

TD O2 : Propagation de la lumière à travers des systèmes optiques

élémentaires, formation d'images

EX 1 – Relation de conjugaison du dioptré plan

▷ On considère un dioptré plan séparant deux milieux d'indice n_1 et n_2 . Soit A un point objet réel dans le milieu d'indice n_1 , et A' son image par le dioptré.

Q 1. Schématiser le dispositif.

Q 2. Exprimer le rapport $\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ en fonction de n_1 et n_2 , où O est le projeté orthogonal de A sur le dioptré.

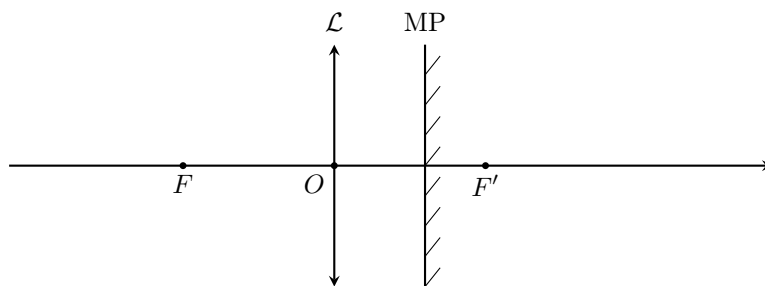
EX 2 – Coin de miroir

▷ Un rayon lumineux pénètre dans un système optique composé de deux miroirs plans faisant un angle α entre eux. Il rentre parallèlement à un miroir et ressort du système en revenant sur lui-même par le même chemin optique après trois réflexions.

Question : Quelle est la valeur de α ?

EX 3 – Méthode d'auto-collimation pour déterminer une distance focale de lentille convergente

▷ L'auto-collimation est une méthode simple permettant de mesurer la distance focale image f' d'une lentille mince convergente $\mathcal{L}$ et de centre optique O et d'axe optique (Oz) . On accole à la lentille, du côté opposé à l'objet, un miroir plan MP perpendiculaire à l'axe optique. La lentille et le miroir resteront fixes pendant la durée de l'expérience. On place devant la lentille un objet réel AB , perpendiculaire à l'axe, A étant sur l'axe optique, et on cherche la position de AB pour laquelle l'image finale $A'B'$ – obtenue après réflexion sur le miroir plan puis un second passage à travers la lentille – se forme dans le même plan que AB . Par souci de lisibilité, nous ne placerons pas MP directement après $\mathcal{L}$ sur le schéma, mais c'est ce qui est fait en principe en TP pour éviter les problèmes de parallaxe (=miroir plan qui serait un peu incliné par rapport à la lentille, en le tenant mal par exemple). La position de MP par rapport à $\mathcal{L}$ ne change rien au résultat final tant que le miroir n'est pas incliné.



Q 1. Reproduire le schéma d'auto-collimation sur votre feuille et placer un objet AB de telle manière à ce qu'il respecte les conditions de l'expérience d'auto-collimation décrites dans l'énoncé ci-dessus. Faire figurer les constructions géométriques..

Q 2. Comparer la taille et l'orientation de $A'B'$ par rapport à AB . Déterminer la valeur numérique du grandissement transversal γ .

Q 3. Pour repérer précisément la position de netteté, un expérimentateur répète cinq fois la mesure de $\overline{OA}$:

Essai n°	1	2	3	4	5
$\overline{OA}$ (cm)	-19,8	-20,1	-19,9	-20,0	-20,2

Calculer la valeur moyenne $\overline{OA}_{\text{moy}}$, en déduire f' ainsi que la vergence V de la lentille (en dioptries).

Q 4. Estimer l'incertitude-type $u(f')$ à partir de l'écart-type expérimental de la moyenne des cinq mesures.

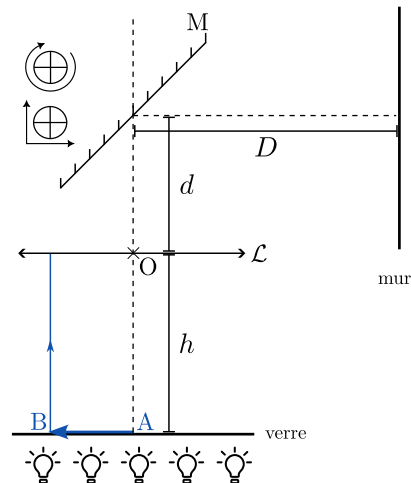
EX 4 – Un enfant et un miroir plan

▷ Un enfant de taille h se place debout devant un miroir plan rectangulaire, de hauteur H fixé sur un mur vertical.

