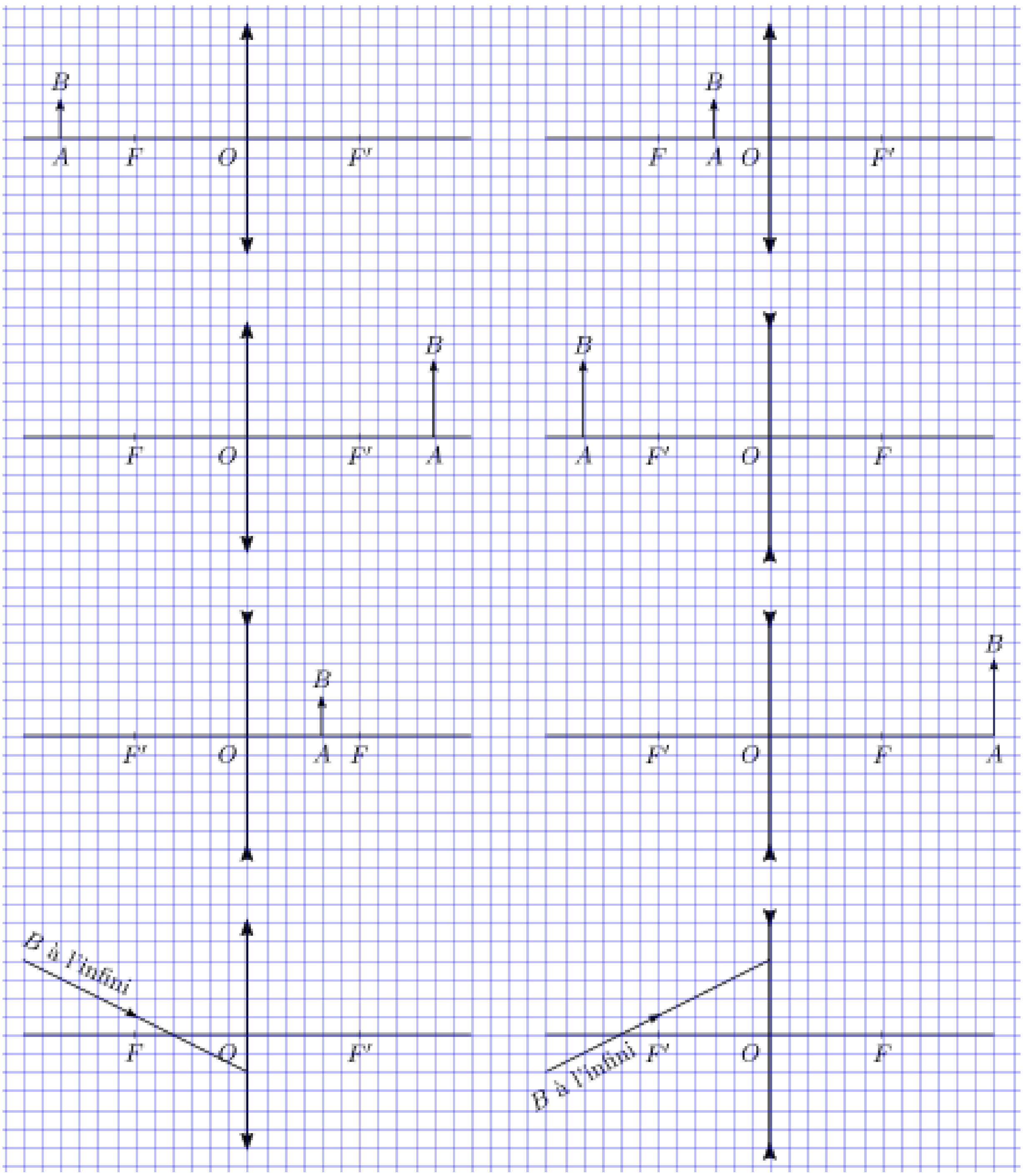
1 Constructions d'images

Dans chaque cas,

— indiquer la nature (réel ou virtuel) de l'objet $\overrightarrow{AB}$

— construire son image $\overrightarrow{A'B'}$ par la lentille

— indiquer la nature de l'image.



