

BTS OPTICIEN LUNETIER

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE – U.42

SESSION 2021

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

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

Tout autre matériel est interdit.

Documents à rendre avec la copie :

Document réponse - (3 schémas).....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 2021
Optique géométrique et physique – U. 42	Code : OLOGPH

Un projecteur de test est un instrument d'optique utilisé par un opticien pour, entre autres, mesurer l'acuité visuelle d'un client et faire des tests de vision stéréoscopique en lumière polarisée.



Source : essilor-instruments.com
Figure 1 : Projecteur de tests

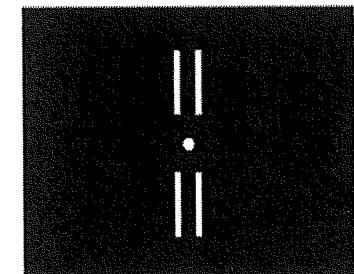
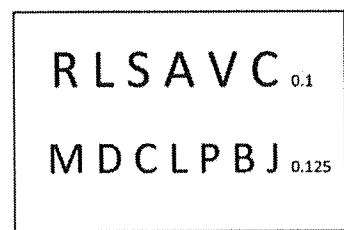


Figure 2 : Tests projetés sur l'écran

Le schéma suivant montre les composants optiques qui composent le projecteur de test.

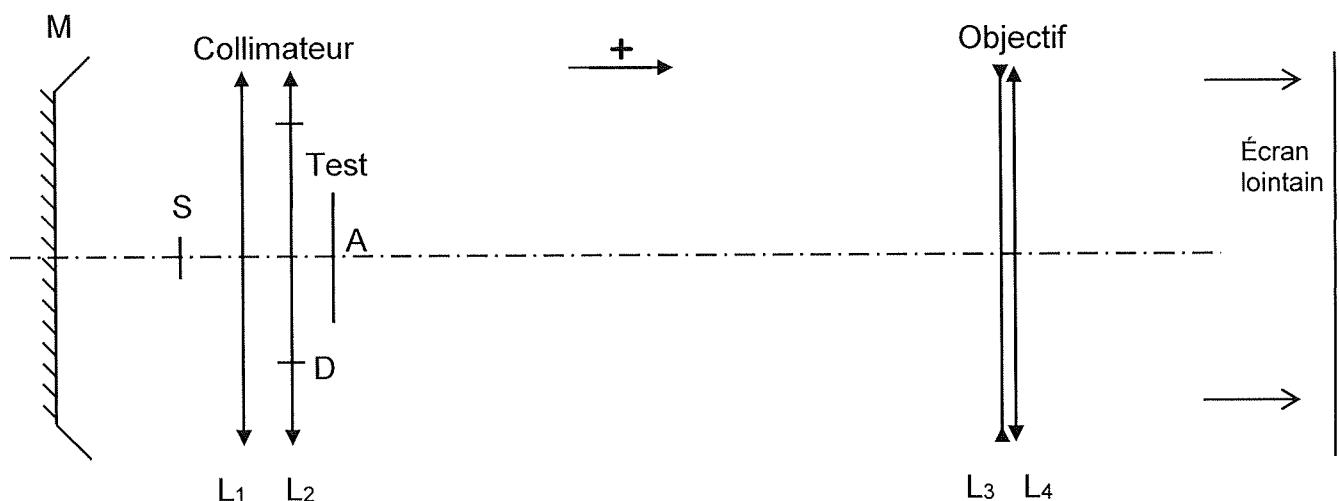


Figure 3 : modélisation du projecteur de test

La lumière est émise par la source isotrope S, placée sur l'axe optique. Elle émet donc la même quantité d'énergie dans toutes les directions.

Un miroir sphérique concave M de centre C est situé à gauche de la source.

