

Chapitre P11

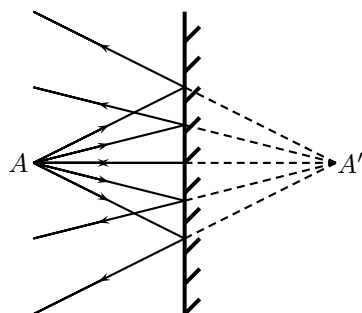
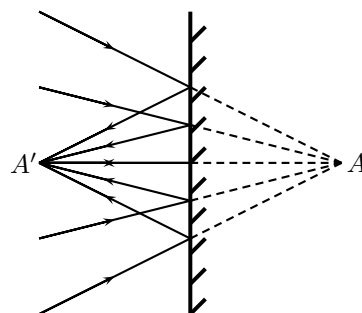
Formations d'images en optique

Notions et contenus	Capacités exigibles
Stigmatisme. Miroir plan.	Construire l'image d'un objet par un miroir plan.
Conditions de l'approximation de Gauss.	Énoncer les conditions de l'approximation de Gauss et ses conséquences. Relier le stigmatisme approché aux caractéristiques d'un détecteur.
Lentilles minces dans l'approximation de Gauss.	Définir les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence. Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux, identifier sa nature réelle ou virtuelle. Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal de Descartes et de Newton. Établir et utiliser la condition de formation de l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.

Questions de cours

- Définir un point-objet et un point-image. Schématiser en distinguant les cas réel et virtuel.
- Définir le stigmatisme rigoureux. Relier le stigmatisme approché aux caractéristiques d'un détecteur.
- Énoncer les conditions de l'approximation de Gauss et ses conséquences.
- Indiquer la position de l'image d'un point-objet par un miroir plan et tracer un faisceau de rayons en distinguant les cas réel et virtuel. Quelle est la particularité du stigmatisme du miroir plan ?
- Définir les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence d'une lentille mince dans les conditions de Gauss.
- Donner les formules de conjugaison et de grandissement transversal de Descartes et de Newton.
- Établir la condition de formation de l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.

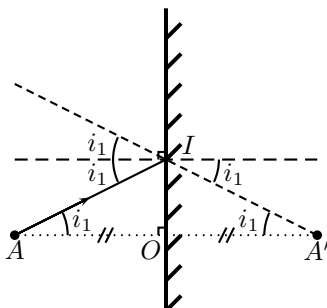
Document 1. Miroir plan

objet réel \rightarrow image virtuelleimage réelle \leftarrow objet virtuel

Document 2. Preuve du stigmatisme rigoureux du miroir plan

Soit A un point-objet, A' son symétrique par rapport au plan du miroir. On note O le projeté orthogonal de A sur le plan du miroir. C'est aussi le milieu de $[AA']$.

Montrons que tout rayon issu de A et frappant le miroir est réfléchi selon une droite passant par A' .



Soit un rayon incident issu de A , incliné d'un angle i_1 par rapport à la droite (AO) (qui est perpendiculaire au plan du miroir).

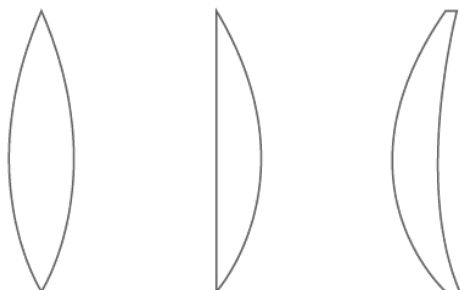
Par le théorème des angles alternes-internes, i_1 est aussi l'angle d'incidence du rayon sur le miroir en I .

Le triangle OIA' est symétrique du triangle OIA , leurs angles sont donc identiques : la droite $(A'I)$ fait alors un angle i_1 avec (OA') . Elle fait également un angle i_1 avec la normale (angles alternes-internes puis angles au sommet).

Cette droite vérifie ainsi la loi de Snell-Descartes pour la réflexion : le rayon réfléchi est donc confondu avec cette droite. \square