2 De pied en cap

Une personne mesurant 1,70 m est photographiée avec un appareil photo numérique, dont l'objectif est assimilable à une lentille de vergence 20 δ. Pour que cette personne apparaisse toute entière sur le cliché, son image sur le capteur doit mesurer au maximum 24 mm. À quelle distance de l'objectif la personne doit-elle se placer ?

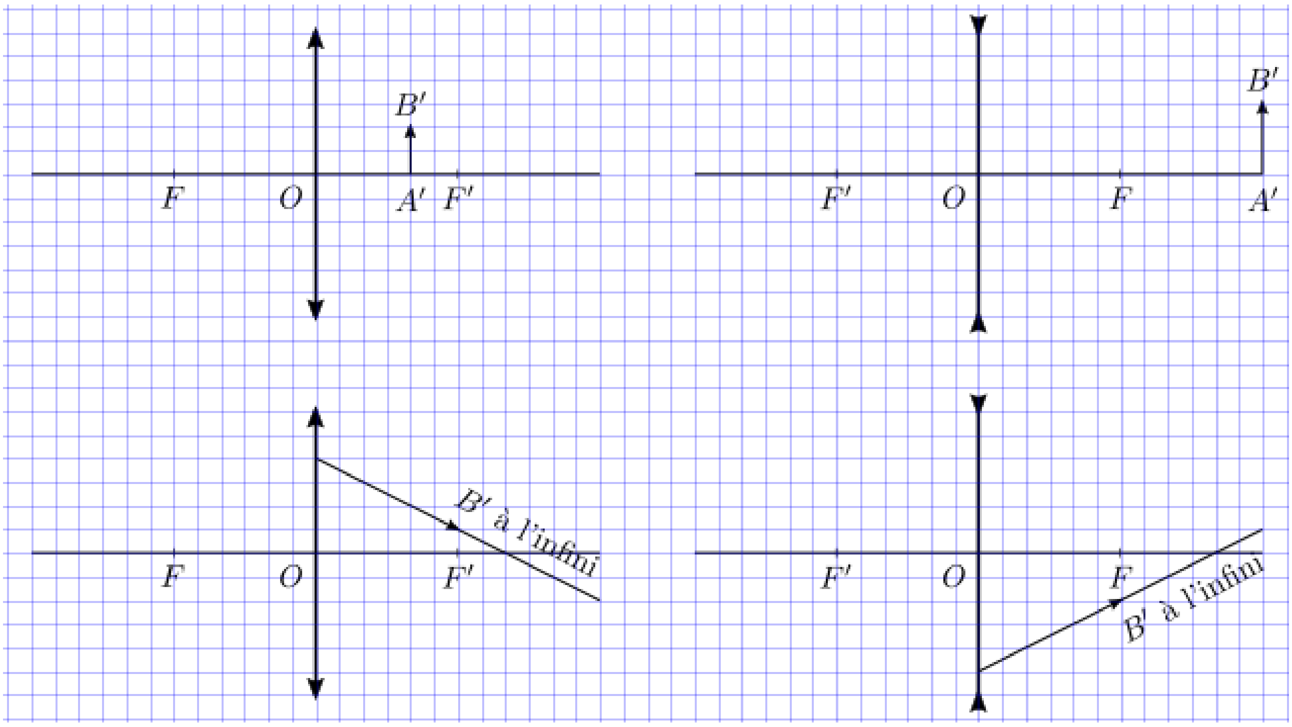
3 Constructions d'objets

Dans chaque cas,

— indiquer la nature de l'image $\overrightarrow{A'B'}$

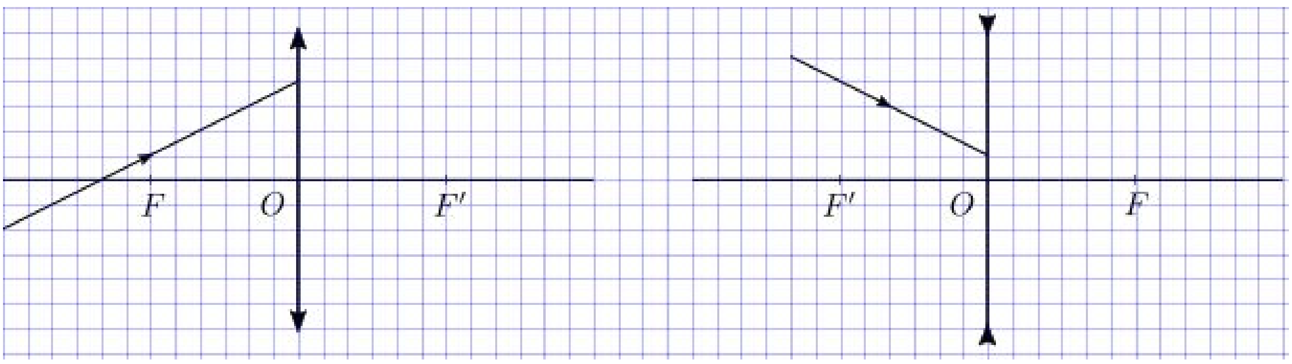