Un doublet formé de deux lentilles minces dans l'air, L₁ et L₂, est utilisé comme collimateur pour éclairer uniformément le test. Le symbole du doublet est (3 ; 1 ; 3), c'est-à-dire que son paramètre $a = \frac{f'_1}{3} = \frac{L_1 L_2}{1} = \frac{f'_2}{3}$ avec f'₁ la distance focale image de L₁, f'₂ la distance focale de L₂ et L₁ et L₂ les centres des deux lentilles.

D est un diaphragme limitant le faisceau lumineux au niveau de L₂.

Le test est une diapositive qui peut être changée en fonction de la mesure à réaliser.

Un doublet formé de deux lentilles minces accolées dans l'air, L_3 et L_4 , est utilisé comme objectif pour projeter l'image du test sur un écran.

On se propose dans la partie 1 d'étudier la qualité de l'éclairage du test, dans la partie 2 la qualité de la projection au niveau chromatique, dans la partie 3 la dimension et l'éclairement des lettres sur l'écran et dans la partie 4 les conditions pour évaluer efficacement la vision binoculaire à l'aide d'un test polarisé.

Partie 1 – Éclairage du test (5 points)

Le but du système d'éclairage composé du miroir sphérique M et du doublet de lentilles minces L_1 , L_2 est d'éclairer uniformément le test.

Le miroir sphérique permet de refléchir la lumière issue de la source S vers la gauche, pour que celle-ci puisse traverser le collimateur.

- 1.1 **Indiquer** la position particulière de centre C pour que l'image de S à travers le miroir se forme en S .
- 1.2 **Expliquer** l'intérêt d'utiliser le miroir M .

La distance focale image du collimateur f'_c est égale à 18 mm.

- 1.3 **Calculer** la valeur du paramètre a du doublet et vérifier que $f_1 = f_2 = 30$ mm et que $\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} = 10$ mm.
- 1.4 **Déterminer**, par le calcul, les positions sur l'axe optique des éléments cardinaux objets du collimateur : H_c (point principal objet du collimateur) et F_c (foyer principal objet du collimateur). On pourra prendre L_1 comme origine et donc déterminer L_1H_c et L_1F_c .
- 1.5 **Retrouver** par construction, sur le **schéma 1** du document-réponse, à rendre avec la copie, les positions des éléments cardinaux objets H_c et F_c du collimateur.

On note S' l'image de S par la lentille L_1 et S'' l'image de S' par la lentille L_2 .

- 1.6 **Établir** la chaîne d'images à travers les lentilles L_1 et L_2 sachant que l'image S'' se forme à l'infini.
- 1.7 **Construire**, sur le **schéma 2** du document-réponse, les images S' et S'' .
- 1.8 **Tracer**, sur le **schéma 2** du document-réponse, à travers les deux lentilles du collimateur, la marche du rayon issu d'un point S_0 situé sur le bord inférieur de la source, limité par le diaphragme D situé sur L_2 jusqu'au test.
- 1.9 **Conclure** sur l'uniformité de l'éclairage du test.

Partie 2 – Objectif de projection (4,5 points)

Pour que la mesure de l'acuité visuelle puisse être correcte, il faut que la qualité de la projection ne soit pas dégradée par des aberrations chromatiques.

L'objectif est donc un doublet achromatique composé de deux lentilles minces accolées L_3 et L_4 .

La lentille L_3 est taillée dans du verre N-BASF2 et la lentille L_4 dans du verre K10 dont les caractéristiques sont données ci-dessous.

	N-BASF2	K10
Indice de réfraction : n	1,675	1,525
Nombre d'Abbe : ν	36	56

La distance focale image f'_{obj} de l'objectif est égale à 160 mm.

