

TP4 : Lentilles minces

CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES TRAVAILLÉES :

- ▷ *Éclairer un objet de manière adaptée.*
- ▷ *Choisir une lentille en fonction des contraintes expérimentales, choisir sa focale de façon raisonnée et aligner l'ensemble du système optique.*
- ▷ *Estimer une valeur approchée d'une distance focale.*

MATÉRIEL :

Source de lumière blanche, objet (lettre P), lentilles minces convergentes et divergentes, banc d'optique, supports, écran ; coupes de lentilles à support magnétique, laser multifaisceau.

Les **instruments d'optique** sont utilisés au quotidien dans des buts variés :

- ▷ pour corriger un défaut de vision : lentilles de contact, lunettes de vue ;
- ▷ pour améliorer la vision humaine afin de voir des choses trop petites ou trop lointaines pour être observées (nettement) à l'œil nu : loupe, jumelles, microscope, lunette terrestre ou astronomique, télescope ;
- ▷ pour projeter une image agrandie sur un mur ou un écran : projecteur ;
- ▷ pour projeter une image rétrécie sur un capteur afin de pouvoir l'enregistrer : appareil photographique, caméra.



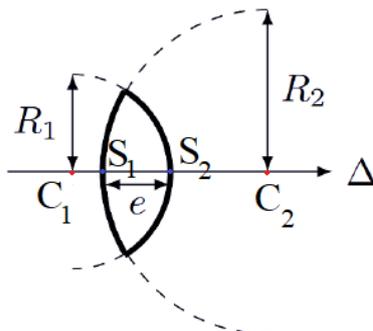
Les instruments d'optique mentionnés ci-dessus comportent tous au moins une **lentille mince**, qui est un morceau de verre taillé et poli pour lui donner une forme particulière.

PROBLÉMATIQUE :

Quelles sont les principales caractéristiques d'une lentille mince ?

1 Découverte des lentilles minces

Une **lentille** désigne un **milieu** (zone d'espace) transparent (typiquement, du verre) délimité par deux surfaces appelées **dioptries** dont l'une au moins n'est pas plane.



Une lentille est dite **mince** si la distance e entre ses deux sommets S_1 et S_2 est nettement inférieure aux rayons de courbure R_1 et R_2 , et très inférieure à la distance entre les centres C_1 et C_2 des dioptries : $e \ll R_1$, $e \ll R_2$ et $e \ll C_1C_2$.

Dans le modèle de lentille mince que nous adopterons, les sommets S_1 et S_2 sont confondus en un même point : le **centre optique** O de la lentille tel que $S_1 = S_2 = O$.

On donne ci-dessous des exemples de géométries possibles pour une **lentille mince à bords minces** (vue en coupe) :

