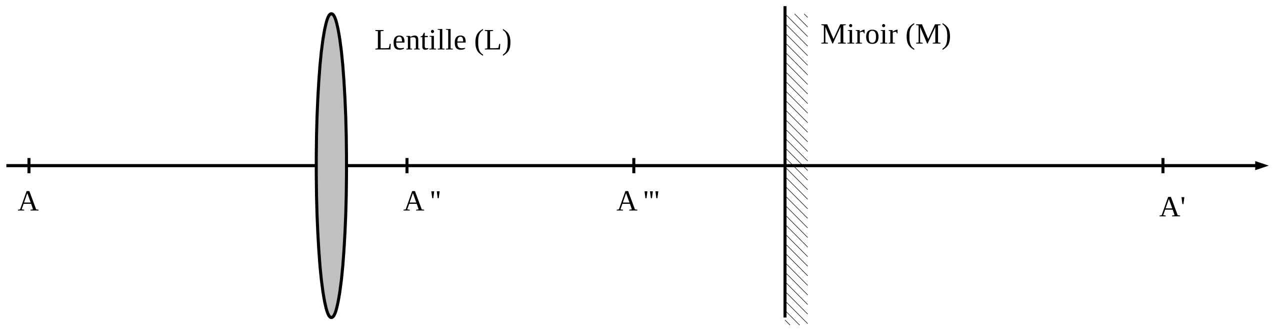
TD 02 Optique géométrique

Lycée Louis Thuillier - Physique-Chimie - PCSIB

# 1 Exercices d'applications

**Exercice 1 - Images et objets virtuels ou réels (*) :**




Pour répondre aux questions, il suffit d'avoir en tête cette suite de conjugaison :

$$A \xrightarrow{(L)} A' \xrightarrow{(M)} A'' \xrightarrow{(L)} A'''$$

Après la réflexion sur (M), la lumière change de sens, changeant du même coup les côtés des images réelles et virtuelles.

1. A est un objet réel pour (L) et pour l'ensemble (L+M). Par contre, ce n'est **rien** pour (M) car aucun rayon ne peut parvenir directement sur (M)
2. Le point A' est une image pour (L) et un objet pour (M). Il n'est rien pour l'ensemble (L+M).
3. Le point A' est une image réelle pour (L) et un objet virtuel pour (M).
4. Le point A" est une image réelle pour (M) et un objet réel pour (L). Le sens de propagation de la lumière a changé après la réflexion sur le miroir...
5. Le point A"' est une image virtuelle pour (L) et pour l'ensemble (L+M).

**Exercice 2 - Constructions de rayons :** *Cf cours*

**Exercice 3 - Avec une lentille seule :**

1. **Attention !** pour les vergences **tout en mètre!!!**
   $f' = 2,0$cm$=2,0\ 10^{-2}$m soit $v = 1/(2\ 10^{-2}) = 5\delta$.
2. *C'est le cas* 1 *des tracé de rayons* **Attention !** à bien placer les points.
3. *Cf après pour les valeurs*
4. On écrit la relation de conjugaison et le grandissement pour la lentille :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \text{ et } \overline{A'B'} = \gamma \overline{AB} \text{ avec } \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

*C'est le credo des relations de conjugaison!!*

▷ On trouve $\overline{OA'} = \dfrac{\overline{OA}f'}{\overline{OA} + f'}$ avec $\overline{OA} = -5,0$cm.
**AN :** $\overline{OA} = 3,3$cm et $OA = \overline{OA}$.

▷ On a alors $\gamma = \dfrac{f'}{\overline{OA}+f'}$ et donc $\gamma = -0,66$ et $\overline{A'B'} = \gamma\overline{AB} = -0,66$cm.
On remarque que $\overline{A'B'} < 0$ : l'image et à l'envers.

5. On refait pareil et on trouve $\overline{OA'} = -10$cm : l'image est à gauche de la lentille, elle est virtuelle.

## 2 Etude de systèmes optiques

**Exercice 4 - La lunette astronomique :**

**Attention !** *Avant de commencer les questions on prend le temps d'analyser le système optique et d'écrire la chaîne de conjugaison*

$$A_\infty B_\infty \xrightarrow{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow{(L_2)} A'B'$$

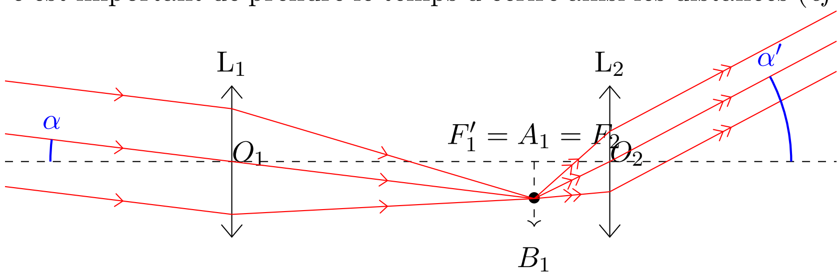
1.
(a) Pour observer sans accomoder, l'image finale en sortie de la lunette doit être à l'infini : $A' = A'_\infty$. Or pour obtenir une telle image, l'objet qui lui donne naissance doit être dans le plan focale objet de l'oculaire. Donc $A_1 = F_2$.
Par ailleurs l'objet initial $A$ est à l'infini. Son image $A_1$ par l'objectif sera donc au niveau du poitn focale image : $A_1 = F'_1$.

