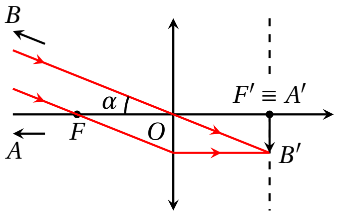
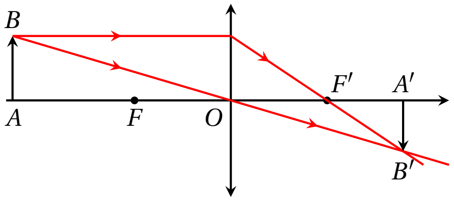
TD3 : Lentilles minces - corrigé

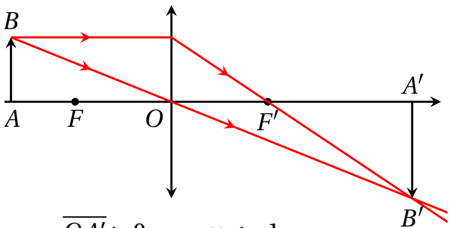
Application 1



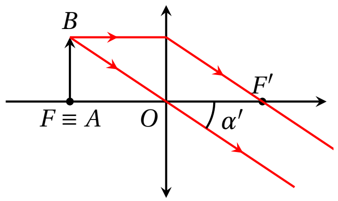
$\overline{OA'} > 0$; $\left|\overline{A'B'}\right| = f'\alpha$



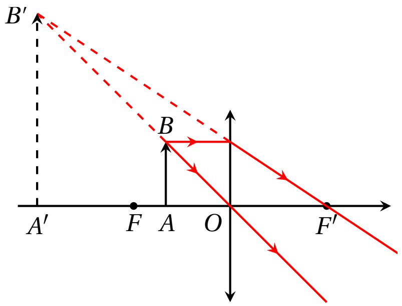
$\overline{OA'} > 0$; $-1 < \gamma < 0$



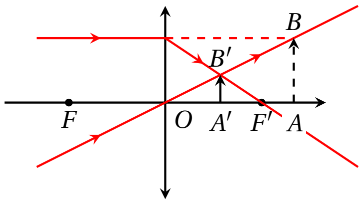
$\overline{OA'} > 0$; $\gamma < -1$



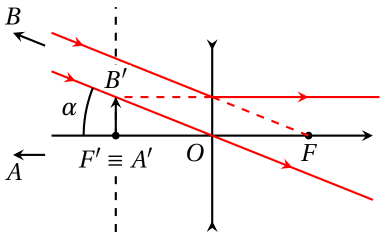
$\alpha' = \left|\overline{AB}\right| / f'$



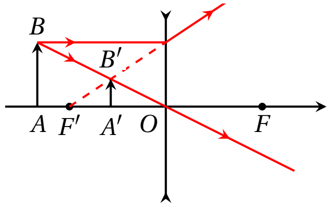
$\overline{OA'} < 0$; $\gamma > 1$



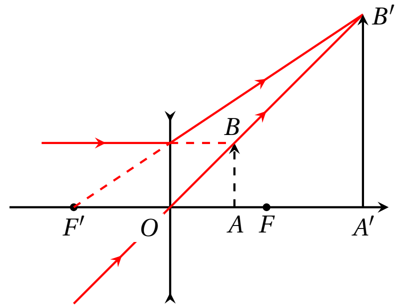
$\overline{OA'} > 0$; $0 < \gamma < 1$



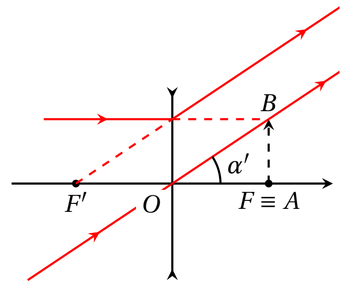
$\overline{OA'} < 0$; $\left|\overline{A'B'}\right| = f'\alpha$



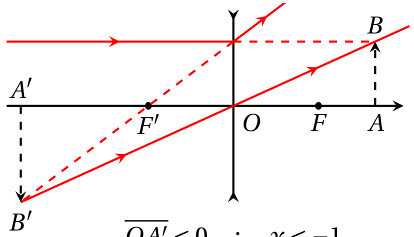
$\overline{OA'} < 0$; $0 < \gamma < 1$



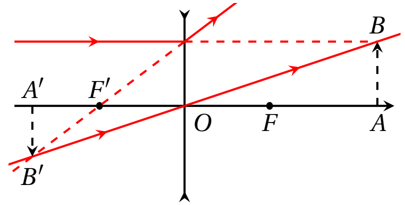
$\overline{OA'} > 0$; $\gamma > 1$



$\alpha' = \left|\overline{AB}\right| / f'$



$\overline{OA'} < 0$; $\gamma < -1$



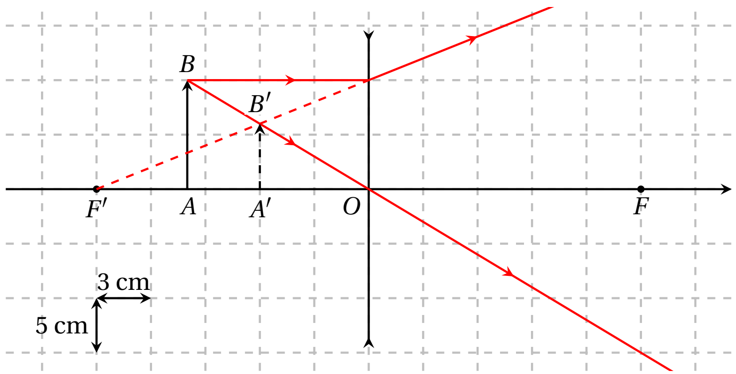
$\overline{OA'} < 0$; $-1 < \gamma < 0$

Application 2

On détermine la position et la taille de l'image :

$$\boxed{\overline{F'A'} = -\frac{f'^2}{\overline{FA}} = 9\,\text{cm}} \quad \text{et} \quad \boxed{\overline{A'B'} = \frac{f'}{\overline{FA}}\,\overline{AB} = 6\,\text{cm}}$$

