

Exercices

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Exercice OPT 1

Une fibre optique est généralement constituée d'un cœur d'indice n , de rayon a et d'une gaine d'indice constant n_0 . Dans une fibre à saut d'indice n est constant.

1. Soit un rayon tombant sur le cœur en faisant l'angle θ avec la normale à la face d'entrée de la fibre. Montrer que le rayon peut être guidé si $n_0 < n$ et si θ est inférieur à un angle θ_0 à déterminer. On appelle $O.N.$ = $\sin\theta_0$ l'ouverture numérique de la fibre.
2. Suivant l'angle, le temps mis pour parcourir une distance ℓ dans la fibre est différent. Soit une impulsion arrivant à $t = 0$ sur l'axe de la fibre sous forme d'un cône convergent de demi-angle au sommet $\theta_i < \theta_0$. Déterminer l'élargissement temporel Δt de l'impulsion à la sortie de la fibre.
3. A.N : $n = 1,5$, $\Delta = \frac{n^2 - n_0^2}{2n^2} = 10^{-2}$, $\ell = 10$ m, $\theta_i = 8^\circ$. Calculer $O.N.$ et Δt .¹

Exercice OPT 2

1. Rappeler les lois de Descartes pour la réfraction d'un rayon lumineux passant de l'air (milieu d'indice unité) vers un milieu d'indice n . On fera un schéma en notant i l'angle d'incidence et r l'angle de réfraction.

2. Exprimer, en fonction de i et de r , la valeur de la déviation du rayon lumineux, définie par l'angle entre la direction incidente et la direction émergente, orientées dans le sens de propagation.

3. Exprimer aussi, à l'appui d'un schéma, la déviation d'un rayon lumineux dans le cas d'une réflexion.

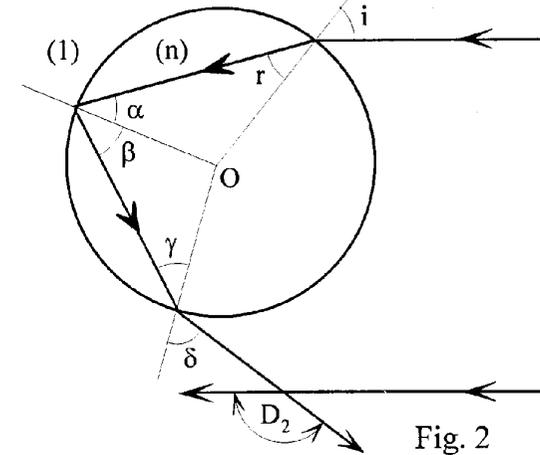
Dans l'ensemble de ce problème, tous les angles seront considérés en valeur arithmétique, c'est-à-dire réels positifs. Leurs valeurs numériques seront à exprimer obligatoirement en degrés décimaux.

1. Exercice OPT 1 : $O.N. = 0,21$; $\Delta t = 2,17 \cdot 10^{-10}$ s

3. Lorsque le soleil illumine un rideau de pluie, on peut admettre que chaque goutte d'eau se comporte comme une sphère recevant un faisceau de rayons parallèles entre eux.

Dans tout ce qui suit, on considérera que l'observation est faite par un œil accommodant à l'infini, c'est-à-dire assimilable à une lentille convergente (cristallin) capable de focaliser sur un écran (rétine) tout faisceau de lumière parallèle issu d'une goutte d'eau.

Une goutte d'eau quelconque, représentée par une sphère de centre O et de rayon R , est atteinte par la lumière solaire sous des incidences variables, comprises entre 0° et 90° . Son indice, pour une radiation donnée, sera noté n tandis que celui de l'air sera pris égal à l'unité.

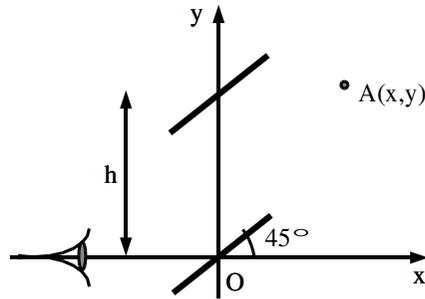


a) Exprimer en fonction de l'angle d'incidence i ou de l'angle de réfraction r , tous les angles marqués de lettres grecques.

b) En déduire l'angle de déviation D en fonction de i et de r .

