

Aucun document autorisé. Calculatrice, téléphone(s), montre, oreillettes connectées... interdits.

Durée : 2 heures

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, d'une part il le signale au professeur, d'autre part il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

- Vous laisserez un espace au début de la copie pour la correction.
- La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte.
- Chaque réponse doit être donnée à l'aide d'une phrase verbale (sujet-verbe-complément),
- Les candidats sont invités à encadrer les expressions algébriques et à souligner les applications numériques.
- Un ordre de grandeur doit être donné avec un chiffre significatif et une puissance de dix (sauf 10^0)

Rédiger sur deux copies à rendre séparément : les parties 1 et 2 sur la copie 1
La partie 3 sur la copie 2

Données : Lois de Descartes pour une lentille mince.

On considère un point objet A situé sur l'axe d'une lentille mince de focale f' , A' est le point image formé par celle-ci.

$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ et la relation de grandissement transversal : $\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$ où AB est un objet transverse et A'B' son image.

$FA \cdot FA' = -f'^2$; $\gamma = -\frac{FA'}{OF'} = \frac{OF'}{FA}$

-----Début de la Copie 1-----

Partie 1 : Lunette d'assurance



Fig. 1

En escalade, la personne située au sol et chargée de tenir la corde est appelée **assureur**, tandis que la personne qui escalade est appelée **grimpeur** (fig. 2).

Les lunettes d'assurance (fig. 1) sont constituées d'un prisme de verre, d'indice optique n , reposant sur un miroir (fig. 2).

Elles permettent à l'assureur d'observer le grimpeur sans avoir

à lever la tête

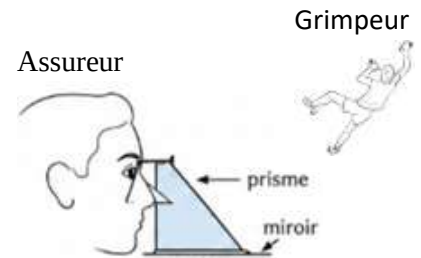


Fig. 2

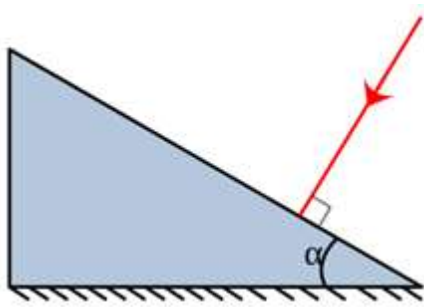


Schéma : Rayon arrivant sur la lunette

On considère un grimpeur situé à grande distance de l'assureur. Un rayon lumineux issu du grimpeur arrive sur le prisme, comme indiqué sur le schéma 1.

1°/ Reproduire le schéma 1 ci-contre et prolonger le rayon lumineux jusqu'à son incidence sur le miroir. On notera I le point d'incidence sur le miroir.

2°/ Exprimer l'angle d'incidence i du rayon lumineux sur le miroir en I en fonction de l'angle α .

3°/ Après réflexion sur le miroir, prolonger le rayon lumineux jusqu'au prochain dioptré (de nouveau l'hypoténuse). On notera I' le point d'incidence sur ce dioptré. Déterminer l'angle d'incidence i' sur la face du prisme.

5°/ Déterminer, en fonction de n_{air} et de n , la valeur minimale de l'angle α permettant d'obtenir une réflexion totale en I'. On notera cette valeur α_{min} .

Faire l'application numérique pour $n_{\text{air}}=1$ et $n=1,5$.

6°/ On suppose que $\alpha > \alpha_{\text{min}}$. Représenter le trajet du rayon après sa réflexion totale en I' jusqu'à sa sortie du prisme.

7°/ Pour simplifier, on suppose que le rayon lumineux doit émerger du prisme horizontalement afin que l'assureur puisse observer le grimpeur sans avoir à lever la tête. Déterminer, dans ce cas, la valeur numérique de l'angle α .

On donne les valeurs numériques suivantes :

$$\sin(30^\circ) = \frac{1}{2} ; \sin(40^\circ) = 0,64 ; \sin(42^\circ) \approx \frac{2}{3} ; \sin(45^\circ) = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,7 ; \sin(48^\circ) = 0,74$$

Partie 2 : Le microscope

Afin de voir certains détails inaccessibles à l'œil nu, on utilise des instruments d'optique comme le microscope. Ce dernier peut être modélisé par deux lentilles minces convergentes de même axe optique (voir Figure 3) :

- l'objectif de distance focale f'_1 et de centre O_1 ;

- l'oculaire de distance focale f'_2 et de centre O_2 .

On note respectivement F_1 et F'_1 les foyers objet et image de la lentille L_1 et F_2 et F'_2 les foyers objet et image de L_2 . On définit la position relative Δ des deux lentilles par la « distance algébrique » entre les deux foyers : $F'_1F_2 = \Delta$.