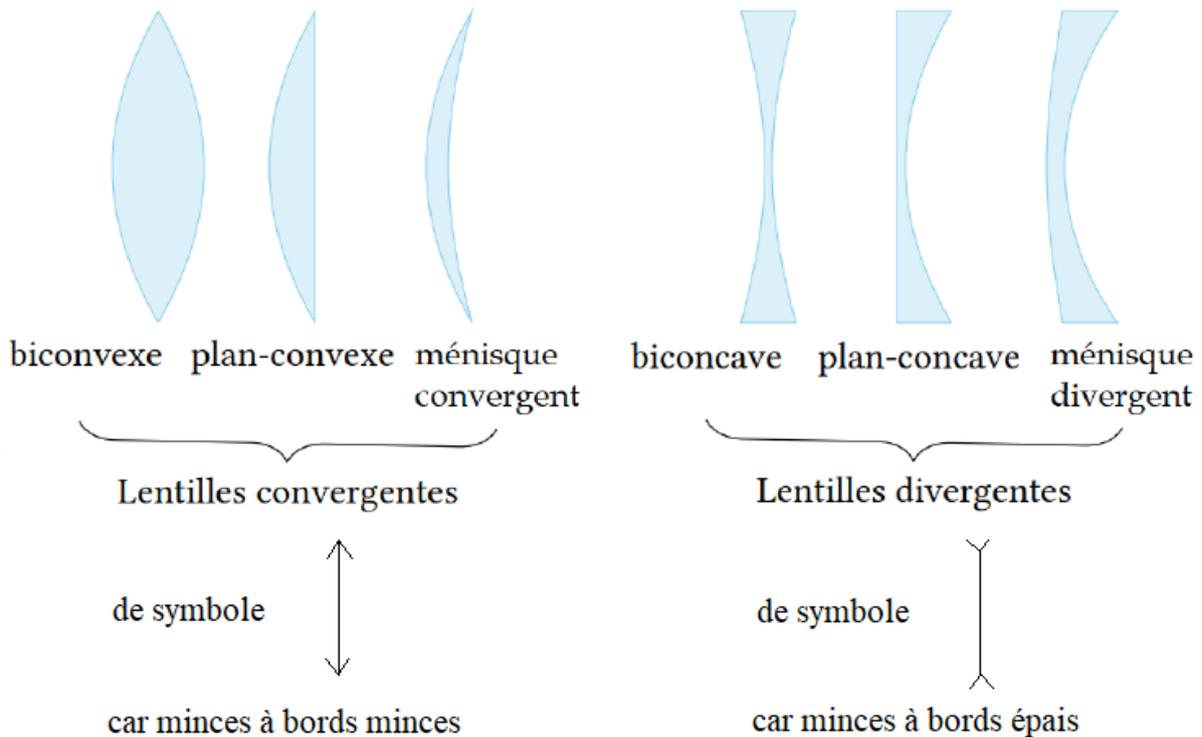
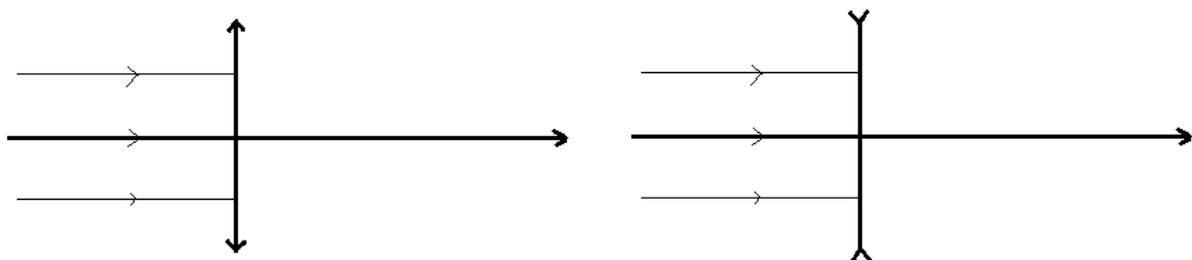


FIGURE 1 – Exemples de géométries pour une lentille mince (vue en coupe)

Q1 : En français, le verbe converger signifie "se diriger vers un même point" tandis que diverger signifie "s'éloigner d'un point en partant dans des directions différentes". En observant les rayons lumineux qui sortent des coupes de lentilles éclairées par un laser multifaisceaux, expliquer pourquoi les lentilles minces à bords minces sont dites **convergentes** et celles à bords épais **divergentes**.

Pour appuyer votre propos, vous recopierez et complétez sur votre compte rendu le schéma suivant en prolongeant les rayons lumineux à la sortie de la lentille.



On introduit à présent quelques définitions :

- ▷ Le **centre optique**, noté O, désigne le centre de la lentille. Un rayon lumineux qui passe par ce point n'est pas dévié par la lentille.
- ▷ La droite perpendiculaire à la lentille mince, passant par le centre optique, est appelée **axe optique**.
- ▷ Quand des rayons lumineux arrivent parallèles à l'axe optique, ils se coupent tous derrière la lentille, en un même point appelé **foyer image** et noté F'.
- ▷ La distance algébrique $\overline{OF'}$ entre le centre optique et le foyer image est appelée **(distance) focale** et notée f' .
- ▷ Le **foyer objet**, noté F, est le symétrique de F' par rapport au centre optique O.

