TP – Formation d'images

NOM :

Une lentille est un composant constitué d'un matériau transparent, qui est à la base de nombreux instruments d'optique : appareil photographique, lunette astronomique, microscope... Elles ont été utilisées pour la première fois en Grèce antique (vers 500 avant J.-C.) pour faire converger la lumière du soleil afin de produire du feu, et dans l'Empire romain (vers 50 avant J.-C.) pour corriger des défauts de vision.

Dans ce TP, nous allons apprendre à former des images à l'aide de lentilles convergentes et divergentes.

I) Observation à l'œil nu

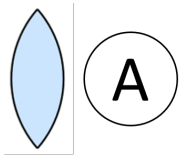
- Mesurer les distances minimale et maximale auxquelles l'un de vos yeux (sans vos éventuelles lunettes) peut observer nettement un objet (en fermant l'autre œil). On utilisera le mobilier pour les objets lointains et ses propres doigts pour les objets proches. En déduire l'ordre de grandeur de votre punctum proximum et de votre punctum remotum.

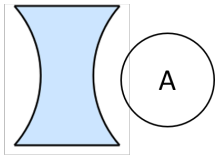
- Vérifier que vous ressentez la fatigue musculaire d'accommodation lorsque vous observez longtemps un objet proche du punctum proximum.

II) Caractérisation rapide des lentilles

1) Nature des lentilles

Une lentille dont les bords sont plus minces que le centre (lentille bombée ou convexe) est convergente, alors qu'une lentille dont les bords sont plus épais que le centre (lentille creusée ou concave) est divergente. Ce critère n'est pas suffisant pour des lentilles dont la courbure est peu marquée. Pour les distinguer, on observe à travers la lentille un objet situé juste derrière elle : la lentille convergente joue alors le rôle de loupe et agrandit l'objet, alors que c'est l'effet inverse pour une lentille divergente.





- Prendre deux lentilles de distance focale environ égale à $+20$ cm et -30 cm. Observer la courbure des lentilles. Observer la taille apparente d'un texte à travers la lentille. Les observations sont-elles cohérentes avec la nature de la lentille ?

Ces manipulations vous permettent de vérifier en quelques secondes le caractère convergent ou divergent d'une lentille inconnue.

2) Première image

Lors d'un montage d'optique, il faut s'efforcer d'obtenir une « belle image », c'est-à-dire une figure nette, centrée et bien éclairée. Pour cela, il est nécessaire de faire attention aux points suivants.

Préréglage : placer la lampe à l'extrémité gauche du banc d'optique et placer un objet proche de la lampe.

Alignement des composants : placer les composants de manière à avoir un axe optique commun à tous les objets utilisés (régler la hauteur, le centrage, la perpendicularité des objets au banc d'optique, etc.).

Éclairage : un curseur situé sur le côté de la lampe permet de régler la convergence du faisceau lumineux ; faire en sorte que le faisceau ne soit ni trop convergent ni trop divergent.

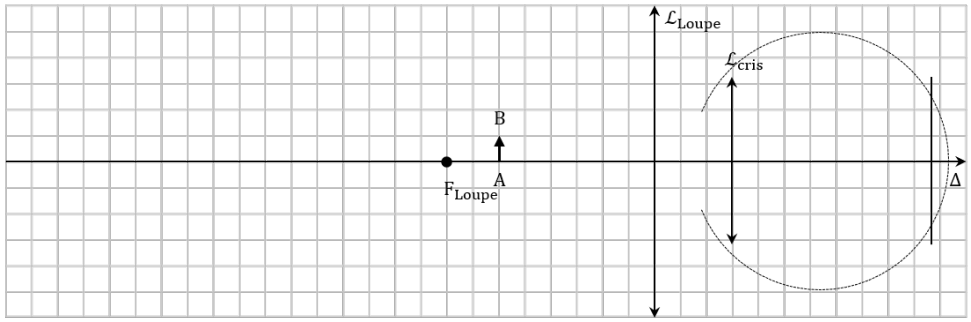
- Observer l'image d'un objet (une lettre par exemple) sur un écran, à l'aide d'une lentille convergente. L'objet est-il réel ou virtuel ? Même question pour l'image. Faire un schéma optique illustrant la situation.

3) Image virtuelle

Une image virtuelle n'est pas projetable sur un écran. Les rayons émergents semblent se croiser avant la lentille, ils ne s'y croisent donc pas réellement. L'œil peut en revanche faire converger les rayons sur la rétine et rendre visible cette image virtuelle.

