

EXERCICE 1 - OBSERVATION ORNITHOLOGIQUE D'UNE OIE CENDRÉE (11 pts)**1. Observation d'une oie cendrée à l'œil nu**

Q1. Justifier que la position de l'image A'B' de l'oie par la lentille L est telle que $\overline{OA'} = 17 \text{ mm}$.

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \Leftrightarrow \overline{OA'} = \left(\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \right)^{-1} \text{ avec } \overline{OA} = -280 \text{ m et } f' = 17 \text{ mm} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ m.}$$

$$\overline{OA'} = \left(\frac{1}{-280} + \frac{1}{17 \times 10^{-3}} \right)^{-1} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ m} = 17 \text{ mm.}$$

$$\left(\frac{1}{-280} + \frac{1}{17 \times 10^{-3}} \right)^{-1} = 0.0170010322$$

L'image de l'oie se forme sur la rétine.

(1pt)

Remarque : à 280 m, l'objet AB est considéré à l'infini.

Ainsi : $\overline{OA} \rightarrow -\infty$ et $\frac{1}{\overline{OA}} \rightarrow 0$ donc $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{f'}$ et $\overline{OA'} = f' = 17 \text{ mm}$.

Q2. Vérifier que la taille de l'image A'B' de l'oie sur la rétine de l'observateur est voisine de $49 \mu\text{m}$. Sachant que la rétine est assimilée à un disque de rayon égal à 6 mm centré en F', préciser si l'oie est vue en entier par un observateur.

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \text{ soit } \overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'} \times \overline{AB}}{\overline{OA}} \text{ avec } \overline{OA'} = f' = 17 \text{ mm ; } \overline{AB} = 80 \text{ cm et } \overline{OA} = -280 \text{ m.}$$

$$\overline{A'B'} = \frac{17 \times 10^{-3} \times 80 \times 10^{-2}}{(-280)} = -4,9 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\frac{17 \times 10^{-3} \times 80 \times 10^{-2}}{-280} = -4.85714286 \times 10^{-5}$$

(0,75pt) Donc la taille de l'oie sur la rétine vaut $\overline{AB} = 49 \times 10^{-6} \text{ m} = 49 \mu\text{m}$.

Comme $49 \times 10^{-6} \text{ m} < 6 \text{ mm} = 6 \times 10^{-3} \text{ m}$, l'oie est vue en entier par l'observateur.

Q3. Déterminer la distance minimale séparant deux points A et B d'un objet pouvant être vus lorsqu'ils sont situés à une distance de 280 m de l'œil.

En déduire si l'oie peut être vue distinctement par l'observateur à l'œil nu puis déterminer si le bec de l'oie peut être observé distinctement.

(0,75pt) Un objet est vu distinctement par l'œil si $\alpha > \alpha_m = 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

Or $\tan \alpha = \frac{AB}{OA} \approx \alpha$ dans l'approximation des petits angles.

Pour $\alpha = \alpha_m$ on a $AB = d_m =$ distance minimale entre A et B

soit $\alpha_m = \frac{d_m}{OA}$ d'où : $d_m = OA \times \alpha_m$

$d_m = 280 \times 3 \times 10^{-4} \text{ m} = 8,4 \times 10^{-2} \text{ m} = 8,4 \text{ cm}$.

L'oie mesure 80 cm $> 8,4 \text{ cm}$: elle est vue distinctement à l'œil nu.

Le bec mesure 7 cm $< 8,4 \text{ cm}$: il n'est pas vu distinctement à l'œil nu.

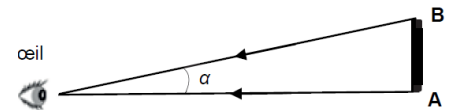


Figure 2. L'objet AB est vu sous un angle α par l'œil. Il peut être distinctement vu par l'œil si $\alpha > \alpha_m$

