1. Construction de l'image $A'B'$ de AB. Réalité ou virtualité ?

Image donnée par l'objectif (L_1). On applique la relation des lentilles ~~fines~~ minces pour (L_1) :

FAIS UN SCHEMA! →

$$\frac{1}{p} + \cancel{\frac{1}{p'_1}} = \frac{1}{f'_1},$$

FAUX!

avec $p = 30$ cm et $f'_1 = 20$ cm. On trouve

erreur de signe!

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{p'_1} = \frac{1}{20} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{p'_1} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{1}{60},$$

NON HOMOGÈNE!

donc

$$p'_1 = 60 \text{ cm}.$$

L'objectif forme donc une image intermédiaire A_1B_1 située à 60 cm à droite de O_1. ~~L'agrandissement~~ le grandissement par l'objectif vaut

$$\gamma_1 = -\frac{p'_1}{p} = -\frac{60}{30} = -2,$$

oui... par chance!

donc la hauteur A_1B_1 est

$$A_1B_1 = \gamma_1 \cdot AB = -2 \times 2 \text{ cm} = -4 \text{ cm},$$

c'est-à-dire une image renversée de hauteur 4 cm.

Placement de l'oculaire (L). ~~On nous dit que le~~ Le foyer objet F de l'oculaire coïncide avec F'_1, le foyer image de (L_1). Le foyer image F'_1 du premier objectif est à $f'_1 = 20$ cm de O_1, donc F est à 20 cm de O_1. Comme O est à 15 cm de O_1, on a $\overline{OF} = 5$ cm. Par conséquent l'oculaire a une distance focale (algébrique) donnée par

$$f'_{\text{oculaire}} = \overline{OF} = +5 \text{ cm}.$$

erreur de signe!

Construction finale. L'image A_1B_1 produite par l'objectif est donc située à 60 cm de O_1, soit ~~$60 - 15 = 45$ cm à droite de O~~. En tenant compte des propriétés des lentilles et de la nature divergente de l'oculaire on trouve que l'image finale $A'B'$ vue par l'observateur est *virtuelle* et située entre l'oculaire et l'objet intermédiaire. On conclut donc : $A'B'$ **est une image virtuelle.**

2. Calculs numériques : $p' = \overline{OA'}$ et $\overline{A'B'}$.

Nous voulons la position $p' = \overline{OA'}$ de l'image finale par rapport au centre O de l'oculaire et la taille $A'B'$.

Données synthétiques (utilisées ci-dessous).

$$\overline{O_1O} = 15 \text{ cm}, \quad p = 30 \text{ cm}, \quad f'_1 = 20 \text{ cm}, \quad AB = 2 \text{ cm}.$$

Calcul de p'. On utilise la formule des lentilles pour l'oculaire. En prenant pour l'oculaire la valeur $f'_{\text{oculaire}} = +5$ cm , et en notant que l'objet pour l'oculaire (l'image A_1) est situé à 45 cm à droite de O, on pose la distance objet relative p_o (algébrique) égale à -45 cm (objet situé sur le côté image). La formule donne :

$$\frac{1}{p_o} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f'_{\text{oculaire}}} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{-45} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{5}$$

FAUX!

D'où

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{5} + \frac{1}{45} = \frac{9+1}{45} = \frac{10}{45} = \frac{2}{9},$$

FAIS UN SCHEMA!

donc

$$p' = \frac{9}{2} = 4{,}5 \text{ cm}.$$

$\boxed{A \xrightarrow{L_1} A_1 \xrightarrow{L_2} A'}$

Ainsi la position de l'image relative à O serait $p' = 4{,}5$ cm à droite de O. ⋆

Calcul de la hauteur $A'B'$. ~~L'~~le agrandissement total est le produit des deux ~~agrandissements~~. Nous avions $\gamma_1 = -2$ pour l'objectif. L'oculaire (avec $f'_{\text{oculaire}} = +5$ cm donne un agrandissement

Car... il faut le prouver!

$$\gamma_2 = -\frac{p'}{p_o} = -\frac{4{,}5}{-45} = +\frac{4{,}5}{45} = 0{,}1.$$

Le grandissement total est donc

$$\Gamma = \gamma_1 \gamma_2 = (-2) \times 0{,}1 = -0{,}2.$$

La hauteur finale vaut

$$A'B' = \Gamma \cdot AB = -0{,}2 \times 2 \text{ cm} = -0{,}4 \text{ cm},$$

c'est-à-dire 0,4 cm et renversée.

FAUX!

3. Le grandissement dépend-t-il de la position de AB ? Trace d'un rayon particulier.

Ça ne veut rien dire!

