

EXERCICE: Modélisation d'une lunette sur banc optique (7 points)

1) Le grossissement de la lunette est: $G = 5$. Or $G = \frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$ donc $f'_{ob} = 5 \times f'_{oc}$.

Comme la vergence C est: $C = \frac{1}{f}$ on a: $C_{oc} = 5 \times C_{ob}$.

Parmi les lentilles proposées, on choisira alors:

$$C_{oc} = 10 \delta$$

$$C_{ob} = 2 \delta$$

2) La lunette étant afocale, la distance entre les centres optiques est: $f'_{oc} + f'_{ob}$.

$$\text{Or: } f'_{oc} = \frac{1}{C_{oc}} = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

$$f'_{ob} = \frac{1}{C_{ob}} = \frac{1}{2} = 0,50 \text{ m} = 50 \text{ cm}$$

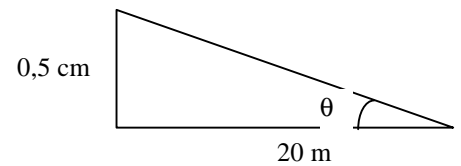
finalement: $f'_{oc} + f'_{ob} = 60 \text{ cm}$.

Comme $60 \text{ cm} < 100 \text{ cm}$ on pourra réaliser cette lunette sur le banc optique proposé.

3) Soit θ l'angle sous lequel est vu la distance entre les deux graduations à l'œil nu.

$$\text{On a: } \tan \theta = 0,5 \cdot 10^{-2} / 20 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \approx \theta$$

Or $2,5 \times 10^{-4} \text{ rad} < 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$ donc l'observateur ne peut pas voir deux graduations séparées de 0,5 cm à 20 m de distance.



4) La formule de conjugaison appliquée à la lentille objectif de centre O_1 donne: $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{O_1A'}$ soit $\frac{OA'}{1} = \frac{1}{\frac{1}{ob} + \frac{1}{1}}$

$$\frac{OA'}{1} = \frac{-20 \times 0,50}{-20 + 0,50} = 0,51 \text{ cm} \approx f'_{ob}$$

L'image se forme très près du foyer image de l'objectif (A' presque confondu avec F') donc on peut considérer que l'objet est à l'infini.

5) L'objet AB est à l'infini, donc son image A_1B_1 donnée par l'objectif est située dans le **plan focal image de l'objectif**. Or la lunette étant **afocale** ce plan est confondu avec le **plan focal objet de l'oculaire**. L'image définitive est donc renvoyée à l'infini.

6) Le grossissement de la lunette est: $G = \frac{\theta'}{\theta} = 5$

$$\text{donc } \theta' = 5 \times \theta = 5 \times 2,5 \cdot 10^{-4} = 12,5 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

Comme $\theta' > 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$, la lunette permet d'observer séparément deux graduations de la règle séparés de 0,5 cm, alors que ces deux graduations ne pouvaient être séparées à l'œil nu.

PROBLEME: ÉTUDE D'UN MICROSCOPE (13 POINTS)**I Première expérience: image donnée par l'objectif**

1) La formule de conjugaison appliquée à la lentille L_1 donne: $\frac{1}{O_1A_1} = \frac{1}{O_1A} + \frac{1}{O_1A'}$ soit $\frac{O_1A_1}{1} = \frac{O_1A \cdot f'_1}{O_1A + f'_1}$

D'où: $\overline{O_1A_1} = (-6,0) \times (5,0) / (-6,0 + 5,0) = + 30 \text{ cm}$.

2) La formule du grandissement appliquée à la lentille L_1 donne: $\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{AB} = \frac{\overline{O_1A_1}}{O_1A}$

Il vient alors: $\overline{A_1B_1} = AB \cdot \frac{\overline{O_1A_1}}{O_1A}$ Soit $\overline{A_1B_1} = 0,50 \times \frac{30}{-6,0} = -2,5 \text{ cm}$

3) Construction graphique de A_1B_1 : **échelle 1/3** sur l'axe horizontal, **échelle 1** sur l'axe vertical (voir fin correction).