Document 3. Lentilles

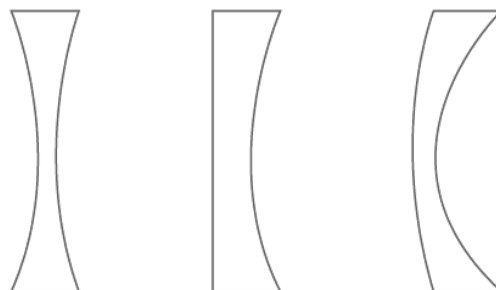
Lentilles convergentes



Biconvexe

Plan
convexeMénisque
convergent

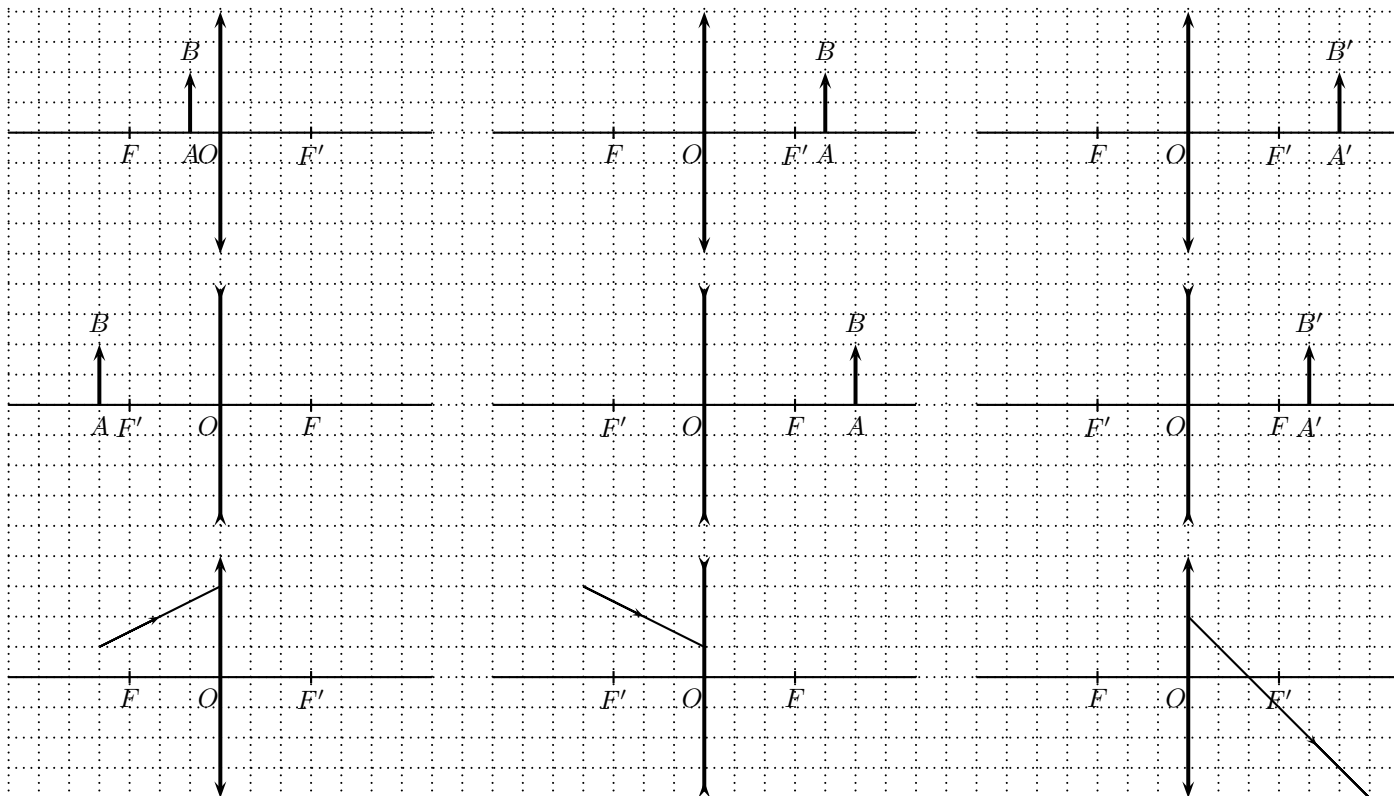
Lentilles divergentes



Biconcave

Plan
concaveMénisque
divergent

Exercice de cours A. Tracés d'images, d'objets ou de rayons



Exercice de cours B. Lentilles accolées

Soit deux lentilles minces de vergences V_1 et V_2 , collées l'une contre l'autre.

À l'aide de relations de conjugaison, montrer que ce système est équivalent à une lentille mince unique, dont la vergence est simplement reliée aux vergences des deux lentilles.

Exercice de cours C. Condition de formation de l'image réelle d'un objet réel

Un objet lumineux AB est placé à une distance d d'un écran. On cherche à obtenir une image de cet objet sur l'écran à l'aide d'une lentille de distance focale image f' . On notera O la position de la lentille pour laquelle on obtient une image nette sur l'écran.

