

Vrai/Faux

- Le foyer image F' d'une lentille divergente est situé avant la lentille.
Vrai Faux
- Les points F et F' d'une lentille sont des points conjugués l'un de l'autre.
Vrai Faux
- Il est impossible d'obtenir une image réelle d'un objet réel par une lentille divergente.
Vrai Faux
- Il est impossible d'obtenir d'un objet réel une image virtuelle par une lentille convergente.
Vrai Faux
- Une lentille divergente a une vergence négative.
Vrai Faux
- Le *punctum remotum* d'un oeil emmétrope est situé à l'infini.
Vrai Faux
- L'oeil effectue la mise au point en variant la distance cristallin-rétine.
Vrai Faux
- Un grandissement négatif indique que l'image est plus petite que l'objet.
Vrai Faux

Avec le cahier d'entraînement

- ↪ **Diamètre apparent** : entraînement 9.1
 ↪ **Tracé de rayons** : entraînement 9.6, 9.7
 ↪ **Instrument d'optique** : entraînement 9.4.

Pour bien démarrer

Exercice n°1 - Tracé de rayons (★)

Considérons une lentille convergente de focale $f' = 3$ cm et un objet AB de hauteur 1.5 cm.

- Pour chaque situation suivante, construire un schéma permettant de construire l'image A'B' de cet objet, et préciser la nature de l'image.
 - ▷ Objet AB situé à l'infini avant la lentille.
 - ▷ Objet AB situé avant le foyer objet de la lentille.
 - ▷ Objet AB situé entre le foyer objet et le centre optique de la lentille.
 - ▷ Objet AB situé entre le centre optique et le foyer image de la lentille.
 - ▷ Objet AB situé après le foyer image de la lentille.
- Reprendre ensuite chaque situation précédente dans le cas d'une lentille divergente, en inversant dans chaque situation "foyer image" et "foyer objet".

Exercice n°2 - Détermination d'une image (★)

- Un objet AB de hauteur 0.5 cm est placé à 30 cm devant une lentille convergente de focale $f' = 20$ cm, perpendiculairement à son axe. Déterminer la position, la taille et la nature de l'image en utilisant les formules de conjugaison de Descartes.
- Retrouver les résultats précédents en utilisant les formules de Newton.
- Retrouver ces résultats par une construction graphique.
- Quelle image cette lentille donnerait-elle d'un objet virtuel de même taille placé 30 cm après son centre ? Vérifier graphiquement.

Exercice n°3 - Hauteur d'un miroir (★)

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

- À quelles conditions l'homme peut-il voir ses pieds dans le miroir ?
- Si l'homme recule, a-t-il plus de chances de se voir ?

Exercices essentiels (traités en TD)

Exercice n°4 - Pouvoir séparateur de l'oeil (★★)

Le pouvoir séparateur d'un œil emmétrope (normal) est $\theta_0 = 3 \cdot 10^{-4}$ rad, c'est-à-dire que deux points ne peuvent être vus distinctement que si leur écart angulaire est supérieur à cette valeur.

1. Déterminer la distance jusqu'à laquelle cet œil peut distinguer deux traits parallèles séparés de 2 mm.
2. Déterminer la hauteur que doit avoir une lettre d'un panneau autoroutier pour être lisible à 250 m.
3. En modélisant l'œil comme une lentille convergente associée à un écran placé à une distance fixe de 20mm derrière, déterminer la taille moyenne d'un récepteur de la rétine.

Exercice n°5 - La loupe (★★)

Toto utilise une lentille mince convergente de focale $f' = 3,0$ cm comme loupe. Son œil emmétrope (punctum proximum à la distance $d_m = 25$ cm) est au foyer image de la lentille. Dans ces conditions, il observe un objet AB de hauteur 5,0 mm, placé au foyer objet.

▷ Déterminer le *grossissement commercial* G de cette loupe, défini comme le rapport entre l'angle α' sous lequel on voit l'image à l'infini de l'objet à travers la loupe, et l'angle α sous lequel on verrait ce même objet à l'œil nu à la distance minimale de vision d_m .