On a donc $A_1 = F_2 = F'_1$ donc les deux lunettes doivent être séparée de

$$\overline{O_1O_2} = \overline{O_1F'_1} + \overline{F'_1O_2} = \overline{O_1F'_1} + \overline{F_2O_2} = f'_1 + f'_2$$

**Attention !** c'est important de prendre le temps d'écrire ainsi les distances (*cf exercice suivant*).

(b)




(c) Si on souhaite imprimer une image sur une pellicule celle-ci doit être réelle et on pllace la pellicule où elle se trouve.
Ici, il faut placer la pellicule au niveau de l'image intermédiaire $A_1B_1$.

2.
(a) L'image finale est droite.
(b) *Ici, on a besoin de faire un peu de géométrie ... ⇒ des triangles rectangles !!*
On considère les triangles $O_1A_1B_1$ et $O_2A_1B_1$.

$$\tan\alpha = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_1} \text{ et } \tan\alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{f'_2}$$

On en déduit $G = f'_1/f'_2 = 4$.

**Exercice 5 - La lunette de Galilée :**

**Attention !** *Avant de commencer les questions on prend le temps d'analyser le système optique et d'écrire la chaîne de conjugaison*

$$A_\infty B_\infty \xrightarrow{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow{(L_2)} A'B'$$

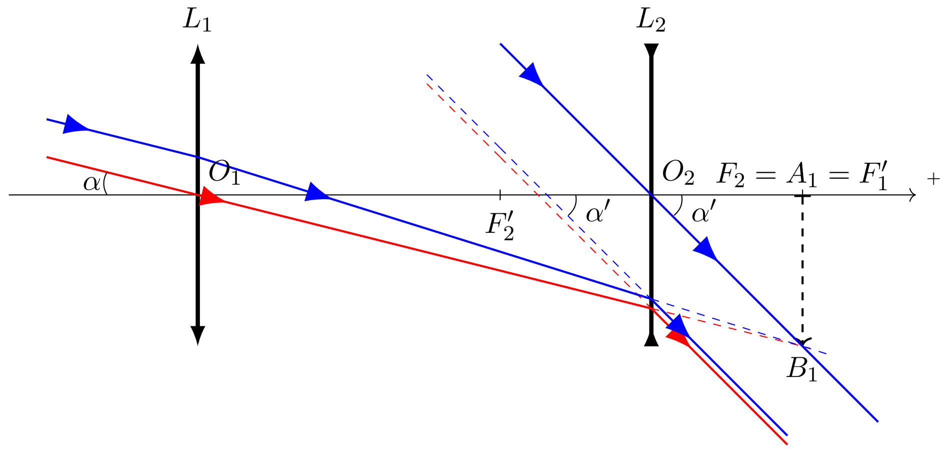
*Cet exercice est similaire au précédent sauf que l'oculaire est une lentille divergente désormais.*

1. Comme avant on a $A_1 = F_2 = F'_1$ donc les deux lunettes doivent être séparée de

$$\overline{O_1O_2} = \overline{O_1F'_1} + \overline{F'_1O_2} = \overline{O_1F'_1} + \overline{F_2O_2} = f'_1 + f'_2$$

On remarque alors que, $f'_2 < 0$, $\overline{O_1O_2}$ est plus petit que pour une lunette astronomique.

2. **Attention !** *La correction n'est pas à l'échelle !*




3. L'image finale est alors renversée.
4. C'est la même démarche que l'exercice précédent. On prend les deux triangles $O_1A_1B_1$ et $O_2A_1B_1$ et on trouve
$$G = \frac{f_1'}{f_2'} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$$
5. Une lunette de Galilée est similaire à une lunette astronomique à ceci près que l'acart entre les deux lentilles est plus petit :
   - ▷ astronomique $\overline{O_1O_2} = f_1' + f_2'$ avec $f_1', f_2' > 0$
   - ▷ Galilée $\overline{O_1O_2} = f_1' + f_2'$ avec $f_1' > 0$ mais $f_2' < 0$

