BTS OPTICIEN LUNETIER

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE – U.42

SESSION 2023

Durée : 2 heures
Coefficient : 3

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

Tout autre matériel électronique est interdit.

<u>Documents à rendre avec la copie</u>
Document-réponse ....page 7/7

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

Une cliente, atteinte de DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge), se rend chez son opticien car elle souhaite acquérir un système lui permettant de mieux voir en vision de loin et en vision de près.

$A'B'$ ∞

Pour toutes les parties traitées, **cette cliente est considérée comme emmétrope et n'accommode pas.**

La cliente veut un appareil, discret et facilement manipulable, lui donnant une acuité visuelle lui permettant de **lire les noms des rues mais aussi de voir les prix sur les produits en supermarché**.

Activités quotidiennes	Acuité visuelle nécessaire
Conduite	5/10
Numéro des bus	7/10
Noms des rues	8/10
Prix dans les vitrines	9/10
Prix sur les produits en supermarché	10/10
Lecture des journaux	12/10

L'opticien lui propose alors une lunette de Kepler dont les caractéristiques sont données ci-dessous:

Figure 1 : lunette de Kepler
Source : eschenbach-vision.com

Figure 2 : bonnettes pour la vision de près

Focale de l'objectif (f'_O)	Non communiquée
Diamètre de l'objectif	10 mm — Øobj = 10 mm
Redresseur	Système à prismes en toit
Focale de l'oculaire (f'_{OC})	10 mm — $f'_{oc} = 10$ mm
Grossissement en vision de loin (G_{VL})	4,2 x — $G_{VL} = 4{,}2$
Mise au point	À l'infini — AB ∞
Poids	30 g

Informations complémentaires :

- utilisable comme monoculaire à main avec un attache-doigt ;
- utilisable avec des bonnettes pour des tâches à effectuer en vision de près ;
- formule permettant de connaitre l'acuité visuelle du client avec la lunette Kepler ***$AV_{Kepler} = AV_{client} \times$ Grossissement de la lunette***

$F_{oc} \equiv F'_{obj}$

Cette lunette afocale est composée :

- d'un objectif : lentille mince convergente L_0 de centre optique O_0 ;
- d'un redresseur : système de prismes en toit ;
- d'un oculaire : doublet de lentilles minces convergentes L_1 (verre de champ) et L_2 (verre d'œil), de centres optiques respectifs O_1 et O_2, de distances focales images respectives f'_1 et f'_2, de symbole (4 ; 3 ; 2), c'est-à-dire que $\frac{f'_1}{4} = \frac{\overline{O_1O_2}}{3} = \frac{f'_2}{2} = a$, le paramètre du doublet.

Les 5 parties de cet énoncé sont indépendantes et peuvent être traitées dans n'importe quel ordre.

<u>Barème</u>

Partie 1 – Étude de l'oculaire	(3,5 points)
Partie 2 – Étude du grossissement	(5 points)
Partie 3 – Étude des champs de la lunette	(4,25 points)
Partie 4 – Étude de la lunette en vision de près	(2 points)
Partie 5 – Étude de la transmission de la lumière	(5,25 points)

Afin de simplifier cette lunette, le redresseur ne sera pas étudié. La lunette est donc réduite à son objectif et son oculaire dont la chaîne des conjugués est donnée ci-dessous :

$$AB \xrightarrow{L_O} A_0B_0 \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A'B'$$

PARTIE 1 - ÉTUDE DE L'OCULAIRE (3,5 POINTS)

1.1. **Calculer** *a*. En déduire *f'₁* et *f'₂* ainsi que la distance séparant les deux lentilles $\overline{O_1O_2}$. $= e = \overline{L_1L_2}$

1.2. **Montrer**, par le calcul, que la distance frontale objet de cet oculaire est $\overline{O_1F_{oc}}$ = 5 mm, F_{oc} étant le foyer principal objet de l'oculaire.

1.3. **Déterminer** par construction, sur le schéma 1 du document-réponse, à l'échelle 5, la position du plan principal objet de l'oculaire [H_{oc}], et celle de F_{oc}.

éléments cardinaux objets

PARTIE 2 - ÉTUDE DU GROSSISSEMENT DE LA LUNETTE EN VISION DE LOIN (5 POINTS)

2.1. **Déterminer** la chaîne des conjugués de la lunette en précisant les positions particulières.

2.2. **Placer,** sur le schéma 2 du document-réponse, à l'aide de rayons, le diamètre apparent de l'objet *α* et le diamètre apparent de l'image *α'*.