On confirme ces résultats avec une construction géométrique :



Application 3

1. Dans un premier temps notons que l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente est **renversée**, ce qui signifie que $\gamma = -5$. On détermine la position de la lentille et de l'objet en utilisant des relations de grandissement :

$$\begin{cases} \gamma = -\dfrac{\overline{F'A'}}{f'} \iff \overline{F'A'} = -\gamma f' = 1{,}5\,\mathrm{m} \\ \gamma = \dfrac{f'}{\overline{FA}} \iff \overline{FA} = \dfrac{f'}{\gamma} = -6\,\mathrm{cm} \end{cases}$$

On en déduit à quelle distance de l'écran il faut placer la lentille et l'objet :

$$\overline{OA'} = \overline{OF'} + \overline{F'A'} = f + \overline{F'A'} \iff \boxed{\overline{OA'} = 1{,}8\,\mathrm{m}}$$

$$\overline{AA'} = \overline{AF} + \overline{FF'} + \overline{F'A'} = \overline{F'A'} + 2f' - \overline{FA} \iff \boxed{\overline{AA'} = 2{,}16\,\mathrm{m}}$$

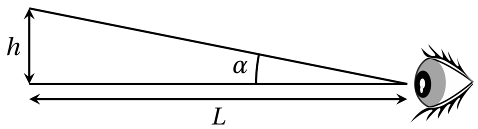
2. On détermine le grandissement dans le cas où l'écran est le plus éloigné possible de la lentille ($\overline{OA'} = 1{,}5\,\mathrm{m}$) :

$$\overline{F'A'} = \overline{OA'} - f' = 1{,}2\,\mathrm{m} \implies \gamma = -\frac{\overline{F'A'}}{f'} = -4$$

On en déduit les dimensions maximales de l'image du document : $\boxed{84 \times 119\,\mathrm{cm}}$.

Application 4

1. L'angle α est suffisamment faible pour effectuer une approximation au premier ordre : $\tan\alpha \simeq \alpha = \dfrac{h}{L}$.

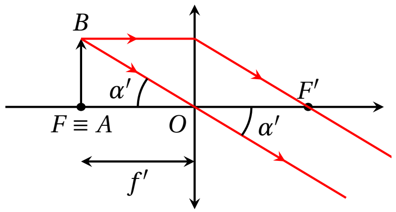


L'application numérique donne $\boxed{\alpha = \dfrac{1{,}55 \cdot 10^{-4}}{0{,}8} = 1{,}9 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{rad} = 0{,}67'}$.

La taille angulaire des pixels est inférieure au pouvoir séparateur de l'œil : $\alpha < 1'$. **On ne peut pas distinguer les pixels à l'œil nu**.

2. L'observation est confortable pour un œil emmétrope si l'image est renvoyée à l'infini. Pour cela il faut placer l'écran LCD **dans le plan focal objet de la loupe**. L'image est alors vue nette quelque soit la position de l'œil derrière la lentille.

3. La taille angulaire de l'image vaut $\boxed{\alpha' = \dfrac{h}{f'}}$.



4. On calcule la taille h_{min} du plus petit détail visible à travers la loupe, vu sous un angle égal au pouvoir séparateur : $\alpha' = 1'$.

$$h_{\mathrm{min}} = \alpha' f' = 15\,\mu\mathrm{m}$$

Les dimensions d'un pixel individuel sont supérieures à h_{min} donc **il est possible de voir l'image des pixels individuels à travers la loupe**.

5. Le grossissement commercial d'une loupe compare la taille angulaire d'un objet vu à l'œil nu et celui de son image vue à travers la loupe. Cela permet de comprendre à quel point l'utilisation de la loupe est avantageuse par rapport à une observation à l'œil nu. Or, en l'absence de loupe, un observateur place spontanément l'objet au PP de son œil afin de le voir net et le plus gros possible, c'est-à-dire à une distance de l'œil de l'ordre de 25 cm, c'est pourquoi cette distance est choisie comme référence pour la vision à l'œil nu.

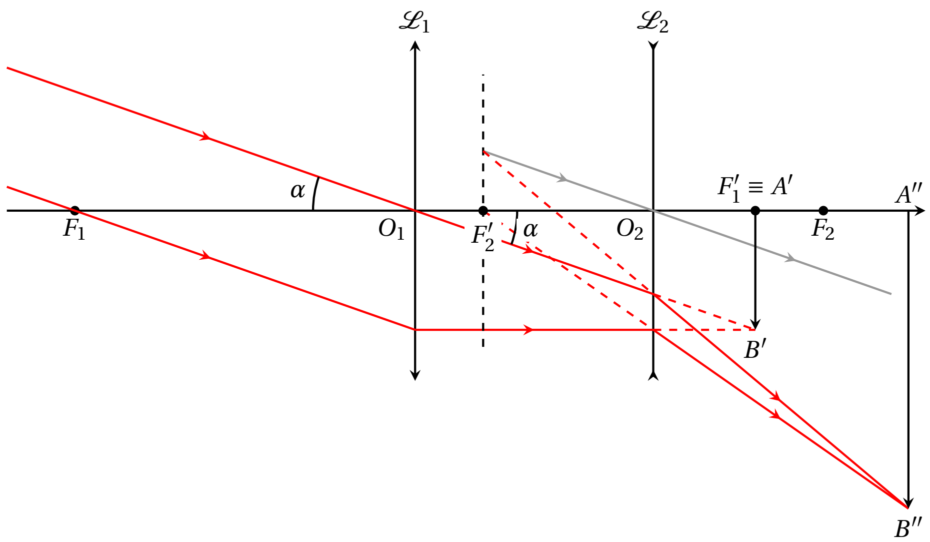
La taille angulaire d'un objet de taille h vu à l'œil nu à la distance d_m vaut $\alpha = h/d_m$ (voir question 1). Le grossissement commercial de la loupe est donc égal à :

$$G = \frac{h}{f'} \times \frac{d_m}{h} \iff \boxed{G = \frac{d_m}{f'} = 5}$$

<u>Remarque</u> : Comme $25\,\mathrm{cm} = \frac{1}{4}\,\mathrm{m}$ on lit parfois que le grossissement commercial d'une loupe vaut $G = V/4$, où V est la vergence de la loupe exprimée en dioptrie.

