

Optique géométrique

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« 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. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Données :

- Relation de conjugaison avec origine au sommet : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$ et grandissement : $\gamma \equiv \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ (notations usuelles).
- Relation de conjugaison avec origine au foyer : $\overline{F'A'} \overline{FA} = f f' = -f'^2$ et grandissement : $\gamma = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$

Problème 1 : Lunette Astronomique (Extrait CCP, PC, 2015)

La lunette astronomique est un système centré constitué d'un objectif et d'un oculaire. L'objectif est assimilé à une lentille mince convergente de centre optique O_1 , de distance focale f'_1 et de diamètre D_1 . L'oculaire est une lentille mince convergente de centre optique O_2 , de distance focale f'_2 et de diamètre D_2 .

L'objectif donne, d'un objet éloigné, une image réelle appelée image objective. Cette dernière est observée au moyen de l'oculaire.

B.1-

B.1.1- A quelle condition l'œil d'un observateur, supposé sans défaut, n'accommode pas (ne se fatigue pas) ? En déduire la position relative de l'objectif et de l'oculaire. Ce système optique possède-t-il des foyers ? Comment se nomme un tel système optique ?

B.1.2- Rappeler les conditions de Gauss. Réaliser un schéma, sans respecter les échelles, montrant le devenir d'un rayon incident faisant un angle θ avec l'axe optique et émergeant sous un angle θ' dans les conditions de Gauss (figure 7).



Figure 7 : lunette astronomique

Déterminer l'expression du grossissement de la lunette $G = \frac{\theta'}{\theta}$ en fonction de f_1' et f_2' , et calculer ce grossissement si $f_1' = 1,0 \text{ m}$ et $f_2' = 20 \text{ mm}$.

B.2- On considère un faisceau lumineux issu d'un point objet A à l'infini sur l'axe optique de la lunette (figure 8). Sans respect des échelles, représenter le devenir d'un tel faisceau lumineux limité par la monture de la lentille objectif (encore appelée diaphragme d'ouverture).

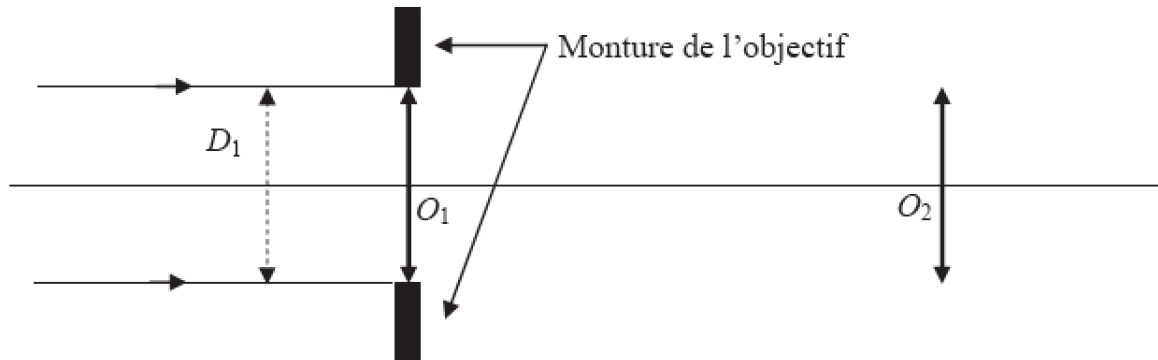


Figure 8 : lunette astronomique et diaphragme d'ouverture

Exprimer le diamètre D du faisceau de rayons issu de l'oculaire en fonction du grossissement G de la lunette ainsi que du diamètre D_1 du diaphragme d'ouverture.

Après avoir calculé la valeur numérique du diamètre D du faisceau de rayons issu de l'oculaire, montrer que c'est le diaphragme d'ouverture, de diamètre D_1 , qui le limite et non l'oculaire de diamètre D_2 . On donne $D_1 = 10 \text{ cm}$ et $D_2 = 6 \text{ mm}$.

B.3- On considère un objet ponctuel situé à l'infini en dehors de l'axe optique et dans la direction θ par rapport à ce dernier (figure 9). Expliquer, de façon qualitative, ce qu'il advient des rayons lumineux lorsque l'angle θ devient trop important. On dit de la monture de l'oculaire qu'elle est le diaphragme de champ de la lunette. Pouvez-vous justifier cette affirmation ?