2. Observation avec une longue-vue assimilée à une lunette astronomique afocale

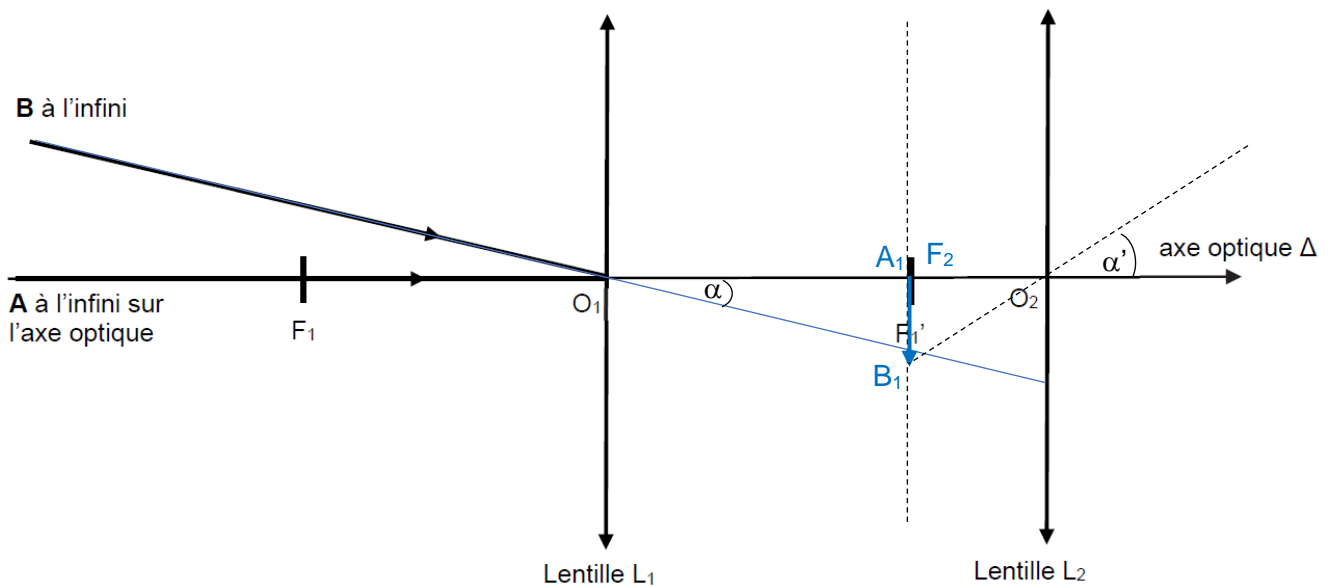
Q4. Compléter la figure A1 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE pour représenter l'image A₁B₁ formée par la lentille L₁ d'un objet AB (représentant l'oie) situé à l'infini.

(0,5pt) L'oie est située à l'infini. Son image A₁B₁ par la lentille L₁ est située dans le plan focal image de L₁, passant par F'₁ (en pointillés). Le point A₁ est confondu avec le foyer image F'₁ de L₁.

Le rayon issu du point B et passant par O₁ n'est donc pas dévié. Il coupe le plan focal image de L₁ en B₁.

Q5. Placer, en justifiant, le foyer objet F₂ de la lentille L₂ sur la figure A₁ de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.

(0,5pt) La lunette astronomique étant afocale le foyer objet F₂ est confondu avec le foyer image F'₁.



Q6. En considérant les angles α et α' exprimés en radians comme petits, montrer que le grossissement de la lunette astronomique afocale peut s'exprimer par la relation : $G = \frac{f_1'}{f_2'}$.

(1,5 pt) $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.

Dans le triangle $O_1A_1B_1$ $\tan \alpha = \frac{A_1B_1}{O_1F_1'} = \frac{A_1B_1}{f_1'} \approx \alpha$.

Dans le triangle $O_2A_1B_1$ $\tan \alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2F_2'} = \frac{A_1B_1}{O_2F_1'} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \approx \alpha'$.

$$G = \frac{\frac{A_1B_1}{f_2'}}{\frac{A_1B_1}{f_1'}} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A_1B_1} = \frac{f_1'}{f_2'} \text{ soit } \boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1'}{f_2'}}$$

Q7. Calculer la valeur du grossissement G de la lunette astronomique afocale.

(0,5pt) $G = \frac{450 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 15$.

Q8. Indiquer en justifiant si l'observateur voit distinctement, à travers la longue-vue, le bec de l'oie située à 280 m.

(1pt) $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = 15$ donc $\alpha' = G \times \alpha$.

Avec α l'angle sous lequel est vu le bec de taille $AB = 7 \text{ cm}$ à la distance $O_1A = 280 \text{ m}$.

$\tan \alpha = \frac{AB}{O_1A} \approx \alpha$ donc $\boxed{\alpha' = G \times \frac{AB}{O_1A}}$.