Application 5

1. On construit ci-dessous l'image d'un objet étendu à l'infini de taille angulaire α par le téléobjectif. On utilise la propriété 4 pour tracer la marche à travers $(\mathscr{L}_2)$ du rayon incident passant par O_1.



3. L'objet AB est à l'infini donc l'image intermédiaire $A'B'$ est située dans le plan focal image de $(\mathscr{L}_1)$: $A \xleftrightarrow{(\mathscr{L}_1)} A' \equiv F_1' \xleftrightarrow{(\mathscr{L}_2)} A''$. On écrit la relation de conjugaison de Descartes pour la lentille $(\mathscr{L}_2)$:

$$\frac{1}{\overline{O_2A''}} - \frac{1}{\overline{O_2F_1'}} = \frac{1}{f_2'} \iff \overline{O_2A''} = \frac{f_2'\overline{O_2F_1'}}{f_2' + \overline{O_2F_1'}}$$

On écrit une relation de Chasles : $\overline{O_2F_1'} = \overline{O_1F_1'} - \overline{O_1O_2} = f_1' - e$ et on trouve :

$$\boxed{\overline{O_2A''} = \frac{f_2'(f_1'-e)}{f_1'+f_2'-e} = 75\,\text{mm}}$$

L'encombrement vaut $\boxed{\overline{O_1A''} = e + \overline{O_2A''} = 145\,\text{mm}}$.

3. On commence par déterminer la taille de l'image intermédiaire : $\overline{A'B'} = -f_1'\alpha$ (triangle rectangle $O_1A'B'$). On calcule ensuite le grandissement de la lentille $(\mathscr{L}_2)$:

$$\gamma_2 = \frac{\overline{O_2A''}}{\overline{O_2F_1'}} = \frac{f_2'}{f_1'+f_2'-e}$$

On conclut :

$$\overline{A''B''} = \gamma_2\overline{A'B'} \implies \boxed{h = \left|\overline{A''B''}\right| = \frac{f_1'f_2'}{f_1'+f_2'-e}\alpha}$$

4. La distance focale équivalente du téléobjectif vaut $\boxed{f' = \frac{h}{\alpha} = \frac{f_1'f_2'}{e-f_1'-f_2'} = 250\,\text{mm}}$.

Pour effectuer une mise au point à l'infini avec un objectif contenant une unique lentille convergente il faut placer le capteur dans le plan focal image. Dans le cas présent cela impliquerait un encombrement de 250 mm, contre 145 mm pour le téléobjectif. **Comparé à une lentille unique de distance focale équivalente le téléobjectif permet d'obtenir la même image d'un objet à l'infini, mais avec un encombrement réduit**.

Application 6

1. Le PR est le conjugué par **l'œil au repos** du point de la rétine situé sur l'axe optique (noté ici A') : $PR \xleftrightarrow{(\mathscr{L}_r)} A'$. On applique la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{\overline{OPR}} = \frac{1}{f_r'} \iff \boxed{\overline{OPR} = \frac{d f_r'}{f_r' - d} = -336\,\text{mm}}$$

Au repos l'œil myope ne fait pas la mise au point à l'infini mais à distance finie, dans le cas présent de l'ordre de 30 cm. En cas d'accommodation c'est encore pire puisque le plan de mise au point se rapproche davantage. **La vision de loin ne peut se faire dans de bonnes conditions pour un œil myope**.

On corrige en rendant l'œil "moins convergent" pour éloigner le plan de mise au point, grâce à des verres **divergents**.

2. On corrige la vision de loin à condition que la rétine se trouve dans le plan focal image du doublet {verre + œil}. En termes mathématiques cela revient à dire que :

$$d = f_{\text{eq}}' = \frac{1}{V_{\text{eq}}} = \frac{1}{V_\ell + V_r}$$

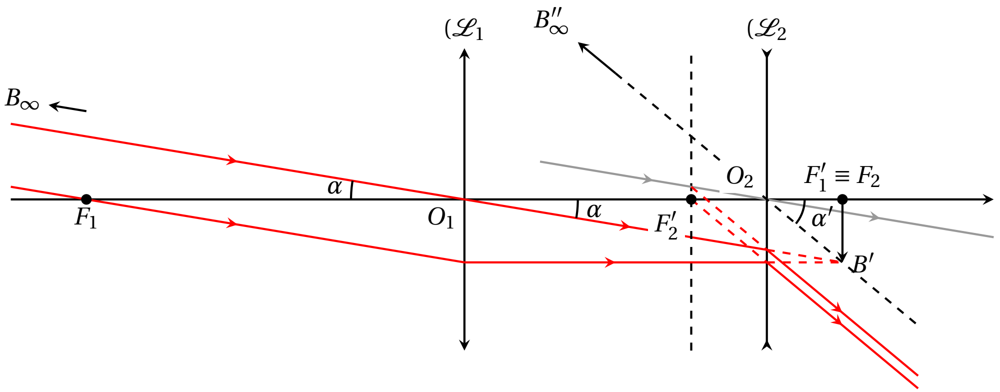
avec $V_r = 1/f_r'$ la vergence de l'œil myope au repos. On trouve finalement que :

$$\boxed{V_\ell = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_r'} = -3{,}0\,\delta}$$

Application 7

1. La lunette est afocale à condition que $\boxed{\overline{O_1O_2} = f_1' + f_2' = 675\,\text{mm}}$ (le plan focal image de $(\mathscr{L}_1)$ est confondu avec le plan focal objet de $(\mathscr{L}_2)$).

