

TD n° 3 de Physique

Optique - Œil et instruments d'optique

Exercices

1 Lunette astronomique ★

On considère un système constitué d'une lentille (L_1) objectif de centre O_1 et de distance focale $f'_1 = 20$ cm, ainsi que d'une lentille (L_2) oculaire de centre O_2 . Le foyer objet F_2 de (L_2) coïncide avec le foyer image F'_1 de (L_1). La longueur $\ell = \overline{O_1O_2}$ vaut 15 cm.

1. Quelle est la nature des lentilles ?
2. Où se trouvent les foyers ? Commenter ce résultat.
3. Cet appareil est destiné à voir des objets éloignés. En appelant α le diamètre angulaire apparent d'un objet à l'infini et α' celui de son image, calculer le grossissement de cette lunette.

On pointe avec cette lunette un objet AB de 2 cm, situé à 30 cm devant la lentille L_1 .

4. Construire l'image A'B' de AB. Est-elle réelle ou virtuelle ?
5. Calculer $p' = \overline{O_2A'}$ et $\overline{A'B'}$.

2 Doublet de lentilles minces ★★

On étudie un oculaire constitué d'un doublet de lentilles minces L_1 et L_2 , distantes de $e = O_1O_2$, et de distance focales images respectives f'_1 et f'_2 .

1. À quoi sert un oculaire ? Peut-il être afocal ? En déduire une valeur interdite de e .
2. Déterminer les positions $\overline{O_1F}$ et $\overline{O_2F'}$ des foyers objet et image du doublet, en fonction de f'_1 , f'_2 et e .

Les doublets oculaires sont généralement désignés par un triplet d'entiers (m, l, p) tels que

$$\frac{f'_1}{m} = \frac{e}{l} = \frac{f'_2}{p} = u$$

3. Exprimer en fonction de m , l , p et u la position des foyers objet et image du doublet.
4. Appliquer ce résultat au doublet de Wollaston (2,3,6) utilisé comme loupe.
5. Appliquer ce résultat au doublet d'Huygens (4,3,2). Peut-on l'employer comme une loupe ?
6. Proposer une construction géométrique soignée pour $u = 1,5$ cm.

3 Utilisation d'un viseur ★★★

L'œil voit sans accommoder les objets situés à l'infini (PR) et en accommodant les objets situés à une distance supérieure à $d_0 = 12,5$ cm, distance minimale de vision distincte (PP).

Un viseur est constitué d'un objectif L_1 ($f'_1 = 10$ cm) de diamètre $d_1 = 3$ cm et d'un oculaire L_2 ($f'_2 = 2$ cm). Il est réglé de façon à viser les objets situés à 20 cm de la face d'entrée de l'objectif : l'œil regarde alors sans accommoder les images de ces objets.

1. Quelle est la distance ℓ entre L_1 et L_2 ?
2. Déterminer la position et le diamètre du « cercle oculaire », image de l'objectif donnée par l'oculaire.
3. Déterminer la profondeur de champ lorsque l'observateur place son œil
 - (a) contre la lentille L_2
 - (b) dans le plan focal image de L_2

4 Corrections de l'œil ★

On modélise un œil par une lentille convergente de vergence variable, placée à 15 mm de la rétine.

1. Calculer le domaine de variation de la vergence d'un œil emmétrope, qui accommode de 25 cm à l'infini.
2. Un œil myope a la même vergence mais la distance lentille-rétine est de 15,2 mm. Déterminer le PP et le PR de cet œil. Quelle est la vergence de la lentille de contact à utiliser pour corriger cet œil ?
3. Un œil hypermétrope est tel que la distance lentille-rétine est de 14,8 mm. Répondre aux mêmes questions.

5 Œil hypermétrope ★★

Un élève est hypermétrope : le PP est situé à 30 cm et le PR est à 1 m derrière chaque œil. Il utilise une loupe de vergence 10δ de deux façons différentes, soit l'œil collé contre la loupe, soit l'œil situé dans le plan focal image de la loupe.

1. Déterminer dans chacun des cas les positions d'objets visibles par l'élève à travers la loupe.
2. Calculer la puissance $P = \frac{\theta'}{AB}$ de la loupe, pour chacun des cas, sans accommodation.

6 Profondeur de champ sur un appareil photo numérique ★★★

Un photographe amateur utilise, pour un portrait, un objectif de distance focale fixe $f' = 50$ mm (modélisable par une lentille convergente unique). Le nombre d'ouverture N , réglable, est le rapport entre f' et le diamètre $2R$ du diaphragme (que l'on assimilera au diamètre de la lentille). Le photographe sait qu'il peut, pour faire ressortir son sujet, régler le N à une valeur faible : en ayant une « grande ouverture », on doit obtenir un arrière plan flou. Il essaie avec $N = 2,8$.

Le capteur mesure $h' = 15$ mm de haut et se trouve à la distance d'_0 du foyer image de l'objectif. Sur la photo, on voit le sujet, situé à la distance d_0 du foyer objet de l'objectif, sur une hauteur de $h = 1$ m.

1. Déterminer les distances d_0 et d'_0 .
2. Un objet supposé ponctuel se trouve derrière le sujet, à la distance d du foyer objet. Montrer que le rayon r de la tâche sur le capteur correspondant à l'objet vaut approximativement $\frac{f'^2}{2N} \left(\frac{1}{d_0} - \frac{1}{d} \right)$.
3. On dira que l'image est nette si r est inférieure à la taille de deux pixels du capteur, soit $10\ \mu\text{m}$. Déterminer la profondeur de champ de la photographie, c'est-à-dire la plage de valeurs de d pour lesquelles l'image est considérée nette.
4. Refaire l'application numérique pour $N = 10$. Conclure sur l'intérêt de l'ouverture en photographie.