On note :

$$\mathrm{AB} \xrightarrow{\mathcal{L}} \mathrm{A_1B_1} \xrightarrow{\text{œil}} \mathrm{A'B'}$$



Sur le schéma ci-dessus, déterminer les positions de $\mathrm{A_1B_1}$ et $\mathrm{A'B'}$ à l'aide de tracés de rayons. Quelle est la nature de l'image $\mathrm{A_1B_1}$ formée par la lentille convergente ? Quelle est la nature de l'objet $\mathrm{A_1B_1}$ observé par l'œil ?

La situation précédente est en réalité celle réalisée au II.1 : la lentille convergente joue le rôle de loupe et agrandit l'objet, à condition que l'objet soit placé entre le point focal objet et la lentille !

Observer la taille apparente d'un texte à travers une lentille convergente, cette dernière étant positionnée à une distance proche de sa distance focale.

III) Estimation d'une distance focale

1) Rappel théorique

Soit $\mathcal{L}$ une lentille convergente de distance focale f' et A un point objet réel. On note :

$$\mathrm{A} \xrightarrow{\mathcal{L}} \mathrm{A'}$$

Rappeler la relation de conjugaison de Descartes, reliant $\overline{\mathrm{OA}}$, $\overline{\mathrm{OA'}}$ et f'

2) Image « à l'infini »

À l'aide de la relation de conjugaison, montrer que si $\mathrm{OA'} \gg f'$, alors $\mathrm{A} \simeq \mathrm{F}$.

Dans cette situation, l'image est dite « à l'infini » et l'objet se trouve approximativement dans le plan focal objet de la lentille.

À l'aide d'une lentille convergente, observer l'image « à l'infini » d'un objet réel. L'écran d'observation doit donc se trouver le plus loin possible de la lentille : le mur de l'autre côté de la pièce, par exemple, peut servir d'écran. En déduire une estimation de la distance focale de la lentille.

3) Objet « à l'infini »

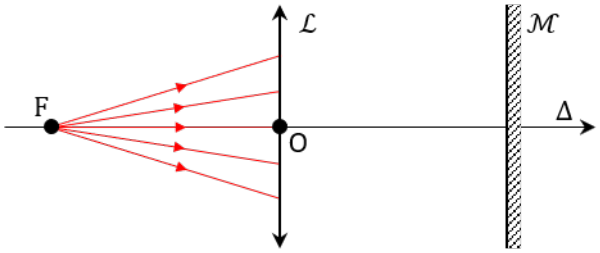
🏠 À l'aide de la relation de conjugaison, montrer que si $OA \gg f'$, alors $A' \simeq F'$.

Dans cette situation, l'objet est dit « à l'infini » et l'image se trouve approximativement dans le plan focal image de la lentille.

⚙ À l'aide d'une lentille convergente, observer l'image d'un objet réel « à l'infini ». L'objet doit donc se trouver le plus loin possible de la lentille : un point lumineux de l'autre côté de la pièce, par exemple, peut convenir. En déduire une estimation de la distance focale de la lentille.

4) Auto-collimation

Plaçons un miroir $\mathcal{M}$ derrière une lentille convergente $\mathcal{L}$. Soit A un point objet placé dans le foyer objet F.



🏠 Sur le schéma ci-dessus, poursuivre le tracé des rayons et déterminer graphiquement l'image A' de A à travers ce système.

Lorsqu'un objet est placé sur le point focal objet F de $\mathcal{L}$, on constate que son image se forme dans le même plan que l'objet, avec un grandissement $\gamma = -1$.

$$A = F \xrightarrow{\mathcal{L}} A_1\,(\infty \text{ sur } \Delta) \xrightarrow{\mathcal{M}} A_2\,(\infty \text{ sur } \Delta) \xrightarrow{\mathcal{L}} A' = F$$

C'est la **méthode d'autocollimation**. Cette méthode permet de :

- mesurer rapidement et assez précisément la distance focale d'une lentille convergente ;
- créer un faisceau de lumière parallèle (si on enlève le miroir), i.e. créer un objet à l'infini.

⚙ Placer un miroir plan derrière une lentille convergente, puis chercher la position de l'objet lumineux qui donne une image dans le même plan. En déduire la distance focale f' de la lentille convergente avec son incertitude de type B.