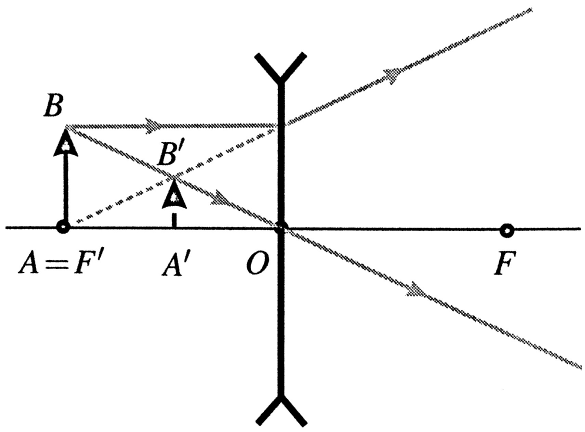
Exercice 1 : Renvoi coudé

1. Le rayon incident va traverser sans être dévié le dioptre au niveau de I, car il arrive en incidence normale, et que dans ce cas l'angle entre le rayon réfracté et la normale vaut 0. Il sera également partiellement réfléchi dans la même direction que sa direction d'arrivée. Au niveau de la face OB il est réfléchi à 90°(totalement nous le verrons par la suite) puis retraverse le dioptre AB sans être dévié (une partie est réfléchie suivant le même parcours).
2. Cf. cours.
3. Si la réflexion est totale, il n'y a pas de perte d'énergie lumineuse au niveau de OB : tout le rayon est alors renvoyé perpendiculairement au rayon incident, vers la droite du schéma.
4. Cf. cours.
5. S'il y a réflexion totale au niveau de OB, et que l'on est en limite de réflexion totale, alors d'après le cours, on peut écrire :
$$n_{verre}\sin(\pi/4) = n_{air} \times 1$$
d'où :
$$n_{verre} = 1,429$$
après calcul.
6. Cette valeur est tout à fait compatible avec l'ordre de grandeur connu pour le verre (1,5).
7. Le prisme est plus durable que le miroir, il s'altère plus difficilement. En contrepartie, il est encombrant et sans traitement spécifique de l'énergie lumineuse est perdue par réflexion au niveau des dioptres à l'entrée et à la sortie.

Exercice 2 : Utilisation d'une lentille divergente

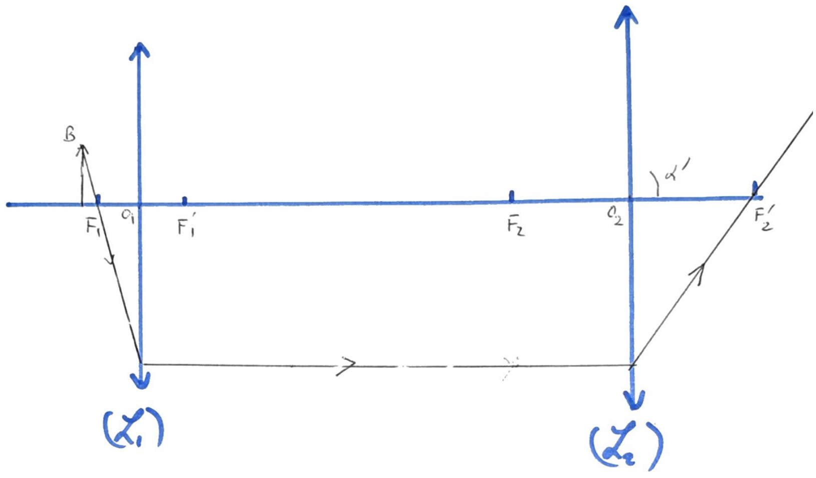
1. On remarque que l'objet A est confondu avec le foyer image de la lentille. Pour trouver l'image A', on applique la relation de conjugaison de Newton : $\overline{F'A'} \cdot \overline{FA} = -f'^2$. Avec $\overline{FA} = 2f'$, il vient :
$$\overline{F'A'} = -f'/2 = 1/2\overline{F'O}$$
Ainsi A' est à mi-chemin entre F' et O.



