Optique – chapitre 4

Correction du TD d'application

I Vergence et grandissement de lentilles accolées

1) Dans cette situation, on a le système $\mathrm{A} \xrightarrow[\mathrm{O}_1]{\mathcal{L}_1} \mathrm{A}_1 \xrightarrow[\mathrm{O}_2]{\mathcal{L}_2} \mathrm{A}'$, avec $\mathrm{O}_1 = \mathrm{O}_2 = \mathrm{O}$. Une lentille équivalente à ce système ferait passer directement de A à A' et aurait une distance focale $\overline{\mathrm{OF}'}$ telle que

$$\frac{1}{\overline{\mathrm{OF}'}} = \frac{1}{\overline{\mathrm{OA}'}} - \frac{1}{\overline{\mathrm{OA}}} \tag{4.1}$$

Pour faire apparaître les vergences des lentilles une et deux, on peut :

1) Écrire les relations de conjugaison pour les deux lentilles :

$$\boxed{\frac{1}{\overline{\mathrm{OF}'_1}} = \frac{1}{\overline{\mathrm{OA}_1}} - \frac{1}{\overline{\mathrm{OA}}}} \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{1}{\overline{\mathrm{OF}'_2}} = \frac{1}{\overline{\mathrm{OA}'}} - \frac{1}{\overline{\mathrm{OA}_1}}}$$

2) Ou directement dans 4.1 ajouter et retirer $\frac{1}{\overline{\mathrm{OA}_1}}$ dans le terme de droite.

Quoiqu'il en soit, on trouve rapidement

$$\frac{1}{\overline{\mathrm{OF}'}} = \frac{1}{\overline{\mathrm{OF}'_1}} + \frac{1}{\overline{\mathrm{OF}'_2}}$$
$$\Leftrightarrow V = V_1 + V_2$$

2) Le grandissement de l'ensemble est $\gamma = \dfrac{\overline{\mathrm{OA}'}}{\overline{\mathrm{OA}}}$. Or, $\gamma_1 = \dfrac{\overline{\mathrm{OA}_1}}{\overline{\mathrm{OA}}}$ et $\gamma_2 = \dfrac{\overline{\mathrm{OA}'}}{\overline{\mathrm{OA}_1}}$; on a donc

$$\boxed{\gamma = \gamma_1\gamma_2}$$

Produit des grandissements

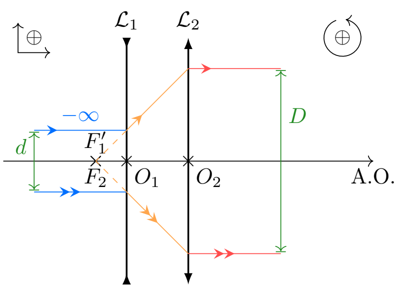
Si le théorème des vergences (c'est son nom) ne vaut que pour des lentilles accolées (une version plus générique s'écrit $V = V_1 + V_2 - \overline{\mathrm{O}_1\mathrm{O}_2}V_1V_2$), l'expression du grandissement **vaut pour toute association**.

II Élargissement d'un faisceau laser

1)

On peut associer deux lentilles, la première divergente de très courte focale f'_1 (< 0) et la seconde convergente de grande focale f'_2, à condition de faire coïncider le foyer image F'_1 de la première avec le foyer objet F_2 de la seconde. Si D est le diamètre du faisceau final et d celui du faisceau initial, alors en utilisant le théorème de Thalès $D/f'_2 = -d/f'_1$; pour $d = 2\,\mathrm{mm}$ et $D = 3\,\mathrm{cm}$, il nous faut

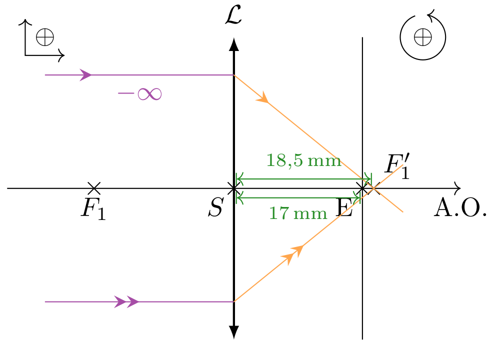
$$f'_2 = -15 f'_1$$



III L'œil hypermétrope et sa correction

Données

- Œil = lentille $(\mathcal{L}, \mathrm{S})$;
- $\overline{\mathrm{SE}} = 17\,\mathrm{mm}$;
- $\overline{\mathrm{SA}} = -\infty \Rightarrow \overline{\mathrm{SA'}} = \overline{\mathrm{SE}} + 1{,}5\,\mathrm{mm}$



1)

Résultat

$\overline{\mathrm{SF'}}$

Outil

On trouve le point focal image d'un système en étudiant l'image d'un objet à l'infini.