2.3. **Établir**, à partir de la définition du grossissement $G_{VL}=\left|\frac{\tan\alpha'}{\tan\alpha}\right|$ de la lunette, son expression en fonction des distances focales de l'objectif et de l'oculaire.

2.4. **En déduire** que la distance focale image de l'objectif f'_o est égale à 42 mm.

2.5. **Calculer** l'encombrement $\overline{O_0O_2}$ de la lunette.

Afin de savoir si le grossissement de la lunette est suffisant pour sa cliente, l'opticien mesure son acuité visuelle en vision de loin sans lunette : AV_{VL}= 3/10.

2.6. **Déterminer**, à l'aide des informations du fabricant, la valeur de l'acuité visuelle de la cliente obtenue avec la lunette.

2.7. **Indiquer,** en justifiant à partir du tableau des activités quotidiennes, si cette acuité visuelle sera suffisante pour satisfaire les besoins de la cliente en vision de loin.

PARTIE 3 - ÉTUDE DES CHAMPS DE LA LUNETTE (4,25 POINTS)

La monture de l'objectif, diaphragme d'ouverture, a un diamètre *2Ro* = 10 mm et celle du verre de champ L_1 a un diamètre $2R_1$ = 8 mm.
Le diamètre du verre d'œil est suffisamment grand pour ne pas intervenir dans l'étude des champs.
L'étude des champs sera réalisée dans l'espace intermédiaire entre l'objectif et L_1.
On rappelle que la distance focale image de l'objectif est de 42 mm et la distance frontale objet de l'oculaire est de 5 mm.

$\overline{O_1F_{oc}} = 5$ mm $\qquad f'_{obj} = 42$ mm

Partie 1 : Étude de l'oculaire

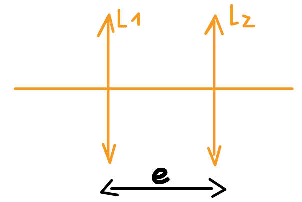
1)1)

si le doublet est ; L_1, L_2

doublet (4 ; 3 ; 2)

f'_1 ; e ; f'_2

distance entre les 2 lentilles : $\overline{O_1O_2}$



$$f'_1 = 4a$$
$$e = 3a = \overline{O_1O_2} = \overline{L_1L_2}$$
$$f'_2 = 2a$$

$$\boxed{f'_{oc} = \frac{-f'_1 \times f'_2}{e - f'_1 - f'_2}} = \frac{-4a \times 2\cancel{a}}{3\cancel{a} - 4\cancel{a} - 2\cancel{a}} = \frac{\cancel{-}8a}{\cancel{-}3} = \frac{8a}{3} = 2{,}67\,a$$

$$f'_{oc} = 2{,}67\,a$$

÷

$$a = \frac{f'_{oc}}{2{,}67}$$

énoncé

$$a = \frac{10}{2{,}67}$$

$$a = 3{,}75\ mm$$

donc :

$$f'_1 = 4a = 4 \times 3{,}75 = 15\ mm$$
$$e = 3a = \overline{O_1O_2} = \overline{L_1L_2} = 3 \times 3{,}75 = 11{,}25\ mm$$
$$f'_2 = 2a = 2 \times 3{,}75 = 7{,}50\ mm$$

1)2)

$$\overline{O_1F_{oc}} = ?$$

$$\boxed{\overline{O_1H_{oc}} = \frac{e\, f'_{oc}}{f'_2}} = \frac{3a \times 2{,}67\cancel{a}}{2\cancel{a}} = \frac{3a \times 2{,}67}{2} = \frac{8a}{2}$$

$$\overline{O_1H_{oc}} = \frac{8 \times 3{,}75}{2} = 15\ mm$$

$$\overline{O_1F_{oc}} = \overline{O_1H_{oc}} + \overline{H_{oc}F_{oc}}$$
$$\overline{O_1F_{oc}} = \overline{O_1H_{oc}} + f_{oc}$$
$$\overline{O_1F_{oc}} = \overline{O_1H_{oc}} - f'_{oc}$$

$$\overline{O_1F_{oc}} = 15 - 10 = 5\ mm$$

1)3) Voir ANNEXE : Schéma 1

Partie 2 : Étude du grossissement de la lunette en vision de loin

2)1) Chaîne d'images :

l'objectif est toujours avant l'oculaire !

$$\infty \longrightarrow F' \qquad F \longrightarrow \infty$$

fiche "chaîne d'images"

$$\overbrace{AB \xrightarrow[O_0]{L_0} A_0B_0}^{\text{objectif}} \quad \overbrace{A_0B_0 \xrightarrow[O_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[O_2]{L_2} A'B'}^{\text{oculaire}}$$

AB [∞] ; A_0B_0 [F_{oc}] [F'_{obj}] ; A_1B_1 [F_2] ; A'B' [∞]

↳ image instrumentale à l'∞, nous nous trouvons dans les conditions intrinsèques.