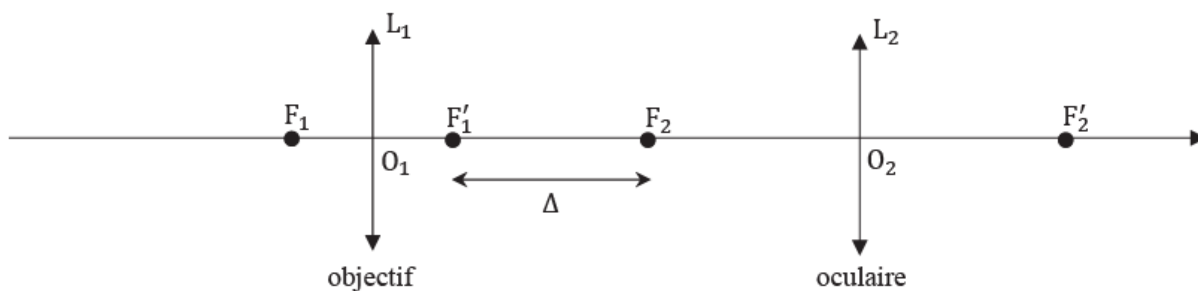


Figure 3 : Modélisation du microscope

1°/ Énoncer les conditions de l'approximation de Gauss.

2°/ Le microscope est réglé de telle sorte que l'image de l'objet observé à travers l'ensemble du dispositif se forme « à l'infini ». Justifier la raison de ce réglage.

3°/ Dans ce cas, indiquer où se trouve l'image intermédiaire A_1B_1 , à travers l'objectif, de l'objet AB placé devant le microscope et dont l'image $A'B'$ est située « à l'infini ».

4°/ Reproduire le schéma de la figure 3, y tracer les rayons permettant de déterminer la position de l'objet AB dont l'image $A'B'$ avec ce microscope est située « à l'infini ».

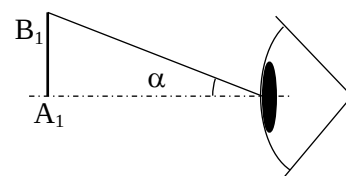
5°/ L'objet est situé avant le foyer F_1 à une distance L de F_1 . Déterminer L en fonction de Δ et f'_1 .

6°/ L'objectif est caractérisé par la valeur absolue de son grandissement γ lorsque l'image A_1B_1 d'un objet AB, à travers l'objectif seul, est située comme aux questions précédentes. Déterminer la distance focale f'_1 de l'objectif en fonction de Δ et γ . Faire l'application numérique avec $\Delta = 170$ mm et $\gamma = 40$.

7°/ On désigne par G_{oc} le grossissement de l'oculaire comme le rapport entre l'angle α' sous lequel est vue l'image située à l'infini d'un objet observé à travers l'oculaire seul et l'angle α sous lequel est vu ce même objet à l'œil nu lorsqu'il est situé au *punctum proximum* soit à une distance L_{pp} de l'œil. Déterminer la relation entre $G_{oc} = \frac{\alpha'}{\alpha}$, f'_2 et L_{pp} .

$G_{oc} = 10$, déterminer la valeur de f'_2 .

8°/ Le grossissement commercial G_c du microscope est la valeur absolue du rapport de l'angle sous lequel on voit l'objet à travers l'ensemble du microscope et l'angle sous lequel on le voit à l'œil nu lorsqu'il est situé au *punctum proximum*. Déterminer, G_c en fonction de G_{oc} et γ .



Changer de copie -----Début de la Copie 2----- changer de copie

Partie 3 : Observations avec une loupe

« Dans l'Antiquité, Homère admet que les corps brillants émettent de la lumière. Au rang de ceux-ci il y a les yeux. La vision est attribuée à une projection de rayons visuels par l'œil. Cette idée subsistera fort longtemps et ne sera réfutée qu'au XI^{ème} siècle par le savant musulman Ibn al Haytham » (Histoire de la physique par J. Rosmorduc).

1°/ Un professeur montre à des élèves l'image d'un objet étendu obtenue sur un écran à l'aide d'une lentille mince convergente. Faire un schéma illustrant cette situation, vous choisirez la position de l'objet et la distance focale pour que l'image soit plus grande que l'objet. Tracer le trajet de deux rayons lumineux entre l'objet et l'image.

2°/ Préciser si l'objet est réel ou virtuel, si l'image est réelle ou virtuelle.

3°/ Il place ensuite un cache qui recouvre la moitié de la surface de la lentille. Qu'observe-t-on sur l'écran ?

Pour former des images, le premier instrument utilisé par l'homme est bien sûr son œil. Un schéma simplifié de l'œil est proposé sur la Figure 1.