Exercice OPT 3

Soit un périscope schématisé sur la figure ci-dessous :



1. On désire observer l'image A' d'un point $A(x, y)$ donnée par le périscope. Quels sont les coordonnées de A' ?
2. Le système est-il stigmatique? Quel est l'image d'un objet AB ?

Exercice OPT 4

Un observateur place son œil à une distance D devant un miroir sphérique de diamètre d . On assimile la pupille de l'œil à un point A' placé sur l'axe du miroir. On suppose dans tout l'exercice que D est inférieur à la distance focale du miroir.

1. Effectuer la construction graphique du point A dont l'image est A' par le miroir dans les trois cas : miroir plan, miroir concave, miroir convexe de rayon R .
2. Quels sont dans les trois cas, les points que l'observateur peut espérer apercevoir par réflexion dans le miroir? Préciser la valeur de l'angle qui caractérise la portion d'espace accessible à la vision (champ du miroir).
3. Un observateur place son œil à $D = 1$ m d'un miroir plan de diamètre $d = 15$ cm. Calculer l'angle du cône de vision.
4. Le miroir est maintenant à 2 m de l'œil. Que peut-on dire du champ? Quel miroir faut-il choisir pour retrouver le même champ qu'au 3?

2. Exercice OPT 3 : **1.** $A'(x+h, y-h)$

3. Exercice OPT 4 : **3.** $\theta = 8,5^\circ$, **4.** $\theta = 4,3^\circ$ pour $R = 4$ m

4. Exercice OPT 5 : **1.** si $D \neq R$ $D(D-2R) = 4x^2$; **3.** Après 2 réflexions $\gamma = 1$, après 4 $\gamma = 1$

5. Exercice OPT 6 : pour une lentille $\overline{OA} = -\frac{f'}{2}$; pour un miroir $\overline{SA} = \frac{3C}{4}$

5. Le rétroviseur gauche d'une voiture est plan. Quel doit être la forme du rétroviseur droit pour que le champ de vision soit le même à gauche et à droite?

Exercice OPT 5

On considère deux miroir sphériques avec leur face réfléchissante en regard, distantes de D . Les deux miroirs ont même axe et même rayon R . On note O le milieu entre les sommets S_1 et S_2 .

1. On repère un point objet A sur l'axe par son abscisse $x = \overline{OA}$. Quelle est la relation liant x, R et D qui assure que l'image A' de A après réflexion sur les deux miroirs coïncide avec A ? Discuter les solutions en précisant la nature des miroirs et la distance D . Quelle est la particularité d'une cavité confocale (les deux foyers sont confondus)?
2. On étudie le cas d'une cavité confocale dont on note F le foyer commun. Soit un rayon parallèle à l'axe, décrire son évolution. Même question pour un rayon passant par F .
3. Soit un objet AB plan et perpendiculaire à l'axe (A est sur l'axe). On note $A_i B_i$ l'image de AB après i réflexions. Déterminer $A_i B_i$ pour $i = 1, 2, 3, 4$ et le grandissement correspondant.

Exercice OPT 6

Faire la construction géométrique permettant de déterminer les points conjugués tel que le grandissement est égal à 2 (expliquer le principe de la construction) et retrouver les résultats par le calcul dans les quatre cas suivants :

1. d'un miroir concave
2. d'un miroir convexe
3. d'une lentille convergent
4. d'une lentille divergente

Exercice OPT 7

On associe deux lentilles en les plaçant à distance $d = 30$ cm sur le même axe. On place un objet réel AB à 30 cm devant la 1^{ère} lentille. Tracer les images de AB à travers la 1^{ère} lentille, puis l'image de cette image intermédiaire à travers la 2^{ème} lentille. On obtient ainsi les images de AB à travers l'ensemble des 2 lentilles. On étudiera les cas suivants :

cas	f'_1 (cm)	f'_2 (cm)
1	10	10
2	20	10
3	30	15
4	20	-15
5	20	-60

1. Faire les figures en indiquant l'échelle utilisée.
2. Vérifier ces constructions à l'aide des relations de conjugaison
3. Déterminer le grandissement obtenu après la 1^{ère} lentille, après la 2^{ème} lentille, à travers les 2 lentilles. Quelle relation lie ces valeurs ?⁶

