

SÉRIE D'EXERCICES N° 1

Ce document comporte 2 pages.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

A : Réflexion

A.I- Miroirs plans

Deux miroirs plans presque orthogonaux M_1 et M_2 forment entre eux un angle $\pi/2 - \varepsilon$ avec $\varepsilon = 1'$. Leur arête commune est notée A , et le plan perpendiculaire à cette arête est Π .

Dans le plan Π , à la distance $d = 10$ cm de A , on dispose une source lumineuse ponctuelle S et on observe les images de S formées, l'une (S_1) par réflexions successives sur M_1 puis M_2 et l'autre (S_2) par réflexions successives sur M_2 puis M_1 .

- 1. Calculer les distances AS_1 et AS_2 .
- 2. Calculer la distance S_1S_2 .

A.II- Miroirs sphériques

On étudie deux miroirs concaves.

- 1. Avec le premier miroir, pour une distance entre objet et image $\ell = 15$ cm, le grandissement linéaire transversal est $\gamma = -2,0$; déterminer la distance focale f_1 du miroir.
- 2. Avec le second miroir, et pour une certaine position de l'objet, on observe une image avec le grandissement linéaire transversal $\gamma_1 = -0,50$. En déplaçant l'objet de $\ell' = 5,0$ cm par rapport à la précédente, le grandissement linéaire transversal n'est plus que $\gamma_2 = -0,20$. Déterminer la distance focale f_2 du miroir.

B : Réfraction

B.I- Lentille asphérique

Une lentille de verre d'indice n est formée d'une face d'entrée plane et d'une face de sortie ayant la forme d'une surface de révolution. La lentille forme, à partir d'un objet à l'infini, une image réelle rigoureusement ponctuelle située à la distance f après sa face de sortie.

- 1. Déterminer, dans le cadre des conditions de Gauss, la courbure C de la face de sortie de la lentille.
- 2. Déterminer complètement la nature de la face de sortie.

B.II- Sphère inondée

L'intérieur d'une sphère métallique forme un miroir sphérique; on étudie la formation d'images situées sur son axe vertical, dans les conditions de Gauss.

Dans une première expérience, l'image d'un objet ponctuel est confondue avec l'objet pour une distance objet-sommet du miroir égale à $\ell = 1,0$ m.

Dans une seconde expérience, un peu d'eau s'est déposée au fond du miroir. L'image s'est déplacée de $\Delta\ell = 40$ cm.

- 1. Quel est le rayon R du miroir?
- 2. En déduire la valeur de l'indice optique n de l'eau.
- 3. Quel est, dans le second cas, le grandissement linéaire transversal?

A.I : $AS_1 = AS_2 = 10$ cm ; $S_1S_2 = 0,12$ mm.

A.II : $f_1 = \gamma\ell/(1 - \gamma^2) = 10$ cm. $f_2 = \ell'\gamma_1\gamma_2/(\gamma_2 - \gamma_1) = 2,5$ cm.

B.I : $C = 1/(n-1)f$. Hyperbole, $a = f/(n-1)$, $b = f\sqrt{(n+1)/(n-1)}$, centre situé à $f/\sqrt{n-1}$ du sommet.

B.II : $R = \ell = 1,0$ m. $n = (2R - \Delta\ell)/2(R - \Delta\ell) = 1,33$. $\gamma = -1/(2n-1) = -0,60$.

B.III– Photographie

L'objectif d'un appareil photographique est assimilé à une lentille unique, convergente de focale $f' = 85$ mm. L'appareil produit des images carrées de format $60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$. Le réglage de la distance (tirage t) entre centre optique de l'objectif et plan de la pellicule est réglable. Un diaphragme circulaire permet aussi de régler le diamètre d'ouverture D de l'objectif ; on note $N = f'/D$ le nombre d'ouverture ($0 \leq N \leq 16$).