Q2 : Représenter par les symboles appropriés et au bon endroit sur le schéma de la question précédente le centre optique de la lentille, le foyer image et le foyer objet. Mettre en évidence la distance focale. Repasser l'axe optique en couleur.

On définit la **vergence** de la lentille, notée C, comme l'inverse de la distance focale :

$$C = \frac{1}{f'}$$

Quand la distance focale est exprimée en mètre, la vergence s'exprime en dioptrie, de symbole δ , de sorte que $1\delta = 1\text{m}^{-1}$.

Q3 : Proposer un protocole pour mesurer la distance focale f' d'une lentille biconvexe accrochée sur le tableau magnétique. Le mettre en œuvre. En déduire la valeur de la vergence C.

Comme indiqué plus haut, les lentilles à support magnétique utilisées jusqu'ici sont en fait des coupes de lentilles. En réalité, les lentilles sont des morceaux de verre à bordure circulaire.

Vous disposez de plusieurs lentilles minces sur votre paillasse.

Pour savoir leur nature (convergente ou divergente), il suffit de déterminer si leur monture est fine ou épaisse. Le nombre écrit sur leur monture est leur distance focale, exprimée en centimètre. S'il est positif la lentille est convergente, s'il est négatif la lentille est divergente.

Q4 : Lire un texte à travers une lentille placée à proximité immédiate de ce texte (on s'en sert comme d'une loupe). Décrire qualitativement le lien entre la valeur de la vergence de la lentille et la vision du texte à travers cette lentille.

En optique, un **objet** désigne une source de lumière de forme bien délimitée. Une **image** est une forme lumineuse nette produite par une lentille éclairée par un objet.

Q5 : Avec un objet "à l'infini" (situé à quelques mètres de la lentille : les néons au plafond par exemple), déterminer quelles lentilles (convergentes ou divergentes ?) permettent d'obtenir une image (sur la paillasse par exemple).

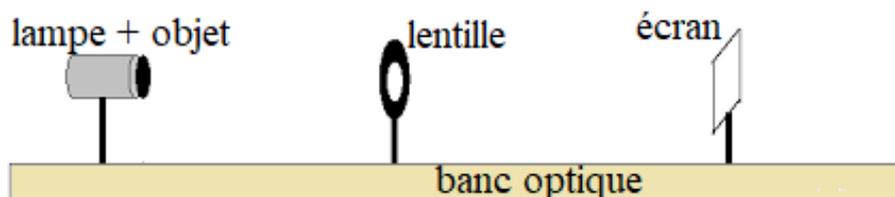
Q6 : Proposer alors un protocole simple pour estimer la distance focale d'une lentille convergente. Le faire valider par l'enseignant, puis le mettre en œuvre. Vous indiquerez le résultat accompagné de son incertitude, et comparerez à la valeur indiquée sur la monture de la lentille.

Q7 : (facultatif) Pour les myopes (mauvaise vision de loin) et les hypermétropes (mauvaise vision de près), enlever ses lunettes et identifier le type de lentille qui permet

de corriger votre défaut de vision, en les plaçant près de votre œil à la place d'un verre de lunette.

2 Formation d'une image sur un écran

On réalise à présent le montage schématisé ci-dessous :



La fente illuminée en forme de lettre P joue le rôle d'**objet** (source de lumière de forme bien définie). L'objectif est de former, sur l'écran blanc, son **image** (tache brillante aux contours nets, de même forme que l'objet).

Pour ce faire, placer l'objet à gauche sur le banc d'optique et une lentille de distance focale $f' = 20$ cm sur son support. Déplacer au choix la lentille ou l'écran jusqu'à observer avec netteté une forme lumineuse sur ce dernier.

