

**Objectifs :**

Les manipulations proposées permettent de se familiariser avec les concepts fondamentaux de l'optique géométrique : le stigmatisme, le caractère réel ou virtuel des objets et images.

On distinguera également les lentilles et miroirs, convergents ou divergents, et on étudiera les conditions de formation d'images avec un dispositif optique.

**Capacités mises en œuvre :**

- Éclairer un objet de manière adaptée.
- Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales, et choisir leur focale de façon raisonnée.
- Optimiser la qualité d'une image (alignement, limitation des aberrations, etc.).
- Estimer une valeur approchée d'une distance focale.

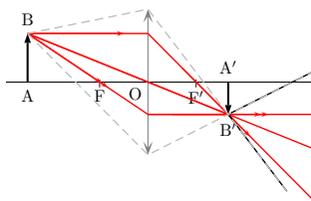
**Matériel :**

- boîte de lentilles minces (convergentes et divergentes), et de miroirs sphériques (concaves et convexes) et plan,
- diaphragmes,
- vos yeux, vos mains...

On illustrera chaque manipulation par un schéma représentant la source lumineuse (primaire ou secondaire), la construction de son image à l'aide d'au moins deux rayons hors de l'axe et l'enveloppe du faisceau pouvant traverser la lentille (en traits interrompus sur la figure ci-contre).

Le symbole  distingue les questions qui doivent être cherchées avant la séance.

Le symbole  distingue les manipulations qui peuvent ne pas être traitées si le temps manque.

**I Conditions d'observation****I.1 À l'œil nu****Manipulations :**

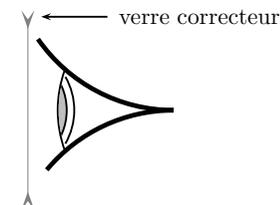
- Mesurer les distances minimale et maximale auxquelles l'un de vos yeux peut observer nettement un objet (en fermant l'autre œil). On utilisera le mobilier pour les objets lointains et ses propres doigts pour les objets proches. En déduire l'ordre de grandeur de votre punctum proximum et de votre punctum remotum.
- Vérifier que vous ressentez la fatigue musculaire d'accommodation lorsque vous observez longtemps un objet proche du punctum proximum.

**I.2 Rôle des verres correcteurs****Manipulations :**

Reprendre les manipulations précédentes en chaussant vos verres correcteurs (pour ceux qui en portent) ou ceux d'un voisin. En déduire le défaut corrigé par les verres étudiés.

**Questions :**

- Où doit se trouver l'image d'un objet formée par vos verres correcteurs pour être vue nettement ? Illustrer par un schéma comme ci-contre en y précisant les positions du punctum proximum et du punctum remotum pour l'œil nu par rapport à la lentille.
- S'agit-il d'une image réelle ou virtuelle ? Conclure de manière générale : pour être observable à l'œil, le caractère réel ou virtuel de l'image formée par un dispositif optique importe-t-il ?



Conservez vos verres correcteurs dans toute la suite. On considérera que leur association avec l'œil constitue un œil sans défaut (dit emmétrope).

**II Caractérisation rapide des lentilles**

Le seul instrument d'observation dans cette partie est votre œil.

**II.1 Objet proche du centre optique**

On utilise la feuille du sujet comme objet réel.

**Manipulations :**

- Comparer l'angle  $\theta$  sous lequel est vu l'objet à l'œil nu et l'angle  $\theta'$  sous lequel il est vu à travers une lentille placée à proximité de l'objet (quelques cm) pour une position donnée de l'œil. On nomme grossissement, noté  $G$ , le rapport  $\theta'/\theta$ .
- Déterminer (en comparant les fatigues oculaires) si l'image formée par la lentille se trouve plus proche ou plus loin de l'observateur que l'objet.

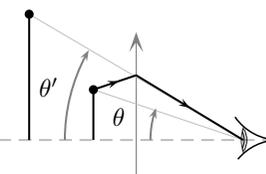
**Questions :**

- Montrer, en modélisant l'œil par une lentille convergente (le cristallin) et un écran (la rétine) que c'est bien l'angle sous lequel est observé un objet qui fixe sa « taille apparente » (ie la taille de son image sur la rétine).

•

Déduire de la valeur du grossissement ( $<$  ou  $>$  1) et de la position de l'image par rapport à l'objet le caractère convergent ou divergent de la lentille. Illustrer par un schéma comme ci-contre (qu'on adaptera également pour le cas d'une lentille divergente).

- Vérifier que  $G$  croît avec la vergence  $V$  (indiquée sur la monture de la lentille).



## II.2 Objet éloigné du centre optique

### Manipulations :

Observer l'image d'un objet éloigné formée par une lentille tenue à bout de bras. Déterminer en particulier :

- sa position (en amont ou en aval de la lentille) par fatigue oculaire,
- le grossissement ( $<$  ou  $>$  1).

### Questions :

- Illustrer ces caractéristiques sur un schéma et en déduire la nature des lentilles.

### Manipulations :

- Observer l'image de l'objet éloigné tout en se rapprochant ou en s'éloignant de celui-ci, en tenant toujours la lentille à bout de bras. Vérifier que l'objet et l'image se déplacent dans le même sens par rapport à la lentille, qu'elle soit convergente ou divergente.
- Observer l'image de l'objet éloigné tout en rapprochant cette fois-ci la lentille de l'œil. Vérifier que dans le cas d'une lentille convergente l'image devient floue quand la lentille est trop proche.

