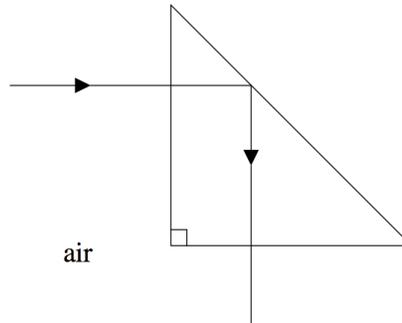


Exercices élémentaires d'optique géométrique

• Exercice 1 : Prisme et réflexion

Un prisme rectangle isocèle est utilisé comme indiqué sur la figure ci-dessous.



- 1) Quelle condition l'indice de réfraction du prisme doit-il satisfaire pour que la réflexion soit totale ?
- 2) Comment utiliser ce prisme pour que la lumière incidente reparte dans la direction opposée ?

• Exercice 2 : Fibre optique

On considère une fibre optique à saut d'indice constituée d'un cylindre très long de diamètre r_1 et d'indice de réfraction n_1 , constituant son cœur, entouré d'une gaine d'indice n_2 .

- 1) Avec quel angle maximal par rapport à l'axe de la fibre la lumière peut-être entrer pour être transmise jusqu'à l'extrémité de la fibre ?
- 2) Effectuer l'application numérique dans le cas où $n_1 = 1.48$ et $n_2 = 1.46$.
- 3) Quel décalage temporel une telle fibre introduit-elle entre un rayon correspondant à l'angle d'entrée maximal et un rayon parallèle à l'axe, pour une longueur de fibre $L = 30$ m ?

• Exercice 3 : Dioptré sphérique dans les conditions de Gauss

On considère un dioptré sphérique de rayon R séparant deux milieux d'indices n et n' , avec $n < n'$. Le centre C du dioptré est situé dans le milieu d'indice n' . On utilise ce dioptré dans les conditions de Gauss.

- 1) Déterminer la position des points cardinaux et l'expression des distances focales objet et image en fonction des données du problème.
- 2) Déterminer la relation de conjugaison pour ce dioptré.
- 3) En déduire la relation de conjugaison d'une lentille mince.

• Exercice 4 : Miroir sphérique dans les conditions de Gauss

1) Déterminer géométriquement la relation de conjugaison (avec origine au sommet) et l'expression du grandissement pour un miroir sphérique de rayon R . Quelle analogie peut-on faire avec le cas du dioptré sphérique ?

2) Dédurre de la relation de conjugaison précédente la position des foyers du miroir.

• Exercice 5 : Loupe

Comment convient-il d'utiliser une lentille convergente pour s'en servir de façon optimale comme une loupe ? Discuter les pertes de performance si les conditions ne sont pas optimales ?

• Exercice 6 : Lunette astronomique

1) Déterminer le « diamètre apparent », α , de la Lune, sachant que son diamètre physique est $D_L = 3450$ km, et que la distance Terre-Lune vaut environ $L = 380000$ km.

On réalise une lunette à l'aide de deux lentilles convergentes. La première, de distance focale f'_1 , représente l'objectif. La seconde, de même axe optique et de distance focale f'_2 , inférieure à la première, est utilisée comme un loupe et constitue l'oculaire.

2) Calculer le diamètre apparent, α' , sous lequel la Lune est vue à travers la lunette. Déterminer la valeur du grossissement, dans le cas où $f'_1 = 2$ m et $f'_2 = 10$ cm.

• Exercice 7 : Microscope

Un microscope est assimilable à un système de deux lentilles convergentes minces, de même axe optique. La première (l'objectif), de centre optique O_1 , a une distance focale $f'_1 = 10$ mm. La seconde (l'oculaire), de centre optique O_2 , a une distance focale $f'_2 = 20$ mm. Un objet AB, de taille transversale $l = 100 \mu\text{m}$, est placé à 11 mm de l'objectif.

1) Calculer les caractéristiques de l'image intermédiaire $A'B'$ fournie par l'objectif de AB.

2) L'oculaire donne une image virtuelle $A''B''$. Quelle doit être la distance $d = O_1O_2$ pour que la taille transversale de l'image $A''B''$ soit de 10 mm ?

3) Quel est alors le grossissement du microscope ?

• Exercice 8 : Lentille mince convergente

On considère une lentille mince convergente.

1) Définir les notions de foyer objet, de foyer image, et de distance focale pour une telle lentille.

2) Faire un schéma représentant la lentille, l'axe optique et les foyers, et donnant un exemple de tracé de rayons montrant la formation d'une image $A'B'$ à partir d'un objet AB perpendiculaire à l'axe.

3) Rappeler la formule de conjugaison pour la lentille mince convergente.

4) On donne les informations suivantes :

- dans une certaine configuration, la lentille donne d'un objet une image sur un écran agrandie deux fois ;
 - lorsqu'on rapproche de 36 cm la lentille de l'écran, l'image est toujours nette, mais de taille moitié de celle de l'objet.
- Déterminer la distance focale de la lentille.

• Exercice 9 : Reprographie

Un photocopieur fait l'image d'un document sur une surface photosensible, en utilisant un objectif à base de lentilles minces. On souhaite réaliser une photocopie à partir d'un document au format A4, pour en faire un document à l'un des trois formats suivants : A3, A4, A5. Ces différents tirages sont réalisés en modifiant simplement la position des lentilles constituant le système optique. La distance entre le document original et le récepteur photosensible est $D = 384$ mm. On positionne une première lentille mince divergente, (L_1) , de distance focale image $f'_1 = -90$ mm, à une distance $d = 180$ mm du récepteur.