2. On effectue la construction sans respecter rigoureusement les proportions pour une meilleure lisibilité.



Contrairement à la lunette astronomique l'image formée par une lunette de Galilée est **droite** (l'image B''_∞ est du même côté de l'axe optique que l'objet B_∞).

3. On exprime le grossissement de la lunette. Dans les triangles rectangles $O_1F_1'B'$ et $O_2F_1'B'$ on peut écrire :

$$\tan\alpha \simeq \alpha = \frac{F_1'B'}{f_1} \qquad \text{et} \qquad \tan\alpha' \simeq \alpha' = \frac{F_1'B'}{f_2'}$$

d'où $G = \alpha'/\alpha = f_1'/f_2' = 28$. On détermine la taille minimale $h_{\min}$ d'un cratère lunaire visible à travers la lunette ($\alpha' = 1'$).

$$\alpha = \frac{h_{\min}}{D} = \frac{\alpha'}{G} \iff \boxed{h_{\min} = \frac{D\alpha'}{G} = 4\,\text{km}}$$

TD3 : Lentilles minces - corrigé

Exercice 1 : Problèmes de lentilles

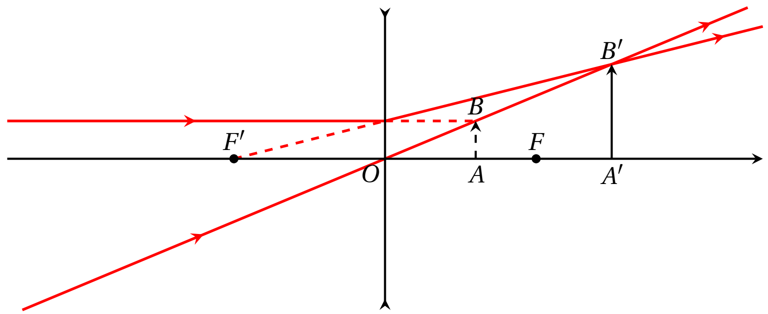
1. L'objet est réel donc $\overline{OA} = -37{,}5\,\text{cm}$. On utilise la relation de conjugaison de Descartes pour déterminer la position de l'image :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \iff \boxed{\boldsymbol{\overline{OA'} = \frac{\overline{OA}\cdot f'}{\overline{OA}+f'} = 90{,}3\,\text{cm}}}$$

2. L'objet est réel donc $\overline{OA} = -2{,}2\,\text{m}$. On utilise une relation de grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{f'}{\overline{FA}} = \frac{f'}{\overline{FO}+\overline{OA}} = \frac{f'}{\overline{OA}+f'} \iff \boxed{\boldsymbol{\left|\overline{A'B'}\right| = \left|\frac{f'}{\overline{OA}+f'}\cdot\overline{AB}\right| = 1{,}29\,\text{m}}}$$

3. On construit ci-dessous l'image de AB :



L'objet est virtuel donc $\overline{OA} = 3\,\text{cm}$. On détermine la position de l'image à l'aide de la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \iff \boxed{\boldsymbol{\overline{OA'} = \frac{\overline{OA}\cdot f'}{\overline{OA}+f'} = 7{,}5\,\text{cm}}}$$

Le grandissement vaut : $\boxed{\boldsymbol{\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = 2{,}5}}$. L'image est **réelle, droite et agrandie**. Les valeurs obtenues sont cohérentes avec la construction.

4. Si l'image est droite et trois fois plus grande alors $\gamma = 3$. Pour déterminer la position de l'objet, on utilise une relation de grandissement :

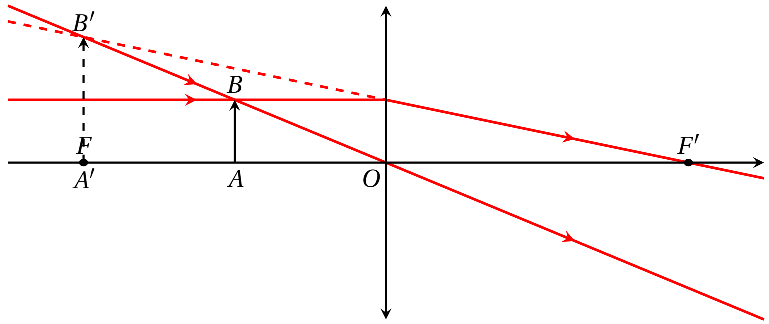
$$\gamma = \frac{f'}{\overline{FA}} = \frac{f'}{\overline{OA}+f'} \iff \boxed{\boldsymbol{\overline{OA} = f'\left(\frac{1}{\gamma}-1\right) = -1\,\text{cm}}}$$

D'après la relation de conjugaison de Descartes : $\boxed{\boldsymbol{\overline{OA'} = \frac{\overline{OA}\cdot f'}{\overline{OA}+f'} = -3\,\text{cm}}}$.

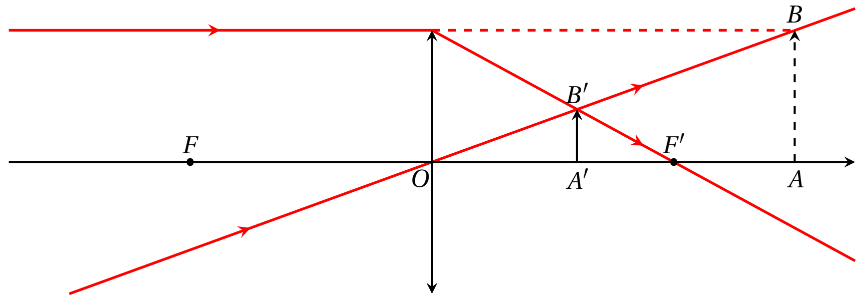
L'objet est **réel** et l'image est **virtuelle**.

