TD P6 Modèles de dispositifs optiques

Pour tous les exercices : formules de conjugaison

$$\overline{F'A'}.FA = \overline{OF'}.\overline{OF} = -f'^2 \quad \text{et} \quad \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

P6-1 Utilisation d'une loupe

Une loupe est une lentille convergente de distance focale f' petite devant la distance d_{pp} entre l'œil et le punctum proximum (PP). On s'intéresse au principe et au grossissement angulaire G d'une telle loupe.

1. Position de l'image et de l'objet.
   a. Une loupe forme une image A_0B_0 droite d'un objet réel AB. De quelle nature est nécessairement l'image ?
   b. Où se situe alors l'objet AB par rapport au foyer principal objet F de la lentille ?
   c. Pour des raisons de confort, on veut que l'image se forme à l'infini. Où doit-on placer l'objet ?
   d. Illustrer cette configuration par une construction géométrique. L'œil est collé à la loupe. On adopte cette configuration par la suite.

2. Grossissement de la loupe. On appelle grossissement commercial de la loupe le rapport G = α'/α avec α le diamètre apparent de l'objet placé au punctum proximum et α' le diamètre apparent de son image par la loupe.
   a. Redonner l'ordre de grandeur de la limite de résolution angulaire d'un ÷il sain et la distance à l'÷il du punctum proximum. En déduire la taille caractéristique l_{min} du plus petit détail discernable à l'÷il nu.
   b. Exprimer le grossissement de la loupe en fonction de f' et d_{pp}.
   c. Application numérique pour une loupe de vergence C = 20 δ.
   d. Quelle est la taille du plus petit détail discernable avec cette loupe ?

P6-2 Etude de l'œil

Un œil est constitué d'un cristallin assimilable à une lentille convergente de focale ajustable f ' et d'une rétine située à une distance D = 11, 0 mm du centre O du cristallin. Les caractéristiques générales de l'œil sont :

- un punctum proximum à 250 mm et un punctum remotum à l'infini.
- un champ de diamètre angulaire 100° pour la vision globale, dont 2° pour la vision précise.
- une résolution angulaire de 3.10^{-4} rad pour la vision précise et 5.10^{-3} rad pour la vision périphérique.

1. Déterminer la valeur f'_{inf} de la distance focale du cristallin lorsque celui-ci n'accommode pas, et la valeur f'_M de cette focale au punctum proximum.
2. Déterminer le diamètre Φ_R de la rétine et celui Φ_P de la zone consacrée à la vision précise.
3. La surface de la rétine est tapissée de récepteurs lumineux appelés cônes. Calculez le diamètre Φ_C d'un cône dans la zone de vision précise puis à la périphérie de la rétine.
4. Combien de cônes la zone de vision précise comporte-t-elle ?
5. Un œil myope possède un cristallin analogue à celui d'un œil normal, mais une distance cristallin-rétine D' différente. Sans accommoder, il met au point à une distance de 750 mm.
   a. Calculer la distance D'.
   b. Déterminer la distance minimale de vision nette.
   c. Déterminer la focale f'_L d'une lentille de contact destinée à corriger cet œil.

P6-3 Téléobjectif d'appareil photo

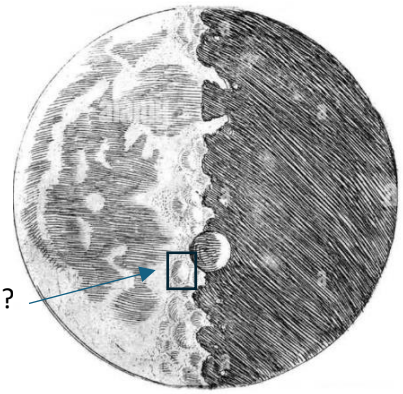
Un téléobjectif est assimilable à une lentille L_1 de focale f'_1 = 10 cm et de centre optique O_1 et une lentille L_2, de focale f'_2 = − 4,0 cm et de centre optique O_2, distante de d = O_1O_2 = 6,5 cm. On désire former l'image d'un monument de hauteur h = 24 m qui se trouve à une distance D = 1,2 km de L_1.

1. Où se trouve l'image du monument par L_1 ? Quelle est la taille de cette image intermédiaire ?
2. Où se trouve l'image du monument par le système {L_1 + L_2} ? Quelle est la taille de la nouvelle image ?