Exercice OPT 8

Un objectif d'appareil photo contient une lentille L_1 ($f'_1 = 75$ mm), une lentille L_2 ($f'_2 = -25$ mm) accolée à L_1 et une lentille L_3 ($f'_3 = 100$ mm) placée à la distance $d < f'_3$ devant l'ensemble $[L_1, L_2]$. On considèrera que les centres des lentilles L_1 et L_2 sont confondus.

1. Faire un dessin de l'ensemble et représenter le cheminement d'un rayon venant parallèle à l'axe sachant que celui-ci arrive en F'_1 foyer image de L_1 . Où se trouve le foyer F' de l'objectif ?
2. Les cellules sensibles sont placées dans le plan de F' . Calculer la distance du centre O_3 de L_3 aux cellules sensibles. Cela définit l'encombrement de l'objectif
3. On considère un arbre de hauteur $h = 30$ m à $d = 2$ km de l'objectif. Calculer la grandeur de l'image formée sur les cellules sensibles.

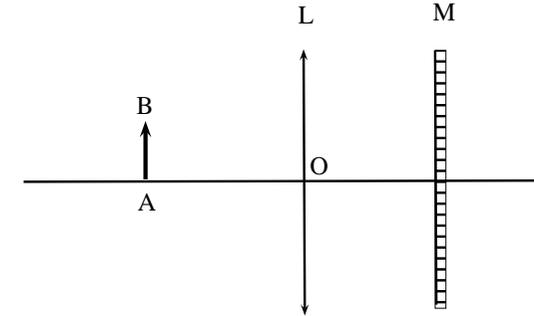
6. Exercice OPT 7 : $\gamma_{L_1 L_2} = \gamma_{L_1} \gamma_{L_2}$ sauf dans le cas 3 $\gamma = -\frac{f'_2}{d}$

7. Exercice OPT 8 : **2.** 15 cm ; **3.** 4,5 mm ; **4.** 30 cm

4. Calculer l'encombrement d'un appareil qui n'aurait qu'une lentille pour objectif et donnerait de l'arbre une image de même dimension.⁷

Exercice OPT 9

AB est un objet, L une lentille mince convergente distant de 2 cm d'un miroir plan M dont la normale est parallèle à l'axe optique de L .



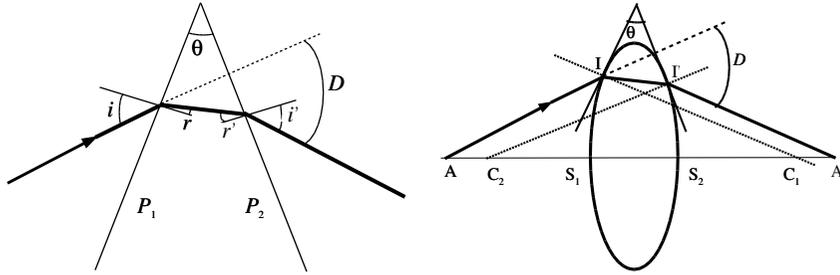
La distance focale de L est égale à 4 cm. Soit A_1 l'image donnée par la lentille L du point A , puis A_2 l'image donnée par le miroir M du point A_1 et enfin A' l'image finale que donne L de A_2

1. Pour un objet AB de hauteur 2 cm à une position \overline{OA} de -6 cm, -4 cm et -2 cm tracer le trajet de deux rayons partant du point B , pour construire son image $A'B'$.
2. Retrouver dans le premier cas par le calcul, les positions de ces images. On prendra le centre optique de la lentille comme origine de l'axe optique.
3. En déduire une méthode pour placer l'objet AB dans le plan focal de L . Quel est le nom de cette méthode utilisée en focométrie ?

