

TD 1 (partie 2)

Lentilles minces

Exercice 1 : Applications directes du cours

1. Lentille convergente et objet réel

On place un objet de 5 cm de haut à 30 cm devant une lentille convergente de distance focale $f' = 20\text{ cm}$. Faire un schéma à l'échelle et construire l'image par la lentille. Déterminer graphiquement sa position, sa nature et sa taille. Retrouver ces grandeurs et propriétés à l'aide des relations de conjugaison et de la relation sur le grandissement.

2. Distance focale

Une lentille mince convergente donne d'un objet une image sur un écran, agrandie deux fois. Lorsqu'on rapproche de $0,36\text{ m}$ la lentille de l'écran, la taille de l'image devient la moitié de celle de l'objet. Déterminer la distance focale image de la lentille.

3. Position des foyers d'une lentille

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.

4. Conjugaison à grandissement fixé

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

5. Condition pour former l'image réelle d'un objet réel (démonstration à connaître)

Etablir que la condition pour qu'une lentille convergente de distance focale f' forme une image réelle d'un objet réel est que la distance D entre l'image et l'objet vérifie : $D \geq 4f'$.

Exercice 2 : Objectif d'appareil photo

Un objectif photographique peut être assimilé à une lentille mince convergente L ; ici nous considérons un objectif de distance focale $f' = 75\text{ mm}$. Par défaut, l'appareil est réglé de façon à former une image nette dans le plan du capteur CCD d'un objet situé à l'infini.

1. Où se situe, par défaut, le capteur CCD ?
2. On photographie, avec cet appareil, la tour Eiffel de hauteur $h = 324\text{ m}$ et située à 500 m . Calculer sa hauteur h' sur la photo.

Les téléobjectifs permettent de photographier des objets à grande distance. On peut modéliser un téléobjectif par une association de deux lentilles convergentes L_1 et L_2 :

- $f_1' = 10\text{ cm}$
- $f_2' = -4\text{ cm}$
- $d = \overline{O_1O_2} = 6,5\text{ cm}$

3. Où se trouve l'image intermédiaire du monument par L_1 ? Quelle est la taille de cette image intermédiaire ?
4. 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 du dispositif, c'est-à-dire la distance entre l'extrémité du téléobjectif et le capteur.
5. Si l'objectif était constitué d'une unique lentille L_3 quelle devrait être sa distance focale pour obtenir le même grandissement que $\{L_1 + L_2\}$? Quel serait l'encombrement de cet objectif ?

Exercice 3 : Lunette de Galilée

On considère un système constitué d'une lentille L_1 objectif de centre O_1 et de distance focale $f_1' = 20 \text{ cm}$, 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 $l = \overline{O_1O_2}$ vaut 15 cm .

1. Quelle est la nature des lentilles ?
2. Déterminer la distance focale f_2' de la lentille L_2 .
3. Commenter la position des foyers. Quel est le but de ce dispositif ?

Cet instrument 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, le grossissement d'une lunette est défini par : $G = \alpha'/\alpha$.

4. Calculer le grossissement de cette lunette.

Un astronome amateur utilise cette lunette astronomique pour observer deux cratères lunaires : Copernic (de diamètre 96 km) et Clavius (de diamètre 240 km). Distance Terre-Lune : $d_{TL} = 3,8 \cdot 10^5 \text{ km}$

5. L'astronome voit-il ces cratères à l'œil nu ?
6. Les voit-il à l'aide de la lunette ?

Exercice 4 : Microscope

Un microscope est constitué par l'association de deux lentilles jouant respectivement le rôle d'objectif (L_1) et d'oculaire (L_2). Elles sont toutes deux convergentes de distances focales $f_1' = 6 \text{ mm}$ et $f_2' = 50 \text{ mm}$. On observe au microscope un petit objet AB situé en avant de l'objectif et perpendiculaire à l'axe optique du microscope. Le microscope est réglé de façon à observer l'image définitive à l'infini (observation sans fatigue). L'image A_1B_1 formée par l'objectif est située en arrière de l'objectif à la distance $p_1 = 170 \text{ mm}$ de son centre optique.

On donne les définitions suivantes :

- Puissance d'un instrument d'optique : $P = \alpha'/AB$ où α' est l'angle sous lequel on voit l'image $A'B'$ de l'objet AB à travers l'instrument complet.
 - Grossissement : $G = \alpha' / \alpha$ où α' est l'angle sous lequel on voit l'objet AB à l'œil nu au punctum proximum.
1. Déterminer la position $p = O_1A$ de l'objet et le grandissement γ_1 de l'objectif. Schématiser la marche des rayons issus de B dans le microscope.
 2. Montrer que la puissance P du microscope est égale au produit de la puissance de l'oculaire par le module du grandissement de l'objectif. Faire l'application numérique.
 3. Calculer le grossissement G . Faire l'application numérique.
 4. Calculer la limite de résolution δ du microscope, c'est-à-dire le plus petit écartement de deux points A et B d'un objet dont les images A' et B' peuvent être distinguées.

Exercice 5 : 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 (œil normal), qui accommode de 25 cm à l'infini.
2. Un œil myope a la même vergence mais la distance lentille-rétine est de $15,2 \text{ mm}$. 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 $14,8 \text{ mm}$. Répondre aux mêmes questions.
4. Rappeler la valeur de la résolution de l'œil emmétrope.
5. Déterminer la distance jusqu'à laquelle cet œil peut distinguer deux traits parallèles séparés de $2,0 \text{ mm}$.

Exercice 5 : Estimation de la largeur d'un pont



Voici la photo d'un pont permettant le passage sous une route à 2×2 voies séparées par un terre-plein central + une voie d'accès. Elle a été réalisée avec un appareil photo reflex plein format.

- Format de l'image sur le capteur : $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$;
- Distance focale de l'objectif assimilé à une lentille mince convergente : $f_0 = 35 \text{ mm}$.

Lorsque la distance entre l'objet à photographier et l'objectif est très supérieure à la distance focale, on peut considérer que l'image se forme dans le plan focal de la lentille.

Question : Estimer à partir de la photo la profondeur du pont.