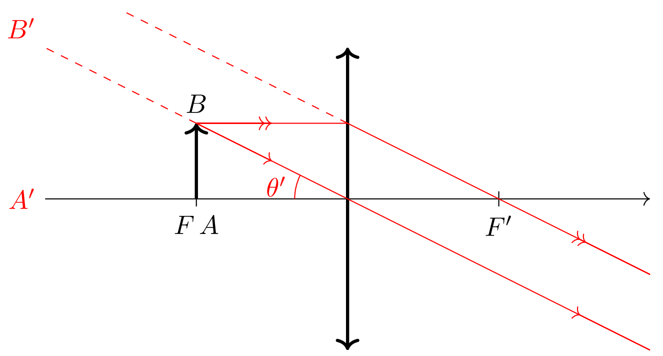
Exercice 1. Mise au point d'un appareil photo

1. Pour une mise au point à l'infini, le capteur est dans le plan focal image de l'objectif, donc à la distance f' de la lentille.
2. Le tirage correspond à $\overline{F'A'}$ où A' est l'image du point A sur lequel on fait la mise au point.
   On utilise la relation de conjugaison de Newton ; $\overline{F'A'} \times \overline{FA} = -f'^2$. $\overline{FA} = \overline{FO} + \overline{OA} = f' - OA$.
   On a donc $\boxed{\overline{F'A'} = \dfrac{f'^2}{OA - f'} = 1{,}3\,\mathrm{mm}}$.
3. Inversement, $\boxed{OA = f' + \dfrac{f'^2}{\overline{F'A'}}}$ qui diminue lorsque le tirage augmente. La distance minimale de mise au point vaut $\boxed{OA_{\min} = 550\,\mathrm{mm}}$.

Exercice 2. Oculaire

1. L'objet se trouve dans le plan focal objet. Le point A est confondu avec le foyer objet F.



2. Son image A' est alors à l'infini.
3. L'angle θ sous lequel est vu un objet AB à la distance d_m vérifie $\boxed{\tan\theta = \dfrac{AB}{d_m}}$.
   D'après la figure, l'angle θ' est tel que $\boxed{\tan\theta' = \dfrac{AB}{f'}}$.
4. $G = \dfrac{\theta'}{\theta} \approx \dfrac{\tan\theta'}{\tan\theta}$ donc $\boxed{G = \dfrac{d_m}{f'}}$.

Exercice 3. Myopie

1. Pour un objet réel à la distance D de la lentille modélisant l'œil, $\overline{OA} = -D$. Pour obtenir une image nette sur la rétine, la distance lentille-image est fixée à $\overline{OA'} = d$.
   La relation de conjugaison de Descartes, $\dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{\overline{OA}} = \dfrac{1}{f'}$, s'écrit dans ce cas $\dfrac{1}{d} + \dfrac{1}{D} = V$, d'où l'on tire $\boxed{D = \dfrac{d}{Vd - 1}}$.
   Le PR correspond à la vergence minimale (pas d'accommodation) : $PR = D_{\max} = \dfrac{d}{V_{\min}d - 1} = \underline{0{,}25\,\mathrm{m}}$.
   Le PR correspond à la vergence maximale (accommodation maximale) : $PP = D_{\min} = \dfrac{d}{V_{\max}d - 1} = \underline{0{,}11\,\mathrm{m}}$.
2. L'œil étant trop long, il faut le rendre moins convergent en lui accolant une lentille divergente.
3. On utilise la méthode des images successives. En notant $\mathcal{L}_c$ la lentille correctrice et $\mathcal{L}_o$ la lentille modélisant l'œil :