### Questions :

Pourquoi ne peut-on pas observer une image nette d'un objet lointain formée par une lentille convergente placée à proximité de l'œil ?

## II.3 Distance focale image d'une lentille convergente

### Manipulations :

Mesurer approximativement la distance focale  $f'$  d'une lentille convergente à l'aide de l'image qu'elle forme des tubes fluorescents d'éclairage. Réaliser la mesure pour plusieurs lentilles.

### Questions :

Comparer avec les indications de la vergence  $V = 1/f'$  indiquée sur les montures des lentilles. Commenter.

## III Identification rapide des miroirs

On étudie maintenant les miroirs de présentation de grande taille.

### Manipulations :

- Observer sa propre image dans un miroir proche. Déterminer en particulier la position de l'image (en amont ou en aval du miroir), sa nature (réelle ou virtuelle), le signe du grandissement, le grossissement ( $<$  ou  $>$  1) par rapport à l'image que donnerait un miroir plan.
- Noter l'évolution quand on s'éloigne progressivement du miroir.

### Questions :

Identifier les miroirs en utilisant la correspondance miroir convergent  $\leftrightarrow$  lentille convergente (resp. miroir divergent  $\leftrightarrow$  lentille divergente) par retournement de l'espace image réelle sur l'espace objet réel.

## IV Utilisation des lentilles : formation des images

On effectue les manipulations suivantes sur le banc d'optique. L'objet lumineux (source secondaire) est une grille (ou une flèche) tracée sur un matériau dépoli, éclairé par une lampe.

On veillera à aligner correctement (en position et en orientation) tous les instruments utilisés pour travailler dans les conditions de Gauss.

## IV.1 Conditions de projection

### Manipulations :

- Placer l'écran à environ 1 m de l'objet, intercaler une lentille convergente ( $V > +3\delta$ ) et ajuster les positions de la lentille et de l'écran jusqu'à former une image nette de l'objet sur l'écran.
- Ajuster à nouveau la lentille et l'écran pour obtenir une image plus grande et toujours nette (on pourra éventuellement utiliser le mur opposé comme écran).
- Ramener l'écran à une distance  $D = 1,5$  m de l'objet. Vérifier rapidement qu'on ne peut réaliser la projection qu'avec les lentilles dont la distance focale image vérifie  $D \geq 4f'$ .
- Observer l'effet, sur les aberrations de l'image,
  - d'un diaphragme accolé à la lentille,
  - de la qualité de l'alignement du dispositif.

### Questions :

Justifier par un schéma qu'on ne peut former une image réelle d'un objet réel qu'avec une lentille convergente et qu'elle doit être d'autant plus convergente que la distance objet/écran est faible.

## IV.2 Étude quantitative

### Questions :

On souhaite former à une distance  $D$  de l'objet une image avec un grandissement  $\gamma_t$ . Montrer, en utilisant les relations de conjugaison et de grandissement que la distance focale image,  $f'$  est alors donnée par :

$$f' = \frac{-\gamma D}{(\gamma - 1)^2}. \quad (1)$$

En déduire la vergence nécessaire pour agrandir 4 fois ( $\gamma_t = -4$ ) en projetant à une distance  $D = 1,5$  m.

### Manipulations :

Réaliser le montage correspondant (avec la lentille la plus proche de celle déterminée). Mesurer  $\gamma_t, D$  et vérifier la cohérence avec l'expression (1).

## IV.3 Images virtuelles

### Manipulations :

Réaliser une image virtuelle de l'objet à l'aide d'une lentille convergente. Observer cette image à l'œil nu et vérifier (par fatigue oculaire) qu'elle se trouve bien dans l'espace image virtuelle.

**Questions :**

✎ Montrer, à l'aide d'un schéma, comment placer un objet virtuel par rapport à une lentille divergente pour qu'elle en forme une image réelle, droite et agrandie.

**Manipulations :**

- Former une image réelle de l'objet à l'aide d'une lentille convergente ( $V \geq 4\delta$ ) (par exemple en configuration  $2f - 2f$ ). Mesurer sa taille sur l'écran.
- Placer une lentille divergente en amont de cette image (pour qu'elle constitue un objet virtuel) de manière à en former une image agrandie. Ajuster la position de l'écran pour l'observer nettement et vérifier qu'elle est droite et agrandie.

## V Utilisation des miroirs

On utilise maintenant les petits miroirs, toujours sur le banc d'optique. On veillera à ne pas confondre le miroir plan (noté PL) et les miroirs sphériques (portant une indication de vergence).

### V.1 Vergence des miroirs concaves

**Manipulations :**

- Ajuster la position d'un miroir concave pour qu'il forme une image réelle de l'objet dans le même plan que celui-ci. Quel est alors le grandissement ?
- Comparer à l'expérience du pot de fleurs présentée sur le bureau. L'image est-elle réelle ou virtuelle ? Où se trouve l'objet réel ?

**Questions :**

Illustrer sur un schéma en considérant la configuration  $2f - 2f$  d'une lentille convergente.

### V.2 Auto-collimation

Il s'agit d'une technique fondamentale, utilisée dans de nombreux protocoles de réglages d'instruments d'optique pour placer un objet au foyer objet d'une lentille convergente.

**Manipulations :**

Accoler un miroir plan immédiatement après une lentille convergente. Ajuster la position de l'ensemble pour former l'image de l'objet dans le même plan que celui-ci. La position et l'orientation du miroir sont-elles importantes ?

**Questions :**

Justifier par un schéma que l'objet est alors situé au foyer objet de la lentille, quelles que soient la position et l'orientation du miroir plan.