

TP O3 : Instruments d'optique

Objectifs

Au cours du précédent TP d'optique, nous nous sommes intéressé à la problématique de formation des images. Nous avons mis en évidence les conditions expérimentales optimales permettant de limiter les aberrations de toutes sortes et d'obtenir une image de bonne qualité en choisissant de manière raisonnée le matériel à utiliser. Nous allons dans ce TP mettre à profit ces nouvelles connaissances pour étudier quelques instruments d'optique classiques. Le TP se compose de deux parties :

- Dans la première, on se propose de régler et d'utiliser un viseur pour une mesure de distance focale (qu'on vérifiera à l'aide d'une technique appelée **auto-collimation**).
- Dans la seconde partie, on aborde l'étude d'un instrument d'optique courant : la **lunette astronomique**.

Les capacités suivantes devront être maîtrisées en fin de séance :

- ★ *Utiliser un viseur à frontale fixe et une lunette afocale.*
- ★ *Mettre en oeuvre une méthode de mesure de longueur par déplacement du viseur entre deux positions.*
- ★ *Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales, et choisir leur focale de façon raisonnée.*
- ★ *Modéliser expérimentalement à l'aide de plusieurs lentilles un dispositif optique d'utilisation courante.*

I. Présentation du matériel

On utilisera aujourd'hui le matériel listé ci-dessous :

- ☐ des lentilles minces,
- ☐ un miroir plan,
- ☐ une lunette afocale
- ☐ un viseur à frontale fixe,
- ☐ une source de lumière blanche,
- ☐ un collimateur,
- ☐ un écran, divers supports pour optiques, du papier calque,
- ☐ un banc optique.

NB : pour utiliser correctement un instrument d'optique, l'oeil ne doit pas accommoder sinon il se fatigue. On suppose que les instruments sont utilisés par un oeil normal, dont le *punctum remotum* est situé à l'infini.

II. Mesure de distances au viseur

II.1. Réglages

☞ Régler la lunette afocale présente sur votre paillasse à l'aide de la fiche pratique « Réglage d'une lunette afocale simple, d'un viseur et d'un collimateur ».

☞ Proposer une manipulation simple permettant d'estimer rapidement la valeur de la focale de la bonnette à votre disposition.

☞ Emboîter la bonnette sur votre lunette afocale pour la transformer en viseur à frontale fixe.

II.2. Mesure de la distance focale d'une lentille convergente

On dispose d'un collimateur, d'une lentille convergente de focale f' inconnue et d'un viseur.

☞ Proposer un protocole de mesure de la focale f' . Détailler en particulier les deux pointés à réaliser. On pourra s'aider de la fiche pratique « Mesure d'angles et de distances en optique ».

☞ Réaliser la mesure. On notera à nouveau x_1 et x_2 les meilleures estimations des positions du viseur pour lesquelles les deux points visés sont vus nettement. Donner, pour chaque pointé, l'intervalle $[x_{\min}; x_{\max}]$.

☞ En déduire la focale f' de la lentille et l'incertitude $\Delta f'$ associée.

II.3. Vérification par la méthode d'autocollimation

II.3.a. Principe de la méthode d'autocollimation

Un objet AB est placé dans le plan focal objet d'une lentille convergente derrière laquelle est placé un miroir plan parallèle à la lentille. Le faisceau incident traverse la lentille, se réfléchit sur le miroir plan puis traverse à nouveau la lentille. L'image A' de A est alors en F. Celle de B est en B', situé dans le plan transverse passant par F et symétrique de B par rapport à l'axe optique. Le grandissement vaut $\gamma = -1$.

☞ Faire un schéma illustrant cette méthode.

II.3.b. Manipulations et mesures

☞ Placer cette fois sur le banc d'optique la source à distance finie, la lentille convergente et le miroir plan. Modifier la distance objet-lentille jusqu'à obtenir une image nette de l'objet lumineux dans le plan de l'objet.

☞ En déduire f' et $\Delta f'$ (cette mesure pourra être effectuée à l'aide des graduations du banc optique, ou si vous avez le temps à l'aide du viseur¹).

1. Il faut alors placer celui-ci derrière le miroir puis réaliser deux visées : la lentille (le miroir ayant été ôté), puis l'objet (la lentille ayant été ôtée).

II.4. Mesure de la distance focale d'une lentille divergente

Le viseur montre tout son intérêt lors du pointé d'un objet virtuel, c'est pourquoi on se propose maintenant de réaliser la mesure de la distance focale f' d'une lentille divergente.

✎ Proposer un protocole de mesure de la focale f' d'une lentille divergente.

✎ A partir de la valeur de la frontale mesurée précédemment, montrer que la focale à mesurer ne peut pas être quelconque.

✎ Choisir en conséquence une lentille divergente et réaliser la mesure.