— construire l'objet $\overrightarrow{AB}$ conjugué de $\overrightarrow{A'B'}$ par la lentille

— indiquer la nature de l'objet.

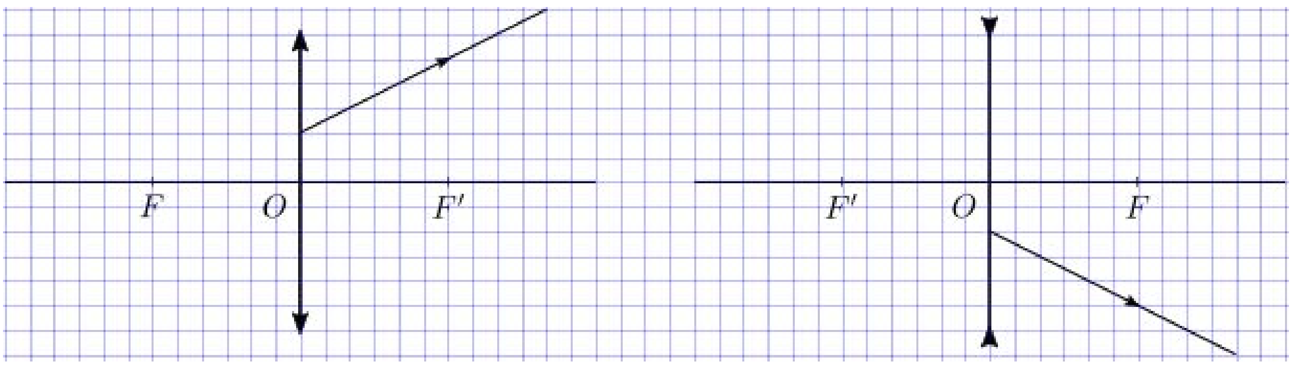


4 Construction d'un rayon quelconque

1. Construire le rayon émergent dans chaque cas.



2. Construire le rayon incident dans chaque cas.



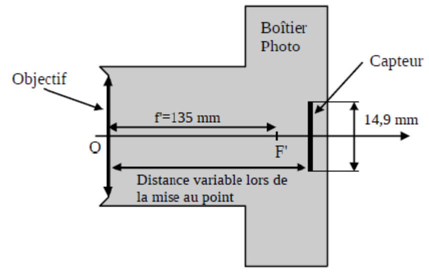
5 La cascade du parc de Yellowstone

Le parc national de Yellowstone est un parc naturel situé au nord-ouest des États-Unis.
Estimer, grâce aux documents fournis ci-dessous, la hauteur de la cascade du parc de Yellowstone.

