Partie II : Optique
Chapitre 2

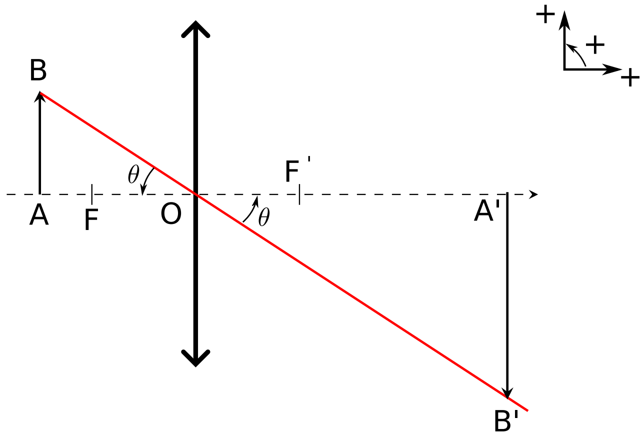
TD – Optique géométrique

Remarque : exercice avec ⋆ : exercice particulièrement important, à maîtriser en priorité (de même que les exemples de questions de cours des "ce qu'il faut savoir faire") | [• ◦ ◦] : difficulté des exercices

I Vrai-faux/questions courtes ⋆ | [• ◦ ◦]

1 - Géométrie avec les grandeurs algébriques et angles orientés.

À chaque fois, choisir le bon signe. Les angles sont comptés positifs dans le sens trigonométrique.



a - $\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \pm\dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$?

b - $\tan\theta = \pm\dfrac{\overline{AB}}{\overline{AO}}$?

c - $\tan\theta = \pm\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{OA'}}$?

2 - (V/F) Les points F et F' d'une lentille mince sont des points conjugués l'un de l'autre.

3 - (V/F) Un objet A et son image A' sont symétriques par rapport à O.

4 - Je cache la moitié d'une lentille avec une feuille. Que se passe-t-il au niveau de l'image ?

5 - Convertir une minute d'arc (donc 1/60 de degré) en radians.

6 - (V/F) L'œil effectue la mise au point en variant la distance cristallin-rétine.

II Hauteur d'un miroir [• ◦ ◦]

Un homme est situé à $d = 1{,}0\,\mathrm{m}$ d'un miroir plan. Cet homme mesure $1{,}90\,\mathrm{m}$ et la distance entre les yeux et le haut de son crâne vaut $10\,\mathrm{cm}$. Le miroir a une hauteur H et son extrémité inférieure est située à une distance h du sol.

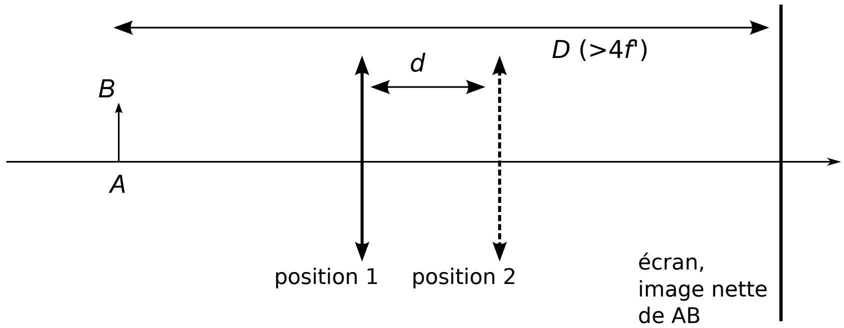
1 - À quelles conditions l'homme peut-il voir ses pieds dans le miroir ?

2 - Si l'homme recule, a-t-il plus de chances de se voir ?

Remarque : On peut également formuler une condition pour qu'il puisse voir le haut de son crâne.

III Déterminer une longueur focale par la méthode de Bessel [● ● ○]

On considère un objet et un écran, tous les deux fixes et séparés d'une distance D.
On place entre les deux une lentille convergente à une distance x de l'objet.
On déplace la lentille et on constate qu'il y a deux positions, x_1 et x_2, pour lesquelles on a une images nette sur l'écran.
On note $d = |x_1 - x_2|$ la distance entre ces deux positions.



1 - Montrer qu'on a la relation $\dfrac{d^2}{D^2} = 1 - \dfrac{4f'}{D}$.

2 - Comment peut-on utiliser ce résultat pour déterminer, par une expérience, la focale d'une lentille inconnue ?

On donne la relation de conjugaison de Descartes pour une lentille mince, avec les notations habituelles : $\dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'}$.
Voir également l'animation (lien sur le site de la classe) pour bien comprendre. Activer les faisceaux.

IV Pouvoir de résolution de l'œil [● ○ ○]

Le pouvoir séparateur d'un œil emmétrope (normal) est d'environ une minute d'arc, soit donc $\theta_0 = (1/60) \times \pi/180 = 3 \times 10^{-4}$ rad. Ainsi, deux points ne peuvent être vus distinctement que si leur écart angulaire est supérieur à cette valeur.
De plus, un œil normal peut voir net entre l'infini et le ponctum proximum situé à 25 cm environ.

