Doublet de lentilles

On étudie un doublet formé d'une lentille $\mathcal{L}_1$ convergente, de focale $f_1' = 5,0$ cm, et d'une lentille $\mathcal{L}_2$ convergente, de focale $f_2' = 7,0$ cm. La lentille $\mathcal{L}_2$ est placée à une distance $e = 2,0$ cm après la lentille $\mathcal{L}_1$. Les lentilles possèdent le même axe optique.

Soit A un point sur l'axe optique. On note :

$$A \xrightarrow{\mathcal{L}_1} A_1 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} A'$$

On pose $d = \overline{O_1A}$.

1) Déterminer $\overline{O_1A_1}$ et $\overline{O_2A'}$ en fonction de d, e, f_1' et f_2'.

2) Définir puis déterminer le grandissement γ du système de lentilles.

3) Faire les applications numériques des deux premières questions dans la cas où A est situé entre F_1 et O_1, à 3 cm de O_1. Préciser la nature des objets et des images.

On appelle points focaux objet F et image F' du système $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$ les points définis par :

$$F \xrightarrow{\mathcal{S}} +\infty \text{ sur } \Delta \quad \text{et} \quad -\infty \text{ sur } \Delta \xrightarrow{\mathcal{S}} F'$$

4) Déterminer la position de F' par le calcul. Vérifier par une construction géométrique.

5) Faire de même avec F.

Correction

Correction

1) On utilise les relations de conjugaison.

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f_1'} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\overline{O_1A_1} = \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1'}\right)^{-1}}$$

De plus,

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{f_2'} \quad \text{et} \quad \overline{O_2A_1} = \overline{O_2O_1} + \overline{O_1A_1} = -e + \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1'}\right)^{-1}$$

Ainsi,

$$\boxed{\overline{O_2A'} = \left(\frac{1}{-e + \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1'}\right)^{-1}} + \frac{1}{f_2'}\right)^{-1}}$$

2) Soit un objet AB. Relation de grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} \times \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \gamma_1 \times \gamma_2 = \boxed{\frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} \times \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A_1}}}$$

Ce qui donne, en fonction de d, e, f_1' et f_2' :

$$\boxed{\gamma = \frac{\left(\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1'}\right)^{-1}}{-e + \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1'}\right)^{-1}} \times \frac{1}{d} \times \left(\frac{1}{-e + \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1'}\right)^{-1}} + \frac{1}{f_2'}\right)^{-1}}$$

3) AN :

$$d = \overline{O_1A} = -3,0 \text{ cm} \qquad \overline{O_1A_1} = -7,5 \text{ cm} \qquad \overline{O_2A'} = 26,6 \text{ cm}$$

A est un objet réel pour $\mathcal{L}_1$. A_1 est une image virtuelle pour $\mathcal{L}_1$ et un objet réel pour $\mathcal{L}_2$. A' est une image réelle pour $\mathcal{L}_2$.

$$\gamma = -7 \text{ cm}$$

L'image est renversée et agrandie 7 fois.

4) Par définition de F' :

$$-\infty \xrightarrow{\mathcal{L}_1} F_1' \xrightarrow{\mathcal{L}_2} F'$$

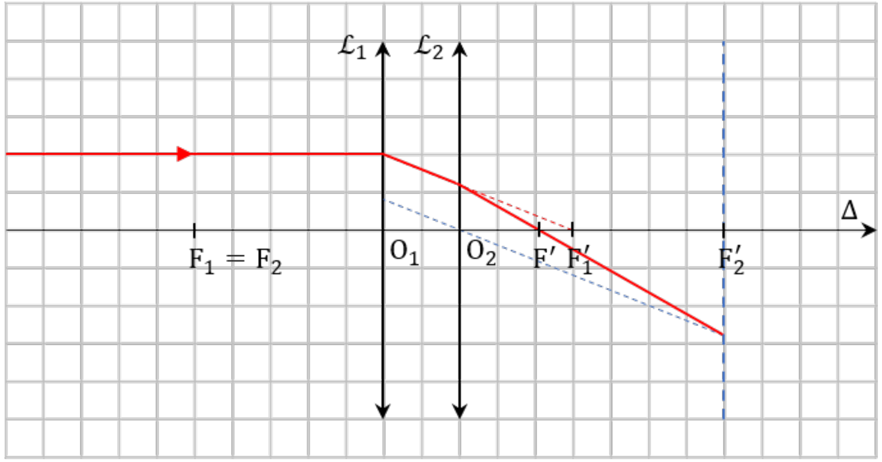
F_1' doit être est l'objet de F' par la lentille $\mathcal{L}_2$. On en déduit :