Application

Ici, la lecture de l'énoncé donne directement la réponse : le point focal image et 1,5 mm derrière la rétine. On a donc

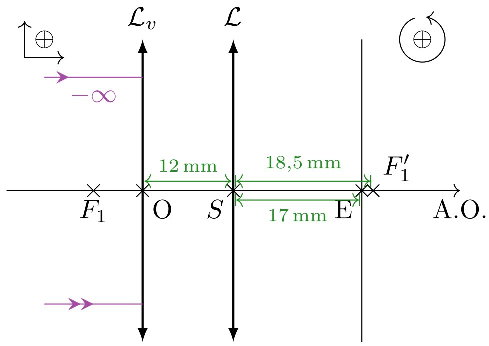
$$\overline{\mathrm{SF'}} = 18{,}5\,\mathrm{mm}$$

2) L'œil n'est pas assez convergent, il faudrait que les rayons se croisent plus tôt sur l'axe optique pour que l'image se forme sur la rétine. Il faut donc corriger avec des lentilles correctrices convergentes.

3)

Données

- Verre lunette $= (\mathcal{L}_v, \mathrm{O})$;
- $\overline{\mathrm{OS}} = 12\,\mathrm{mm}$;
- $\overline{\mathrm{AB}} \xrightarrow[\mathrm{O}]{\mathcal{L}_v} \overline{\mathrm{A_1B_1}} \xrightarrow[\mathrm{S}]{\mathcal{L}} \overline{\mathrm{A'B'}}$



a –

Rappel

L'image doit se former sur l'écran de la lentille, autrement dit la rétine : avec $\overline{\mathrm{AB}} = -\infty$ on doit avoir $\mathrm{A'} = \mathrm{E}$.

b –

Résultat attendu

Utiliser le fonctionnement physique du système pour déterminer comment associer la lunette à l'œil.

Application

$$\overline{\mathrm{AB}} \xrightarrow[\mathrm{O}]{\mathcal{L}_v} \overline{\mathrm{A_1B_1}} \xrightarrow[\mathrm{S}]{\mathcal{L}} \overline{\mathrm{A'B'}}$$

$$-\infty \rightarrow A_1 = F'_v \qquad A' = E$$

$$A_1 = R$$

On a donc $\mathrm{A_1} = \mathrm{F'_v} = \mathrm{R}$.

Important !

Attention, **seul** le remotum de l'œil emmétrope est à l'infini. Vérifiez bien vos définitions.

c –

Résultats attendus

On cherche $\overline{\mathrm{OF'_v}}$ sachant que $\mathrm{F'_v} = \mathrm{R}$: l'idée est donc de trouver R de l'œil connaissant sa distance focale et la distance œil-écran.

Outil

On va donc utiliser la formule de conjugaison d'une lentille mince :

$$\frac{1}{\overline{\mathrm{OF'}}} = \frac{1}{\overline{\mathrm{OA'}}} - \frac{1}{\overline{\mathrm{OA}}}$$

Application

Avec les données de l'exercice, on a

$$\frac{1}{\overline{\mathrm{SF'}}} = \frac{1}{\overline{\mathrm{SE}}} - \frac{1}{\overline{\mathrm{SR}}}$$

Soit

$$\boxed{\overline{\mathrm{SR}} = \frac{\overline{\mathrm{SE}}\,\overline{\mathrm{SF'}}}{\overline{\mathrm{SF'}} - \overline{\mathrm{SE}}}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \overline{\mathrm{SE}} = 17\,\mathrm{mm} \\ \overline{\mathrm{SF'}} = 18{,}5\,\mathrm{mm} \end{cases}$$

Et

$$\boxed{\overline{\mathrm{SR}} = 21\,\mathrm{cm}}$$

Avec la composition des distances et comme $\mathrm{F'_v} = \mathrm{R}$, on a finalement

$$\boxed{\overline{\mathrm{OF'_v}} = \overline{\mathrm{OS}} + \overline{\mathrm{SR}} = 1{,}2 + 20{,}9 = 22\,\mathrm{cm}}$$

Soit $\boxed{V_{\text{verre}} = +4{,}5\,\delta}$

d – On a donc