En déduire l'encombrement de ce 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 L, quelle serait l'encombrement de l'objectif et la focale utilisée pour obtenir le même grandissement que {L_1+L_2} ?

P6-4 Lunette de Galilée



1. La première lunette construite par Galilée était longue de 40 cm et permettait d'avoir un grossissement d'environ 30. En déduire les focales des lentilles utilisées.
2. Sur la Lune, le cratère Alphonsus a un diamètre d = 104 km. Sachant que la distance Terre-Lune est D = 383 000 km, déterminer si le cratère Alphonsus est visible à l'œil nu et avec la première lunette de Galilée.

NB : le dessin ci-contre a été réalisé par Galilée en 1610.

P6-5 Microscope

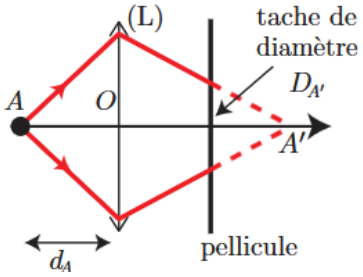
Un microscope simplifié est constitué de deux lentilles minces convergentes : une lentille d'entrée L_1 (objectif) et une lentille L_2 (oculaire). Leurs distances focales respectives valent $f'_1 = 5$ mm et $f'_2 = 20$ mm.
La distance Δ séparant le foyer image de L_1 et le foyer objet de L_2 est appelé intervalle optique. On prendra ici $\Delta = F'_1F_2 = 17$ cm. Le microscope est réglé de manière que l'image $A'B'$ définitive soit située à l'infini. L'œil de l'observateur est proche du foyer image de l'oculaire.

1. Quel est l'intérêt de placer l'image définitive $A'B'$ à l'infini ?
2. En utilisant les relations de conjugaison, déterminer la position de l'objet à observer.
3. Faire une construction géométrique soignée pour un objet AB perpendiculaire à l'axe optique et tracer la marche d'un faisceau lumineux issu de B.
4. Calculer le grandissement γ_1 de l'objectif.
5. Exprimer l'angle α' sous lequel est vue l'image définitive en fonction de γ_1, f'_2 et AB.
6. L'observation à l'œil nu de l'objet à la distance minimale de vision nette $d_m = 25$ cm est faite sous un angle α. Déterminer le grossissement commercial $G_C = \alpha'/\alpha$ du microscope.
   En déduire la puissance intrinsèque du microscope définie par le rapport $P_i = \alpha'/AB$.

P6-6 Appareil photo jetable

Les appareils photo jetables sont de conception très simple afin que le prix de revient soit le plus bas possible. L'objectif n'est composé que d'une seule lentille mince convergente (L), de diamètre utile D_L, et la pellicule se situe à une distance d fixe de la lentille. Aucune mise au point n'est possible.

1. L'objet étant situé à l'infini, déterminer la valeur de d à prévoir lors de la fabrication pour que son image soit nette sur la pellicule. On note f ' la distance focale de la lentille.
2. Quelle est alors la dimension X, sur la pellicule, de l'image de la Lune qui a un diamètre apparent α ? On fera l'application numérique avec f ' = 3 cm et α = 0, 5°.
3. Un objet ponctuel A, sur l'axe optique, qui n'est pas situé à l'infini, a son image en dehors du plan de la pellicule et donne sur la pellicule une tâche de diamètre $D_{A'}$ (voir figure ci-contre. Soit d_A la distance entre le point A et la lentille ($d_A > 0$). Exprimer OA' en fonction de d_A et f, puis donner l'expression de $D_{A'}$ en fonction de D_L, f ' et d_A.



4. La pellicule est formée de grains supposés circulaires de diamètre ε = 20 µm. Sachant que f ' = 3 cm, D_L = 2 mm et ε = 20 µm, calculer la position du point A le plus proche qui est encore net après développement.

P6-7 Une araignée géante ? (Résolution de problème)

Dans la bande dessinée L'étoile mystérieuse, Tintin se rend à l'observatoire pour étudier une nouvelle étoile. Il croit alors voir une araignée gigantesque sur l'étoile, mais ce n'est qu'une illusion due à une araignée située à l'intérieur de la lunette astronomique. Proposer une explication à l'aide d'un schéma.