1 - Déterminer la distance jusqu'à laquelle cet œil peut distinguer deux traits parallèles séparés de 2 mm.

2 - Déterminer la taille du plus petit détail discernable par cet œil.

3 - En modélisant l'œil comme une lentille convergente associée à un écran (la rétine) placé à une distance fixe de 20 mm derrière, déterminer la taille moyenne d'un récepteur de la rétine.

V D'autres formules pour le grandissement [● ● ○]

On considère une lentille mince convergente, un objet $\overline{AB}$ et son image $\overline{A'B'}$. On s'intéresse au grandissement $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$.

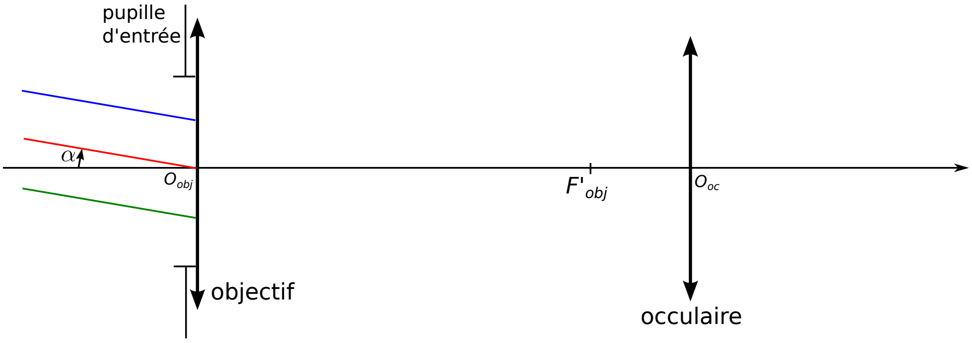
On a vu en cours qu'on a aussi $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ (simple théorème de Thales).

1 - Montrer, en vous appuyant sur un tracé et un raisonnement géométrique, qu'on a aussi la formule $\gamma = -\dfrac{\overline{F'A'}}{f'}$.

2 - Montrer également qu'on a $\gamma = \dfrac{f'}{\overline{FA}}$.

VI Lunette astronomique ★ | [● ● ○]

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 astronomique composée d'un objectif et d'un oculaire. Ces deux systèmes optiques complexes peuvent être modélisés par deux lentilles convergentes, la première (l'objectif) de focale 1,0 m et la seconde (l'oculaire) de focale 2,5 cm.



1 - 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 ?

La particularité d'une lunette est qu'il s'agit d'un instrument **afocal** : l'image d'un objet à l'infini (comme Mars) est également située à l'infini. L'avantage est que cette image envoyée à l'infini est facilement observée par l'œil, car il s'agit de la position où il est au repos (il n'a pas à accommoder).

2 - a - Tracer la suite des rayons du schéma après l'objectif. On s'arrêtera à l'occulaire. On prendra, pour le schéma uniquement, $f_{\text{obj}} = 4f_{\text{oc}}$.

b - Pour que la lunette soit afocale, avec quel point le foyer objet F_{oc} de l'oculaire doit-il coïncider ?

c - Tracer la suite des rayons, après l'oculaire.

L'image finale est-elle droite ou renversée ?

3 - La lunette est caractérisée par son grossissement angulaire $G = \alpha_0/\alpha$, où α est le diamètre apparent de la planète et α_0 l'angle sous lequel elle est vue en sortie de la lunette.

a - Exprimer G en fonction de f_{obj} et f_{oc}.

b - Sous quel angle Mars est-elle perçue lorsqu'elle est au plus proche ? Est-il cette fois possible de distinguer sa surface ?

Remarque : Quelle est la différence entre un télescope et une lunette ? Un télescope utilise un miroir et un oculaire. L'avantage principal est que le miroir ne produit pas d'aberrations chromatiques (toutes les couleurs se comportent de la même façon).

VII Microscope [● ● ○]