$$A \xrightarrow{\mathcal{L}_c} A'_1 \xrightarrow{\mathcal{L}_o} A'$$

   Lorsque l'œil n'accommode pas, sa vision nette est au PR calculé à la première question. Afin de le porter à l'infini avec les lunettes, il faut que le verre de lunette fasse d'un point à l'infini une image sur ce PR, donc que le foyer image F'_c de la lentille correctrice soit au PR de l'œil nu.
   Ainsi, F'_c doit se trouver à 0,25 m de l'œil, soit à 0,24 m du verre de lunette soit $\overline{O_cF'_c} = -0{,}24\,\mathrm{m}$. La vergence de la lentille vaut donc $V_c = \dfrac{1}{\overline{O_cF'_c}} = \underline{-4{,}2\,\delta}$.
4. Pour déterminer le PP, on cherche l'objet de la lentille correctrice qui donne une image au PP de l'œil nu, qui est à 0,11 m de l'œil donc à 0,10 m de la lentille soit $\overline{O_cA'_c} = -0{,}10\,\mathrm{m}$.
   En utilisant la relation de conjugaison de Descartes, on obtient $\overline{O_cA_c} = \dfrac{f'_c \times \overline{O_cA'_c}}{f'_c - \overline{O_cA'_c}} = \underline{-0{,}17\,\mathrm{m}}$.
   Le nouveau PP est à 0,17 m du verre de lunette, donc à 0,18 m de l'œil.

Exercice 4. Distance hyperfocale d'un appareil photo

1. Soit H le point le plus proche visible nettement avec un réglage à l'infini, et H' son image (schéma page suivante).

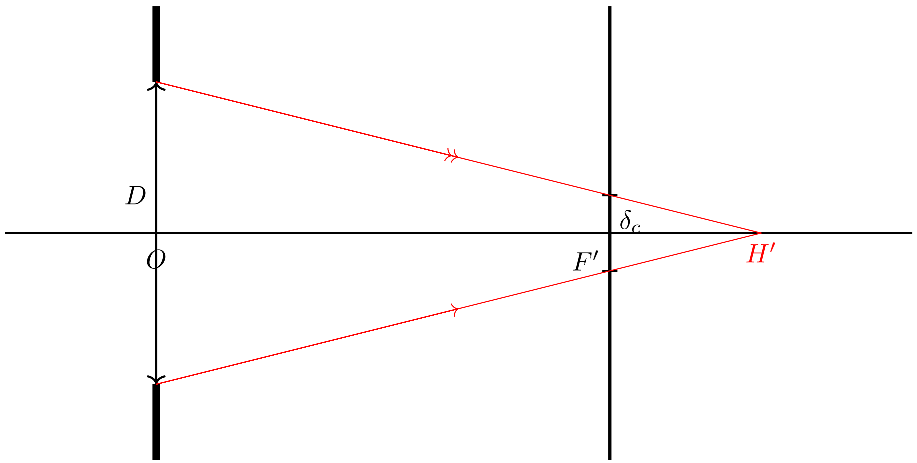
   D'après Thalès, $\dfrac{\overline{F'H}}{\overline{OH}} = \dfrac{\delta_c}{D}$ donc $\overline{F'H} = \dfrac{\delta_c}{D}(f' + \overline{F'H})$. On obtient $\overline{F'H} = f'\dfrac{\delta_c}{D - \delta_c}$.

   En utilisant la relation de conjugaison de Newton, $\overline{FH} = -\dfrac{f'^2}{\overline{F'H}} = -f'\dfrac{D-\delta_c}{\delta_c}$.

   La distance hyperfocale vaut $h = -\overline{OH} = -\overline{OF} - \overline{FH} = f' + f'\dfrac{D-\delta_c}{\delta_c}$ soit $\boxed{h = \dfrac{Df'}{\delta_c}}$.

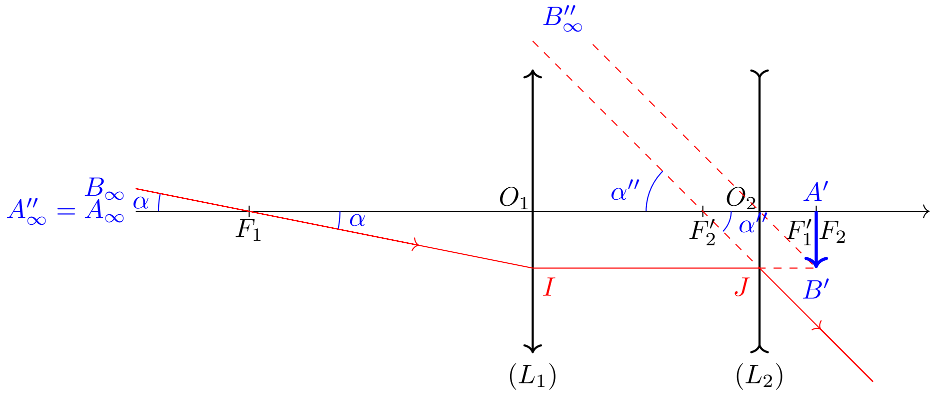
2. L'aire du capteur est de $864\,\mathrm{mm}^2$, chaque pixel occupe une aire 22 million de fois plus faible : $3{,}93 \times 10^5\,\mathrm{mm}^2$=$39{,}5\,\mu\mathrm{m}^2$.
   Étant carré, son côté est la racine carrée de son aire : $6{,}27\,\mu\mathrm{m}$.
   On en déduit $\boxed{\delta_c \approx 19\,\mu\mathrm{m}}$.