Discussion. Pour une lunette classique ~~l'~~le agrandissement ~~angulaire~~ pour un objet à l'infini est $G = \frac{f'_1}{f'_{\text{oculaire}}}$ (rapport des ~~focaux~~ distance focale). Cependant pour un objet placé à distance finie (ici 30 cm) ~~l'~~le agrandissement linéique dépend effectivement de la position de l'objet : l'image intermédiaire fournie par l'objectif change de position et de taille quand l'objet varie, donc le grandissement total dépend de p. Ainsi **oui**, le grandissement linéique dépend de la position de AB.

NON! → FAIS UN SCHEMA!

Trace d'un rayon. On trace un rayon issu de B parallèle à l'axe optique arrivant sur le système : il est focalisé par l'objectif au foyer image F'_1 (à 20 cm de O_1), puis entre dans l'oculaire et en sort en divergeant comme s'il provenait du point A' déterminé ci-dessus.

4. Grossissement pour objets éloignés (lunette).

Pour un objet à l'infini le faisceau après l'objectif est dirigé vers le foyer image F_1'. Dans une lunette de Galilée (objectif convergent, oculaire divergent) le grossissement angulaire vaut (formule usuelle)

Il fallait retrouver cette formule. ←

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1'}{f'_{\text{oculaire}}}.$$

ce n'est pas la situation du cours

En prenant $f_1' = 20$ cm et la valeur $f'_{\text{oculaire}} = +5$ cm on obtient

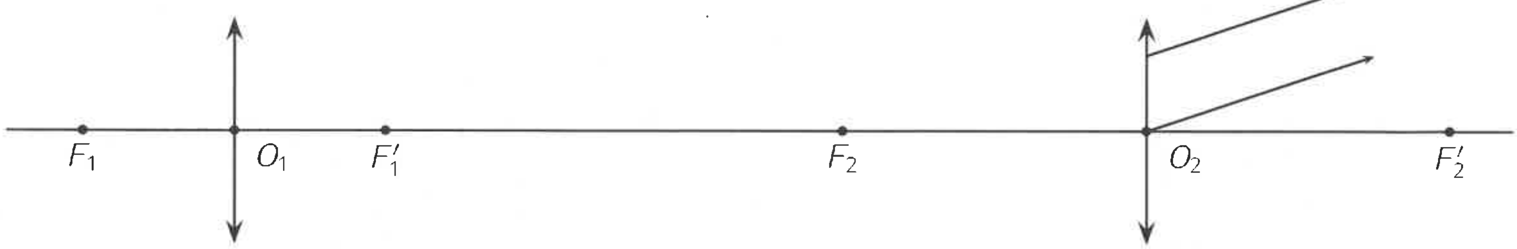
$$G = \frac{20}{5} = 4.$$

OK... par chance !

✍ Exercice 6 : **Étude d'un microscope.**

Un microscope peut être modélisé par deux lentilles convergentes (L_1) et (L_2) alignées sur le même axe optique, entourées d'air.
(L_1) modélise l'objectif et a une distance focale image $f_1' = 2$ mm. (L_2) modélise l'oculaire et a une distance focale image $f_2' = 30$ mm. La distance $\Delta = \overline{F_1'F_2}$ entre le foyer image de (L_1) et le foyer objet de (L_2) vaut 160 mm, c'est l'intervalle optique du microscope.
La distance minimale de vision de l'œil est $d_m = 25$ cm : c'est le ponctum proximum, la distance au dessous de laquelle l'œil n'arrive plus a accommoder : l'image n'est plus nette.
Par contre, l'œil normal voit net un objet situé à l'infini et cela sans accommoder.
On observe, à travers le microscope, un petit objet AB perpendiculaire à l'axe optique avec A et l'œil sur l'axe optique.

1. Rappeler la formule de conjugaison de Newton pour une lentille mince sphérique. Donner également les deux formules de Newton pour le grandissement γ.
2. Où doit être placé A pour que l'œil observe AB à travers le microscope sans accommoder ? Faire l'application numérique.
3. Les deux rayons sortant de la lentille (L_2) sur le dessin ci-dessous (qui n'est pas à l'échelle) sont issus de B. Dessiner leur trajet à travers le microscope et trouver ainsi graphiquement la position de AB.



4. Expression du grossissement :
   (a) Sous quel angle maximal θ_0 un œil normal voit-il AB sans le microscope ? (on prendra $\tan\theta_0 \simeq \theta_0$).
   (b) Sous quel angle θ l'œil voit-il AB à travers le microscope ? (on prendra $\tan\theta \simeq \theta$).
   (c) On définit le grossissement par $G = \frac{\theta}{\theta_0}$. Calculer G en fonction de Δ, d_m, f_1' et f_2'. Faire l'application numérique.
5. Le cercle oculaire de centre C est l'image de la monture de (L_1) à travers (L_2).
   (a) Que vaut $\overline{CF_2'}$.