Question : Déterminer la valeur minimale de la hauteur H du miroir pour que l'enfant puisse se voir en entier.

EX 5 – Fonctionnement d'un rétroprojecteur

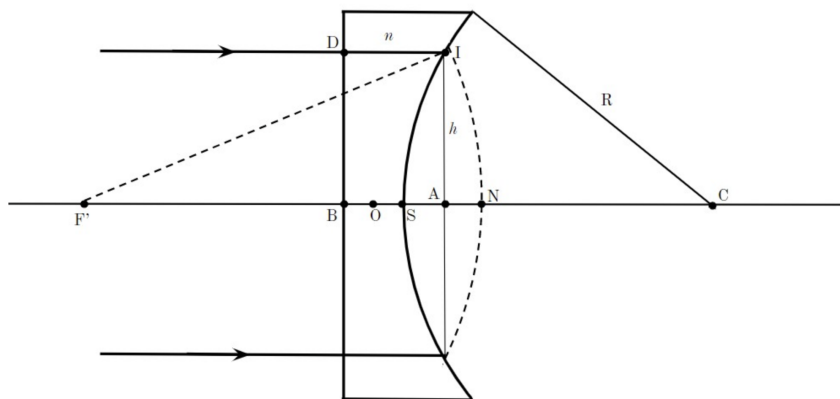
▷ Un rétroprojecteur est un ensemble lentille-miroir, avec un miroir plan M incliné à 45° par rapport à la lentille $\mathcal{L}$. Il permettait à l'enseignant des classes de collège/lycée de projeter sur un mur un document qu'il voulait partager à ses élèves. L'emploi de cet objet a diminué au fur et à mesure du déploiement massif des vidéo-projecteurs. L'ensemble lentille-miroir est réglable en hauteur (h). On étudie un rétroprojecteur dont la lentille a une vergence de $2,0 \delta$, avec une distance lentille-miroir $d = 10 \text{ cm}$. On désire projeter un objet transparent AB sur un écran placé à $D = 3,0 \text{ m}$ de l'axe optique de la lentille.



- Q 1.** Tracer l'image $A'B'$ de l'objet AB par le système optique.
- Q 2.** Déterminer l'expression littérale de la distance h permettant d'obtenir une image nette sur l'écran. Faire l'application numérique.
Indication : Utiliser la relation de conjugaison de DESCARTES.
- Q 3.** Déterminer l'expression littérale du grandissement γ de ce rétroprojecteur. Faire l'application numérique.

EX 6 – Étude du modèle d'une lentille mince divergente

▷ On considère la lentille mince divergente suivante qui résulte de la taille d'un morceau de verre d'indice n sur laquelle on envoie un faisceau lumineux :



On note $R = \overline{SC}$ le rayon de courbure de la face de sortie de la lentille divergente, $h = \overline{AI}$ le diamètre du faisceau lumineux entrant, $e = 2\overline{OS}$ l'épaisseur minimale de la lentille divergente. On se placera dans les conditions de GAUSS pour l'étude du problème.

- Q 1.** Par construction graphique, déterminer la marche du rayon lumineux incident du haut, après le point D . Il conviendra de faire apparaître l'angle d'incidence i_1 de ce rayon lumineux, ainsi qu'un angle de réfraction i_2 .
- Q 2.** Montrer que $i_1 = \frac{h}{R}$. En déduire l'expression de i_2 .
- Q 3.** Montrer que $i_2 - i_1 = \frac{h}{-f' + \frac{e}{2} + \frac{h^2}{2R}}$, en supposant $h \ll R$. *Indication* : Appliquer le théorème de PYTHAGORE.
- Q 4.** En déduire l'expression de f' en fonction de e , h , R et n .
- Q 5.** Simplifier l'expression de f' en supposant de plus e très petit devant R . Commenter le signe de f' .