2)2) Voir ANNEXE : Schéma 2

$$\overbrace{AB \xrightarrow[O_0]{L_0} A_0B_0}^{\text{objectif}} \quad \overbrace{A_0B_0 \xrightarrow{[H_{oc}]\,[H'_{oc}]} A'B'}^{\text{oculaire}}$$

AB [∞] ; A_0B_0 [F_{oc}] [F'_{obj}] ; A'B' [∞]

Chaîne d'images de l'annexe !

2)3)

$$\boxed{G_{VL} = \left| \frac{\tan \alpha'}{\tan \alpha} \right|}$$

α' = angle sous lequel est vue l'image à travers l'instrument.

α = angle sous lequel est vu l'objet à l'œil nu.

- $\tan \alpha' = \dfrac{\overline{A_0B_0}}{\overline{H_{oc}F_{oc}}} = \dfrac{\overline{A_0B_0}}{f_{oc}} = \dfrac{\overline{A_0B_0}}{-f'_{oc}}$
- $\tan \alpha = \dfrac{\overline{A_0B_0}}{\overline{L_0F'_{obj}}} = \dfrac{\overline{A_0B_0}}{f'_{obj}}$

$$\longrightarrow G_{VL} = \frac{\cancel{\overline{A_0B_0}}}{-f'_{oc}} \times \frac{f'_{obj}}{\cancel{\overline{A_0B_0}}}$$

$$\boxed{G_{VL} = -\frac{f'_{obj}}{f'_{oc}}}$$

2)4)

$$\boxed{G_{VL} = \left| \frac{-f'_{obj}}{f'_{oc}} \right|}$$

$$G_{VL} \times f'_{oc} = -f'_{obj}$$

$$|-f'_{obj}| = 4{,}2 \times 10 = 42\,mm$$

2)5)

$$\underbrace{AB \xrightarrow[O_o]{L_o} A_oB_o}_{\text{objectif}} \;\underbrace{\xrightarrow[O_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[O_2]{L_2} A'B'}_{\text{oculaire}}$$

$[\infty]$ $[F_{oc}]$ $[F'_{obj}]$ $[F_2]$ $[\infty]$

$\overline{O_oO_2}$

L'encombrement : On fait du Chasles !

$$\overline{O_oO_2} = \overline{O_oF'_{obj}} + \overline{F'_{obj}F_{oc}} + \overline{F_{oc}O_1} + \overline{O_1O_2}$$

$$\overline{O_oO_2} = f'_{obj} + \overline{F_{oc}O_1} + e$$

$$\overline{O_oO_2} = 42 - 5 + 11{,}25$$

$$\overline{O_oO_2} = 48{,}25\,mm$$

$\overline{F'_{obj}F_{oc}} = 0$ quand c'est AFOCAL

2)6)

Avec la lunette Kepler :

énoncé !

$$\boxed{AV\ Kepler = AV\ client \times Grossissement}$$

$$= 0{,}3 \times 4{,}2$$

$$= 1{,}26$$

soit $\boxed{12{,}6/10}$

2)7)

L'Acuité Visuelle sera suffisante car elle a besoin de 8/10 pour lire le nom des rues et de 10/10 pour regarder les prix en supermarché : elle a 12,6/10 ce qui est donc supérieur.

3.1. **Tracer,** sur le schéma 3 du document-réponse, le bord supérieur du champ de pleine lumière intermédiaire B_{PL0}.

3.2. **Montrer**, par le calcul, que le rayon du champ de pleine lumière intermédiaire A_0B_{PL0} est d'environ 3,9 mm.

La cliente observe généralement les panneaux indiquant les noms des rues à une distance de 20 mètres. Ces panneaux, de forme rectangulaire, mesurent 350 mm de hauteur et 450 mm de largeur.

3.3. **Montrer** que le demi-champ de pleine lumière objet ω_{PL} est égal à 5,3°.
En déduire la grandeur du champ de pleine lumière objet $2AB_{PL}$ à 20 mètres de la lunette.

3.4. **Déterminer** la valeur de la diagonale du panneau observé.

3.5. **Indiquer,** en justifiant, si le panneau est entièrement dans le champ de pleine lumière.