Doc 1 | ***Photographie de la cascade***

Doc 2 | ***Vue satellite de la position du photographe***

Doc 3 | ***Caractéristiques de l'appareil photo***



6 Méthode de Silbermann

La méthode de Silbermann est une méthode de focométrie, c'est-à-dire de détermination d'une distance focale. Elle consiste à chercher les positions d'un objet, d'une lentille convergente et d'un écran, pour observer à l'écran une image renversée de même taille que l'objet.
Comment se déduit alors la distance focale de la lentille ?

7 Le rétro-projecteur

Un rétroprojecteur est composé d'une lentille convergente de focale 30 cm suivie d'un miroir plan incliné à 45°. Le centre du miroir est situé à 15 cm du centre optique de la lentille. Le centre du miroir se trouve à 3,0 m d'un écran vertical.

1. À quelle distance du transparent à projeter faut-il placer la lentille ?
2. Quelle est alors la taille à l'écran d'une lettre de hauteur 5,0 mm sur le transparent ?

8 Pouvoir de résolution de l'œil

1. La distance lunaire est d'environ 400000 km. Estimer la taille des reliefs de la Lune visibles à l'œil nu.
2. Estimer la distance entre les récepteurs de la rétine.
3. Estimer l'angle de diffraction, lorsque la lumière passe à travers la pupille de l'œil. Comparer avec le pourvoir de résolution de l'œil.

9 Doublet de lentilles accolées

On considère deux lentilles $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$ accolées (c'est-à-dire que leurs centres optiques sont confondus) de vergences V_1 et V_2. Établir l'expression de la vergence du doublet.

10 L'œil et ses défauts

1. On considère un œil emmétrope (c'est-à-dire sans défauts) dont la distance cristallin-rétine vaut 1,7 cm et pour lequel le punctum proximum se situe à 25 cm.
   (a) Calculer la vergence d'un œil emmétrope au repos.
   (b) Calculer la vergence maximale d'un œil emmétrope.
2. La myopie est due à un œil trop long (ou à un cristallin trop convergent). L'image d'un objet à l'infini se forme alors avant la rétine. Par conséquent, les objets lointain sont vus flous. On considère un œil myope pour lequel la distance cristallin-rétine vaut 1,8 cm. La vergence au repos et la vergence maximale sont les mêmes que pour l'œil précédent.
   (a) Déterminer le punctum remotum de cet œil.
   (b) Déterminer la vergence de la lentille à accoler à l'œil pour corriger cette myopie.
3. L'hypermétropie est due à un œil trop court (ou à un cristallin pas assez convergent). L'œil est alors constamment forcé à accommoder, même pour regarder à l'infini. Il en résulte une fatigue oculaire. On considère un œil hypermétrope pour lequel la distance cristallin-rétine vaut 1,6 cm. La vergence au repos et la vergence maximale sont les mêmes que pour l'œil emmétrope.

   Déterminer la vergence de la lentille à accoler à l'œil pour corriger cette hypermétropie.
4. La presbytie est due au vieillissement du cristallin qui se durcit. Par conséquent, la vergence maximale de l'œil diminue et l'œil ne peut plus accommoder sur les objets proches. On considère un œil presbyte dont la vergence maximale n'est plus que de 61 δ.
   (a) Déterminer le punctum proximum de cet œil.
   (b) Déterminer la vergence de la lentille à accoler à l'œil pour corriger cette presbytie.
   (c) Cette correction peut-elle être portée en permanence ?

11 Grossissement commercial d'une loupe

1. A quelle distance d'une loupe un objet doit-il se situer pour être observé sans accommodation à travers la loupe ?
2. Le grossissement commercial d'un instrument d'optique est défini par $G_c = \dfrac{\alpha'}{\alpha_{\max}}$, où
   — α' est l'angle sous lequel est vu un objet dans l'instrument d'optique
   — $\alpha_{\max}$ est l'angle maximal sous lequel est vu l'objet à l'œil nu, c'est-à-dire lorsque l'objet est situé au punctum proximum à $d_m = 25$ cm.

   Déterminer le grossissement commercial d'une loupe de vergence 20 δ.