3. $\boxed{h = \dfrac{f'^2}{8\delta_c}} = \underline{16\,\mathrm{m}}$. Tout ce qui est au-delà de 16 m est net sur la photo, c'est un bon réglage pour la photographie d'un paysage.



Exercice 5. Lunette de Galilée

1. Le foyer objet F_2 de l'oculaire et le foyer image F'_1 de l'objectif sont confondus. Le système est afocal car un objet à l'infini donne une image à l'infini.
2. Construction. Pour A on considère le rayon confondu avec l'axe optique, pour B celui qui passe par le foyer objet de L_1 et le foyer image de L_2.



3. $\alpha'' \approx \tan(\alpha'') = \dfrac{O_2J}{F'_2O_2} = \dfrac{A'B'}{|f'_2|}$ et $\alpha \approx \tan(\alpha) = \dfrac{O_1I}{F_1O_1} = \dfrac{A'B'}{f'_1}$.

   Donc $\boxed{G = \dfrac{\alpha''}{\alpha} = \dfrac{f'_1}{|f'_2|} = 25}$. L'image est grossie 25 fois et est vue droite.

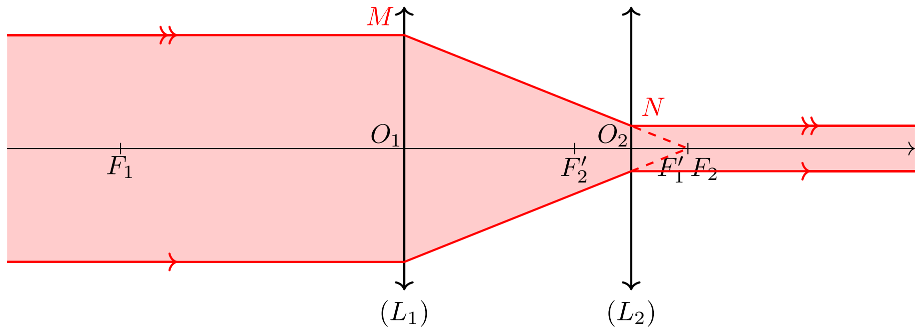
4. Le diamètre apparent du cratère à l'œil nu vaut $\boxed{\alpha = \dfrac{D}{d_{TL}} = 2{,}5 \times 10^{-4}\,\mathrm{rad}}$ ce qui est inférieur au pouvoir de résolution de l'œil qui est de 3×10^{-4} rad : ce cratère n'est pas distingué à l'œil nu.

   À travers la lunette, son diamètre devient $\boxed{\alpha\text{”} = G.\alpha = 6{,}3 \times 10^{-3}\,\mathrm{rad}}$. C'est supérieur au pouvoir de résolution de l'œil donc ce cratère est vu distinctement à travers la launette

5. Voir construction page suivante. Les triangles $O_1MF'_1$ et O_2NF_2 sont semblables. D'après le théorème de Thalès, $\dfrac{O_2N}{O_1M} = \dfrac{O_2F_2}{O_1F'_1} = \dfrac{|f'_2|}{f'_1} = \dfrac{1}{G}$.