PARTIE 4 - ÉTUDE DE LA LUNETTE EN VISION DE PRÈS (2 POINTS)

Afin d'utiliser cette lunette en vision de près, il est possible de rajouter une bonnette en avant de l'objectif. La bonnette est considérée comme une lentille mince convergente L_b de centre optique O_b.
Ceci permet, aux utilisateurs de la lunette, d'observer des objets proches sans fournir d'effort accommodatif.
Dans ces conditions, la chaine d'images est la suivante:

$$AB \xrightarrow{L_b} A_bB_b \xrightarrow{L_O} A_0B_0 \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A'B'$$

La bonnette a une vergence D de +4 δ. = Pi

4.1. **Indiquer**, sachant que le système {objectif + oculaire} reste afocal, la distance $\overline{O_bA}$ à laquelle se trouve l'objet AB par rapport à la bonnette.

4.2. **Montrer** que le grossissement commercial de cette bonnette est $Gc_b = 1$.

4.3. Sachant que le grossissement en vision de près G_{VP} est donné par la formule $G_{VP} = G_{VL} \times Gc_b$, **déterminer** sa valeur.

Afin de savoir si le grossissement de la lunette est suffisant pour sa cliente, l'opticien mesure son acuité visuelle en vision de près sans lunette : $AV_{VP} = 2{,}5/10$.

4.4. **Déterminer**, à l'aide des informations du fabricant, la valeur de l'acuité visuelle de la cliente avec la lunette équipée de la bonnette.

4.5. **Indiquer,** en justifiant à partir du tableau des activités quotidiennes, si cette acuité visuelle sera suffisante pour satisfaire le besoin de la cliente de lire les prix des produits en supermarché.

Partie 3 : Étude des champs de la lunette

Corrigé proposé par MaudOptical

3)1) **Voir ANNEXE : Schéma 3**

tout sera donc réel entre [Lo] et [L1]

$$\overbrace{AB \xrightarrow[O_1]{L_0} A_0B_0}^{\text{Objectif}} \overbrace{\xrightarrow[O_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[O_2]{L_2} A'B'}^{\text{oculaire}}$$

$[\infty]$ … A_0B_0 : $[F_{oc}]$ $[F'_{obj}]$ … A_1B_1 : $[F_2]$ … $A'B'$: $[\infty]$

étude des champs "entre l'objectif et L_1" ⟶ donc le plan des champs est sur $[F_{oc}] \equiv [F'_{obj}] \equiv A_0$

3)2)

Thalès :

⚠ pas de distances algébriques dans les calculs des champs !

$$* \quad \frac{R_0 - Bp\ell_0}{R_0 - R_1} = \frac{O_0F'_{obj}}{O_0O_1}$$

$$R_0 - Bp\ell_0 = \frac{O_0F'_{obj}}{O_0O_1} \times (R_0 - R_1)$$

$$-Bp\ell_0 = \frac{O_0F'_{obj}}{O_0O_1} \times (R_0 - R_1) - R_0$$

$$-Bp\ell_0 = \frac{42}{37} \times (5-4) - 5 = \boxed{3{,}9\ mm}$$

3)3)

$$\overbrace{AB \xrightarrow[O_0]{L_0} A_0B_0}^{\text{Objectif}} \overbrace{\xrightarrow[O_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[O_2]{L_2} A'B'}^{\text{oculaire}}$$

$[\infty]$ … A_0B_0 : $[F_{oc}]$ $[F'_{obj}]$ … A_1B_1 : $[F_2]$ … $A'B'$: $[\infty]$

$w p\ell$ … $Bp\ell_0$

Schéma de P.

objet à l'∞ — image à une distance finie

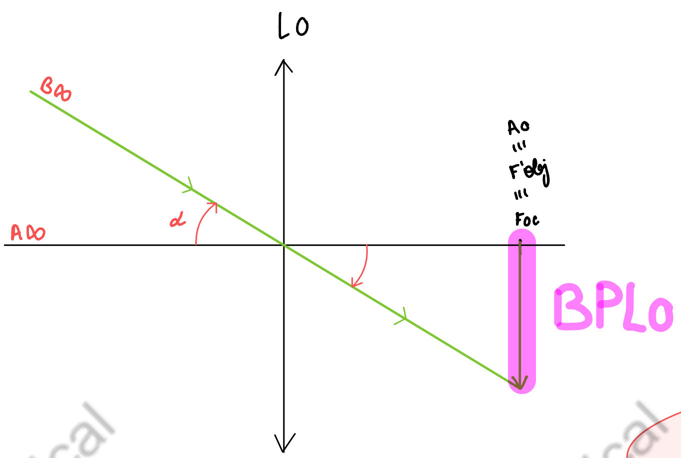
- $P = \dfrac{-\tan \alpha'}{AB}$ image à l'∞, objet fini
- $G = \dfrac{\tan \alpha'}{\tan \alpha}$ image ∞, objet ∞
- Schéma de Principe

$$\overbrace{AB \xrightarrow[O_0]{L_0} A_0B_0}^{\text{Objectif}} \overbrace{\xrightarrow[O_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[O_2]{L_2} A'B'}^{\text{oculaire}}$$

[∞] wpe — [Foc] [F'obj] Bplo — [F2] — [∞]

Schéma de P.

