

TD 2 : FORMATION DES IMAGES

À préparer : Exercices 2, 3, 4, 5 et 9

Compétences	Capacités
Conditions de l'approximation de Gauss et applications 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 située 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.
Modèles de quelques dispositifs optiques L'œil. Punctum proximum, punctum remotum.	Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur plan fixe. Citer les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.
L'appareil photographique.	Modéliser l'appareil photographique comme l'association d'une lentille et d'un capteur. Construire géométriquement la profondeur de champ pour un réglage donné. Étudier l'influence de la focale, de la durée d'exposition, du diaphragme sur la formation de l'image.
Système optique à plusieurs lentilles.	

Exercice 1 : Relation de conjugaison

Un objet AB , de taille 1 cm, est placé à une distance $d = 3,0$ cm en avant d'une lentille mince convergente de centre optique O et de distance focale $f' = 5,0$ cm. Déterminer les caractéristiques de l'image $A'B'$ de AB .

Exercice 2 : Lentilles accolées

Montrer que lorsque deux lentilles L_1 et L_2 sont accolées, on obtient un système optique équivalent à une seule lentille L dont la vergence est la somme des vergences des lentilles accolées : $V = V_1 + V_2$. Ce résultat est à retenir et à réutiliser.

Exercice 3 : Montage 4F

Un objet AB est situé en amont d'une lentille convergente, à une distance égale au double de la distance focale.

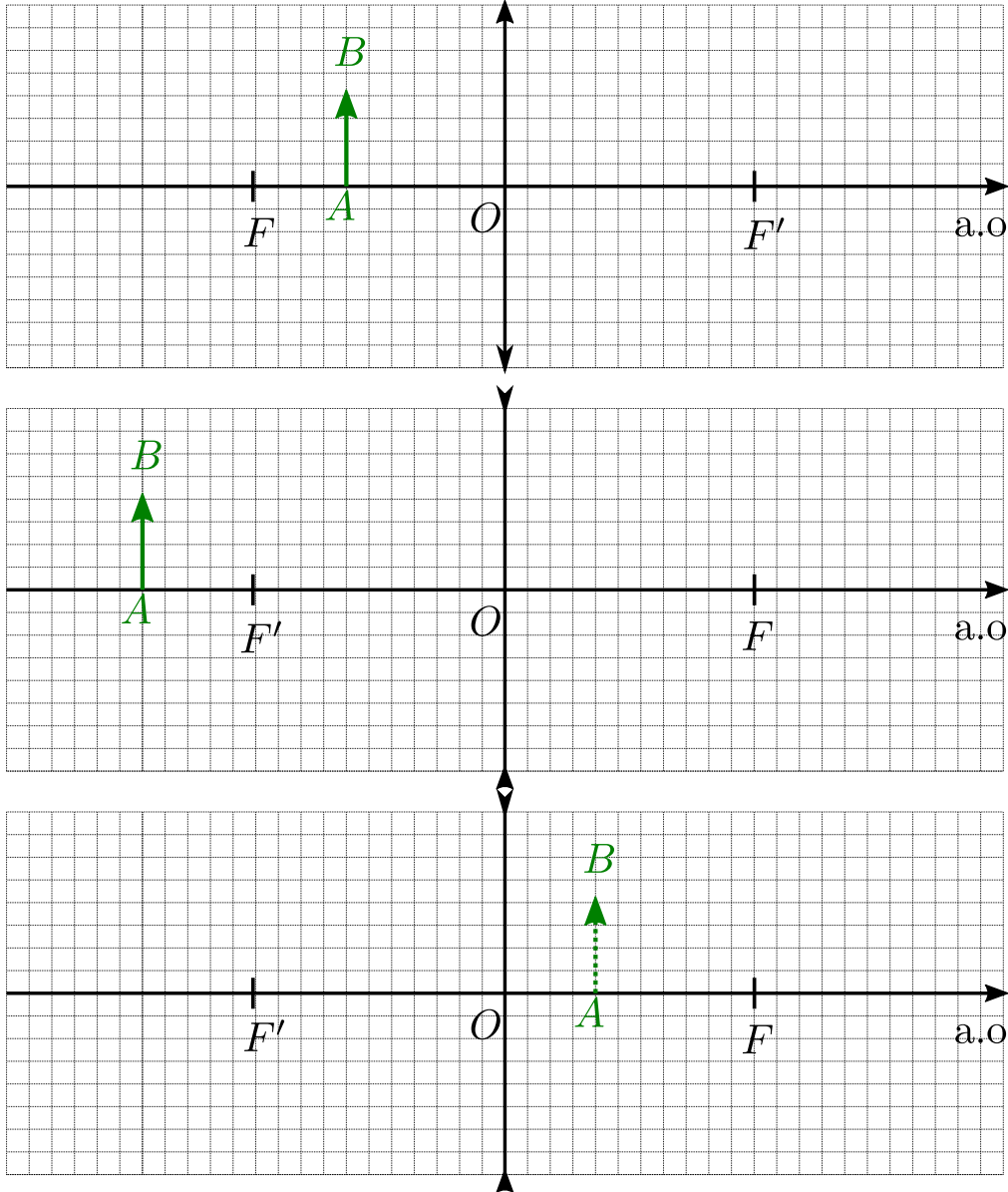
- Où se trouve l'image ? Justifier en utilisant les deux relations de conjugaison.
- Justifier l'appellation de montage $4f'$.
- Quel est le grandissement ?
- Si l'on rapproche légèrement l'objet de la lentille depuis la position précédente, comment l'image se déplace-t-elle ?
- Même question si on éloigne l'objet.