La condition d'achromatisme et la vergence de l'objectif sont précisées par les relations suivantes :

$$\frac{D_3}{\nu_3} + \frac{D_4}{\nu_4} = 0 \quad \text{et} \quad D_3 + D_4 = D_{obj}$$

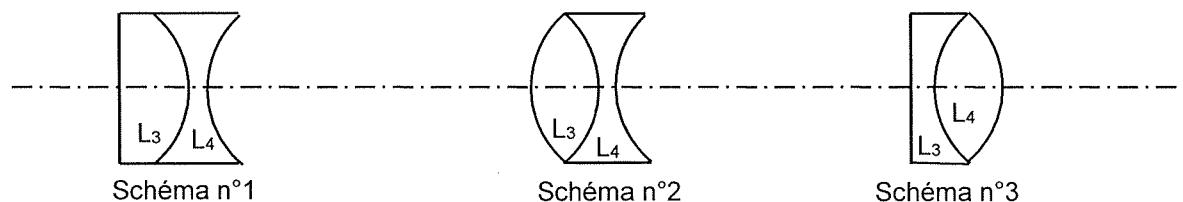
où D_3 et D_4 sont les vergences des lentilles L_3 et L_4 et D_{obj} celle de l'objectif entier.

2.1 **Vérifier**, par le calcul, que $D_3 = -11,25 \delta$ et $D_4 = 17,5 \delta$.

Les rayons de courbure des faces avant et arrière de la lentille L_3 sont notés R_3 et R'_3 .

La lentille L_4 est équiconvexe. Ses rayons de courbure des faces avant et arrière sont notés R_4 et R'_4 .

2.2 **Indiquer**, parmi les 3 schémas proposés ci-dessous, celui qui correspond à l'objectif achromatique étudié.



2.3 **Calculer** les rayons de courbures R_4 et R'_4 puis R'_3 et R_3 .

Partie 3 – Projection du test (5,5 points)

Afin de réaliser correctement la mesure de l'acuité visuelle, il faut que les lettres projetées soient d'une dimension précise et que l'écran soit uniformément éclairé.

La distance focale image f'_{obj} de l'objectif, assimilé à une lentille mince de centre optique O est égale à 160 mm. Son diamètre d'ouverture est $2 \times R_{obj} = 40$ mm. Il est diaphragme d'ouverture.

L'écran de projection, sur lequel se forme l'image du test, est situé à 5 m de l'objectif.

3.1 **Vérifier**, par le calcul, que le centre A du test est situé à environ 165 mm de l'objectif.

3.2 **Calculer** la valeur du grandissement transversal de l'objectif.

Pour tester une acuité visuelle égale à 10/10, il faut que l'image de la lettre projetée sur l'écran mesure 7,27 mm de haut.

3.3 **En déduire**, par le calcul, que la taille de la lettre située sur le test doit être égale à environ 0,24 mm.

Un diaphragme de champ de diamètre $2 \times R_{DC} = 20$ mm est situé entre le test et l'objectif à 125 mm de l'objectif.

3.4 **Construire**, sur le **schéma 3** du document-réponse, le bord B_{pl} du champ de pleine lumière dans le plan du test.

Calculer la grandeur du champ de pleine lumière dans le plan du test.

Pour la suite, on prendra $2 \times AB_{pl} = 13,6$ mm, A étant le centre du champ de pleine lumière (c'est-à-dire du test).

3.5 **En déduire** la grandeur du champ de pleine lumière dans le plan de l'écran.

L'écran est un rectangle de 335 mm × 222 mm.

3.6 **Calculer** la diagonale L de l'écran.

3.7 **Conclure** sur l'uniformité de l'éclairage de l'écran.

Partie 4 – Test polarisé (5 points)

Afin de tester la vision binoculaire d'un client, on projette sur l'écran un test en lumière polarisée représenté ci-dessous.

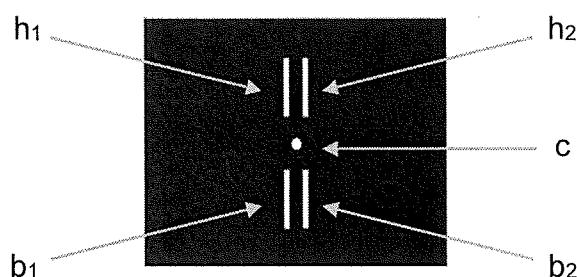


Figure 4 : Test en lumière polarisée

Traits h_1 et b_2 : lumière polarisée rectilignement à 45°

Traits h_2 et b_1 : lumière polarisée rectilignement à 135°

Point central c : lumière naturelle

L'orientation des angles est identique (sens des aiguilles d'une montre par exemple) et leur origine est commune (la verticale par exemple).