$\alpha' = 15 \times \frac{7 \times 10^{-2}}{280} = 3,75 \times 10^{-3} \text{ rad} > 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

$15 \times \frac{7 \times 10^{-2}}{280}$
$\frac{3}{800}$
Rep > Déc
3.75E-3

L'observateur voit donc distinctement le bec de l'oie centrée à 280 m à travers la longue vue.

3. Structure de la plume d'une oie cendrée

Q9. Préciser la condition que doit vérifier la différence de chemin optique δ pour que les ondes issues des fentes interfèrent de manière constructive au point M. Indiquer en justifiant dans ce cas si la frange au point O' est brillante ou sombre.

(0,75pt) Interférences constructives : $\delta = k\lambda$ avec k entier relatif.

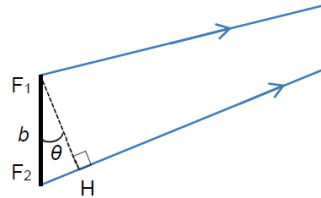
Au point O' : $F_1O' = F_2O'$ donc $\delta = F_2M - F_1M = 0$. Cas particulier de $\delta = k\lambda$ pour $k = 0$.

Au point O', on observe une frange brillante car les interférences sont constructives.

Q10. Montrer que, dans les conditions de l'expérience ($\theta \ll 1$ rad), il est possible d'exprimer la différence de chemin optique par la relation suivante : $\delta = b \cdot \theta$.

(0,5pt) Cas des petits angles : $\sin\theta \approx \theta$

$$\sin\theta = \frac{F_2H}{b} = \frac{\delta}{b} \approx \theta \quad \text{donc} \quad \boxed{\delta = b \cdot \theta}$$

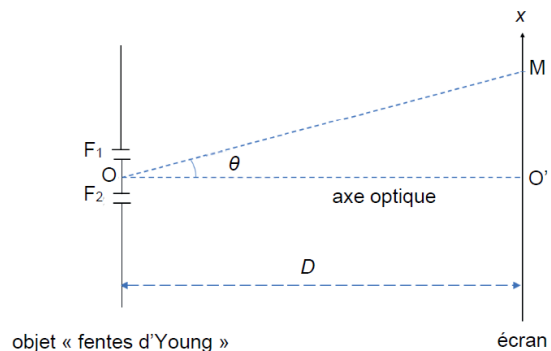


Q11. Après avoir exprimé l'angle θ en fonction de D et x , montrer que la différence de chemin optique δ a pour expression : $\delta = \frac{b \cdot x}{D}$.

(0,5pt) $\tan\theta = \frac{O'M}{D} = \frac{x}{D} \approx \theta$ et $\theta = \frac{\delta}{b}$.

En égalant les deux expressions de θ il vient :

$$\frac{x}{D} = \frac{\delta}{b} \quad \text{soit} \quad \boxed{\delta = \frac{b \cdot x}{D}}$$



Q12. En déduire l'expression des abscisses x_k des franges brillantes, en fonction de λ , D , b et d'un entier relatif k .

(0,5pt) Les franges brillantes ont des abscisses x_k telles que : $\delta = \frac{b \cdot x_k}{D}$.

Par ailleurs : $\delta = k\lambda$

Donc : $\frac{b \cdot x_k}{D} = \lambda \cdot k$ et finalement : $\boxed{x_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}}$

Q13. Montrer que l'interfrange i est donnée par l'expression littérale suivante : $i = \frac{\lambda \cdot D}{b}$.

(0,5pt) L'interfrange s'écrit : $i = x_{k+1} - x_k \Leftrightarrow i = \frac{(k+1) \cdot \lambda \cdot D}{b} - \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}$ et finalement : $\boxed{i = \frac{\lambda \cdot D}{b}}$

Q14. Montrer que le modèle simplifié permet d'expliquer certaines caractéristiques de la figure d'interférences observée sur la figure A2 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE. Dans les cases vides de cette figure, identifier, en justifiant, l'axe O'x puis l'axe O'y.

(0,75pt) Les barbes et les barbules ont des directions pratiquement perpendiculaires : il en est de même de leurs figures de diffraction.