1. Justifier simplement que la lentille est nécessairement convergente.
2. Déterminer une équation vérifiée par la distance algébrique $x = \overline{AO}$ en utilisant une relation de conjugaison.
3. À quelle condition une solution existe-t-elle ?
4. On note O_1 et O_2 les deux positions de la lentille correspondant à une image nette sur l'écran et $a = \overline{O_1O_2}$. Donner une relation liant a , d et f' .
5. En déduire une méthode de mesure de f' (méthode de Bessel).

Exercice 1. Taille d'un miroir

Une personne, assimilée à un segment vertical $[AB]$ de hauteur L , se tient face à un miroir plan vertical. Ses yeux sont situés à une distance h en-dessous du sommet de son crâne.

1. Représenter $[AB]$, le miroir, et les images A' et B' de A et B par le miroir.
2. Quelle est la hauteur minimale du miroir permettant de se voir intégralement dedans ? À quelle hauteur par rapport au sol faut-il le placer ? À quelle distance du miroir la personne doit-elle se placer ?

Exercice 2. Projecteur de diapositives

Avant l'invention du vidéoprojecteur, on utilisait un projecteur de diapositives pour observer des images de grandes dimensions sur un écran. Cet appareil comprend une source de lumière puissante qui éclaire une diapositive (photographie pouvant être traversée par la lumière) et une lentille mince convergente.

Une diapositive de dimension $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$ est placée à $8,0 \text{ cm}$ du centre de la lentille mince convergente servant d'objectif au projecteur. L'image est visible sur un écran placé à $2,00 \text{ m}$ de la lentille.

1. Déterminer la distance focale de la lentille utilisée, ainsi que les dimensions de l'image sur l'écran.
2. On souhaite doubler cette taille. À quelle distance faut-il placer l'écran de la lentille ? Faut-il déplacer la diapositive relativement à la lentille ? Si oui, de quelle distance ?

Exercice 3. Doublet de Huygens

Soit $a > 0$ une distance. On considère un système centré constitué de deux lentilles minces \mathcal{L}_1 de distance focale $f'_1 = 3a$ (foyers F_1 et F'_1) et \mathcal{L}_2 de distance focale $f'_2 = a$ (foyers F_1 et F'_1). La distance entre les centres optiques des deux lentilles est $e = 2a$.

On cherche la position du foyer image F' du système, qui est l'image par le système d'un objet situé à l'infini (même définition que pour une lentille).

1. Déterminer $\overline{F'_2 F'}$ à l'aide des relations de conjugaison.
2. Retrouver le résultat à l'aide d'une construction graphique.

Exercice 4. Méthode de Badal

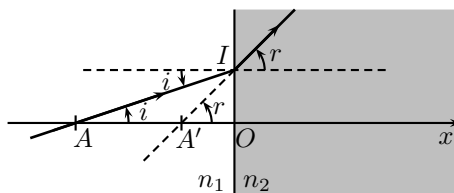
La méthode de Badal permet de mesurer la distance focale d'une lentille convergente ou divergente. On forme sur un écran l'image A_0 d'un objet A infiniment éloigné sur l'axe optique d'une lentille convergente (L_0) dont connaît la distance focale f'_0 .

1. Faire un schéma de la situation. Où se trouve A_0 ?

La lentille (L) de distance focale f' inconnue est placée dans le plan focal objet de (L_0). L'ensemble (L_0) + (L) forme alors une image A'' de A . Il faut déplacer l'écran d'une distance (algébrique) $D = \overline{A_0 A''}$ pour observer cette image.

2. Donner qualitativement le signe de D selon que la lentille (L) est convergente ou divergente. Compléter le schéma précédent dans le cas d'une lentille divergente.
3. Où se trouve l'image intermédiaire A' créée par la lentille (L) ? En déduire l'expression de $\overline{F_0 A'}$ où F_0 est le foyer objet de (L_0).
4. À l'aide d'une relation de conjugaison convenablement choisie, déterminer la position de A'' et en déduire l'expression de f' en fonction de D et f'_0 .

