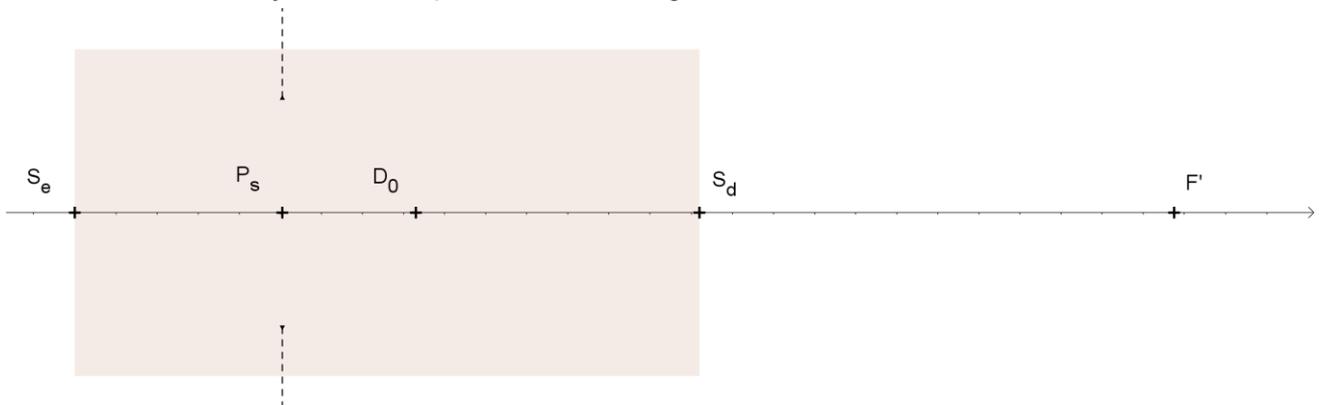


Figure 2 : modélisation de l'objectif

1.2.1. **Déterminer** la position $\overline{F' P_E}$ et le diamètre $2 R_{P_E}$ de la pupille d'entrée.

1.2.2. **Vérifier** que le nombre d'ouverture N de l'objectif est à peu près 4.

1.2.3. La limite de résolution α_{lim} de l'objectif est donnée par l'expression :

$$\alpha_{lim} = \frac{1,22N\lambda}{f'}$$

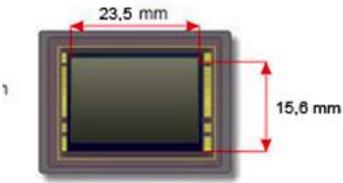
Calculer cette limite pour les deux valeurs extrêmes du nombre d'ouverture N en considérant $\lambda = 550$ nm.

1.2.4. Avec le nombre d'ouverture $N = 4$, **justifier** que le phénomène de diffraction est peu marqué.

1.2.5. La mise au point se fait sur un plan objet (où se trouvent montures et instruments) $[A]$ situé à moins de trois mètres de l'objectif. On considère $\overline{F A} = -2,700$ m. **Déterminer** la position du plan image $[A']$ par rapport à F' .

PARTIE 2 - ASSOCIATION DE L'OBJECTIF ET DU BOÏTIER

L'objectif est associé à un boîtier Sony dont les caractéristiques du capteur sont fournies ci-dessous (Figure 3).

<p><u>Boîtier Sony α 6400</u></p> <p>Type de capteur : APS-C</p> <p>Nombre de pixels : 24 mégapixels</p> <p>Proportions du capteur : 3 : 2 (photo ci-contre, mode 'paysage')</p> <p>Taille de l'image en pixels (3 : 2) : L (6000 x 4000)</p>	<p>APS-C</p>  <p>Figure 3 : capteur du boîtier</p>
---	--

Source : www.sony.com

Le capteur est placé 0,6 mm après le plan focal image de l'objectif.

2.1. **Représenter** le plan des champs image sur le **schéma 1** du document-réponse.

2.2. Étude du champ de pleine lumière

L'espace d'étude est l'espace image.

On rappelle que la pupille de sortie est telle que : $\overline{F'P_S} = -43,4$ mm et $2 R_{PS} = 11,2$ mm.

On considère que la monture de la dernière lentille de l'objectif joue le rôle de diaphragme de champ.

On rappelle la position du dernier dioptré : $\overline{S_d F'} = 23,1$ mm et on donne son diamètre : $2 R_d = 19,2$ mm.

2.2.1. **Représenter**, sur le **schéma 1** du document-réponse, le rayon du champ de pleine lumière r'_{pL} (une justification graphique est demandée). **Déterminer graphiquement** r'_{pL} sur le schéma et reporter sa valeur réelle sur le document-réponse.

2.2.2. **Montrer**, par le calcul, que le rayon de pleine lumière r'_{pL} est égal à 14,3 mm.

