

Systèmes optiques

EX 1 – Conjugaison par un dioptre plan

Le dioptre plan n'est pas un système stigmatique. Toutefois on ne voit pas totalement flou lorsqu'on regarde un objet situé dans un autre milieu que notre œil (dans l'eau, dans le verre ou le plastique...). Cela est dû au fait que le fonctionnement de l'œil, grâce à la pupille, nous place dans les conditions de Gauss, tout du moins pour la zone de vision centrale. Le dioptre plan est donc approximativement stigmatique dans les conditions usuelles.

On considère un dioptre plan séparant deux milieux d'indices n_1 et n_2 . Soit un point objet A situé dans le milieu 1, et H son projeté orthogonal sur le dioptre.

1. Déterminer la position de son image A' dans les conditions de Gauss pour un œil situé sur la normale (AH).

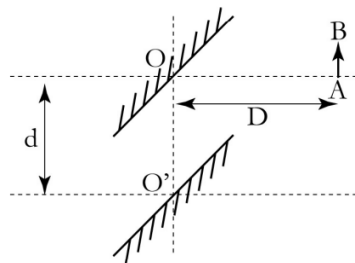
Exprimer le rapport des mesures algébriques $\frac{HA'}{HA}$.

2. Dans quel cas l'image est-elle plus proche du dioptre que l'objet ? Appliquer au cas du dioptre air-eau.
3. Que se passe-t-il si l'œil n'est plus situé sur la normale au dioptre passant par A ?

EX 2 – Périscope

Un périscope est un système optique formé de deux miroirs plans faisant un angle de 45° avec la verticale. On note d la distance OO' entre les deux miroirs. L'objet \overline{AB} observé est vertical et à la distance D du centre O du miroir supérieur.

1. Déterminer la distance entre O et l'image de A par le système.
2. Déterminer l'orientation de l'image $\overline{A'B'}$ par le périscope.



EX 3 – Méthode graphique, relation de conjugaison et grandissement

1. On place un objet lumineux, de 5 cm de haut, 30 cm devant une lentille convergente de distance focale $f' = 20$ cm.

- a) Faire un dessin à l'échelle et construire l'image par la lentille. Déterminer graphiquement sa position, sa nature et sa taille.

- b) Retrouver ces grandeurs et propriétés à l'aide des relations de conjugaison et sur le grandissement.

2. Une lentille mince, dont on ne connaît pas la nature, fait d'un objet réel situé à 5 cm de la lentille une image virtuelle située à 3 cm de la lentille. Déterminer graphiquement les positions des foyers de cette lentille. Retrouver ce résultat par le calcul.

3. Une lentille divergente de distance focale $f' = -5$ cm réalise un grandissement $\gamma = -\frac{1}{2}$. Déterminer les positions de l'objet et de l'image par une méthode graphique puis par le calcul.

EX 4 – Mise-au-point impossible

On souhaite obtenir d'un objet réel A , une image nette A' , sur un écran situé à une distance de l'objet égale à $D = 80$ cm. Pour ce faire, on utilise une lentille convergente de distance focale image $f' = 25$ cm, que l'on place en un point O , entre l'objet et l'écran. Malheureusement, lorsqu'on ajuste la position de la lentille, aucun réglage ne convient !

Expliquer pourquoi. Comment aurait-il fallu choisir la lentille ?

EX 5 – Lentilles minces accolées - correction de vision

Deux lentilles minces quelconques $\mathcal{L}_1 (O_1, f'_1)$ et $\mathcal{L}_2 (O_2, f'_2)$ sont dites accolées lorsque $O_1O_2 \ll |f'_1|$ et $O_1O_2 \ll |f'_2|$ simultanément. Dans ce cas, on notera O le centre optique commun des deux lentilles ($O \approx O_1 \approx O_2$).

1. En prenant l'origine en O , quelle est la relation de conjugaison du système ainsi obtenu ? En déduire la lentille \mathcal{L} équivalente à l'association des deux lentilles $\{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$?

2. Préciser le grandissement de l'ensemble en fonction du grandissement donné par chaque lentille.

3. Application : correction de vision d'un œil myope

La distance maximale de vision distincte pour l'œil myope considéré est de 1,25 m. Quelle est la vergence des verres qu'il doit porter afin qu'il puisse voir un objet à l'infini sans accommoder ?

EX 6 – Téléobjectif d'appareil photo

Un téléobjectif est assimilable à une lentille \mathcal{L}_1 de focale $f'_1 = 10$ cm et de centre optique O_1 et une lentille \mathcal{L}_2 , de focale $f'_2 = -4$ cm et de centre optique O_2 , distante de $d = \overline{O_1O_2} = 6.5$ cm. On désire former l'image d'un monument de hauteur $h = 24$ m qui se trouve à une distance $D = 1200$ m de \mathcal{L}_1 .

1. Où se trouve l'image du monument par \mathcal{L}_1 ? Quelle est la taille de cette image intermédiaire?
2. Où se trouve l'image du monument par le système $\{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$? Quelle est la taille de la nouvelle image? En déduire l'encombrement du dispositif (distance entre l'extrémité du téléobjectif et le plan dans lequel l'image se forme).
3. Si l'objectif était constitué d'une unique lentille \mathcal{L} , quelle serait l'encombrement de l'objectif et la focale utilisée pour obtenir le même grandissement que $\{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$?

EX 7 – Lunette de Galilée

On considère deux lentilles minces \mathcal{L}_1 ($O_1, V_1 = 5\delta$) et \mathcal{L}_2 ($O_2, V_2 = -20\delta$) écartées d'une distance d . L'ensemble est monté de manière à réaliser une lunette de Galilée, c'est-à-dire que le système des deux lentilles est afocal (l'image de l'infini est à l'infini). On se sert de cette lunette pour observer un objet éloigné sur l'axe optique de diamètre angulaire α faible.

1. Calculer l'écartement d entre les deux lentilles.
2. Réaliser la construction permettant de trouver le diamètre angulaire α' de l'objet à la sortie de la lunette. En déduire la valeur du grossissement de la lunette : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.
3. On pourrait aussi observer l'objet en utilisant une lunette astronomique de même grossissement. Si vous aviez le choix, quel type de lunette choisiriez-vous?

EX 8 – Système catadioptrique

Un système est formé par l'association d'une lentille mince convergente de distance focale 0.1 m et d'un miroir plan situé à 0.2 m de la lentille. Déterminer le (ou les) point(s) de l'axe qui est à lui même sa propre image.

EX 9 – Pouvoir de résolution de l'oeil

Tout système optique a un certain *pouvoir séparateur* angulaire (ou *pouvoir de résolution*) qui correspond à la distance angulaire minimale entre deux images rapprochées telle qu'on puisse les distinguer.

De façon générale, ce pouvoir séparateur peut être limité par la diffraction de la lumière à travers le diaphragme d'ouverture de l'instrument. Il peut aussi être limité par la taille des grains qui structurent le récepteur (ex : capteurs CCD, grains photo-sensibles sur les pellicules photos ou sur le papier photo, cellules photo-réceptrices sur la rétine de l'oeil...).

Dans le cas de l'oeil, les cônes et les bâtonnets couvrent la surface de la rétine, particulièrement concentrés au voisinage de la tache jaune. Leur taille moyenne est de l'ordre de $4\mu\text{m}$. En déduire un ordre de grandeur du pouvoir séparateur de l'oeil.