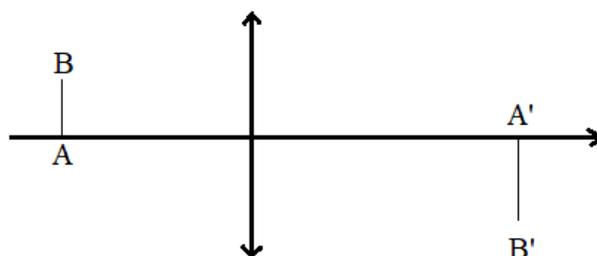
Pour obtenir une image de bonne qualité, il faut respecter les règles suivantes :

▷ Les hauteurs moyennes des différents éléments optiques (lampe, objet, lentilles...) doivent être égales : tous les éléments optiques doivent être centrés sur un même axe, l'axe optique.

▷ Si des lentilles sont utilisées, le plan de chaque lentille doit être perpendiculaire à l'axe optique (donc perpendiculaire au banc d'optique), de façon à ce que les lentilles fassent bien face aux rayons lumineux.

Vous avez alors réalisé l'image A'B' de l'objet AB par la lentille. Les points A et B désignent le point le plus bas et le point le plus haut de l'objet, les points A' et B' désignent les points correspondant à A et B respectivement, mais sur l'image.

Une situation possible est représentée ci-dessous en guise d'illustration (où on considère, pour simplifier, que le point A est situé sur l'axe optique) :



Q8 : Dans la configuration expérimentale choisie, indiquer si l'image est :

▷ **droite** (orientée dans le même sens que l'objet) ou **renversée** (orientée en sens inverse de l'objet) ;

▷ **agrandie** (plus grande que l'objet) ou **rétrécie** (plus petite que l'objet).

On définit le **grandissement**, noté γ (cette lettre grecque se lit "gamma"), comme le quotient de la **taille algébrique** $\overline{A'B'}$ de l'image et de la taille algébrique \overline{AB} de l'objet :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

On rappelle qu'une taille algébrique est une longueur comptée positivement si on se déplace vers le haut ou la droite pour aller du premier point au second, et négativement si on se déplace vers le bas ou la gauche pour aller du premier point au second.

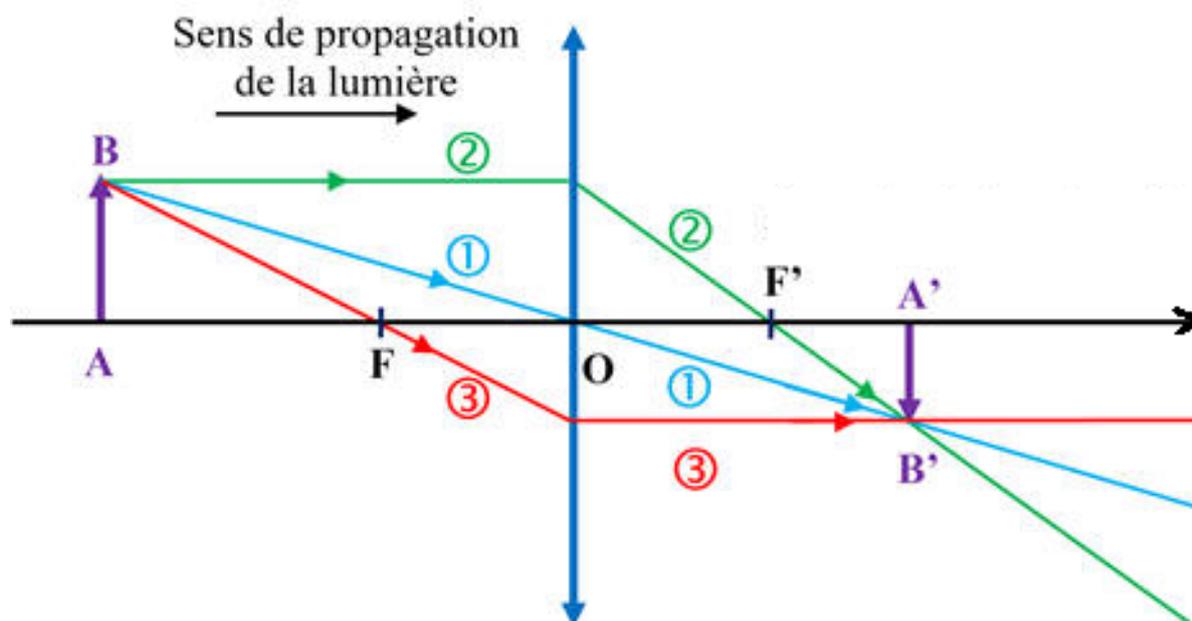
Q9 : Calculer le grandissement γ dans la situation expérimentale étudiée. Indiquer quelle information (concernant l'image) est codée dans sa valeur absolue et quelle information est codée dans son signe.