Exercice n°6 - Le microscope optique (★★)

Du point de vue de la formation d'image, un microscope optique commercial peut se modéliser par l'association de deux lentilles minces convergentes utilisées dans les conditions de Gauss, voir figure 1.

La première lentille, notée L_1 , est l'objectif du microscope. La seconde, notée L_2 est l'oculaire. L'échantillon à observer doit être placé sur la platine, devant l'objectif. Un système dont on parlera pas dans cet exercice permet d'éclairer l'objet sans perturber la formation de l'image. Le microscope modélisé dans cet exercice porte les indications suivantes : Objectif $40\times$; Oculaire $10\times$; Ouverture numérique $ON = 0,65$; Intervalle optique $\Delta = 16$ cm. L'objectif de l'exercice est de comprendre à quoi ces indications correspondent.

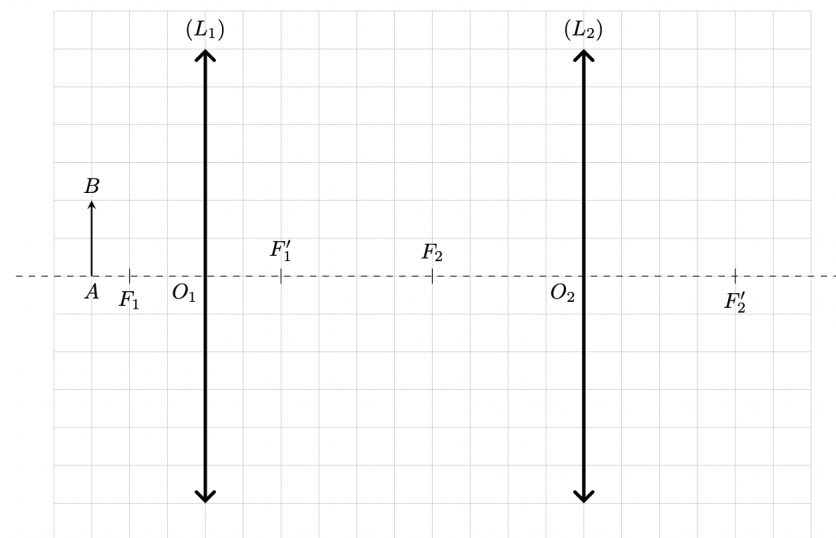


Figure 1: Modélisation du microscope par deux lentilles minces convergentes

1. Justifier que si le microscope est correctement réglé l'objectif fournit une image (intermédiaire) réelle et agrandie d'un objet réel alors que l'oculaire fournit une image à l'infini d'un objet réel. En déduire la position de l'image intermédiaire par rapport à l'oculaire L_2 .
2. Compléter le schéma figure 1, en construisant l'image finale en sortie de l'oculaire.

Intéressons-nous d'abord à l'oculaire seul. L'indication $10\times$ portée sur l'oculaire donne la valeur du grossissement commercial G_2 , c'est-à-dire la valeur du rapport entre d'une part l'angle α' sous lequel est vue l'image d'un objet de taille finie lorsqu'elle est renvoyée à l'infini par l'oculaire seul et d'autre part l'angle α_{\max} sous lequel un rayon issu du même objet traverse le centre optique d'un œil emmétrope lorsque cet objet est placé à la distance minimale de vision distincte $\delta_m = 25$ cm.

3. Faire un schéma représentant chacune des situations décrites ci-dessus. Pourquoi est-il intéressant d'utiliser l'angle α_{\max} comme référence pour définir un grossissement commercial ?
4. En déduire que la distance focale image de l'oculaire vaut $f'_2 = 2,5$ cm.

Considérons maintenant le microscope complet, avec l'objectif. L'indication $40\times$ portée sur l'objectif est la valeur absolue du grandissement transversal γ_1 de la lentille L_1 . L'intervalle optique Δ correspond à la distance $\overline{F_1'F_2}$.