Exercice 2 : Constructions géométriques

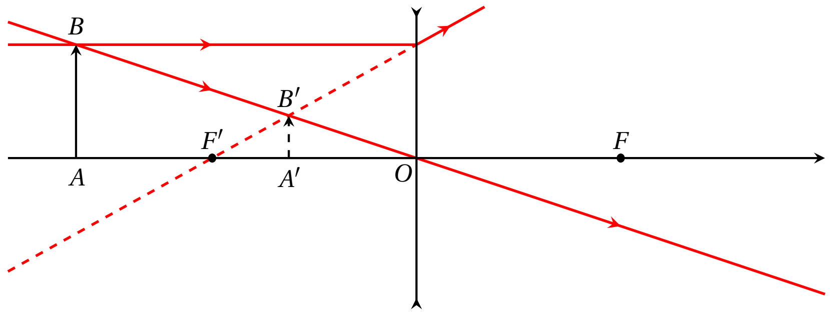
1.



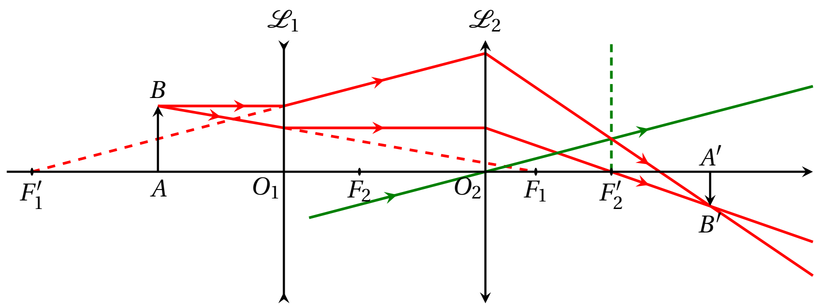
2.



3.



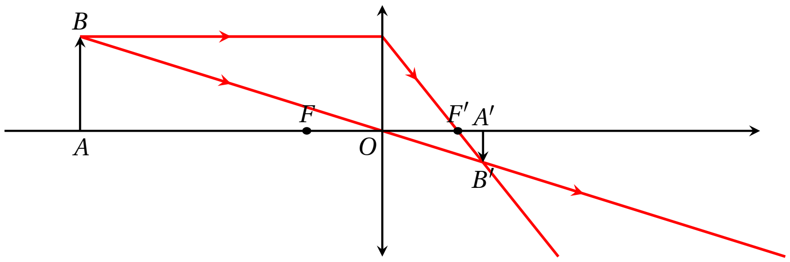
4.



⋆ Exercice 3 : Modélisation de l'appareil photo

1. Si l'appreil photo fait la mise au point à l'infini, alors l'image se forme **dans le plan focal image de la lentille**. La pellicule se trouve à une distance de **5 cm** de l'objectif.

2. Si l'on fait une mise au point sur un sujet à distance finie, alors l'image est translatée dans le sens de l'axe optique, derrière le plan focal image, comme le montre la figure ci-dessous.



On détermine le déplacement $\overline{F'A'}$ de la pellicule (appelé tirage de l'objectif) en utilisant la relation de conjugaison de Newton :

$$-f'^2 = \overline{FA}\cdot\overline{F'A'} = \left(\overline{FO}+\overline{OA}\right)\cdot\overline{F'A'} \iff \boxed{\overline{\boldsymbol{F'A'}} = -\frac{f'^2}{\overline{OA}+f'} = \mathbf{0{,}5\,mm}}$$

3. On détermine la position limite du sujet dans le cas où le tirage de l'objectif est maximal, égal à 5mm. On utilise à nouveau la relation de Newton :

$$-f'^2 = \left(\overline{OA}+f'\right)\cdot\overline{F'A'} \iff \boxed{\overline{\boldsymbol{OA}} = -\frac{f'^2}{\overline{F'A'}} - f' = \mathbf{-55\,cm}}$$

⋆ Exercice 4 : Correction de myopie

On rappelle que l'œil accomode par modification de la vergence du cristallin. Au repos (l'œil fait le point sur le PR), la vergence est minimale donc la distance focale est maximale (on la note f'_{repos}). Au maximum d'accomodation (l'œil fait le point sur le PP), la vergence est maximale donc la distance focale est minimale (on la note f'_{accom}).
Connaissant les positions du PR et du PP de l'œil myope, on peut déterminer les valeurs de f'_{accom} et f'_{repos} en utilisant la relation de conjugaison de Descartes. Par la suite, on note O le centre optique du cristallin et A' le point de la rétine qui se trouve sur l'axe optique. D'après l'énoncé, la distance $\overline{OA'}$ est fixe et vaut 15,2 mm.

$$\begin{cases} \dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{\overline{OPR}} = \dfrac{1}{f'_{\text{repos}}} \\[2ex] \dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{\overline{OPP}} = \dfrac{1}{f'_{\text{accom}}} \end{cases} \iff \begin{cases} \boldsymbol{f'_{\text{repos}}} = \dfrac{\overline{\boldsymbol{OPR}}\cdot\overline{\boldsymbol{OA'}}}{\overline{\boldsymbol{OPR}}-\overline{\boldsymbol{OA'}}} = \mathbf{1{,}50\,cm} \\[2ex] \boldsymbol{f'_{\text{accom}}} = \dfrac{\overline{\boldsymbol{OPP}}\cdot\overline{\boldsymbol{OA'}}}{\overline{\boldsymbol{OPP}}-\overline{\boldsymbol{OA'}}} = \mathbf{1{,}35\,cm} \end{cases}$$

Par conséquent, **la distance focale de cet œil varie entre 1,35 cm et 1,50 cm.**

Pour corriger la vision de cet œil, il faut rajouter une lentille de sorte que le PR soit renvoyé à l'infini (l'œil corrigé pourra voir net à l'infini sans accomodation). On modélise la correction par l'ajout d'une lentille **accolée au cristallin**. Si l'on note V la vergence de la lentille correctrice, alors la vergence de l'œil corrigé **au repos** vaut $V + V_{\text{repos}}$. D'après la relation de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = V + V_{\text{repos}} \iff \boxed{\boldsymbol{V} = \frac{1}{\overline{\boldsymbol{OA'}}} - \frac{1}{f'_{\text{repos}}} = \mathbf{-0{,}88\,\delta}}$$