12 L'appareil photo

En comparant les différentes séries de photos, discuter l'influence de la focale f', de la durée d'exposition τ et de l'ouverture du diaphragme. Le nombre d'ouverture N est défini par $N = \frac{f'}{D}$, où D est le diamètre d'ouverture.

Série 1

$f' = 18$ mm, $N = 10$, $\tau = \dfrac{1}{100}$ s

$f' = 50$ mm, $N = 10$, $\tau = \dfrac{1}{100}$ s

$f' = 135$ mm, $N = 10$, $\tau = \dfrac{1}{100}$ s

Série 2

$f' = 22$ mm, $N = 8$, $\tau = \dfrac{1}{1000}$ s

$f' = 22$ mm, $N = 8$, $\tau = \dfrac{1}{250}$ s

$f' = 22$ mm, $N = 8$, $\tau = \dfrac{1}{80}$ s

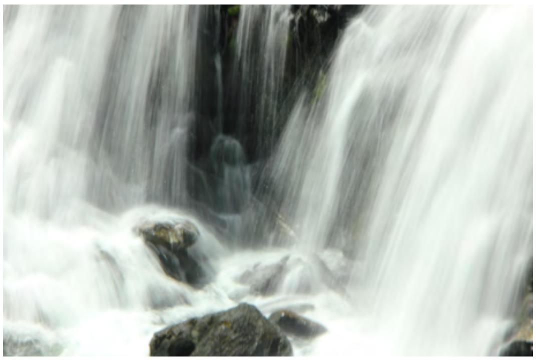
Série 3

$f' = 22$ mm, $N = 20$, $\tau = \dfrac{1}{250}$ s

$f' = 22$ mm, $N = 8$, $\tau = \dfrac{1}{250}$ s

$f' = 22$ mm, $N = 3,5$, $\tau = \dfrac{1}{250}$ s

Série 4



$f' = 135$ mm, $N = 32$, $\tau = \dfrac{1}{6}$ s

$f' = 135$ mm, $N = 5,6$, $\tau = \dfrac{1}{640}$ s

Série 5

$f' = 85$ mm, $N = 5,6$, $\tau = \dfrac{1}{320}$ s

$f' = 85$ mm, $N = 20$, $\tau = \dfrac{1}{160}$ s

$f' = 85$ mm, $N = 36$, $\tau = \dfrac{1}{125}$ s

Série 6

$f' = 200$ mm, $N = 5,6$, $\tau = \dfrac{1}{320}$ s

$f' = 200$ mm, $N = 25$, $\tau = \dfrac{1}{15}$ s

13 Téléobjectif

Un téléobjectif est un objectif de longue focale, à savoir un objectif dont la focale est supérieure à la diagonale du capteur de l'appareil photo. Ces objectifs permettent un cadrage serré du sujet photographié, grâce à un angle de champ étroit.

On modélise un téléobjectif par l'association de deux lentilles distantes de $e = 70$ mm :

— la première $\mathcal{L}_1$ de centre O_1 et de focale $f_1' = 100$ mm,

— la seconde $\mathcal{L}_2$ de centre O_2 et de focale $f_2' = -50$ mm.

Le téléobjectif est utilisé pour photographier un monument de hauteur $h = 100$ m situé à une distance $d = 1,0$ km.

1. Définir le foyer image F' du téléobjectif.
2. Établir l'expression de la distance $\overline{O_2F'}$ en fonction de f_1', f_2' et e.
3. En déduire l'expression de l'encombrement de l'objectif, c'est-à-dire la distance entre la première lentille de l'objectif et le capteur. Calculer sa valeur.
4. Établir l'expression de la taille h' du monument sur le capteur, en fonction f_1', f_2', e, d et h. Calculer sa valeur.
5. Quelle serait la distance focale de la lentille à utiliser pour obtenir le même grandissement que le téléobjectif avec une seule lentille mince ?
6. Conclure sur l'intérêt du téléobjectif.