Exercice 5. Stigmatisme du dioptre plan



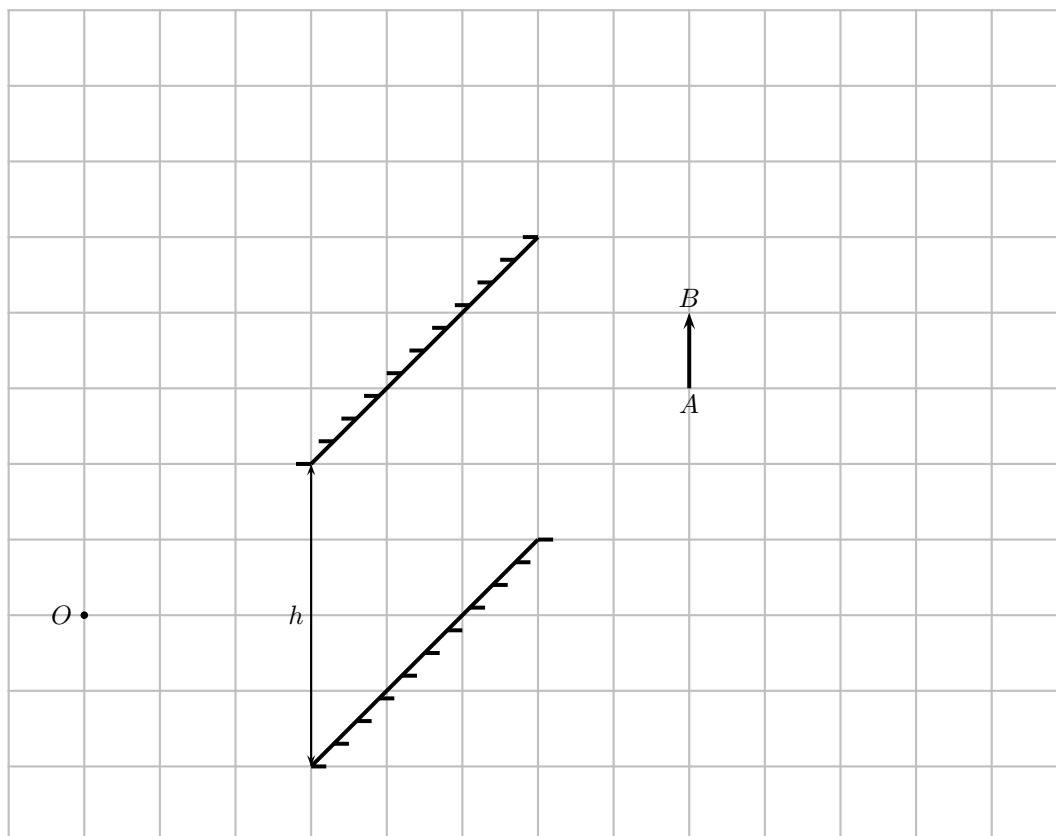
On considère un dioptre plan placé perpendiculairement à un axe Ox . Les indices des deux milieux seront notés n_1 et n_2 . On dispose d'un point objet A sur l'axe Ox . Par symétrie, son image se trouve également sur cet axe.

1. On considère un rayon issu de A d'incidence i , exprimer la distance OA' en fonction de cet angle i . Le dioptre plan est-il rigoureusement stigmatique ?
2. Le stigmatisme approché est-il réalisé dans les conditions de Gauss ? Donner la relation de conjugaison liant les distances algébriques $\overline{OA'}$ et \overline{OA} dans ce cas.

3. Application : un poisson évolue dans une rivière à 30 cm de profondeur. À quelle profondeur apparaît-il pour un oiseau qui le survole ?
4. Lors du passage à travers une vitre, on peut utiliser la relation de conjugaison précédente deux fois : l'objet A donne une image A' par le premier dioptré, qui sert d'objet pour le second dioptré, qui donne une image finale A'' . Pour une vitre d'épaisseur e et d'indice n déterminer le décalage $\overline{AA''}$.

Exercice 6. Périscope

Un périscope est constitué de deux miroirs parallèles inclinés de 45° par rapport à la verticale, décalés d'une hauteur h . Soit un objet AB vertical situé face au miroir du haut.



1. Tracer les images successives de l'objet après réflexion de la lumière sur chacun des miroirs.
2. Caractériser cette image. (réelle/virtuelle, droite/inversée). Délimiter la zone où l'on peut placer l'œil pour la voir.
3. Si l'œil se trouve en O tracer le rayon lumineux issu de A et entrant dans l'œil.

Réponses

Exercice 1 : 2. hauteur minimale : $L/2$.

Exercice 2 : 1. $f' = 7,7$ cm ; 60 cm \times 90 cm ; 2. $L' = 3,92$ m ; $d' = 7,8$ cm.

Exercice 3 : 1. $\overline{F_2'F'} = -a/2$.

Exercice 4 : 1. $A_0 = F'_0$; 3. $\overrightarrow{F_0A'} = f'$; 4. $f' = -(f'_0)^2/D$.

Exercice 5 : 1. $OA' = OA\sqrt{(n_2/n_1)^2 - \sin^2(i)}/\cos(i)$; 2. $\overline{OA'} = \overline{OA}\frac{n_2}{n_1}$; 3. 30 cm ; 4. $\overline{AA''} = e(1 - \frac{1}{n})$.