On fait donc un schéma de Principe de cette partie de la chaîne d'images



$$\tan \alpha = \frac{Bplo}{LoF'obj} = \frac{Bplo}{f'obj}$$

$$\tan\left(\frac{3{,}9}{42}\right)$$

$$\boxed{\alpha = 5{,}3°}$$

$$20 \times \tan\left(\frac{3{,}9}{42}\right) = 1{,}86\,m$$

pour ½ Champ Objet de Pleine Lumière

$$\boxed{\text{donc } 1{,}86\,m \times 2 = 3{,}72\,m}$$

3)4)

énoncé :

350 mm x 450 mm

$$\boxed{D = \sqrt{L^2 + \ell^2}}$$

$$D = \sqrt{350^2 + 450^2}$$

$$D = 570\,mm = 0{,}57\,m$$

3)5)

Le Champ Objet de Pleine Lumière est supérieur à la diagonale du panneau donc le panneau est entièrement vu.

4)1) $\overline{O_bA} = ?$

nouvelle chaîne d'images :

objectif → oculaire →

$$AB \xrightarrow[O_b]{L_b} A_bB_b \xrightarrow[O_o]{L_o} A_oB_o \xrightarrow[O_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[O_2]{L_2} A'B'$$

$[\infty]$; $[F'L_b]$; $[F_{oc}]$ $[F'_{obj}]$; $[F_2]$; $[\infty]$ ↳ ci

$$D = +4\,\delta = P_i = \frac{1}{f'_{Lb}}$$

$$f'_{Lb} = \frac{1}{4}$$

$$\boxed{f'_{Lb} = 25\,mm}$$

$$\boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} = D}$$

formule à adapter à la chaîne d'images !

$$\frac{1}{\overline{O_bA_b}} - \frac{1}{\overline{O_bA}} = \frac{1}{f'_{Lb}} = D$$

$$-\frac{1}{\overline{O_bA}} = D$$

$$-\frac{1}{\overline{O_bA}} = 4$$

$$\overline{O_bA} = \frac{-1}{4}$$

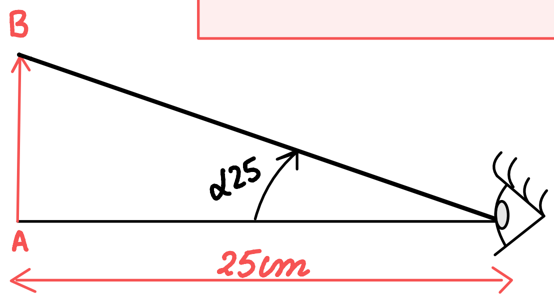
$$\boxed{\overline{O_bA} = -0{,}25\,m}$$

4)2)

$$\boxed{G_{cB} = \frac{\tan \alpha'}{\tan \alpha_{25}}}$$

α' = angle sous lequel est vue l'image à travers l'instrument dans les conditions intrinsèques.

α_{25} = angle sous lequel est vue l'objet à 25cm de l'oeil.



$$\tan \alpha_{25} = \frac{\overline{AB}}{-0{,}25}$$

$$G_{cB} = \underbrace{\frac{\tan \alpha'}{-\overline{AB}}}_{P_{ioc}} \times 0{,}25$$

$$\boxed{G_{cB} = P_{ioc} \times 0{,}25 = \frac{P_{ioc}}{4} = \frac{1}{4 \times f'_{oc}}}$$

$$G_{cB} = 4 \times 0{,}25 = \boxed{1}$$

4)3)

$$G_{VP} = G_{VL} \times G_{cB}$$

$$G_{VP} = 4{,}2 \times 1$$

$$G_{VP} = 4{,}2$$

4)4)

Avec la lunette Kepler :

énoncé !

$$\boxed{\text{AV Kepler} = \text{AV Client} \times \text{Grossissement}}$$

$$= 2{,}5/10 \times 4{,}2$$

$$\boxed{= 10{,}5/10}$$

4)5)

Cette Acuité Visuelle sera satisfaisante car il lui faut 10/10 et elle a 10,5/10.