III. Réalisation et étude d'un instrument optique : la lunette astronomique

III.1. Rappels théorique sur la lunette astronomique

III.1.a. Principe

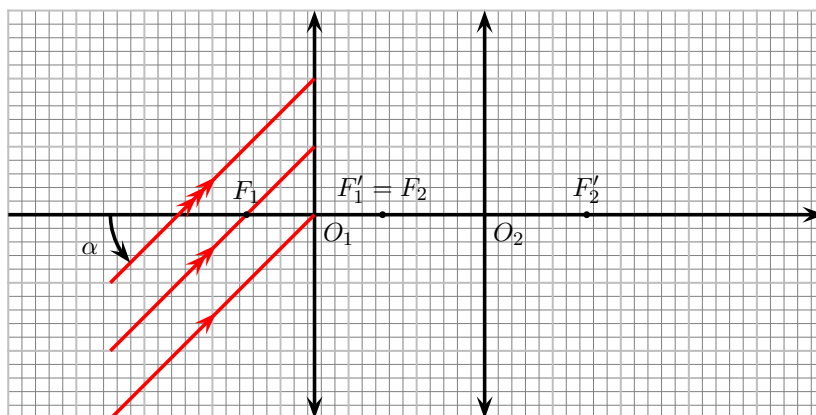
Une lunette astronomique est une lunette afocale très performante (théoriquement). Comme étudié précédemment, pour réaliser une telle lunette, il faut parvenir à faire coïncider F'_1 , foyer image de \mathcal{L}_1 (première lentille rencontrée par les rayons lumineux) et F_2 , foyer objet de la seconde.

III.1.b. Grossissement

On s'intéresse à des rayons incidents venant de l'infini formant avec l'axe optique un angle d'incidence α .

✎ Sur le schéma ci-dessous, tracer le cheminement des rayons issus d'un point objet situé à l'infini hors de l'axe.

✎ Exprimer la distance $d = O_1O_2$ en fonction de f'_1 et f'_2 .



On appellera α l'inclinaison (algébrique) du rayon objet et α' celle du rayon image par rapport à l'axe optique.

✎ Établir l'expression du grossissement $G = \alpha' / \alpha$ en fonction f'_1 et f'_2

III.1.c. Cercle oculaire

On se pose dans cette partie la question suivante : « Où doit-on placer l'œil derrière l'oculaire pour recevoir un maximum de luminosité ? »

Dans une lunette, tous les rayons issus de l'objet AB traversent la monture de l'objectif (de diamètre IJ) qui sert de diaphragme pour le faisceau incident.

Par conséquent, tous les rayons émergents passent à l'intérieur du cercle $I'J'$, image de la monture de l'objectif par l'oculaire, désignant ainsi le *cercle oculaire* de la lunette (de centre C). Ce cercle oculaire $I'J'$ est l'endroit où il convient de placer l'œil car la concentration des faisceaux donne une image plus lumineuse.

III.2. Construction de la lunette astronomique

On dispose de plusieurs lentilles de vergence : $V = 10 \delta$, 5δ et 4δ .

✎ Lesquelles utiliser pour réaliser une lunette astronomique de grossissement $G = -2$?

Pour positionner les deux lentilles, qu'on notera L_1 et L_2 , l'une par rapport à l'autre, on va se servir du collimateur et de la lunette afocale utilisés dans la première partie.

✎ Mettre en place L_1 , la bloquer puis déplacer L_2 jusqu'à obtenir en regardant dans la lunette afocale située derrière L_2 une image nette, quelle que soit la position de la lunette afocale sur le banc optique. Noter les positions relatives de L_1 et de L_2 .

III.3. Mesure du grossissement

La constellation observée est ... la mire du collimateur !

✎ Choisir un point source (une belle étoile) situé hors de l'axe optique et l'observer en plaçant tout d'abord la lunette afocale directement en face du collimateur (sans passer par votre lunette astronomique). Ce point envoie un faisceau incliné d'un angle α par rapport à l'axe optique.

✎ Déterminer α (à un facteur numérique près) à l'aide du réticule de la lunette afocale. On pourra s'aider de la fiche pratique « Mesure d'angles et de distances en optique ».

✎ Intercalez à présent votre lunette astronomique et déterminer (au même facteur numérique près) l'angle α' que fait le faisceau issu de votre étoile en sortie de la lunette astronomique.

✎ En déduire la valeur du grossissement et comparer le résultat à la valeur théorique.

III.4. Étude du cercle oculaire

☞ Tracer, sur un schéma, le cercle oculaire en plaçant les points I' , J' et C .

✎ Vérifier, par le calcul, la position du point C , centre du cercle optique.

Nous allons désormais mettre en évidence expérimentalement le cercle oculaire en identifiant la position de l'image de l'objectif à travers l'oculaire.

☞ Placer un papier calque contre l'objectif et l'éclairer par la source de lumière.

☞ Déplacer un écran derrière l'oculaire et repérer la position du cercle oculaire.

☞ Mesurer la distance séparant l'oculaire et le cercle oculaire. Cela correspond-il à la théorie ?

III.5. Lunette de Galilée (facultatif)

La lunette de Galilée est un système afocal constitué d'un objectif convergent et d'un oculaire divergent.

✎ Réalisez un schéma de la lunette.

☞ Réalisez une lunette de grossissement $G = +2$.

Ce qu'il faut retenir !

Effectuer sur votre cahier de laboratoire un bilan du TP résumant :

- ★ les propriétés physiques qui ont été mises en évidence,
- ★ les lois physiques qui ont été démontrées ou utilisées,
- ★ les nouvelles fonctions des différents appareils auxquelles vous avez fait appel. Pour ces dernières, préciser leur rôle et les moyens de les activer.