$$\frac{1}{\overline{O_2F'}} - \frac{1}{\overline{O_2F_1'}} = \frac{1}{f_2'} \quad \text{avec :} \quad \overline{O_2F_1'} = \overline{O_2O_1} + \overline{O_1F_1'} = -e + f_1'$$

Donc :

$$\boxed{\overline{O_2F'} = \left(\frac{1}{-e + f_1'} + \frac{1}{f_2'}\right)^{-1} = 2,1 \text{ cm}}$$

Graphique :



Construction :

- On prend un rayon qui vient de $-\infty$ sur Δ. Après $\mathcal{L}_1$, il semble passer par F_1'.
- Ce rayon est un rayon quelconque pour $\mathcal{L}_2$. On trace le rayon parallèle passant par O_2. Les deux rayons émergents vont se croiser dans le plan focal image de $\mathcal{L}_2$.
- Le point F' est l'intersection entre le rayon émergent et l'axe optique. Il est bien situé à $2,1$ cm de O_2.

5) Par définition de F :

$$F \xrightarrow{\mathcal{L}_1} F_2 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} +\infty$$

L'objet qui, à travers $\mathcal{L}_2$ donne $+\infty$, est son point focal objet F_2. Donc F_2 doit être est l'image de F par la lentille $\mathcal{L}_1$. On en déduit :

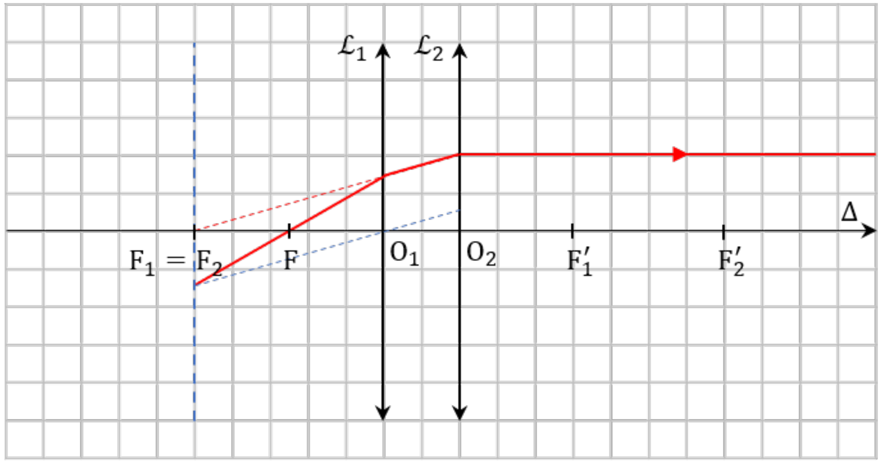
$$\frac{1}{\overline{O_1F_2}} - \frac{1}{\overline{O_1F}} = \frac{1}{f_1'} \quad \text{avec :} \quad \overline{O_1F_2} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F_2} = e - f_2'$$

Une question ? Un soucis de QRCode ? nicolasperrissin@gmail.com

Donc :

$$\boxed{\overline{O_1F} = \left(\frac{1}{e - f_2'} - \frac{1}{f_1'}\right)^{-1} = -2,5 \text{ cm}}$$

Graphique :



Construction :

- On prend un rayon qui émerge de $\mathcal{L}_2$ parallèlement à Δ. Avant $\mathcal{L}_2$, il semble passer par F_2.
- Ce rayon est un rayon quelconque pour $\mathcal{L}_1$. On trace le rayon parallèle passant par O_1. Les deux rayons incident vont se croiser dans le plan focal objet de $\mathcal{L}_1$.
- Le point F est l'intersection entre le rayon incident et l'axe optique. Il est bien situé à $-2,5$ cm de O_1.