14 Lunette astronomique

Une lunette astronomique (ou lunette de Kepler) est constituée d'un objectif assimilé à une lentille convergente $\mathcal{L}_1$ de focale f_1' et un oculaire assimilé à une lentille convergente $\mathcal{L}_2$ de focale f_2'. La distance entre $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$ est telle que F_1', le foyer image de$\mathcal{L}_1$, est confondu avec F_2, le foyer objet de $\mathcal{L}_2$.

1. Montrer que la lunette astronomique est afocale, c'est-à-dire que tout rayon incident parallèle à l'axe optique émerge parallèle à l'axe optique.
2. Justifier l'utilisation d'un système afocale pour observer les astres.
3. Établir l'expression du grandissement transversal de la lunette. Cette grandeur est-elle pertinente pour l'observation d'un objet à l'infini ?

On considère un objet à l'infini de diamètre apparent α (angle sous lequel est vu l'objet). Le grossissement de la lunette est défini par

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

où α' est le diamètre apparent de l'image par la lunette (c'est-à-dire l'angle sous lequel est vu l'objet à travers la lunette). α et α' sont des angles orientés.

4. Construire l'image intermédiaire A_1B_1 par l'objectif $\mathcal{L}_1$ d'un objet transversal AB à l'infini (A sur l'axe et B hors de l'axe). Puis construire la marche des rayons après l'oculaire $\mathcal{L}_2$. L'image de AB par la lunette est-elle droite ou renversée ?
5. En déduire l'expression du grossissement G de la lunette.
6. Estimer la taille d'une lunette astronomique permettant un grossissement de $1000\times$ avec un oculaire de focale 15 mm.

15 Lunette de Galilée

Une lunette de jumelle (ou lunette de Galilée) est constituée d'un objectif $\mathcal{L}_1$ de focale $f_1' = 20$ cm et d'un oculaire $\mathcal{L}_2$ de focale $f_2' = -2$ cm. La distance entre $\mathcal{L}_1$ et $\mathcal{L}_2$ est telle que la lunette soit afocale.

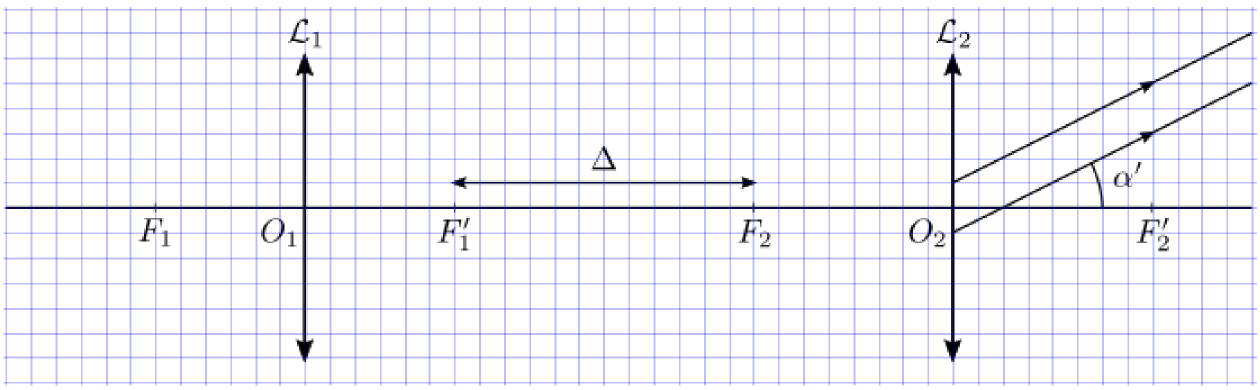
1. Déterminer la longueur de la lunette, c'est-à-dire la distance entre les centres optique O_1 et O_2.
2. Déterminer le grossissement de la lunette, défini par

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

   où α est l'angle sous lequel est vu un objet à l'infini à l'œil nu et α' l'angle sous lequel est vu cet objet à travers la lunette.
3. Quel peut être l'intérêt de la lunette de Galilée par rapport à la lunette astronomique ?

