

TP O2 : Instruments d'optique

Vous disposez de 4 lentilles convergentes L_0 , L_1 , L_2 et L_3 de focale approximative $f'_0 \sim 5$ cm, $f'_1 \sim 15$ cm, $f'_2 \sim 20$ cm et $f'_3 \sim 30$ cm.

- ★ Repérer ces 4 lentilles et les classer soigneusement dans la boîte de façon à pouvoir les identifier et retrouver rapidement.
- ★ Par une méthode d'autocollimation, re-mesurer les valeurs des distances focales correspondant à vos lentilles.

Durant tout le TP, vous utiliserez comme objet l'un ou l'autre des quadrillages figurant sur la diapositive. Par ailleurs, on prendra un soin particulier au bon alignement des différentes optiques sur le banc.

1 Œil

Le but de cette partie est de modéliser de façon simple l'œil sur le banc d'optique. Il s'agit principalement de se familiariser avec le matériel, la précision des mesures n'étant que secondaire (cela n'excluant pas une évaluation qualitative des incertitudes à chaque fois).

1.1 Chacun son œil

Pour cette partie, utiliser votre propre œil. On rappelle que la vergence est l'inverse de la distance focale, $V = 1/f'$.

- ★ Mesurer l'amplitude dioptrique d'accommodation de votre œil, définie par la variation $\Delta V = V_{\max} - V_{\min}$ de vergence entre la position d'accommodation maximale et la position au repos. Évaluer l'incertitude.
- ★ Sachant que la vergence moyenne V_0 d'un œil au repos est d'environ 60 dioptries, que vaut la variation relative $\Delta V/V_0$?

1.2 Modèle simplifié d'un œil emmétrope

Les lentilles L_1 et L_2 serviront à représenter le cristallin. La lentille de grande focale, L_2 , sera utilisée pour modéliser l'œil au repos (position de l'objet au punctum remotum p.r.) tandis que la lentille de plus petite focale, L_1 , représentera l'œil dans son état d'accommodation maximale (position de l'objet au punctum proximum p.p.). On rappelle que la distance lentille-écran (notée d par la suite) doit toujours rester constante.

1.2.1 Punctum remotum

Pour un œil emmétrope, comme celui que l'on veut construire, le punctum remotum est à l'infini.

- ★ Réaliser un objet à l'infini à l'aide du quadrillage sur la diapositive.
- ★ Placer le modèle d'œil au repos dans le faisceau parallèle précédent et déterminer la distance d entre L_2 et l'écran pour former l'image sur l'écran. Vérifier que $d = f'_2$.

1.2.2 Punctum proximum

- ★ Rechercher le p.p. de l'œil modèle et mesurer la distance $D_{p.p.}$ entre l'objet et le cristallin de l'œil modèle. Pour cela, il vous faudra substituer L_2 par la lentille L_1 , enlever la lentille qui produisait le faisceau parallèle et chercher la position de l'objet telle que l'image soit de nouveau ramenée sur l'écran.
- ★ Déterminer le diamètre apparent maximum α_{\max} d'un objet AB (prendre par exemple un ou plusieurs carreaux du grand ou du petit quadrillage).

1.3 Correction des défauts de l'œil

1.3.1 Œil myope

L'œil myope converge trop par rapport à la taille de son globe oculaire. Il faut donc lui rajouter une lentille divergente pour compenser ce défaut (lunettes ou lentilles de contact). On va simuler un œil myope tel que cet œil voit bien lorsqu'on lui met comme lentille de contact la lentille divergente de la boîte.

- ★ Pour cette partie, construire un modèle d'œil émetrope au repos en prenant comme cristallin la lentille L_0 de plus courte focale.
- ★ Construire ensuite l'œil myope en rajoutant la lentille divergente correctrice et augmenter la profondeur du globe oculaire pour retrouver une image nette sur la rétine.
- ★ Calculer la distance focale de la lentille divergente à l'aide de la mesure de la question précédente. En déduire, en dioptrie, la myopie de cet œil.
- ★ Que se passe-t-il si on n'accrole pas les lentilles.

1.3.2 Œil hypermétrope

L'œil hypermétrope ne converge pas assez. Reprendre le modèle d'œil avec comme cristallin au repos la lentille L_2 .

- ★ Construire un globe oculaire correspondant à un œil hypermétrope de 6,7 dioptries.
- ★ Mesurer la longueur du globe oculaire.

2 Loupe

On utilisera la lentille L_3 comme loupe.

2.1 Conditions d'observation

2.1.1 Première observation avec son propre œil

Utiliser votre propre œil pour regarder un objet (le quadrillage par exemple) à travers la loupe. Attention de ne pas s'éblouir.

- ★ Entre quelles limites faut-il placer l'objet par rapport à la loupe pour avoir une image nette ?