Le client porte des filtres polarisants rectilignes devant les yeux. L'axe du filtre est orienté à 45° devant l'œil droit et à 135° devant l'œil gauche. Il observe le test ci-dessus en fixant le point central c. Tous les éléments du test ont la même intensité lumineuse I_0 .

- 4.1 **Indiquer** en justifiant votre réponse, parmi les éléments h_1 , h_2 , b_1 , b_2 et c, lesquels sont vus par l'œil droit et lesquels sont vus par l'œil gauche.

L'observateur change son port de tête, il incline la tête sur le côté d'un angle $\alpha = 5^\circ$. Les filtres sont donc orientés à 50° devant l'œil droit et 140° devant l'œil gauche.

- 4.2 **Indiquer**, en justifiant votre réponse, parmi les éléments h_1 , h_2 , b_1 , b_2 et c, lesquels sont vus, même faiblement, par l'œil droit et lesquels sont vus par l'œil gauche.
- 4.3 **Exprimer**, en fonction de I_0 et en utilisant la loi de Malus, les intensités lumineuses I_{h_1} et I_{h_2} sous lesquelles l'œil droit voit les éléments h_1 et h_2 .
- 4.4 **Calculer** le rapport R entre les intensités lumineuses du trait le plus lumineux et le moins lumineux vus par l'œil droit.

Pour que la vision binoculaire puisse être évaluée dans de bonnes conditions, il est nécessaire que le rapport R soit supérieur à 100.

- 4.5 **Justifier** qu'une inclinaison du port de tête d'un angle $\alpha = 5^\circ$ permet d'évaluer la vision binoculaire.

Le rapport R peut aussi être calculé grâce à la relation suivante : $R = \frac{1}{(\tan \alpha)^2}$

- 4.6 **Déterminer** l'angle α_{max} permettant d'avoir un rapport R égal à 100.
- 4.7 **Justifier** la phraséologie de l'opticien à l'observateur : « Gardez votre tête la plus droite possible au cours de cet examen ».

DOCUMENT-RÉPONSE (à rendre avec la copie)