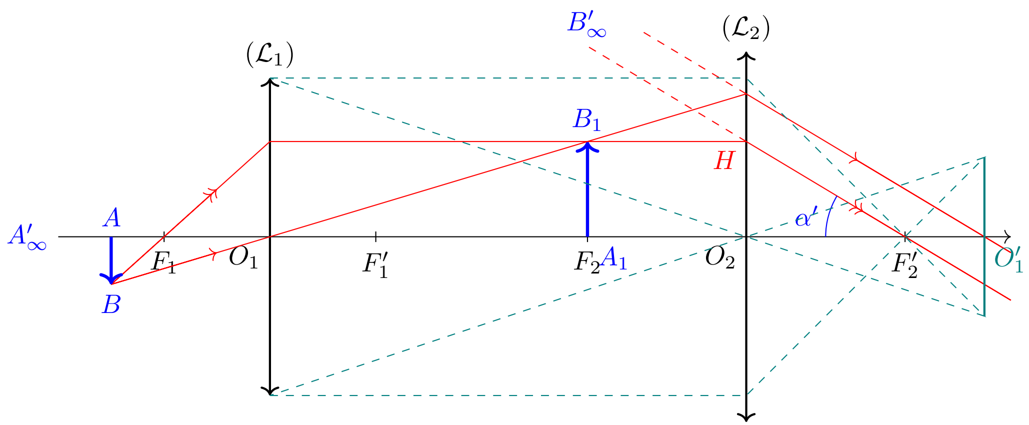
   Or, $\dfrac{O_2N}{O_1M}$ représente le rapport entre la largeur du faisceau sortant et celle du faisceau entrant dans la lunette. Il vaut donc 1/25.
   La surface du faisceau est elle divisée par un facteur $25^2 = 625$. La même quantité d'énergie lumineuse passe dans une surface 625 fois plus petite, ainsi l'intensité lumi-nosité (c'est-à-dire la densité d'énergie lumineuse) augmente d'un facteur 625. Ceci

permet de rendre des étoiles visibles à travers la lunette alors que leur luminosité était trop faible pour être visible à l'œil nu.



Exercice 6. Microscope

1. Pour une observation sans effort (pour un œil emmétrope) l'image définitive doit se trouver à l'infini, donc l'image intermédiaire doit se trouver au foyer objet de l'oculaire.



2. Pour déterminer la position de l'objet, on utilise la relation de conjugaison de Newton pour la lentille $(\mathcal{L}_1)$: $\overline{F_1A} \times \overline{F_1'A_1} = -(f_1')^2$. Puisque A_1 est confondu avec F_2, $\overline{F_1'A_1} = \Delta$ d'où on tire : $\boxed{\overline{F_1A} = -\dfrac{(f_1')^2}{\Delta} = -0{,}16\,\text{cm}}$.

   Le grandissement vaut $\gamma_1 = \dfrac{\overline{F_1'A_1}}{\overline{F_1'O_1}}$ soit $\boxed{\gamma_1 = -\dfrac{\Delta}{f_1'} = -10}$.

3. D'après le schéma $\tan \alpha' = \dfrac{O_2H}{O_2F_2'}$ soit en supposant l'angle faible : $\boxed{\alpha' = \dfrac{A_1B_1}{f_2'}}$.

4. $P = \dfrac{A_1B_1}{AB \times f_2'} = \dfrac{|\gamma_1|}{f_2'}$ d'où $\boxed{P = \dfrac{\Delta}{f_1' . f_2'} = 1{,}0 \times 10^3\,\text{m}^{-1}}$.

   La taille d'un objet vu sous un angle α' à travers le microscope est $AB = \dfrac{\alpha'}{P}$. La limite de résolution de l'œil étant $\alpha'_{\min} = 1' = 3 \times 10^{-4}\,\text{rad}$, le plus petit détail pouvant être résolu à travers le microscope vaut $\underline{AB_{\min} = 3 \times 10^{-7}\,\text{m} = 0{,}3\,\mu\text{m}}$, ce qui est plus petit que la taille d'une cellule et devrait permettre d'en voir les détails internes. Cependant, la résolution sera limité par le phénomène de diffraction qui est important à cette échelle pour de la lumière visible, la longueur d'onde étant du même ordre de grandeur.

5. Construction graphique en bleu turquoise sur le schéma. On vérifie que les rayons tracés précédemment passent bien à travers le cercle oculaire.

   Pour déterminer la position de l'image O_1' du centre optique de l'objectif O_1 par l'oculaire, on utilise la relation de conjugaison de Newton : $\overline{F_2O_1} \times \overline{F_2'O_1'} = -(f_2')^2$. On sait que $\overline{F_2O_1} = \overline{F_2F_1'} + \overline{F_1'O_1} = -\Delta - f_1'$. On en déduit $\boxed{\overline{F_2'O_1'} = \dfrac{(f_2')^2}{\Delta + f_1'} = 0{,}57\,\text{mm}}$.

   Le cercle oculaire se trouve quasiment sur le foyer image de l'oculaire.