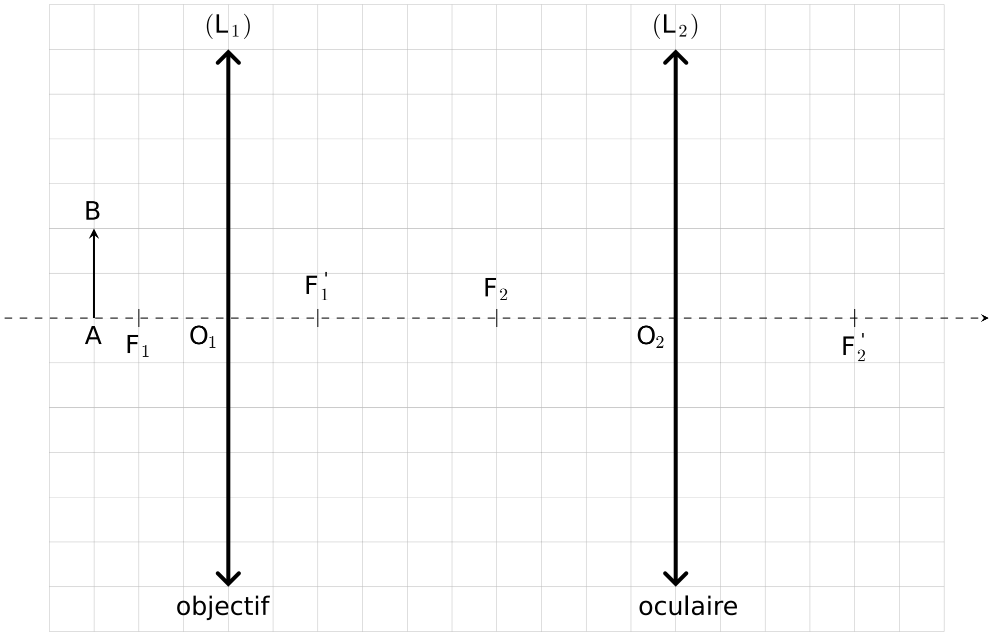
Un microscope est conçu pour fournir à l'œil une image agrandie d'un petit objet. Il est constitué de deux éléments optiques : l'objectif et l'oculaire.

Le microscope modélisé dans cet exercice porte les indications suivantes : “Objectif 40x ; Oculaire 10x ; Ouverture numérique $ON = 0{,}65$; Intervalle optique $\Delta = 16\,\text{cm}$”.

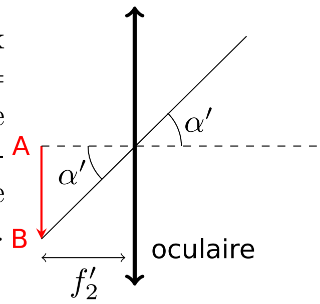
La mise au point est effectuée sur une lamelle contenant l'échantillon à étudier. Afin de ne pas fatiguer l'œil, l'ensemble est réglé pour que l'image de l'échantillon soit à l'infini.

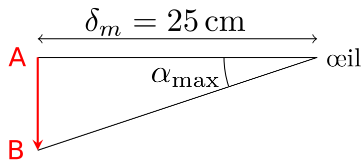
1 - On note A_0B_0 l'image de l'objet AB par l'objectif. Pour que la condition ci-dessus soit remplie, dans quel plan faut-il que l'image A_0B_0 se situe ?

2 - Compléter le tracé sur le schéma ci-dessous. AB a été placé tel que la condition précédente soit bien vérifiée.



On s'intéresse à l'oculaire seul. L'indication 10x donne la valeur du grossissement commercial $G_2 = \alpha'/\alpha_{\max}$, où : α' est l'angle sous lequel est vue l'image d'un objet placé dans le plan focal objet de l'oculaire ; $\alpha_{\max}$ est l'angle sous lequel est vu ce même objet à l'œil nu à une distance minimale de 25 cm. Ces deux situations sont schématisées ci-contre.





3 - Pourquoi est-il intéressant d'utiliser l'angle $\alpha_{\max}$ comme référence pour le grossissement commercial ?

4 - Montrer que la distance focale image de l'oculaire vaut $f_2' = 2{,}5$ cm.

On s'intéresse ensuite au microscope dans son ensemble. L'indication 40x portée sur l'objectif est la valeur absolue du grandissement transversal γ_1 de la lentille de l'objectif . L'intervalle optique Δ correspond à la distance $\overline{F_1'F_2}$.

5 - Donner en le justifiant le signe de γ_1.

6 - En utilisant le théorème de Thalès ou des relations impliquant les tangentes d'angles bien choisis, montrer que $\gamma_1 = -\dfrac{\Delta}{f_1'}$.

7 - En déduire la distance focale image de l'objectif f_1', littéralement puis numériquement.

8 - Montrer que la distance $\overline{O_1A}$ où l'objet doit être placé pour obtenir une image à l'infini en sortie du microscope vaut

$$\overline{O_1A} = -\frac{f_1'(\Delta + f_1')}{\Delta}.$$

Commenter le signe obtenu.

Le grossissement commercial G du microscope complet est le rapport entre d'une part l'angle sous lequel on voit l'image à l'infini d'un objet de taille finie à travers le microscope et l'angle sous lequel on le voit à l'œil nu s'il est placé à la distance minimale de vision distincte $\delta_m = 25$ cm.

9 - Exprimer le grossissement commercial d'abord en fonction de δ_m, γ_1 et f_2', littéralement puis numériquement.

10 - Comment déduire ce grossissement des indications portées sur l'objectif et l'oculaire ?