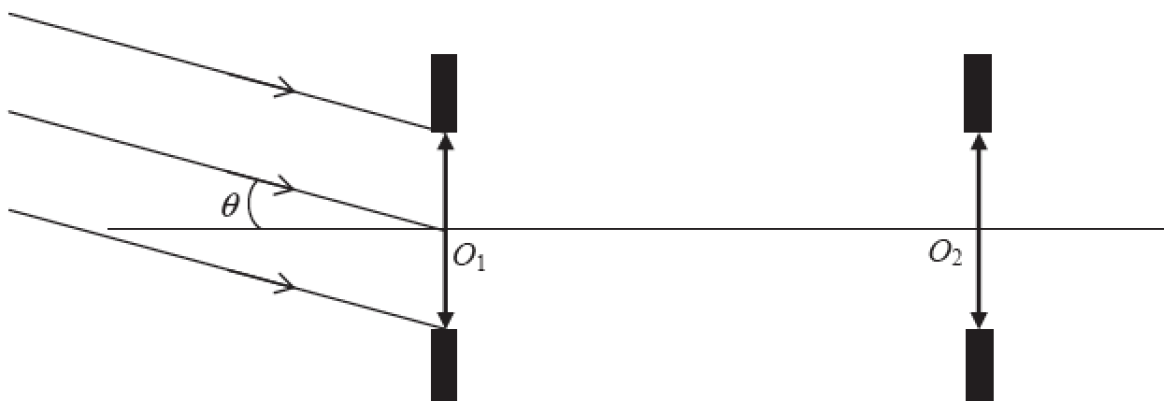


Figure 9 : lunette astronomique et diaphragme de champ

B.4- L'objectif d'une lunette astronomique doit être capable de donner une image parfaite d'un point infiniment éloigné. Pour cela, il doit, notamment, être achromatique. D'où provient l'aberration chromatique d'une lentille ? Comment, en physique, qualifie-t-on ce type de milieu ?

Problème 2 : Modèle simplifié de l'œil (Extrait CCP, MP, 2013)

L'œil humain a sensiblement la forme d'une sphère limitée par une membrane (la sclérotique) qui est transparente à l'avant de l'œil et forme la cornée (**figure 1**). L'intérieur du globe oculaire est divisé en deux parties séparées par le cristallin qui est une lentille convergente. Cette lentille est élastique et ses rayons de courbure varient lorsque l'œil accommode, c'est-à-dire quand il passe de la vision de loin à la vision de près. La partie antérieure entre la cornée et le cristallin est remplie d'un liquide appelé humeur aqueuse. L'iris permet à l'œil de diaphragmer et définit la pupille. La partie postérieure du cristallin est formée du corps vitré. La rétine qui sert de détecteur est tapissée de cellules de deux types différents, les cônes et les bâtonnets qui transforment l'excitation lumineuse en influx nerveux. La fovéa, partie de la rétine située sur l'axe optique de l'œil, est la partie la plus sensible de la rétine.

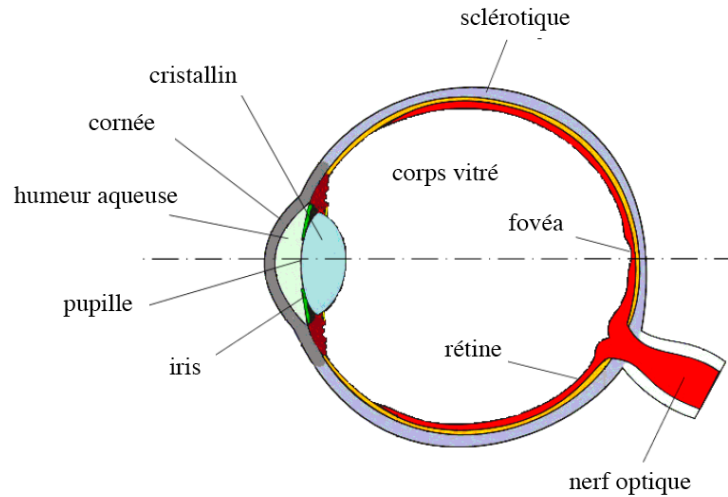


Figure 1 : coupe de l'œil humain

Pour la vision de près, on peut assimiler l'œil à une lentille mince (L) biconvexe, convergente, plongée dans l'air d'indice 1. Tous les rayons lumineux seront considérés comme étant paraxiaux.

S est le centre optique de la lentille, F_o son foyer principal objet, F_i son foyer principal image, V sa vergence et f_i sa distance focale image. La rétine, centrée au point R , est située à une distance du cristallin anatomiquement invariable : la distance $SR = 16,7 \text{ mm}$ reste fixe quelle que soit l'accommodation.

L'œil normal (emmétrope) permet de voir des objets situés devant lui depuis la distance $d_{\min} = 25 \text{ cm}$ (distance minimale de vision distincte) jusqu'à la distance $d_{\max}$ infinie (distance maximale de vision distincte). Pour cela, l'œil accommode, c'est-à-dire que les rayons de courbure de la lentille biconvexe se modifient sous l'effet des muscles ciliaires.

On se place dans le cas de la vision de près quand l'œil accommode au maximum. Si l'image se forme sur la rétine au niveau de la fovéa, l'œil peut distinguer deux points proches suffisamment contrastés si leur distance angulaire est supérieure à $\varepsilon = 4 \times 10^{-4} \text{ rad}$. Cette limite de résolution augmente fortement en vision périphérique.