PARTIE 5 - ÉTUDE DE LA TRANSMISSION DE LA LUMIÈRE À TRAVERS LA LUNETTE DE KEPLER SANS BONNETTE (5,25 POINTS)

La lunette de KEPLER étudiée précédemment est composée de trois lentilles dont l'indice n_V est de 1,5. Les lentilles sont placées dans l'air (indice n_{air}).

5.1. On rappelle que le facteur de réflexion en intensité est R = $\left(\frac{n_V - n_{air}}{n_V + n_{air}}\right)^2$. **Calculer** *R* pour un dioptre séparant l'air d'un milieu d'indice n_V = 1,5.

5.2. **En déduire** le facteur de transmission en intensité *T* de ce dioptre (on néglige l'absorption).

5.3. **Calculer** le facteur de transmission en intensité *T'* de toute la lunette.

Afin d'améliorer ce facteur de transmission, on dépose sur chaque dioptre une couche antireflet.

5.4. **Expliquer**, en s'appuyant sur un schéma, le principe physique de l'antireflet.

5.5. L'indice théorique de l'antireflet n_{AR} en fonction de l'indice du verre n_V est $n_{ar} = \sqrt{n_V}$. . Le **calculer.**

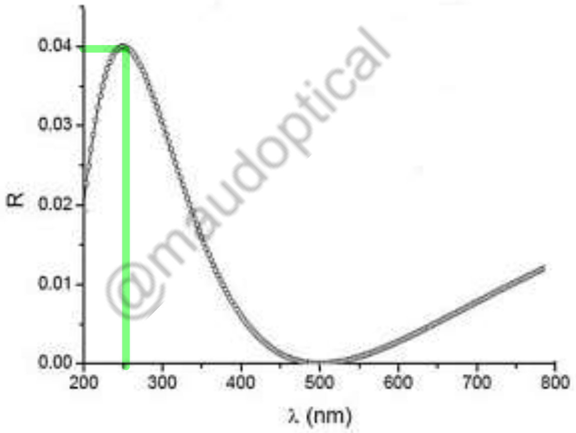


Figure 3 : Représentation du facteur de réflexion en intensité R, d'un dioptre traité avec une couche d'antireflet d'indice théorique n_{ar}, en fonction de la longueur d'onde λ

Source : http://res-nlp.univ-lemans.fr

5.6. **Indiquer,** en justifiant à partir de la courbe ci-dessus, pour quelle longueur d'onde λ_0 le traitement antireflet est le plus efficace.

5.7. **Montrer** que l'épaisseur minimale e_{min} de la couche d'antireflets à déposer sur chaque dioptre en fonction de la longueur d'onde λ a pour expression : $e_{min} = \frac{\lambda}{4 n_{ar}}$.

5.8. **Calculer** la valeur de e_{min} pour la longueur d'onde λ_0 trouvée à la question précédente.

Partie 5 : Étude de la transmission de la lumière à travers la lunette de Kepler sans bonnette

5)1)

$$\boxed{R = \left(\frac{n_V - n_{air}}{n_V + n_{air}}\right)^2}$$

$n_V = 1{,}5$
$n_{air} = 1$

$$R = \left(\frac{1{,}5 - 1}{1{,}5 + 1}\right)^2$$

$$R = \frac{1}{25}$$

$$\boxed{R = 0{,}04}$$

jamais d'unité !

5)2)

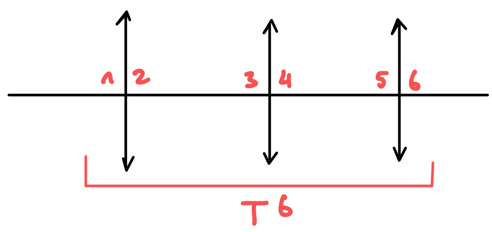
$$\boxed{T = 1 - R}$$

$$T = 1 - 0{,}04$$

$$\boxed{T = 0{,}96}$$

5)3)