2.1.2 Utilisation de l'œil simulé réglé à l'infini

- ★ Reprendre le modèle d'œil émetrope réglé au repos (vision nette à l'infini) et positionner l'objet au foyer objet de la loupe. On se retrouve avec le même montage que celui de la partie 1.2.1.
- ★ Faire un schéma en définissant chaque image ($AB \rightarrow A'B' \rightarrow A''B''$) et l'angle α' sous lequel est observé l'objet à travers la loupe.

2.2 Quelques propriétés

2.2.1 Grossissement

- ★ Exprimer l'angle α' en fonction de f'_2 et $A''B''$ et l'évaluer expérimentalement en mesurant $A''B''$.
- ★ Ayant déjà déterminé l'angle α_{\max} sous lequel l'œil seul peut voir l'objet AB , en déduire le grossissement conventionnel G_c .

2.2.2 Puissance

- ★ Exprimer la puissance P de la loupe en fonction de $A''B''$, AB et f'_2 , puis la calculer expérimentalement.
- ★ Montrer que par ailleurs $P = 1/f'_3$ et vérifier la compatibilité avec le résultat précédent.

2.2.3 Profondeur de champ

- ★ Placer le cristallin de l'œil au niveau du foyer image de la loupe.
- ★ Montrer que dans ce cas la profondeur de champ vaut $f_3'^2/D_{p.p.}$. (on pourra passer par les relations de conjugaison avec origine aux foyers) et le vérifier expérimentalement.

3 Microscope

Le microscope est constitué de deux lentilles convergentes :

- objectif : la lentille L_0 .
- oculaire : la lentille L_3 .

L'intervalle optique (distance entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire) sera fixé à $\Delta = 20$ cm et maintenu constant. D'autre part, on choisira comme objet un carreau du petit quadrillage. Assurez-vous d'avoir mesurer le diamètre apparent maximum α_{\max} pour cet objet.

3.1 Mise en place du microscope

3.1.1 Réglage de l'objectif

- ★ Positionner l'objectif. À quelle distance de l'objectif doit se situer l'image intermédiaire A_1B_1 ? L'exprimer théoriquement en fonction de Δ et f_0' , la calculer, et positionner à cet endroit l'écran dépoli.
- ★ Ajuster la position de l'objet AB de façon à ce que l'image intermédiaire A_1B_1 se situe sur l'écran dépoli que vous avez placé précédemment. L'image intermédiaire est-elle droite ou retournée ?
- ★ Mesurer le grandissement linéaire de l'objectif γ_{obj} .
- ★ Mesurer la distance entre l'objet et l'objectif. Comparer à la valeur théorique.
- ★ En déduire la valeur théorique du grandissement linéaire de l'objectif γ_{obj} et comparer à la valeur expérimentale.

3.1.2 Réglage de l'oculaire

Il reste à placer l'oculaire de telle sorte que l'image finale soit envoyée à l'infini.

- ★ Utiliser l'œil emmétrope de la première partie en cherchant la position de l'oculaire de telle sorte que l'image par l'oculaire de A_1B_1 soit sur la rétine.
- ★ L'image sur la rétine est-elle droite ou renversée ?

3.1.3 Réglage de l'œil

Afin de maximiser la lumière reçue sur l'œil, il faut le positionner au niveau du cercle oculaire. On rappelle que le cercle oculaire est l'image de l'objectif par l'oculaire.

- ★ Déplacer l'écran dépoli derrière le microscope et chercher le cercle oculaire (on pourra placer une pointe de stylo devant l'objectif et chercher son image).
- ★ Positionner l'œil à cet endroit.

L'ensemble microscope et observateur est maintenant bien réglé.

3.2 Étude du cercle oculaire

On note C le point d'intersection entre le cercle oculaire et l'axe optique.

- ★ Mesurer la distance entre l'oculaire et le cercle oculaire et comparer à la théorie.
- ★ Faire un schéma sans placer l'objet et les images mais en représentant le cercle oculaire.
- ★ Mesurer le diamètre d_{obj} de la pupille de l'objectif, puis le diamètre d_{co} du cercle oculaire et comparer à la théorie.
- ★ En s'aidant du schéma, retrouver par le calcul le diamètre du cercle oculaire et le comparer à la valeur mesurée.

- ★ Est-ce que le cercle oculaire dépend de la taille et de la position de l'objet ?

3.3 Mesure de la puissance et du grossissement

- ★ Mesurer la taille de l'image sur la rétine et en déduire l'angle α' sous lequel est vu l'image de l'objet.
- ★ Déterminer le grossissement conventionnel du microscope.
- ★ En utilisant votre mesure de A_1B_1 et la valeur de γ_{obj} , en déduire la puissance P du microscope.
- ★ Vérifier la relation entre puissance et grossissement conventionnel.