I.6. On note $p_o = \overline{SA_o}$ la mesure algébrique repérant la position d'un objet lumineux A_oB_o perpendiculaire à l'axe optique et dont l'image se forme sur la rétine. La position de l'image est repérée par la grandeur algébrique $p_i = \overline{SA_i}$.

I.6.a Donner la relation entre p_o , p_i et la vergence V de la lentille (L). Quel nom porte cette relation ? Donner la dimension de la vergence V et son unité en fonction des unités de base du Système International.

I.6.b Calculer la valeur $V_{\max}$ de V quand l'œil emmétrope regarde un objet situé à la distance minimale de vision distincte $d_{\min}$.

- I.6.c Calculer la valeur $V_{\min}$ de V dans le cas où ce même œil emmétrope regarde un objet placé cette fois à la distance maximale de vision distincte $d_{\max}$.
- I.6.d La variation de la vergence de l'œil $A = V_{\max} - V_{\min}$ est appelée l'amplitude d'accommodation. Calculer A dans le cas de l'œil emmétrope.
- I.7. Avec l'âge, l'amplitude d'accommodation se réduit. Cette diminution physiologique porte le nom de presbytie. En pratique, un individu devient presbyte quand il doit éloigner son journal de plus de 35 cm de son œil pour lire. Dans ce cas, la distance minimale de vision distincte augmente ($d'_{\min} = 35 \text{ cm}$) et $d'_{\max} = d_{\max}$ reste inchangé.
- I.7.a Déterminer l'amplitude d'accommodation de l'œil emmétrope d'un individu devenu presbyte.
- I.7.b Quelle est la taille $A_o B_o$ minimale des caractères du journal placé à $d'_{\min} = 35 \text{ cm}$, que peut lire cet individu devenu presbyte ?
- I.7.c Quelle serait la taille $A_o B_o$ minimale des caractères si la presbytie de l'individu augmentait de telle façon qu'il doive placer le journal à 1 m de son œil ? Conclure.
- I.8. Une personne voit nettement un point à l'infini sans accommoder mais ne peut voir un point situé à moins de 1 m en accommodant au maximum. Pour pouvoir lire confortablement un journal placé à 25 cm devant lui, il porte des lunettes dont chaque verre (assimilé à une lentille mince convergente (L_L) de vergence V_L et de centre optique S_L) est placé 2 cm devant le centre optique de l'œil (figure 3). Dans ces conditions, il n'accommode pas.

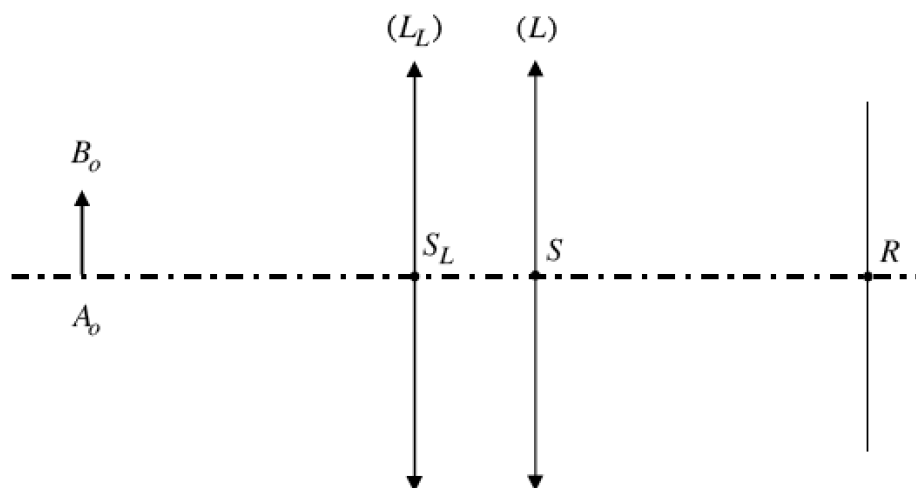


Figure 3 : lentille correctrice placée devant l'œil pour la vision de près.

- I.8.a Calculer la vergence V_L de chacun des verres des lunettes.
- I.8.b En reprenant le schéma de la figure 3, représenter deux rayons issus de B_o qui atteignent la rétine. Les échelles peuvent ne pas être respectées mais vous justifierez votre construction géométrique.
- I.8.c En conservant ses lunettes, l'individu presbyte peut-il voir des objets situés à moins de 25 cm de ses yeux ? Si oui, jusqu'à quelle distance de ses yeux ?
- I.8.d L'individu presbyte peut-il regarder de loin avec ses lunettes ? En conclusion, quel type de lunettes doit-il porter pour pouvoir facilement passer de la vision de près à la vision de loin ?