2.2.3. Le capteur est-il éclairé uniformément (sans vignettage) ? **Justifier**.

2.3. Photographie de la vitrine

L'ensemble des objets derrière la vitrine est exposé sur une hauteur $h = 1,0$ m.

L'opticien visualise-t-il la totalité des objets sur la photographie en 'mode paysage' ? **Justifier**. (On considère que la largeur d'exposition ne pose pas de problème.)

PARTIE 3 – UTILISATION D'UN FILTRE POLARISANT

La première photographie ne satisfait pas monsieur Balthazar. En effet, il constate que les reflets de sources lumineuses présentes dans la galerie et dirigées vers la vitrine nuisent à la bonne visibilité des objets derrière la vitrine. Il décide d'adapter un filtre polarisant type C-PL devant l'objectif.

3.1. Pertinence de l'utilisation d'un filtre polarisant

3.1.1. Le **schéma 2** du document-réponse représente une vue du dessus de la vitrine, des objets et d'une source lumineuse. Cette vue du dessus correspond au plan d'incidence considéré. **Tracer** l'évolution des rayons lumineux réfléchis correspondant aux rayons incidents (1), (2) et (3).

3.1.2. L'opticien se décale pour placer son appareil photographique selon la direction du rayon réfléchi correspondant à l'incident (2). On veut justifier ce choix de position.

3.1.2.1. **Compléter** le **tableau** du document-réponse. On précise que i est l'angle d'incidence au niveau de la vitrine et r , l'angle de réfraction correspondant.

Données : Indice optique de la vitrine : $n_v = 1,54$

Coefficients de réflexion en amplitude \perp (polarisation perpendiculaire au plan de la figure) et \parallel (polarisation parallèle au plan de la figure) :

$$\rho_{\perp} = -\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)} \quad \text{et} \quad \rho_{\parallel} = -\frac{\tan(i-r)}{\tan(i+r)}$$

3.1.2.2. **Préciser** le rayon incident (1), (2) ou (3) pour lequel $i + r = 90^\circ$ ou $\rho_{//} = 0$. **Préciser** le nom donné à l'angle d'incidence correspondant.

3.1.2.3. **Représenter** la direction de polarisation sur le **schéma 2** pour le rayon réfléchi correspondant à (2).

3.2. Le filtre est de type C-PL : ensemble solidaire constitué notamment d'un filtre polarisant linéaire. L'ensemble peut tourner autour de l'axe de propagation z de la lumière. La lumière traverse d'abord le polariseur linéaire P_1 .

L'opticien a tourné le filtre pour obtenir l'extinction du reflet. **Représenter** sur le **schéma 3** du document-réponse la direction de polarisation de la lumière réfléchie par la vitrine (correspondant au rayon incident (2)) par rapport à P_1 .

3.3. La figure 4 représente la transmission du filtre C-PL.

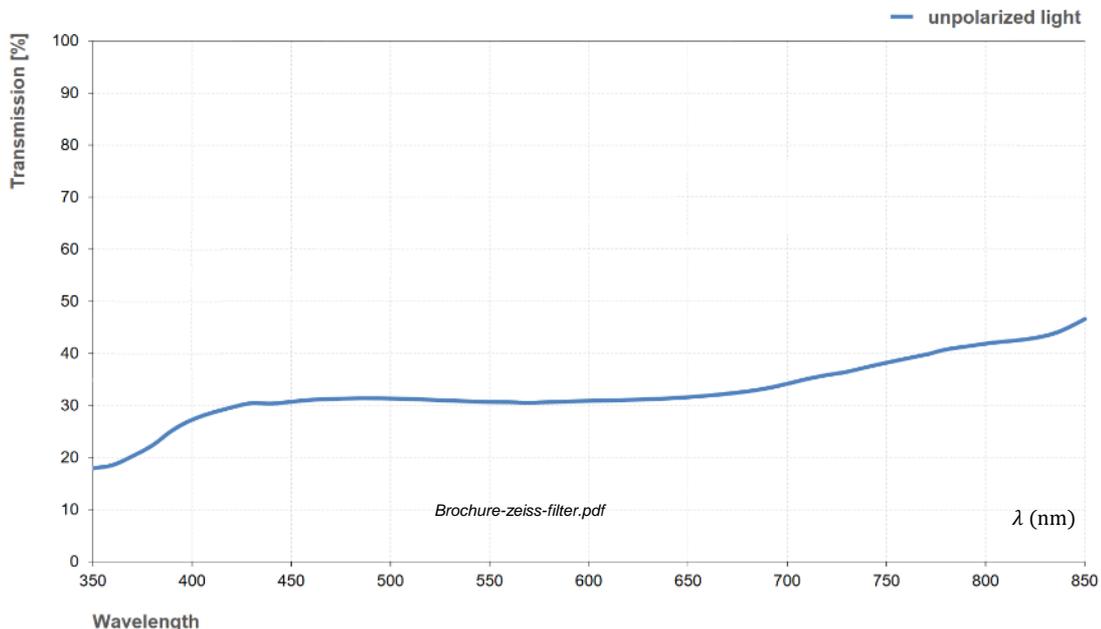


Figure 4

On précise que les objets derrière la vitrine diffusent la lumière reçue sans la polariser.