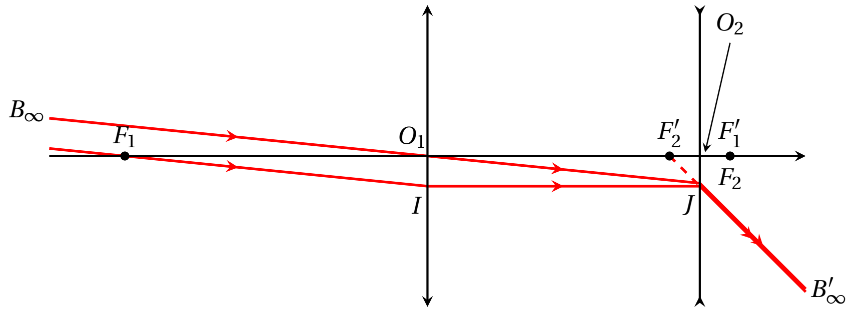
Pour déterminer la nouvelle position du PP, on utilise encore la relation de Descartes, avec l'œil corrigé à son maximum d'accomodation (sa vergence vaut alors $V + V_{\text{accom}}$) :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OPP}} = V + V_{\text{accom}} \iff \boxed{\overline{\boldsymbol{OPP}} = \left(\frac{1}{\overline{\boldsymbol{OA'}}} - \boldsymbol{V} - \frac{1}{f'_{\text{accom}}}\right)^{-1} = \mathbf{-13{,}5\,cm}}$$

⋆ Exercice 5 : Lunette de Galilée

1. La lunette est afocale si le foyer principal image de l'objectif est cofondu avec le foyer principal objet de l'oculaire, c'est-à-dire si : $\boxed{\overline{\boldsymbol{O_1O_2}} = \boldsymbol{f'_1 + f'_2} = \mathbf{18\,cm}}$.

2.



L'image formée par la lunette de Galilée est **droite**.

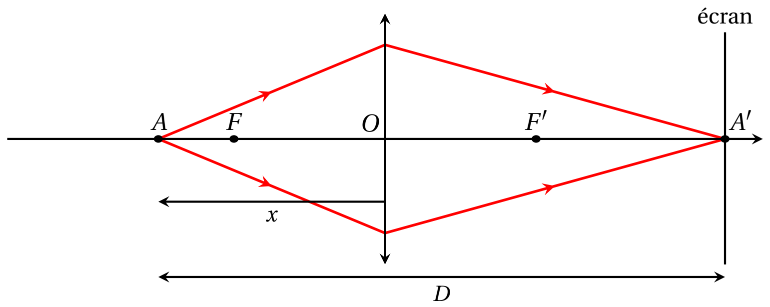
3. Dans le triangle F_1IO_1, $\widehat{IF_1O_1} = \alpha$.
Dans le triangle F'_2JO_2, $\widehat{JF'_2O_2} = \alpha'$.
On peut donc écrire $\tan\alpha \simeq \alpha = \dfrac{\overline{O_1I}}{\overline{O_1F_1}} = -\dfrac{\overline{O_1I}}{f'_1}$ et $\tan\alpha' \simeq \alpha' = \dfrac{\overline{O_2J}}{\overline{O_2F'_2}} = \dfrac{\overline{O_2J}}{f'_2}$.
Par construction, $\overline{O_1I} = \overline{O_2J}$, ce qui revient à dire que :

$$-\alpha f'_1 = \alpha' f'_2 \iff \boxed{\boldsymbol{\alpha' = -\frac{f'_1}{f'_2}\alpha = 10'}}$$

Le grossissement vaut $\boxed{\boldsymbol{G = \frac{\alpha'}{\alpha} = 10}}$.

★★ Exercice 6 : Méthode de Bessel

1. On considère un point A conjugué par la lentille avec un point A' qui se trouve sur l'écran. On représente schématiquement la situation ci-dessous.



On écrit la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \quad \text{avec} \quad \overline{OA} = x \quad \text{et} \quad \overline{OA'} = \overline{OA} + \overline{AA'} = x + D$$

On réécrit l'équation ci-dessus :

$$\frac{1}{x+D} - \frac{1}{x} = \frac{1}{f'} \iff \boxed{\boldsymbol{x^2 + Dx + Df' = 0}}$$

2.a) Si le discriminant du trinôme est strictement négatif alors l'équation vérifiée par x n'a aucune solution. Dans ce cas, il est impossible de former l'image du point A sur l'écran, quelle que soit la position de la lentille.

$$\Delta = D^2 - 4Df' < 0 \iff \boxed{\boldsymbol{D < 4f'}}$$

2.b) Si le discriminant du trinôme est nul $\left(D = 4f'\right)$ alors l'équation vérifiée par x possède une solution double. Dans ce cas, il existe une unique position de la lentille qui permet de former l'image de A sur l'écran. Cette position est telle que : $x = -\frac{D}{2} = -2f'$. Cela correspond au cas où **la lentille est à égale distance de A et de l'écran**.

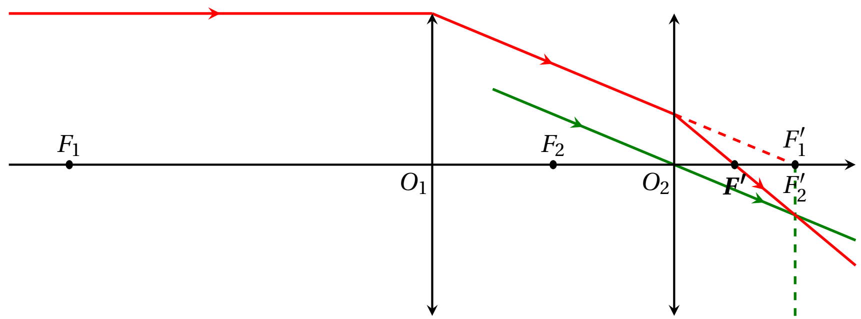
2.c) Si le discriminant du trinôme est strictement positif $\left(D > 4f'\right)$ alors l'équation vérifiée par x possède deux solutions. Dans ce cas, il existe deux positions différentes de la lentille qui permet de former l'image de A sur l'écran. Ces positions sont telles que :

$$x_1 = \frac{1}{2}\left(-D - \sqrt{D^2 - 4Df'}\right) \quad \text{et} \quad x_2 = \frac{1}{2}\left(-D + \sqrt{D^2 - 4Df'}\right)$$