Ce résultat est à retenir et à réutiliser.

Exercice 4 : Construction



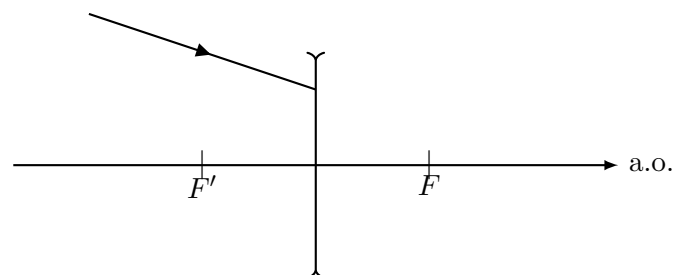
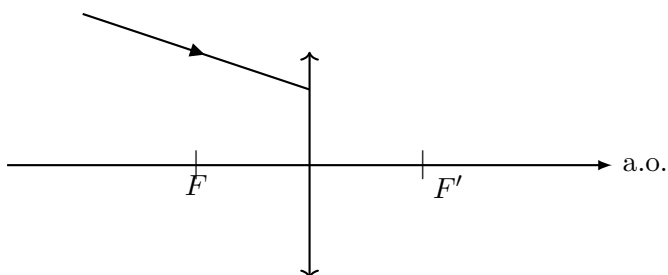
1. Soit un objet AB situé entre le foyer objet d'une lentille convergente et la lentille elle-même. Construire son image $A'B'$ sur le schéma ci-après. L'image est-elle réelle ou virtuelle ?
2. Soit un objet AB réel, perpendiculaire à l'axe optique et placé avant la face d'entrée d'une lentille divergente. Construire son image $A'B'$ sur le schéma ci-après. L'image est-elle virtuelle ou réelle ?
3. Reprendre la construction pour un objet AB situé après la lentille divergente, entre le centre optique O et le foyer objet F . L'image est-elle virtuelle ou réelle ?