16 Microscope optique

Un microscope est constitué d'un objectif convergent $\mathcal{L}_1$ de focale f_1' et d'un oculaire convergent $\mathcal{L}_2$ de focale f_1'. La distance $\Delta = \overline{F_1'F_2} > 0$ est appelée intervalle optique.

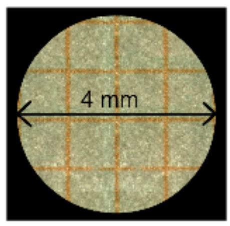


1. Sur le schéma ci-dessus, construire graphiquement l'objet AB donnant une image à l'infini dans la direction α'. L'image est-elle droite ou renversée ?
2. Pourquoi l'image doit-elle être située à l'infini ?
3. Déterminer la position de l'objet $\overline{O_1A}$ en fonction de f_1' et Δ.
4. Déterminer le grandissement transversal de l'objectif γ_1 en fonction de f_1' et Δ.
5. Le grossissement commercial est défini par

$$G_c = \frac{\alpha'}{\alpha_{\max}}$$

   où α' est l'angle sous lequel est vu l'image d'un objet par l'instrument d'optique et $\alpha_{\max}$ est l'angle sous lequel est vu l'objet à l'œil nu à la distance $d_m = 25$ cm.
   (a) Déterminer le grossissement commercial de l'oculaire G_{c2} en fonction de f_2' et d_m.
   (b) Déterminer le grossissement commercial du microscope G_c en fonction de γ_1 et G_{c2}.
6. L'image d'une feuille de papier millimétré observée à travers un microscope est donnée ci-dessous.

   Les caractéristiques du microscopes sont les suivantes :
   — grandissement transversal de l'objectif (en valeur absolue) : 4×
   — grossissement commercial de l'oculaire : 10×
   — intervalle optique : 16 cm



   (a) Déterminer le diamètre du tube du microscope.
   (b) A quelle distance de l'objectif la feuille de papier millimétré est-elle placée ?

17 Profondeur de champ

On désire photographier un individu, debout, de taille 1,80 m à l'aide d'un objectif assimilable à une lentille mince convergente ($\mathcal{L}$), de distance focale image fixe $f' = 50,0$ mm, associée à un diaphragme de diamètre D réglable, supposé placé dans le plan de la lentille mince. Le capteur d'image est une matrice contenant 18,7 millions de pixels identiques carrés de côté a disposés dans une matrice rectangulaire de longueur 22,3 mm et de hauteur 14,9 mm. Le nombre d'ouverture N de l'objectif est défini par la relation $N = f'/D$. Pour l'objectif considéré, il est variable dans l'intervalle [1,4 ; 22].

Le sujet, photographié de face, est situé à la distance d de la lentille ($\mathcal{L}$). Lorsque le photographe effectue la mise au point sur ce sujet, son image occupe toute la hauteur du capteur.

1. Calculer les distances d et a.
2. Comment choisir le nombre d'ouverture N pour avoir une grande profondeur de champ ?

On choisit $N = 22$.

3. Calculer la distance d_1 du premier plan net à l'objectif ($\mathcal{L}$).
4. Calculer la distance d_2 du dernier plan net à l'objectif ($\mathcal{L}$).
5. En déduire la profondeur de champ.

18 Distance hyperfocale

En photographie, la distance hyperfocale peut être définie comme la distance à l'objectif h_1 au delà de laquelle tout les objets sont nets, pour une mise au point à l'infini.
On note f' la distance focale de l'objectif, D le diamètre d'ouverture et c la taille d'une cellule élémentaire du capteur.

1. Déterminer l'expression de la distance hyperfocale h_1, en fonction de f', D et c.
2. A partir de cette expression, retrouver comment varie la profondeur de champ avec f' et D.

La distance hyperfocale peut également être définie comme la distance minimale h_2, à laquelle il est possible de faire la mise au point tout en gardant nets les objets situés à l'infini.

3. Déterminer l'expression de h_2 en fonction de f', D et c.
4. Que peut-on dire de h_1 et h_2 lorsque $c \ll D$?