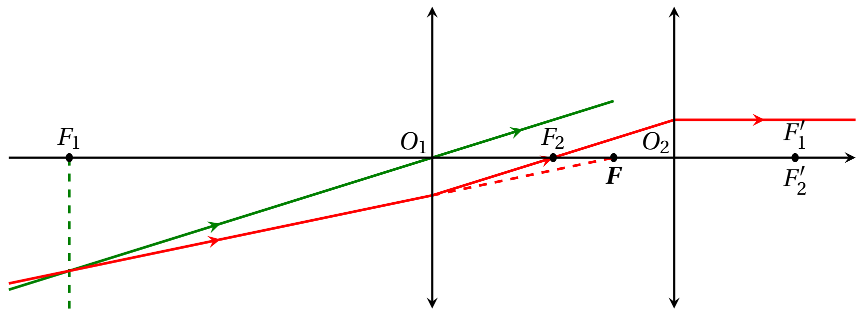
La distance qui sépare ces deux positions vaut $d = x_2 - x_1 = \sqrt{D^2 - 4Df'}$. En isolant f' dans cette relation, on aboutit au résultat attendu : $\boxed{\boldsymbol{f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}}}$.

★★ Exercice 7 : Doublet optique de Huygens

1. Par définition, le foyer principal image d'un système optique est le conjugué par ce système d'un point objet à l'infini sur l'axe optique. On représente ci-dessous la construction de F'.



Le foyer principal objet d'un système optique est le conjugué par ce système d'un point image à l'infini sur l'axe optique. On représente ci-dessous la construction de F.



2. Par définition : $A_\infty \underset{\{(\mathscr{L}_1)+(\mathscr{L}_2)\}}{\longleftrightarrow} F'$, donc $A_\infty \underset{(\mathscr{L}_1)}{\longleftrightarrow} F'_1 \underset{(\mathscr{L}_2)}{\longleftrightarrow} F'$. F' est le conjugué de F'_1 par $(\mathscr{L}_2)$. Pour déterminer sa position, on utilise la relation de conjugaison de Newton :

$$\overline{F_2F'_1} \cdot \overline{F'_2F'} = -\left(f'_2\right)^2 \quad \text{avec} \quad \overline{F_2F'_1} = \overline{F_2O_2} + \overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'_1} = f'_1 + f'_2 - e = 2a$$

On en déduit que $\boxed{\boldsymbol{\overline{F'_2F'} = -\frac{\left(f'_2\right)^2}{\overline{F_2F'_1}} = -\frac{a}{2}}}$.

Par définition : $F \underset{\{(\mathscr{L}_1)+(\mathscr{L}_2)\}}{\longleftrightarrow} A'_\infty$, donc $F \underset{(\mathscr{L}_1)}{\longleftrightarrow} F_2 \underset{(\mathscr{L}_2)}{\longleftrightarrow} A'_\infty$. F est le conjugué de F_2 par $(\mathscr{L}_1)$. Pour déterminer sa position, on utilise à nouveau la relation de conjugaison de Newton :

$$\overline{F_1F} \cdot \overline{F'_1F_2} = -\left(f'_1\right)^2 \quad \text{avec} \quad \overline{F'_1F_2} = \overline{F'_1O_1} + \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F_2} = e - f'_1 - f'_2 = -2a$$

On en déduit que $\boxed{\overline{F_1F} = -\dfrac{(f_1')^2}{\overline{F_1'F_2}} = \dfrac{9a}{2}}$.

Les résultats obtenus sont cohérents avec les constructions réalisées à la question précédente.

★★ Exercice 8 : Microscope

1. La taille angulaire d'un objet de taille h vu à l'œil nu à la distance d_m vaut $\boxed{\alpha = \frac{h}{d_m} = 4{,}0\cdot 10^{-5}\,\text{rad} = 0{,}14'}$. Cet valeur est inférieure au pouvoir de résolution de l'œil, ce qui signifie que ce dernier n'est pas capable de distinguer les points A et B.

2. Le microscope doit renvoyer une image à l'infini de manière à ce qu'**un obervateur emmetrope puisse voir l'image nette sans avoir besoin d'accomoder**. Pour que cela soit possible, il faut que l'image intermédiaire se forme **dans le plan focal objet de l'oculaire**.
D'après ce que l'on vient de dire, le point A_1 doit être confondu avec F_2, ce qui signifie que $A \underset{(\mathscr{L}_1)}{\longleftrightarrow} F_2$.
On détermine la valeur de l'intervalle optique en utilisant la relation de conjugaison de Newton :

$$\overline{F_1A}\cdot\overline{F_1'F_2} = -(f_1')^2 \quad \text{avec} \quad \overline{F_1'F_2} = \Delta \quad \text{et} \quad \overline{F_1A} = \overline{F_1O_1} + \overline{O_1A} = f_1' - \overline{AO_1}$$

On en déduit que $\boxed{\Delta = -\dfrac{(f_1')^2}{f_1' - \overline{AO_1}} = 10\,\text{cm}}$.