2. Pour répondre à cette question il faut calculer le grandissement entre les plans de front conjugués passant par A et A'. En utilisant la relation de Thalès dans le triangle OAB on a : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{1}{2}$. D'où $\overline{A'B'} = 0,5$ mm.

Exercice 3 : Microscope optique

1. On a pour l'objectif : $\overline{F_1A}\cdot\overline{F_1'A_1} = -f_1'^2$ avec A_1 l'image intermédiaire de l'objet.
2. L'objet doit être situé de telle manière à pouvoir former l'image intermédiaire sur le foyer F_2 ce qui permettra d'avoir une image finale à l'infini. La relation précédente permet alors d'écrire :
$$\overline{F_1A} = -\frac{f_1'^2}{\overline{F'1F2}} = -\frac{f_1'^2}{\Delta} = -0.1\,\text{mm}$$
3. On a le schéma suivant :



4. Sur le schéma précédent on voit que $\tan\alpha' = -\frac{\overline{A'B'}}{f_2'}$. On a par ailleurs, d'après la définition de l'énoncé : $\tan\alpha = -\frac{\overline{AB}}{2f_1'+\Delta+2f_2'}$ (angles comptés positivement dans le sens trigo). Dans les conditions de Gauss, les angles sont tels que l'on peut écrire : $\tan\alpha \sim \alpha$, d'où :
$$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\overline{A'B'}\cdot(2f_1'+\Delta+2f_2')}{f_2'\cdot\overline{AB}}$$
(la distance objet-foyer objet de l'objectif est négligée vu les résultats numériques précédents).
Sur le schéma il apparaît facilement que : $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{\Delta+f_1'}{f_1'}$, d'où :
$$G = -\frac{f_1'+\Delta}{f_2'}\frac{2f_1'+\Delta+2f_2'}{f_1'}$$
Au vu des ordres de grandeurs, on a $\Delta \gg f_1'$ ce qui permet d'écrire :
$$G \simeq -\frac{\Delta(\Delta+2f_2')}{f_1'f_2'} = -600$$
(sans approximation on obtient -620 environ). L'image est retournée.
5. On cherche la position de l'objet telle que l'image finale soit formée à 25 cm du foyer image de l'oculaire (position supposée de l'œil). La relation de Newton appliquée à la deuxième lentille permet d'obtenir la position de l'image intermédiaire : $\overline{F_2A_1} = -\frac{f_2'^2}{\overline{F_2'A_f}}$ avec $\overline{F_2'A_f} = -25\,\text{cm}$, soit $\overline{F_2A_1} = 0.25\,\text{cm}$. La relation de Newton associée à la première lentille permet donc de remonter à la position extrême de l'objet :
$$\overline{F_1A} = -\frac{f_1'^2}{\overline{F_1'F_2}+\overline{F_2A_1}} = -0.099\,\text{mm}$$
soit une latitude de mise au point d'un micron environ, qui nécessite un mécanisme de précision (type vernier) pour pouvoir être réglée.

Exercice 4 : Optique de l'œil

1. (a) L'objet est réel et l'image se formant sur la rétine est donc réelle aussi. Cela correspond nécessairement au cas d'une lentille convergente avec un objet situé avant F et une image après F', dans ce cas renversée.

   (b) On connaît les distances de l'objet ($\overline{OA} = -D$) et de l'image au centre optique. On utilise la formule de grandissement avec origine en O :

   $$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -d/D = -11 \cdot 10^{-3}$$

   On en déduit la taille de l'image : $\overline{A'B'} = \gamma \overline{AB} = -1,1$ mm.

   (c) Pour calculer la vergence du système, on applique la relation de Descartes :

   $$V = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = 92\delta$$

2. (a) Le raisonnement est identique à celui de la question 1.