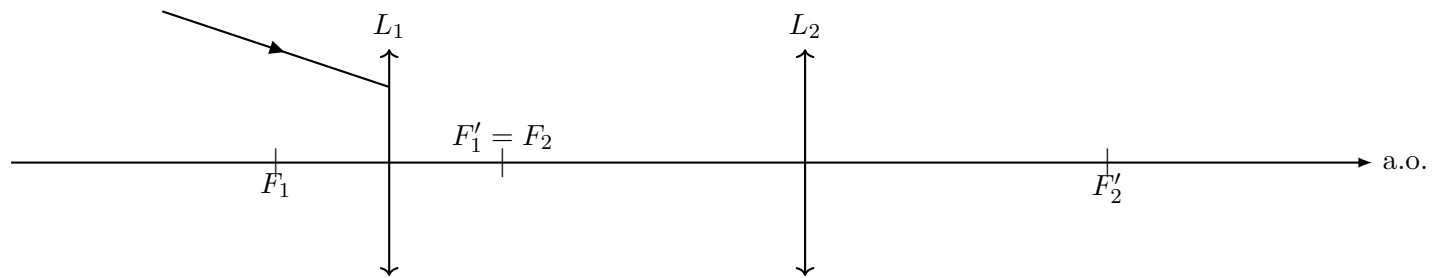


Exercice 5 : Foyers secondaires



Pour chacune des trois situations suivantes, déterminer la position de l'image.





Exercice 6 : Autocollimation



On place sur un même support une lentille mince convergente de focale f' et un miroir plan. On déplace alors l'ensemble de façon à former sur le support de l'objet une image renversée et de même taille que l'objet.

1. Montrer que, dans ce cas, la distance entre le système {lentille + miroir} et l'objet correspond à la focale de la lentille.
2. Justifier par une représentation graphique modélisant le trajet des rayons lumineux.

Exercice 7 : Variation de la vergence



Un œil normal est modélisé par un ensemble lentille L convergente- plan rétinien séparés d'une distance d fixe. On note V la vergence de L . V varie du fait de l'accommodation.

1. Lors de l'observation à l'infini, quelle relation peut-on écrire entre d et la vergence V_0 de l'œil au repos ?
2. L'objet se rapproche à distance finie : 1 m puis 25 cm. Déterminer l'augmentation ΔV de la vergence dans ces deux cas.

Exercice 8 : Loupe



Une loupe est une lentille convergente de distance focale image f' . On l'utilise pour observer une image agrandie d'un objet à travers la lentille.

1. De quelle nature (réelle/virtuelle) est l'image donnée par la loupe ?
2. Pour observer l'image de l'objet sans fatigue, où doit-elle se former ? Où doit être placé l'objet par rapport à la lentille pour qu'il en soit ainsi ? Faire un schéma dans cette situation.

On définit le grossissement commercial par $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$, où α est l'angle sous lequel est vu l'objet à l'œil nu (sans loupe) observé au punctum proximum ($d_m = 25$ cm), et α' l'angle sous lequel est vue l'image observée à travers la loupe.

3. (a) Exprimer α' en fonction de f' et de $\overline{AB}$.
(b) Exprimer α en fonction de d_m et $\overline{AB}$ (on s'aidera d'un schéma).
(c) Exprimer le grossissement commercial de la loupe en fonction de f' et d_m .
4. Calculer la valeur du grossissement commercial d'une loupe de vergence $V = 10 \delta$.
5. Quel est le pouvoir de résolution de l'œil dans de bonnes conditions d'éclairement ? Déterminer la taille du plus petit objet que peut distinguer un œil normal qui accommode au maximum.
6. Donner la taille du plus petit objet que peut distinguer un œil normal en utilisant la loupe sans accommoder. Conclure.

Exercice 9 : Lunette de Galilée



Mars est située à une distance variant entre 56 et 160 millions de kilomètres de la Terre. Son diamètre vaut 6800 km. On l'observe au travers d'une lunette de Galilée composée d'un objectif et d'un oculaire.

Ces deux systèmes optiques complexes peuvent être modélisés par deux lentilles minces la première (l'objectif) de focale 1,0 m et la seconde (l'oculaire) de focale $-2,5$ cm.

1. Où se forme l'image intermédiaire de Mars par l'objectif ?

- Où doit se former l'image finale pour pouvoir être observée sans fatigue ? Pour cela, où doit alors se trouver l'image intermédiaire de Mars par l'objectif qui joue le rôle d'objet pour l'oculaire ?
- En déduire avec quel point le foyer principal objet F_{oc} de l'oculaire doit coïncider. On réalise dans ce cas là ce qu'on appelle un **système afocal**. Faire un schéma en positionnant les lentilles convenablement (on fera attention au fait que l'oculaire est une lentille divergente !). On ne cherchera pas à faire le schéma à l'échelle.