3. Compte tenu des valeurs numériques, on ne représente pas l'objet AB à l'échelle (voir en haut de la page suivante).

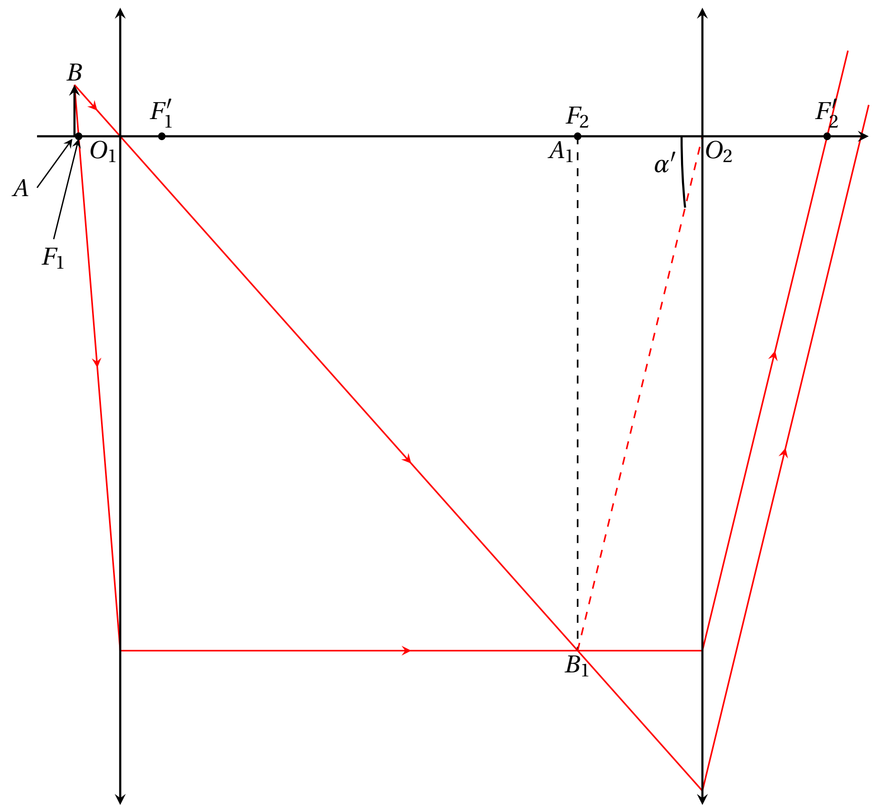
4. Dans le triangle $O_2F_2B_1$, on peut écrire $\tan\alpha' \simeq \alpha' = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{O_2F_2}} = -\frac{\overline{A_1B_1}}{f_2'}$.
Pour déterminer $\overline{A_1B_1}$, on utilise une relation de grandissement pour la lentille $(\mathscr{L}_1)$:

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = -\frac{\overline{F_1'F_2}}{f_1'} = -\frac{\Delta}{f_1'} \iff \overline{A_1B_1} = -\frac{\Delta}{f_1'}h$$

On exprime finalement α' sous la forme suivante : $\boxed{\alpha' = \frac{\Delta h}{f_1'f_2'} = 3{,}3\cdot 10^{-3}\,\text{rad} = 11'}$.

La taille angulaire de l'image est supérieure au pouvoir de résolution de l'œil. **Le microscope permet à l'observateur de distinguer les points A et B.**

5. Le grossissement commercial du microscope vaut $\boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha} = 83}$.



★★ Exercice 9 : Étude d'une lunette astronomique

On a montré en cours que la distance qui sépare les deux lentilles vaut $d = f_1' + f_2'$ (1).
On utilise l'image de la lune pour déterminer numériquement le grossissement de la lunette. Le diamètre angulaire de l'image de la lune formée par la lunette vaut $\alpha' = \frac{D}{f'}$.
Le diamètre angulaire de la lune vaut $\alpha = \frac{2R_L}{L}$.

Par conséquent, on peut déterminer le grossissement de la lunette de la manière suivante :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{DL}{2R_Lf'} = 20$$

On a également montré en cours que $G = \frac{f_1'}{f_2'}$ (2). À partir du système d'équations (1) et (2), on montre que :

$$\boxed{f_1' = \frac{G}{G+1}d = 80\,\text{cm}} \quad \text{et} \quad \boxed{f_2' = \frac{d}{G+1} = 4\,\text{cm}}$$

⋆⋆ Exercice 10 : Détermination d'une distance focale

Dans les deux situations, les positions de l'objet et de l'écran sont identiques (seule la lentille est déplacée). On notera par la suite respectivement A et A' les points d'intersection de l'objet et de l'écran avec l'axe optique. Ces points sont conjugués l'un de l'autre par la lentille, dans chacune des deux situations.
Dans la première situation (on notera les grandeurs correspondantes avec l'indice 1), le grandissement vaut $\gamma_1 = -2$. Le centre optique de la lentille est dans la position O_1.
Dans la première situation (on notera les grandeurs correspondantes avec l'indice 2), le grandissement vaut $\gamma_2 = -\frac{1}{2}$. Le centre optique de la lentille est dans la position O_2.
D'après l'énoncé, $\overline{O_1O_2} = d = 0{,}36\,\mathrm{m}$. On écrit une relation de grandissement dans chacune des deux situations :

$$\begin{cases} \gamma_1 = \dfrac{f'}{\overline{F_1A}} \iff \overline{F_1A} = -\dfrac{f'}{2} \\ \gamma_2 = \dfrac{f'}{\overline{F_2A}} \iff \overline{F_2A} = -2f' \end{cases} \quad \text{avec} \quad \overline{F_2A} = \overline{F_2F_1} + \overline{F_1A}$$

Par construction, $\overline{F_2F_1} = -\overline{O_1O_2} = -d$. On en déduit que :

$$-2f' = -d - \frac{f'}{2} \iff \boxed{\boldsymbol{f' = \frac{2d}{3} = 24\,\mathrm{cm}}}$$

D'après la relation de Newton : $\overline{F_1A} \cdot \overline{F_1'A'} = -\left(f'\right)^2 \iff \overline{F_1'A'} = -\frac{(f')^2}{\overline{F_1A}} = 2f'$.

Finalement, la distance objet/écran vaut $\overline{AA'} = \overline{AF_1} + \overline{F_1F_1'} + \overline{F_1'A'} = \frac{f'}{2} + 2f' + 2f' = \frac{9f'}{2}$ d'où $\boxed{\boldsymbol{\overline{AA'} = 108\,\mathrm{cm}}}$.