   (b) En appliquant de nouveau la relation de conjugaison de Descartes, on calcule une vergence de 95 dioptries. On trouve que le cristallin s'est contracté (augmentation de la vergence) pour voir plus près. La taille de l'image est obtenue par l'expression du grandissement :

   $$\overline{A'B'} = \gamma \overline{AB} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \overline{AB} = -4,4 \text{ mm}$$

3. (a) On calcule tout d'abord la vergence V du cristallin de l'œil myope. L'image d'un objet à l'infini se forme dans le plan focal image de la lentille donc à une distance f' de O soit $f' = 11 - 0,5 = 10,5$ mm soit $V = 95,2\delta$. On appelle L_D le verre de lunette et R le point d'intersection de l'axe optique avec la rétine. Pour que le myope voit net l'objet à l'infini, on doit avoir la suite de conjugaison suivante : $\infty \overset{L_D}{\to} F'_D \overset{\text{cristallin}}{\to} R$. Il s'agit donc de trouver la position de l'antécédent de R par le cristallin. Avec $\overline{OR} = d$ la relation de Descartes donne :

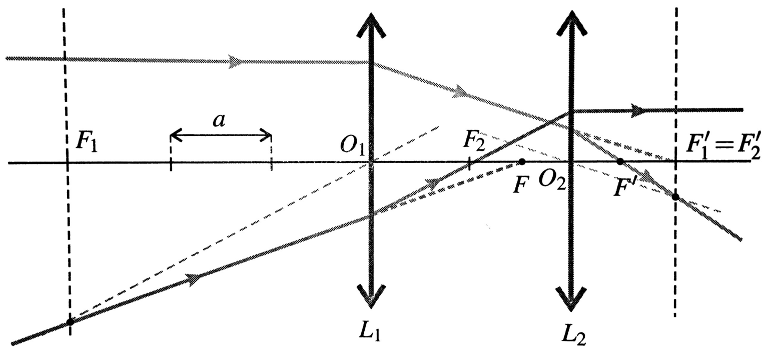
   $$V = \frac{1}{d} - \frac{1}{\overline{OF'_D}}$$

   d'où $\overline{OF'_D} = -23,3$ cm. On remarque que F'_D est à 23,3 cm avant O donc à 21,3 cm avant L_D ce qui correspond bien à une lentille divergente de distance focale image $f'_D = -21,3$ cm, donc de vergence $V' = -4,7\delta$.

   (b) Dans ce cas, la vergence du cristallin a changé par rapport à la question précédente, puisque l'œil n'observe plus à l'infini. On sait cependant que l'image A' finale est sur la rétine. On calcule la position de l'image intermédiaire A_i en utilisant la relation de conjugaison de Descartes appliquée à L_D. On trouve après calculs : $\overline{O'A_i} = -17,5$ cm. D'où : $\overline{OA_i} = -19,5$ cm. Le grandissement de l'ensemble est le produit des grandissements : $\gamma = \frac{\overline{O'A_i}}{\overline{O'A}} \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA_i}} = -0,01$.

Exercice 5 : Doublet de Huygens

1. F' est l'image du point à l'infini dans la direction de l'axe optique. Tout rayon provenant de ce point est parallèle à l'axe. Un tel rayon, après avoir traversé L_1 passe par F_1'. Il est ensuite dévié par L_2. Le tracé peut être fait en utilisant la méthode du cours sur le tracé des rayons quelconques. L'intersection du rayon émergent du système avec l'axe optique est le foyer F' recherché.



2. Le point à l'infini a pour image F_1' par L_1 qui a pour image F' par L_2, ce que l'on peut résumer par le schéma : $\infty \xrightarrow{L_1} F_1' \xrightarrow{L_2} F'$. D'après la relation de conjugaison de Newton : $\overline{F_2'F'} = -\frac{(f_2')^2}{\overline{F_2F_1}} = -\frac{a^2}{2a} = -\frac{a}{2}$.
3. Par définition, tout rayon incident sur le doublet passant par F donne un rayon émergent parallèle à l'axe. On trace un rayon émergent du système parallèle à l'axe quelconque ; ce rayon avant la lentille L_2, passait par son foyer objet F_2, ce qui permet de le tracer entre les deux lentilles. Le tracé avant L_1 requiert l'utilisation des règles de tracé des rayons quelconques.

   L'intersection du rayon incident (ici de son prolongement après son passage par L_1) avec l'axe optique est le foyer F cherché.
4. La succession des images est : $F \xrightarrow{L_1} F_2 \xrightarrow{L_2} \infty$. D'après la relation de conjugaison de Newton : $\overline{F_1F} = -\frac{(f_1')^2}{\overline{F_1'F_2}} = 9a/2$.