- 1. La mise au point d'images nettes peut se faire pour une distance objet-image $2 \text{ m} \leq \ell < \infty$. Déterminer les limites du tirage.
- 2. Dans le cas d'un objet à l'infini, déterminer l'écart angulaire entre les objets dont l'image est au centre, et ceux dont l'image est sur les coins de l'image ; commenter.
- 3. Déterminer aussi le rapport des luminosités apparentes de ces deux images, l'objet étant uniformément éclairé (effet de *vignettage*, cf. image ci-dessus).



On réalise une mise au point sur un objet situé à la distance $\ell = 13$ m avec une ouverture $N = 8$. On constate alors que les images semblent nettes pour des objets situés à des distances ℓ' comprises entre $\ell'_{\min} = 6,6$ m et ℓ'_{\max} . En effet, la résolution limitée du capteur photosensible utilisé ne permet pas de distinguer une image ponctuelle nette d'une tache de diamètre inférieur à g .

- 4. Déterminer g .
- 5. Déterminer ℓ'_{\max} ; commenter.
- 6. Comment la profondeur de champ (l'intervalle $[\ell'_{\min}; \ell'_{\max}]$) évolue-t-elle lorsqu'on ouvre plus le diaphragme ($N < 8$) ? Quel est l'intérêt de cette opération ?

B.IV– Système afocal

On associe sur un même axe deux lentilles convergentes, l'objectif (de focale $f'_1 = 50$ cm) et l'oculaire (de focale $f'_2 = 10$ cm).

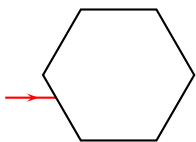
- 1. Comment régler la distance d entre les lentilles pour obtenir un ensemble afocal ? Quel est alors le grandissement apparent G des objets situés à l'infini ?

On introduit une lentille intermédiaire (véhicule) entre les deux précédentes, de manière que l'ensemble reste afocal. On note Ω sa position.

- 2. Trouver la position, la nature et la focale du véhicule pour que l'ensemble reste afocal, le point Ω étant confondu avec sa propre image.
- 3. Déterminer les nouvelles valeurs des grandissements linéaire et angulaire.
- 4. Montrer, pour l'ensemble du système, une relation de conjugaison avec origine en Ω .

C : Dispersion

C.I– Halo



Les cirrus sont des nuages formés de cristaux de glace, ces cristaux forment des prismes réguliers à base hexagonale, d'indice $n(\lambda)$. Un faisceau de lumière parallèle, issu du Soleil, atteint l'un de ces prismes, dans son plan de section principale, sous une incidence arbitraire.

La lumière solaire est alors réfractée et sort par l'une des autres faces de l'hexagone. La présence du halo (cf. photographie ci-dessous) est le signe d'un extremum de déviation pour certaines incidences ; il présente une ouverture angulaire de $\alpha = 22^\circ$ autour du Soleil, lorsqu'on l'observe à travers un cirrus.

- 1. Montrer que la réfraction par un prisme d'angle au sommet $A = 60^\circ$ peut seule expliquer la formation du halo ; en déduire l'indice moyen de la glace.
- 2. La dispersion de la glace suit une loi normale, $\frac{dn}{d\lambda} < 0$ De quel côté le halo est-il irisé ?



B.III : t varie de 85 mm à 88,8 mm. $26^\circ 30'$ (angle de vision normal). Rapport de 1,0 à 0,8.

B.III : $g \simeq 67 \mu\text{m}$. Net jusqu'à l' ∞ . La profondeur diminue, la luminosité augmente.

B.IV : $d = 60$ cm ; $G = -5$. $\Omega = F'_1 = F_2$; convergente, $f' = 4,2$ cm. Inchangés. $\overline{\Omega A'} = \overline{\Omega A}/100$.

C.I : 120° , réfl. totale si $n > 1,16$. $n = \sin((A + \alpha)/2) / \sin(A/2) = 1,31$. Rouge à l'intérieur, bleu à l'extérieur.