Les principaux éléments constitutifs de l'œil qui sont étudiés dans cette partie sont :

- l'ensemble iris-pupille : c'est un diaphragme circulaire qui limite le faisceau lumineux entrant dans l'œil. Son diamètre d est compris entre 2 mm et 8 mm ;
- le cristallin : c'est une lentille convergente dont on peut faire varier la vergence grâce à un effort musculaire ;
- la rétine : elle joue le rôle d'écran sur lequel se forment les images. Elle est constituée d'un ensemble de cellules photosensibles dont la

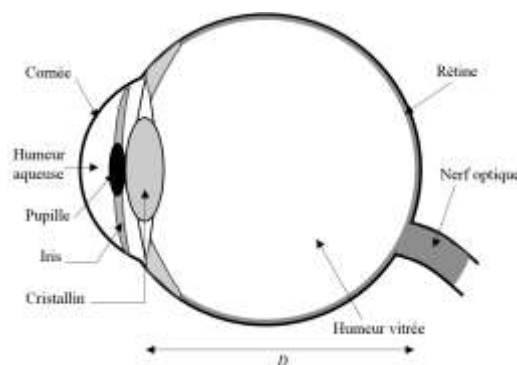


Figure 1 : Schéma descriptif de l'œil

taille r est de l'ordre de $2,5 \mu\text{m}$;

- l'humeur vitrée : c'est un milieu d'indice $n = 1,34$ dans lequel se propage la lumière entre le cristallin et la rétine ;
- l'humeur aqueuse : c'est un liquide biologique maintenant la pression intra-oculaire et la forme du globe oculaire ;
- la cornée : c'est la partie transparente du globe oculaire. Elle transmet la lumière vers le cristallin.

On donne la distance cristallin-rétine : $D = 1,5 \text{ cm}$.

Grâce à la capacité d'accommodation de l'œil, l'observateur peut voir net des objets situés entre le *punctum proximum* (point le plus près) et le *punctum remotum* (point le plus loin). Un œil emmétrope dit "normal" possède un *punctum remotum* situé à l'infini et un *punctum proximum* situé à une distance $d_{pp} = 25 \text{ cm}$ devant l'œil. Lorsqu'un observateur regarde un objet situé à l'infini, ses yeux supposés emmétropes sont au repos.

4° / On considère un modèle simplifié de l'œil constitué par une lentille convergente de distance focale image f' et un écran placé à une distance fixe D de la lentille. On admet que la distance entre un œil « normal »

Faire un schéma du modèle simplifié de l'œil emmétrope regardant un objet situé au *punctum proximum* et déterminer l'expression de la valeur de la distance focale f'_{pp} de la lentille de l'œil réduit dans cette situation.

5° / Pour pouvoir distinguer les détails d'un objet, il ne suffit pas que ce dernier soit situé dans la zone d'accommodation. Il faut aussi que ces détails ne soient pas trop petits. Pour pouvoir séparer deux points de l'image, il faut que ces derniers stimulent deux cellules photosensibles différentes.

On considère un œil en accommodation maximale, c'est-à-dire regardant un objet situé à son *punctum proximum*. Quelle est l'expression de la distance minimale h_{min} , dans un plan orthogonal à l'axe optique de l'œil, entre deux objets que l'œil peut distinguer ?

6° / Faire un schéma du modèle simplifié de l'œil emmétrope regardant un objet situé au *punctum remotum*, placer sur votre schéma les foyers de la lentille et tracer le trajet des rayons lumineux.

7° / Déterminer dans ce cas, la valeur de la distance focale f'_{∞} de la lentille de l'œil réduit.

8° / À cause de la taille non nulle des récepteurs de l'œil, un observateur voit net des objets situés à des distances différentes pour une même accommodation. La profondeur de champ correspond à l'intervalle de positions dans lequel doit se trouver un objet pour qu'il soit vu net par l'observateur. En négligeant les effets d'aberration et la diffraction, un objet ponctuel est considéré comme net si la taille de la tache image formée sur le capteur est inférieure à la taille r d'une cellule photosensible de la rétine. Pour un œil "normal" au repos, et pour un objet ponctuel situé à la distance L de l'œil, proposer une construction des rayons (sans respect de l'échelle) sur le schéma précédent.

9° / Exprimer en fonction de L et f'_{∞} la distance $\overline{OA'}$.

10° / On désigne par δ la taille de la tache sur la rétine. Déterminer δ en fonction de L , d et f'_{∞} .

11° / Au-delà de quelle distance L_0 exprimée en fonction de f'_{∞} , d et r , peut-on dire que l'image est nette ? Commenter l'expression obtenue.

12° / Calculer L_0 pour $d = 2 \text{ mm}$ et $d = 8 \text{ mm}$. Commenter les valeurs numériques.