**Exercice 6 - L'oeil(*) :** *Cf DM pour le début*

1. L'objet est réel et l'image se formant sur la rétine (qui joue le rôle d'écran) est donc réelle elle-aussi. En considérant le rayon passant par le centre optique O de la lentille, on trouve que l'image est forcément renversée.
2. On connaît les distances de l'objet ($\overline{OA} = {}^-D$) et de l'image au centre optique, donc on utilise la formule de grandissement avec origine en O :
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{d}{-D} = -11.10^{-3}$$
On en déduit la taille de l'image : $\overline{A'B'} = \gamma\overline{AB} = 1,1$ mm.
3. Pour calculer la vergence du système, on applique la relation de Descartes :
$$V = \frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{d} - \frac{1}{-D} = 92\ \delta$$
4. On applique de nouveau la loi de Descartes :
$$V = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{11.10^{-3}} - \frac{1}{-25.10^{-2}} = 95\ \delta$$
On trouve que le cristallin s'est contracté (la vergence a augmenté) pour voir plus près. La taille de l'image est obtenue par l'expression du grandissement :
$$\boxed{\overline{A'B'} = \gamma\overline{AB} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}\overline{AB} = -4,4\ \text{mm}}$$
5. On calcule tout d'abord la vergence $V$ du cristallin de l'oeil 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 0 soit $f' = 11 - 0,5 = 10,5$ mm soit $V = 95,2\ \delta$.
On appelle ($\mathrm{L}_D$) 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 conjugaisons suivante :
$$\infty \xrightarrow{L_D} F_D' \xrightarrow{cristallin} R$$

Il faut donc trouver la position de l'antécédent de R par le cristallin. Avec $\overline{OR} = d$, la relation de Descartes donne :

$$V = \frac{1}{d} - \frac{1}{\overline{OF'_D}} \Longrightarrow \overline{OF'_D} = \frac{d}{1 - Vd} = -23,3\ cm$$

On remarque que $F'_D$ est à 23,3 cm avant O donc à 21,3 cm avant $\mathrm{L}_D$, ce qui correspond bien à une lentille divergente de distance focale image $f'_D = -21,3$ cm, donc de vergence :

$$V' = \frac{1}{f'_D} = -4,7\ \delta$$

# 3 Objectif TP

**Exercice 7 - Autocollimation :**

1. On a le schéma de conjugaison suivant :

$$AB \xrightarrow{\mathcal{L}_1} A_1B_1 \xrightarrow{M} A_2B_2 \xrightarrow{\mathcal{L}_1} A'B'$$

- ▷ $AB$ étant dans le plan focal objet, $A_1B_2$ est à l'infini.
- ▷ par symétrie, la réflexion dans le miroir place $A_2B_2$ à l'infini également

  **Attention !** à cause du miroir, lors de la réflexion, le sens de l'axe optique est inversé !!
- ▷ donc $A'B'$ est dans le plan focal image, mais l'axe optique étant inversé par rapport au début, il se trouve au niveau de $AB$

On trouve alors un grandissement transversale $\gamma = -1$ : l'image à la même taille mais est à l'envers.

**Exercice 8 - Choix d'une lentille de projection :**

*Exercice similaire à l'exemple du cours, bien retravailler ce dernier avant de se lancer ...*

1. ;

(a) Avec les notations de l'exercice (**Attention !** $\overline{OA} = -x$), la relation de conjugaison de Descartes d'écrit comme :

$$\frac{1}{D-x} - \frac{1}{-x} = \frac{1}{f'} \Rightarrow x^2 - Dx + Df' = 0 \text{ soit } x = \frac{D \pm \sqrt{D(D-4f')}}{2}$$

L'écart entre les deux positions est alors :

$$\Delta x = \frac{D + \sqrt{D(D-4f')}}{2} - \frac{D - \sqrt{D(D-4f')}}{2} = \sqrt{D(D-4f')}$$

(b) Grandissement $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \dfrac{D-x}{-x}$ donc (pour la valeur "+") :

$$\gamma = -\frac{D - \dfrac{D+\sqrt{D(D-4f')}}{2}}{\dfrac{D+\sqrt{D(D-4f')}}{2}} = -\frac{D - \sqrt{D(D-4f')}}{D + \sqrt{D(D-4f')}}$$

De la même façon avec la solution "-" : $\gamma = -\dfrac{D + \sqrt{D(D-4f')}}{D - \sqrt{D(D-4f')}}$.

On remarque que les deux grandissement sont l'inverse l'un de l'autre.

(c) Pour avoir la meilleur projection, il faut choisir la position qui donne le grandissement le plus grand.

2. ;

(a) Pour avoir l'image à l'endroit, le grandissement étant négatif, il faut mettre l'objet à l'envers. Ici :

$$\gamma = -\frac{80}{5} = -16$$

(b) On a $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \dfrac{D-x}{-x}$ donc $x = D/(1-\gamma)$.

(c) *.... On n'a pas encore utilisé la relation de conjugaison de Descartes ...*

$$\frac{1}{D-x} - \frac{1}{-x} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{D - D/(1-\gamma)} - \frac{1}{-D/(1-\gamma)} = \frac{1}{f'}$$

On résout et on trouve $f'$.