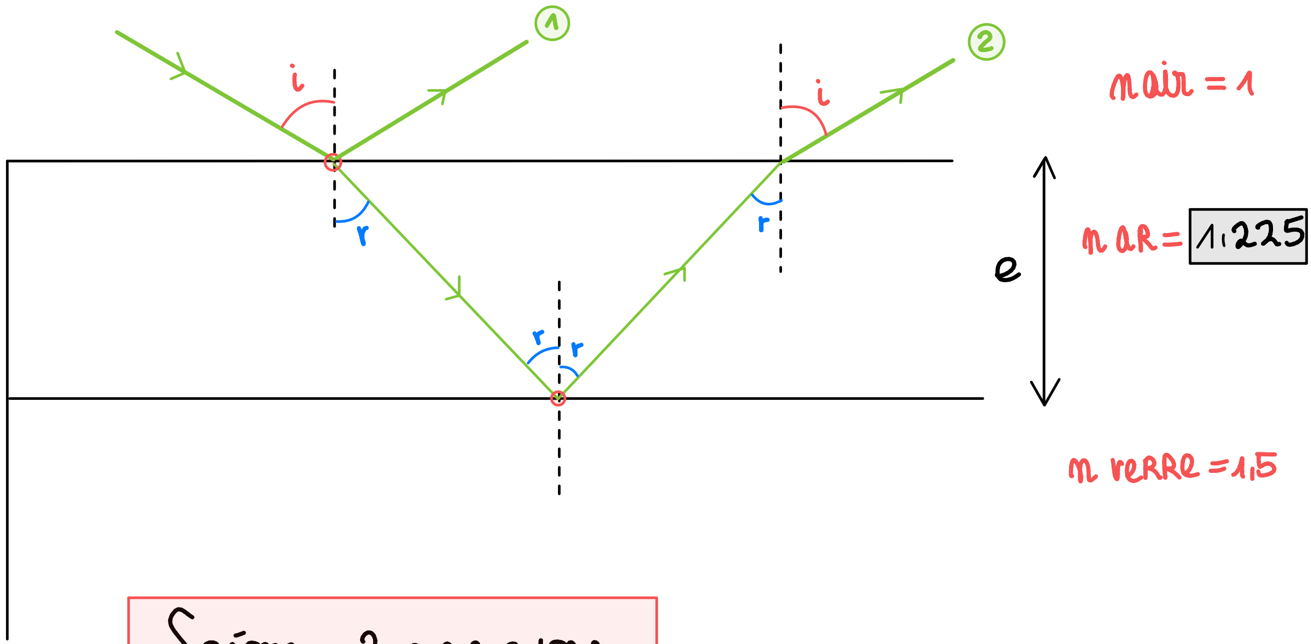
il y a 3 lentilles (énoncé)
donc T^6



$$T' = T^6 = 0{,}96^6 = \boxed{0{,}783}$$

5)4)

Schéma de Principe d'un antireflet.



$$\boxed{\delta_{géom} = 2\, n_{AR}\, e \cos r}$$

$$\delta_{géom} = 2\, n_{AR}\, e$$

$\cos r = 1$ car r petit

$$\boxed{2 \text{ réflexions vitreuses : } \delta_{supp} = 0}$$

$$\boxed{\delta = \delta_{géom} + \delta_{supp}}$$

$$\delta = 2\, n_{AR}\, e$$

5)5)

$$n_{AR} = \sqrt{n_V}$$

$$n_{AR} = \sqrt{1{,}5}$$

$$\boxed{n_{AR} = 1{,}225}$$

5)6)

Le traitement antireflet est le + efficace pour une longueur d'onde de λ = 500 nm

5)7)

$$\boxed{\delta_{géom} = 2\, n_{AR}\, e \cos r}$$

$$\delta_{géom} = 2\, n_{AR}\, e$$

$\cos r = 1$ car r petit

$\boxed{2 \text{ réflexions vitreuses : } \delta_{supp} = 0}$

$$\boxed{\delta = \delta_{géom} + \delta_{supp}}$$

$$\delta = 2\, n_{AR}\, e$$

Pour que l'intensité soit minimale il faut que :

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda_0$$

$$2 \times n_{AR} \times e = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda_0$$

$$e = \frac{\left(k + 1/2\right) \times \lambda_0}{2 \times n_{AR}}$$

L'épaisseur minimale sera obtenue pour $k = 0$

$$e_{min} = \frac{2 \times \left(\frac{1}{2}\right) \times \lambda_0}{2 \times 2 \times n_{AR}} = \boxed{\frac{\lambda_0}{4\, n_{AR}}}$$

5)8)

$$\boxed{e_{min} = \frac{\lambda_0}{4 \times n_{AR}}} = \frac{500}{4 \times 1{,}225} = \boxed{102 \text{ nm}}$$

Document-réponse
(À rendre avec la copie)