4) L'image A_1B_1 est telle que: $\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{AB} = \frac{-2,5}{0,50} = -5 < 0$ donc $|\gamma_1| = 5 > 1$

L'image A_1B_1 est donc **agrandie** ($|\gamma_1| > 1$) et **renversée** ($\gamma_1 < 0$); de plus on la forme sur un écran donc elle est **réelle**.

5) Conditions de Gauss:

- les rayons lumineux doivent passer au voisinage du centre optique des lentilles.
- les rayons lumineux doivent être peu inclinés par rapport à l'axe optique.

Pour se placer dans les conditions de Gauss les élèves auraient pu placer un diaphragme sur la lentille objectif L_1 .

II Deuxième expérience: image définitive

1) Construction graphique.

L'image A_1B_1 est placée entre le foyer objet F_2 et le centre optique O_2 de la lentille oculaire. Elle joue le rôle d'objet pour la lentille oculaire. De plus, la lentille L_2 se joue le rôle de loupe pour A_1B_1 .

2) Construction graphique.

3) La formule de conjugaison appliquée à la lentille L_2 donne: $\frac{1}{O_2A_2} = \frac{1}{O_2A_1} + \frac{1}{O_2F_2'}$ soit $\boxed{O_2A_2 = \frac{O_2A_1 \cdot f_2'}{O_2A_1 + f_2'}}$

avec $\overline{O_1O_2} = \overline{O_1A_1} + \overline{A_1O_2} = +36 \text{ cm}$

$$\Leftrightarrow \overline{A_1O_2} = 36 - 30 = +6,0 \text{ cm} \text{ donc } \overline{O_2A_1} = -6,0 \text{ cm}$$

D'où: $\overline{O_2A_2} = (-6,0) \times (10) / (-6,0 + 10) = -15 \text{ cm}$.

La formule du grandissement appliquée à la lentille L_2 donne: $\gamma_2 = \frac{A_2B_2}{A_1B_1} = \frac{O_2A_2}{O_2A_1}$

Pour avoir la taille de l'image A_2B_2 on peut prendre la valeur absolue de la formule précédente: on retire alors les valeurs algébriques

dans l'expression de γ_2 . Il vient alors: $\boxed{A_2B_2 = A_1B_1 \cdot \frac{O_2A_2}{O_2A_1}}$

$$\text{Soit } \overline{A_2B_2} = 2,5 \times \frac{15}{-6,0} = -6,3 \text{ cm}$$

III Grandissement et grossissement du microscope

1) Le grandissement γ du microscope est: $\boxed{\gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2 = \frac{A_2B_2}{AB}}$

donc $\gamma = -6,3 / 0,5 = -12,6$

On a donc: $|\gamma| = 12,6 > 1$ et $\gamma < 0$.

L'image définitive est plus grande que l'objet et renversée par rapport à lui.

2) approximation des petits angles:

$$\tan\theta = AB / d_m = 0,5 / 25 = 0,02 \Leftrightarrow \theta \approx 0,02$$

(ici l'approximation $\tan\theta \approx \theta$ est justifiée).

$$\tan\theta' = A_2B_2 / O_2A_2 = 6,3 / 15 = 0,42 \Leftrightarrow \theta' \approx 0,42$$

(ici l'approximation $\tan\theta' \approx \theta'$ est moins bien vérifiée)

Donc il vient:

$$\boxed{G = \frac{\theta'}{\theta} = 21}$$

IV Cercle oculaire

1) Le cercle oculaire est l'image de l'objectif par l'oculaire. Construction graphique du cercle oculaire.

2) Il s'agit de calculer la position du cercle oculaire noté C par rapport à O_2 . Le cercle oculaire étant l'image de l'objectif par l'oculaire,

la formule de conjugaison donne: $\frac{1}{O_2C} = \frac{1}{O_2O_1} + \frac{1}{O_2F_2'}$ soit $\boxed{O_2C = \frac{O_2O_1 \cdot f_2'}{O_2O_1 + f_2'}}$

donc: $\overline{O_2C} = (-36) \times 10 / (-26) = +13,8 \text{ cm}$. Le cercle oculaire est donc bien situé à environ **14 cm** de l'oculaire.

3) Les élèves doivent placer leur oeil au niveau du cercle oculaire pour recevoir le maximum de lumière car c'est à cet endroit que le faisceau lumineux a le plus petit diamètre.