- 1) La lentille (L_1) peut-elle, seule, donner une image du document sur le récepteur ?
- 2) On ajoute une lentille mince (L_2) en avant de la lentille (L_1) , à une distance $l = 180$ mm du document. Déterminer quelle doit être la distance focale image f'_2 de cette lentille pour que l'on obtienne une image réelle du document sur le récepteur.
- 3) En déduire le grandissement γ_1 de l'association des deux lentilles, et indiquer quel type de tirage cet objectif permettra de réaliser, à partir du document A4.
- 4) En fait, la lentille (L_2) est constituée de deux lentilles minces accolées, (L_3) et (L_4) , avec (L_3) identique à (L_1) . Déterminer la distance focale image f'_4 de la lentille (L_4) . Quelle est la nature de cette lentille mince ?
- 5) On déplace maintenant la lentille (L_4) pour l'accoler non plus à (L_3) , mais à (L_1) . Montrer que l'image du document reste sur le récepteur, et calculer le grandissement γ_2 correspondant à ce nouveau arrangement des trois lentilles. En déduire le type de tirage obtenu.

• Exercice 10 : Téléobjectif d'appareil photographique

On assimile l'objectif d'un appareil photographique à une lentille mince convergence (L) , de centre O et de distance focale image f' . La distance d entre (L) et l'écran (E) où se trouve la pellicule sensible est variable, ce qui permet d'effectuer la mise au point. On ne tiendra pas compte des effets de diffraction et le problème sera traité dans le cadre de l'optique géométrique, dans les conditions de Gauss.

- 1) Mise au point de l'objectif : on désire photographier des objets dont la distance à (L) varie de x_0 à l'infini. Dans quel domaine doit pouvoir varier d ? Calculer numériquement les valeurs extrêmes, d_{\min} et d_{\max} , lorsque $x_0 = 60$ cm et $f' = 50$ mm.
- 2) On veut photographier une tour (AB) haute de 50 m, située à une distance $D = 2$ km. Quelle serait la taille de l'image $(A'B')$ sur la pellicule si la mise au point était faite avec l'objectif standard de la question précédente ? Quel serait « l'encombrement » de l'objectif, c'est-à-dire la distance entre l'objectif et la pellicule ?

Pour agrandir l'image, on utilise un téléobjectif formé d'une lentille convergente (L_1) , de distance focale $f'_1 = \overline{O_1F'_1} = 50$ mm, suivie d'une lentille divergente (L_2) de distance focale $f'_2 = \overline{O_2F'_2} = -25$ mm, la distance entre les deux lentilles étant $\overline{O_1O_2} = 31.2$ mm. On note $A''B''$ l'image de la tour (AB) par le système optique des deux lentilles.

- 3) Déterminer la position de A'' par rapport à O_2 , puis la taille $\overline{A''B''}$ de l'image $A''B''$. Comparer cette taille à celle de l'image $A'B'$ obtenue à la question 2.
- 4) Déterminer l'encombrement correspondant du téléobjectif.
- 5) Quelle serait la distance focale f' d'une lentille convergente unique qui donnerait de la tour la même taille d'image que le téléobjectif? Comparer son encombrement aux encombrements calculés précédemment.

• Exercice 11 : Profondeur de champ

L'objectif d'un appareil photo est modélisé par une lentille mince convergente de distance focale image $f' = 50$ mm, accolée à un diaphragme circulaire de diamètre D . Les axes de la lentille et du diaphragme sont confondus. La lentille est utilisée dans les conditions de Gauss. On définit le *nombre d'ouverture*, N , par le rapport $N = f'/D$.

- 1) La mise au point étant faite à l'infini, quelle est la distance de l'objectif au plan du film ?
- 2) La distance minimale de mise au point parfaite étant de 60 cm, calculer dans ces conditions la distance de l'objectif au plan du film.

L'objectif est mis au point à l'infini. A tout point de l'axe correspond alors, sur la pellicule, une tache. Compte tenu du grain de la pellicule et de l'acuité visuelle, il y a netteté apparente si le diamètre de cette tache est inférieur ou égal à δ . On note A_1 le point de l'axe le plus proche de l'objectif pour lequel ce critère de netteté apparente est satisfait.

- 3) Représenter sur une figure le point A_1 et son image A'_1 , ainsi que les grandeurs D et δ .
- 4) Calculer la distance p_1 du point A_1 à l'objectif en fonction de N , f' et δ . Commenter le résultat.
- 5) Application numérique : si $\delta = 30 \mu\text{m}$, calculer p_1 pour $N = 2.8$ et pour $N = 16$.
- 6) La tache centrale de diffraction donnée par une ouverture circulaire de diamètre D a pour rayon angulaire $\alpha = 1.22 \times \lambda/D$. Quelle condition doit respecter le nombre d'ouverture de l'objectif de 50 mm de focale pour que la netteté ne soit pas limitée par la diffraction ?
- 7) Faire l'application numérique pour $\delta = 30 \mu\text{m}$, puis pour $\delta = 10 \mu\text{m}$ (on prendra $\lambda = 0.6 \mu\text{m}$). Commenter.
- 8) Le photographe a le choix entre plusieurs nombres d'ouverture (1.8, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22) et plusieurs vitesses d'obturation (1/1000, 1/500, 1/250, 1/60, 1/30, 1/15, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2). Un premier réglable lui donne certaines caractéristiques concernant la profondeur de champ et le niveau d'exposition. Il désire ensuite diminuer la profondeur de champ, tout en conservant la même exposition à sa photographie. Comment doit-il opérer ?