Schéma 1
Échelle 5

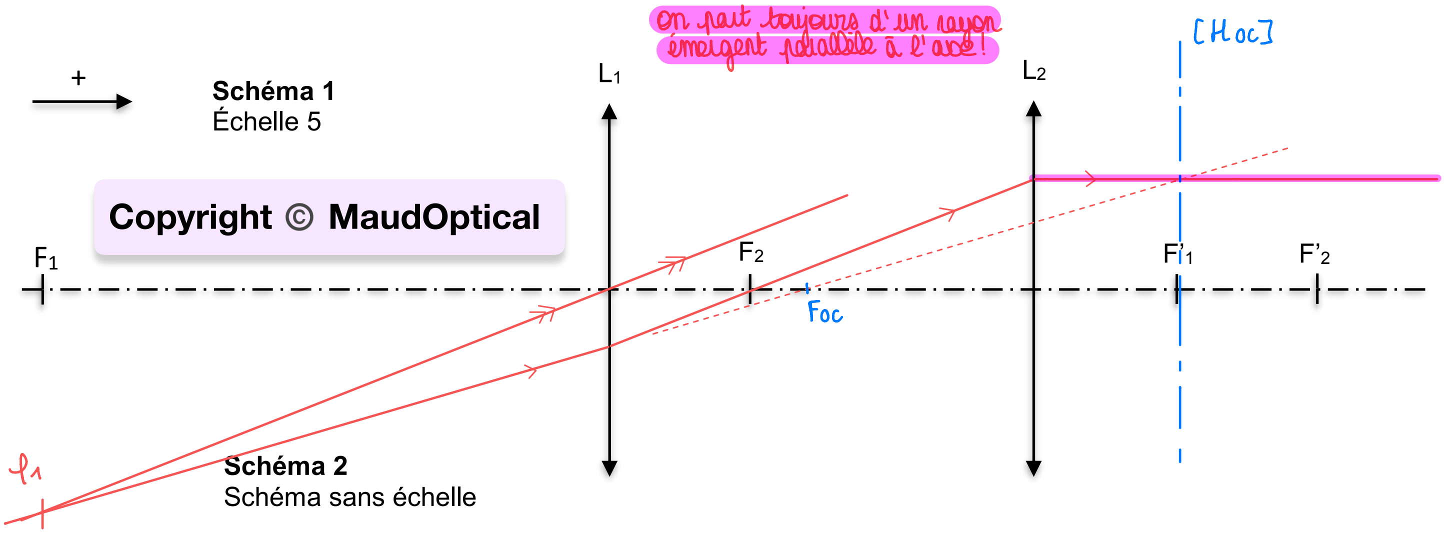


Schéma 2
Schéma sans échelle

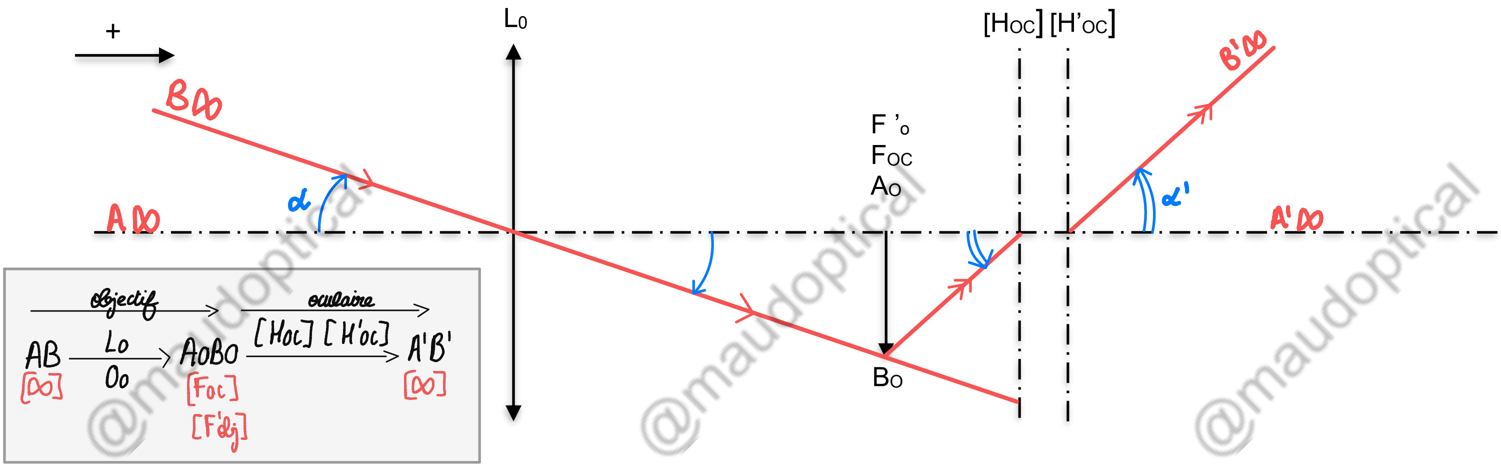


Schéma 3
Schéma sans échelle