

Associations de lentilles minces

Soit 3 lentilles minces convergente \mathcal{L}_i avec $i = 1, 2, 3$. On note O_i le centre optique, F_i le foyer principal objet, F'_i le foyer principal image et f'_i la distance focale de la lentille \mathcal{L}_i . Les trois lentilles possèdent le même axe optique Δ .

On note : $e_1 = \overline{O_1O_2}$ et $e_3 = \overline{O_2O_3}$.

1) Définir un système afocal. Établir la relation portant sur e_1 , e_3 et les f'_i pour que le système soit afocal.

Dans toute la suite, on suppose que $F'_1 = O_2$.

2) Comment faut-il choisir e_3 pour que le système des trois lentilles soit afocal ?

On pose : $f'_1 = 4,0$ cm et $f'_3 = 3,0$ cm.

3) Exprimer puis calculer le grandissement transversal γ et le grossissement angulaire G du système afocal.



Correction

1) Un système S est afocal si :

$$-\infty \xrightarrow{S} +\infty$$

Ainsi, pour ce système de 3 lentilles proposé :

$$-\infty \xrightarrow{\mathcal{L}_1} F'_1 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} F_3 \xrightarrow{\mathcal{L}_3} +\infty$$

Les étapes 1 et 3 sont imposées par le caractère afocal du système. L'étape 2 doit donc conjuguer F'_1 et F_3 . Le relation de conjugaison assure que :

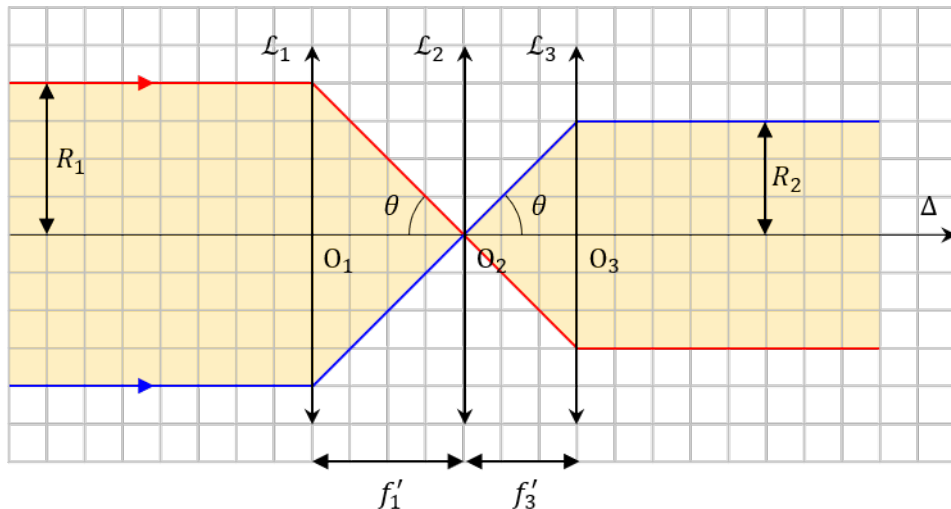
$$\frac{1}{O_2 F_3} - \frac{1}{O_2 F'_1} = \frac{1}{f'_2} \Rightarrow \boxed{\frac{1}{e_3 - f'_3} - \frac{1}{-e_1 + f'_1} = \frac{1}{f'_2}}$$

2) Reprenons l'analyse précédente avec $F'_1 = O_2$. Le centre optique d'une lentille possède la propriété suivante : $O \xrightarrow{\mathcal{L}} O$, l'objet et l'image sont confondus. Ainsi :

$$-\infty \xrightarrow{\mathcal{L}_1} F'_1 = O_2 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} O_2 = F_3 \xrightarrow{\mathcal{L}_3} +\infty$$

Il faut donc que $O_2 = F_3$, c'est-à-dire que $\boxed{e_3 = f'_3}$.

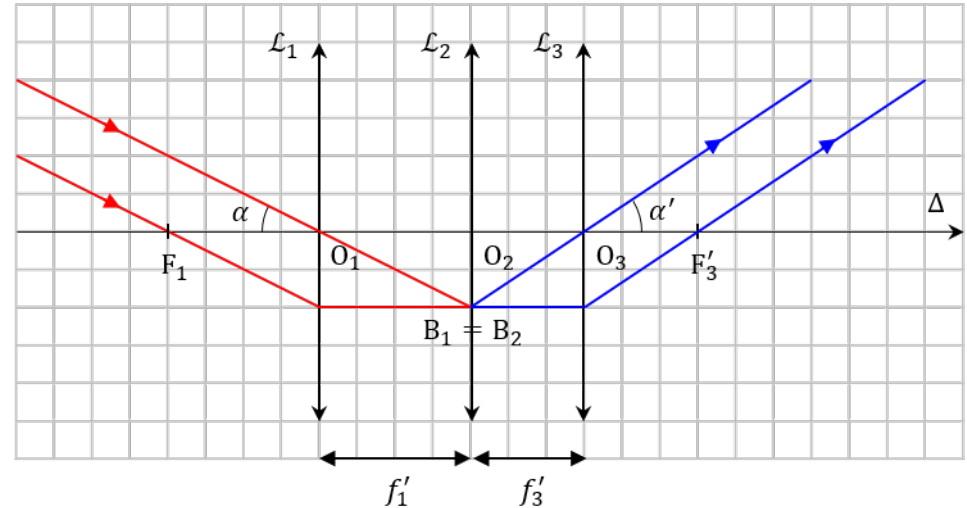
3) Grandissement transversal :



Le grandissement est négatif car le rayon du haut est passé en bas et vice-versa. On a :

$$\gamma = -\frac{R_2}{R_1} \quad \text{avec :} \quad \tan(\theta) = \frac{R_1}{f'_1} = \frac{R_2}{f'_3} \Rightarrow \boxed{\gamma = -\frac{f'_3}{f'_1} = -\frac{3}{4}}$$

Grossissement angulaire :



Explication : on a :

$$AB(-\infty) \xrightarrow{\mathcal{L}_1} A_1 B_1 = O_2 B_1 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} A_2 B_2 = O_2 B_1 \xrightarrow{\mathcal{L}_3} A' B'(+\infty)$$

L'image $A_1 B_1$ (obtenue avec les rayons rouges) se trouve sur la lentille 2. Elle est donc superposée à son image : $A_1 B_1 = A_2 B_2$. On fait partir de nouveaux rayons (bleus) depuis $A_2 B_2$. Pour prolonger les rayons rouges, il faut connaître la valeur de f'_2 . On ne la connaît pas, on ne peut donc pas prolonger ces rayons, il faut en construire de nouveaux.

Le grossissement est négatif car le rayon incident vers le bas émerge vers le haut. On a :

$$G = -\frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{\tan(\alpha')}{\tan(\alpha)} = -\frac{O_2 B_1 / f'_3}{O_2 B_1 / f'_1} = \boxed{-\frac{f'_1}{f'_3} = -\frac{4}{3}}$$