3.3.1. Pour 550 nm, **préciser** la valeur de la transmission T du filtre C-PL.

On définit l'exposition comme le produit de l'éclairement (reçu par le capteur) E et du temps de pose t .

La présence du filtre diminue l'éclairement reçu par le capteur.

3.3.2. **Écrire** la relation entre l'éclairement E_1 sans le filtre, l'éclairement E_2 avec le filtre et le facteur de transmission T .

3.3.3. On veut conserver la même exposition ($E \cdot t = \text{cste}$). En **déduire** la relation entre t_2 , temps de pose avec le filtre et t_1 , temps de pose sans le filtre. Dans quel sens évolue le temps de pose ?

DOCUMENT-RÉPONSE
(à rendre avec la copie)

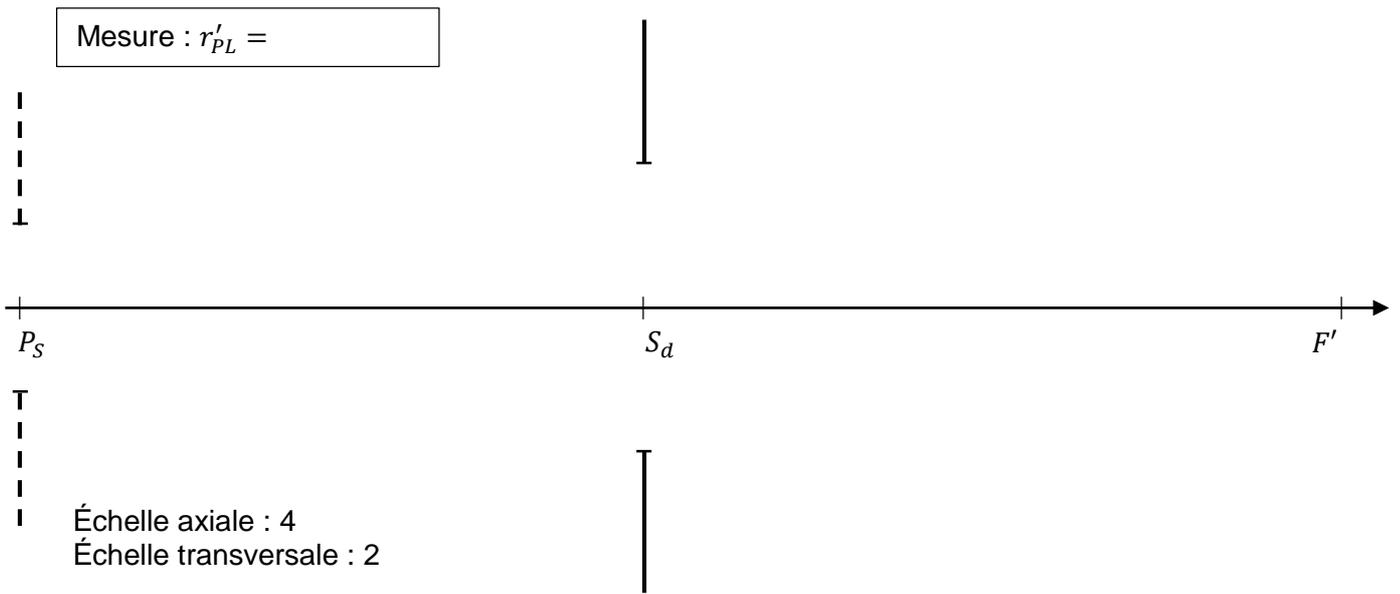


Schéma 1 : étude du champ de pleine lumière image

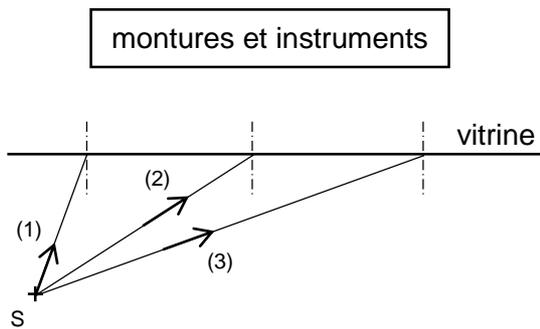


Schéma 2 : réflexion sur la vitrine

	(1)	(2)	(3)
i	20°	57°	70°
r	13°		
ρ_\perp	-0,22		
$\rho_{//}$	-0,19		

Tableau : coefficients de réflexion \perp et $//$



Schéma 3 : direction de polarisation du rayon réfléchi