schéma 1
Échelle axiale 2

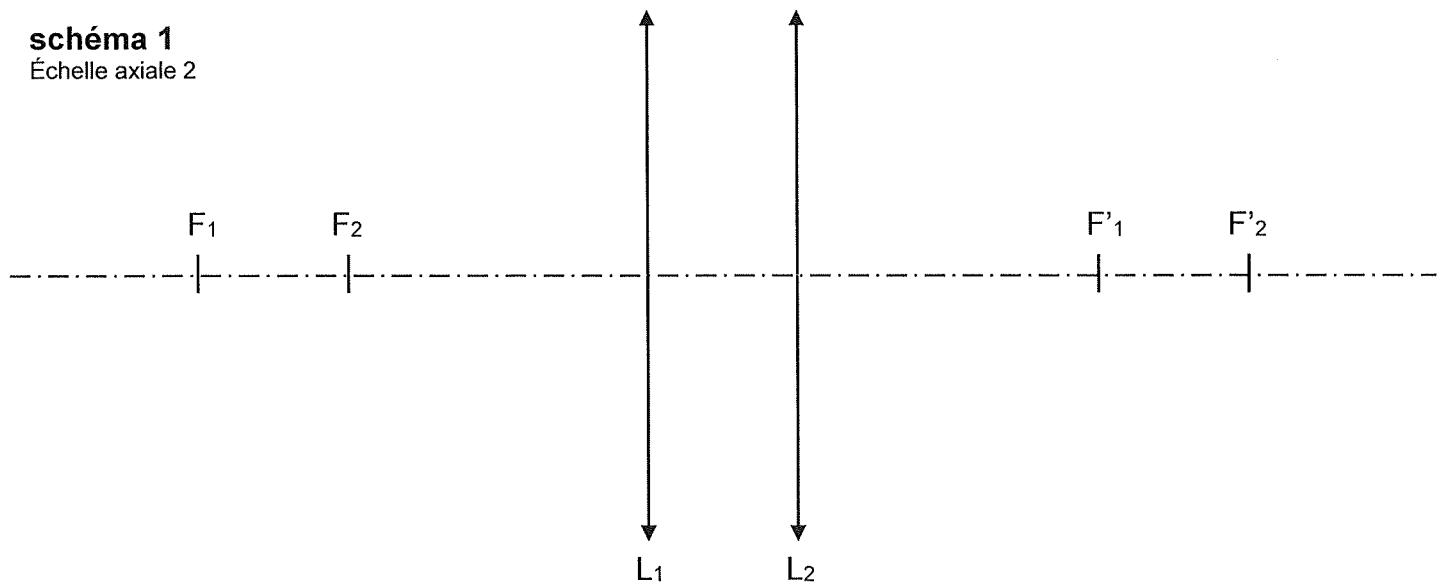


schéma 2
Échelle axiale 2

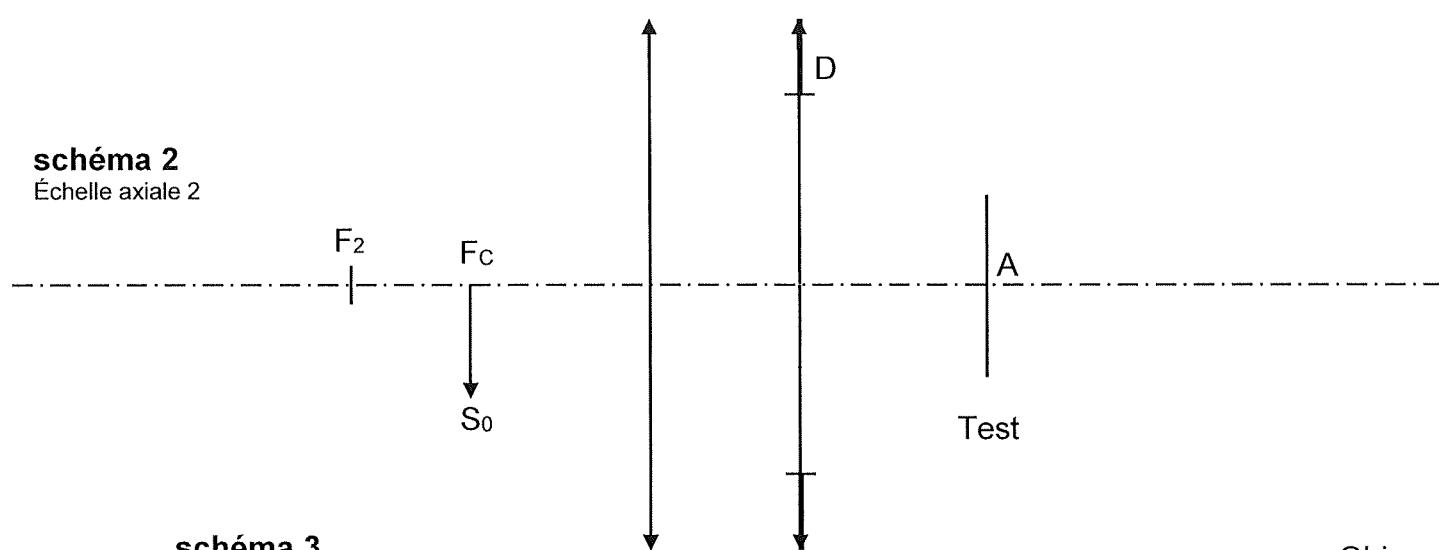


schéma 3
Échelle axiale 1
Échelle transversale 2