Les **règles de construction** des rayons lumineux à travers une lentille permettent de retrouver ou de prévoir graphiquement la position de l'image connaissant la taille de l'objet AB , sa distance OA par rapport au centre optique de la lentille, ainsi que la valeur de la distance focale f' de la lentille :

- ▷ Le rayon lumineux issu du point B et passant par le centre optique O n'est pas dévié par la lentille.
- ▷ Le rayon lumineux issu du point B et passant par le foyer objet F émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.
- ▷ Le rayon lumineux issu du point B et parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par le foyer image F' .

Ces trois rayons particuliers se coupent en un même point : l'image de B par la lentille, que l'on note B' . L'image du point A situé à la verticale de B sur l'axe optique est située à la verticale de B' sur l'axe optique, et notée A' . On peut ainsi, en reliant ces points, déterminer l'image $A'B'$ de l'objet AB par la lentille.

Une construction est illustrée ci-dessous à titre d'exemple :



Q10 : Mesurer AB , OF' et OA dans votre expérience. En utilisant les règles de construction et en choisissant l'échelle de sorte que le tracé rentre sur votre copie, prédire alors la position et la taille de l'image $A'B'$ dans les conditions de l'expérience.

Q11 : Vérifier si les valeurs de $A'B'$ et de OA' trouvées par construction graphique sont en accord avec celles obtenues expérimentalement.

Q12 : Vérifier la validité de l'égalité suivante dans les conditions de l'expérience, à la fois en réalité et sur votre tracé :

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}.$$

Justifier ensuite cette relation en vous appuyant sur le théorème de Thalès et la construction graphique.

On cherche à présent à quelle(s) condition(s) une lentille mince convergente permet de former une image sur un écran.

2.1 Protocole :

- Placer l'objet (lettre P) et l'écran à chacune des deux extrémités du banc d'optique (au moins 1,5 m les séparent l'un de l'autre).
- Intercaler, entre l'objet et l'écran, une lentille convergente (celle de distance focale $f' = 20$ cm de préférence).
- Déplacer la lentille convergente de façon à obtenir une image nette sur l'écran. Deux positions de la lentille sur le banc d'optique le permettent, les trouver et observer les deux images obtenues.
- Approcher doucement l'écran de l'objet, puis déplacer la lentille afin d'obtenir une image nette. Recommencer autant que nécessaire pour observer ce qui suit : en-dessous d'une certaine distance entre l'écran et l'objet, il est impossible d'observer une image nette sur l'écran (quelle que soit la position de la lentille). Estimer cette distance minimale D_{min} .

Q13. Décrire qualitativement dans chacune des deux positions permettant d'obtenir une image nette :

- ▷ la position de la lentille par rapport à l'objet et l'écran ;
- ▷ l'image obtenue.

Q14. Noter la valeur de la distance D_{min} , et estimer l'incertitude $u(D_{min})$ associée. Proposer une relation simple entre la distance D_{min} et la distance focale de la lentille utilisée.

Q15. En guise de conclusion, recopier et compléter le bilan de cours ci-dessous.

Pour projeter l'image d'un objet réel sur un écran, à l'aide d'une lentille :

- ▷ il faut une lentille ... ;
- ▷ il faut laisser entre l'objet et la lentille, une distance d supérieure à ... ;
- ▷ il faut laisser entre l'objet et l'écran de projection, une distance D supérieure à