- Donner en le justifiant le signe de γ_1 .
- En utilisant le théorème de Thalès ou des relations impliquant les tangentes d'angles bien choisis, montrer que

$$\gamma_1 = -\frac{\Delta}{f_1'}$$

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

- Exprimer le grossissement commercial d'abord en fonction de δ_m , γ_1 et f_2' , littéralement puis numériquement. Comment déduire ce grossissement des indications portées sur l'objectif et l'oculaire ?

Adapté de Banque PT, 2017

Résolution de problème Hauteur du Mont Saint-Michel

La photographie donnée en figure 2, réalisée dans la baie du Mont Saint-Michel, a été prise avec un appareil photo numérique de type "Canon G10", dont l'objectif a pour focale $f' = 18$ mm, et dont le capteur a pour dimension $5,7 \times 7,6$ cm. La distance du lieu de la prise de vue au Mont Saint-Michel est de 1,46 km.



Figure 2: Photographie du Mont Saint-Michel

▷ À partir de la photo obtenue et des indications, déterminer la hauteur du Mont Saint-Michel (flèche comprise) en indiquant les hypothèses posées, la modélisation du problème (par exemple par un schéma légendé) et les calculs effectués.

Adapté de CCINP filière MP, 2021

Éléments de réponse

Vrai / Faux

1. Vrai 2. Faux 3. Vrai 4. Faux 5. Vrai 6. Vrai 7. Faux 8. Faux

Exercice n°1

Voir annexe *Tracé de rayons*.

Exercice n°2

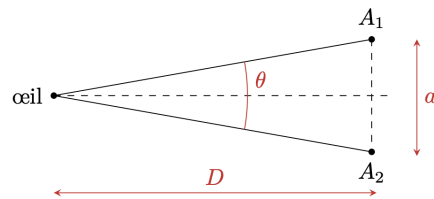
1. $\overline{OA'} = +60$ cm : image réelle, $\overline{A'B'} = -1,0$ cm : image agrandie et renversée. 2. On calcule $\overline{F'A'}$, puis on utilisera la relation $\overline{OA'} = \overline{OF'} + \overline{F'A'}$.
4. $\overline{OA'} = +12$ cm et $\overline{A'B'} = +0,2$ cm : image réelle, droite et rétrécie.

Exercice n°3

1. Il faut faire un schéma, et voir à quelle condition le rayon qui va des pieds jusqu'au yeux peut exister. On en conclut que c'est le cas si $h \leq 90$ cm. 2. Cela ne change rien.

Exercice n°4

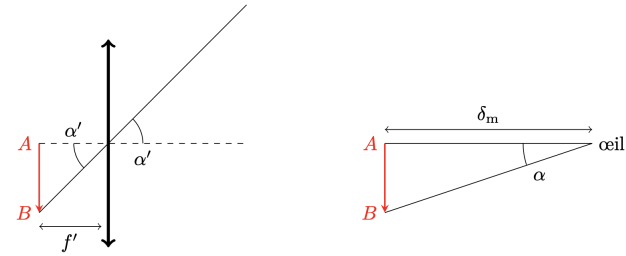
1. On pourra se servir du schéma suivant :



On trouve $D_{\text{lim}} = a/\theta_0 = 6,7$ m (on a utilisé l'approximation des petites angles : $\tan \theta_0 \simeq \theta_0$). 2. $a_{\text{min}} = D_{\text{lim}}\theta_0 = 7,5$ cm. 3. $r = 6\mu\text{m}$.

Exercice n°5

1. Faire un schéma des deux situations : avec et sans loupe :



En utilisant l'approximation des petits angles, $G = \alpha'/\alpha = d_m/f' = 8,3$.

Résolution de problème

On déterminera d'abord la hauteur du Mont Saint-Michel sur le capteur, puis on utilisera la formule du grandissement pour trouver la hauteur réelle : $h \simeq 160$ m.