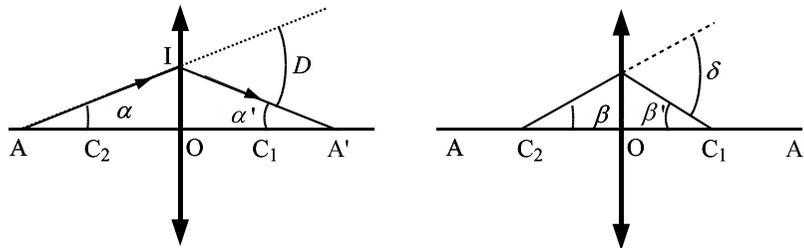
Exercice OPT 10

- 1 – Un rayon subit un phénomène de réfraction à travers deux dioptries plans verre–air successifs, non parallèles (P_1) et (P_2). L'indice de l'air est $n_0 = 1$ et celui du verre $n = 1,5$. Les dioptries forment un angle θ .

1. Exprimer θ en fonction de r et r'
2. Exprimer l'angle de déviation D en fonction de i , i' et θ .
3. Dans le cas où θ est faible, exprimer D en fonction de n et θ



- 2 – On envisage maintenant une lentille résultant de l'association de deux dioptries sphériques verre–air de rayon C_1S_1 et C_2S_2 . En I et I' les dioptries se comportent comme les dioptries (P_1) et (P_2). Si la lentille est mince les distances II' et S_1S_2 peuvent être négligés devant AA' . On obtient alors les schémas suivants :



1. Exprimer D en fonction de $h = \overline{OI}$, \overline{OA} et $\overline{OA'}$
2. Quelle est la relation entre δ et θ ?
3. Exprimer δ en fonction de h , $\overline{C_1S_1}$ et $\overline{C_2S_2}$.
4. Donner la relation de conjugaison liant \overline{OA} et $\overline{OA'}$. En déduire f' .⁸

8. Exercice OPT 10 : **4.** $\frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{C_2S_2} - \frac{1}{C_1S_1} \right)$

9. Exercice OPT 11 : **1.** $V = 67\delta$ et $V = 71\delta$; **3.** $V = -10\delta$

10. Exercice OPT 12 : **2.** : $\overline{F_1F} = 9 \text{ cm}$ et $\overline{F_2F'} = -1 \text{ cm}$

Exercice OPT 11

On considère un œil modélisé par une lentille convergente (le cristallin) et un écran (la rétine) tel que la distance lentille–écran soit égale à 15 mm. On appelle punctum proximum (PP) de l'œil le point le plus proche que l'œil peut voir nettement et punctum remotum (PR) le point le plus éloignée que l'œil peut voir nettement.

1. Calculer les valeurs extrêmes de la vergence de la lentille pour un punctum proximum (PP) de 25 cm et un punctum remotum (PR) infini.
2. L'œil en vieillissant perd son pouvoir d'accommodation. Le PR n'est pas modifié, mais la vergence du cristallin ne peut plus varier que de 4,5 , 1 et 0,25 , respectivement à 33, 45 et 70 ans. Déterminer les PP correspondants.
3. Un individu est très myope ; son PR est de 11 cm. Un opticien lui propose une paire de lunettes telle que la distance œil–lunettes soit de 1 cm. Quelle vergence doit-il choisir ?⁹

Exercice OPT 12

Un doublet est constitué de l'association de deux lentilles (L_1) et (L_2) de distance focales f'_1 et f'_2 et de centre optique O_1 et O_2 , non nécessairement accolées. On définit un doublet de lentilles minces par la donnée de 3 nombres : f'_1 , $e = \overline{O_1O_2}$, f'_2
Un doublet de Huygens est de type : $f'_1 = 3a$, $e = 2a$ et $f'_2 = a$. On prendra pour les applications numériques : $a = 2 \text{ cm}$.

1. Placer sur un axe optique les foyers de (L_1) et (L_2) et déterminer par construction géométrique les foyers, objet et image, du doublet notés F et F' .
2. Vérifier ces résultats par le calcul.
3. Tracer le cheminement d'un faisceau à travers le doublet.
4. Quel peut être l'intérêt d'utiliser un doublet plutôt qu'une lentille mince de même focale dans un instrument d'optique ?¹⁰