Mars est assimilé à un objet AB situé à l'infini, où A est sur l'axe optique.

- Faire le tracer de deux rayons lumineux issus de B à travers la lunette : commencer par celui passant par F_1 , puis un autre au choix. L'image finale apparaît-elle dans le même sens que l'objet pour l'observateur ?

On appelle grossissement de la lunette le rapport $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ où α' est le diamètre apparent sous lequel est vue Mars à travers la lunette.

- Indiquer α et α' sur le tracé précédent.
 - Exprimer α et α' en fonction de la taille de l'image intermédiaire et des distances focales de l'objectif f'_{obj} et de l'oculaire f'_{oc} .
 - Établir l'expression du grossissement en fonction des distances focales de l'objectif f'_{obj} et de l'oculaire f'_{oc} .
 - Le calculer numériquement.
- On appelle diamètre apparent l'angle sous lequel est vu un objet. Calculer le diamètre apparent α de la planète Mars lorsqu'elle est observée sans lunette, lorsqu'elle est au plus proche de la Terre.
Est-il possible de voir à l'œil nu la surface de Mars ?
- Sous quel angle Mars est-elle perçue à travers la lunette lorsqu'elle est au plus proche ? Est-il cette fois-ci possible de distinguer sa surface ?

Exercice 10 : Microscope



Un microscope optique est modélisé par deux lentilles minces convergentes : l'objectif, placé du côté de l'objet, et l'oculaire, placé du côté de l'observateur. Il est réglé pour donner une image à l'infini d'un objet réel AB , perpendiculaire à l'axe optique, A étant placé sur l'axe, légèrement avant du foyer objet de l'objectif. L'image finale est observée par un œil emmétrope placé au voisinage du foyer image de l'oculaire. On modélise l'objectif par une lentille $\mathcal{L}_1$ convergente de distance focale image f'_1 et l'oculaire par une lentille $\mathcal{L}_2$ convergente de distance focale image f'_2 . La notice constructeur précise également l'intervalle optique $\Delta = \overline{F'_1 F'_2} = 16 \text{ cm}$.

- Comment placer le foyer principal objet de $\mathcal{L}_2$ pour que l'image finale se forme à l'infini ?
Faire un schéma du dispositif. Placer un objet AB en tenant compte du principe de fonctionnement d'un microscope puis tracer la marche de 3 rayons issus de B en faisant bien apparaître l'image intermédiaire $\overline{A_1 B_1}$.

On s'intéresse tout d'abord à l'oculaire seul. L'indication $\times 10$ portée sur l'oculaire est le grossissement commercial $G_0 = \frac{\alpha'}{\alpha}$ où α est l'angle sous lequel on verrait l'objet intermédiaire transverse $\overline{A_1 B_1}$ à l'œil nu lorsqu'il est situé à la distance minimale de vision distincte $d_m = 20 \text{ cm}$ et α' est l'angle sous lequel on voit l'image à l'infini de $A_1 B_1$ lorsqu'il est placé dans le plan focal objet de l'oculaire seul.

- Déterminer la distance focale f'_2 de l'oculaire.

On s'intéresse maintenant à l'objectif seul, modélisé par une lentille $\mathcal{L}_1$ de distance focale image f'_1 . La valeur absolue du grandissement $\gamma_1 = \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{AB}}$ de l'objet AB par l'objectif est indiquée à $\times 40$.

- Déterminer la distance focale f'_1 de l'objectif.

Pour finir, on s'intéresse au microscope dans son ensemble.

- Calculer la distance $\overline{O_1 A}$ à laquelle positionner l'objet pour que l'image intermédiaire $\overline{A_1 B_1}$ obtenue par l'objectif donne une image finale à l'infini.
- Calculer dans ce cas le grossissement commercial du microscope en entier, défini comme étant $G_c = \frac{\alpha'}{\alpha''}$, avec α'' l'angle sous lequel on voit l'objet AB à l'œil nu placé au punctum proximum.