Exprimons les interfranges sur les axes O'x et O'y :

$$i_x = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda \cdot D}{b_{\text{barbe}}} \quad \text{et} \quad i_y = y_{\ell+1} - y_{\ell} = \frac{\lambda \cdot D}{b_{\text{barbule}}}$$

Or $b_{\text{barbule}} < b_{\text{barbe}}$ donc pour $\lambda \cdot D$ fixé et positif : $\frac{\lambda \cdot D}{b_{\text{barbule}}} > \frac{\lambda \cdot D}{b_{\text{barbe}}}$ soit $i_y > i_x$.

L'interfrange sur O'y est plus grand que l'interfrange sur O'x.

On en déduit la position des axes O'x et O'y (voir fin correction).

La figure A2 montre que $i_2 > i_1$ donc : $i_2 = i_y = i_{\text{barbule}}$ et $i_1 = i_x = i_{\text{barbe}}$

Q15. En exploitant la figure A2 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, évaluer les valeurs des interfranges i_1 et i_2 puis en déduire les valeurs des espacements b_{barbule} et b_{barbe} . (1pt) Graphiquement 4,0 cm sur le schéma représentent 1,0 cm dans la réalité.

Pour les barbules :

Schéma Réalité

5,1 cm $\Leftrightarrow i_2$

$$4,0 \text{ cm} \Leftrightarrow 1,0 \text{ cm} \Rightarrow i_2 = \frac{5,1 \times 1,0}{4,0} \text{ cm} = 1,3 \text{ cm} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}.$$

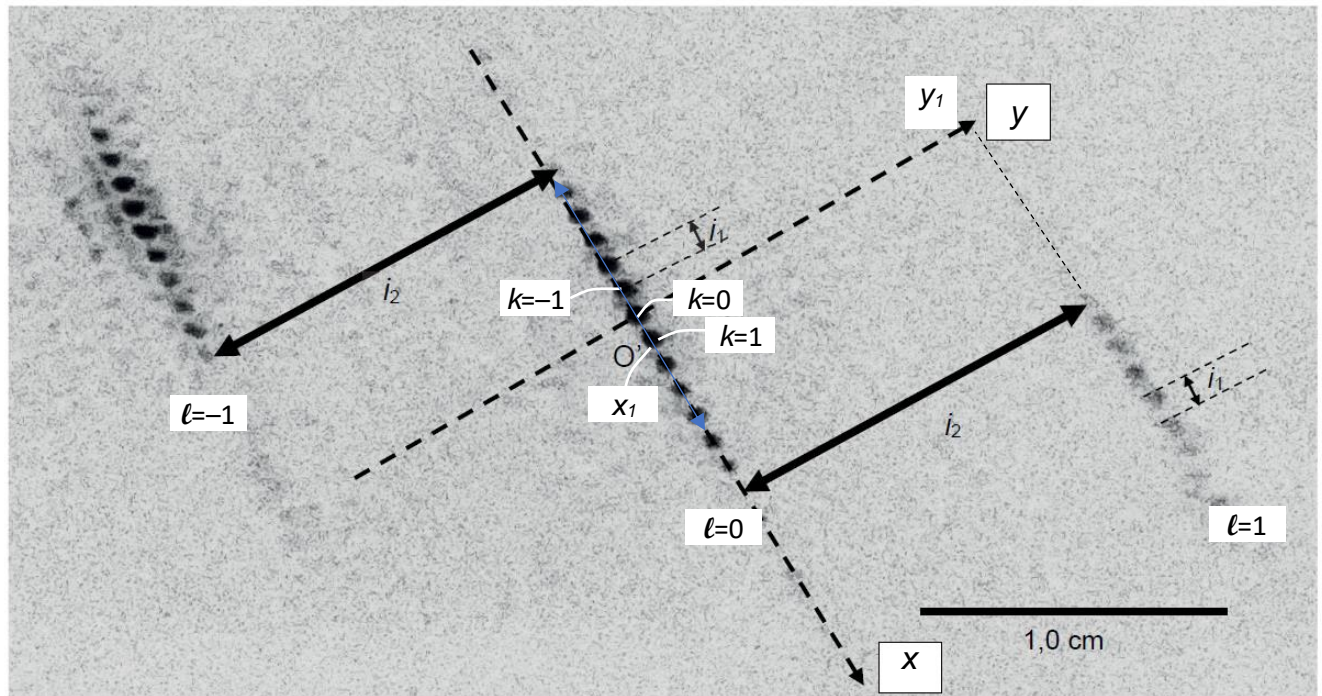
Pour les barbes :

Schéma Réalité

3,9 cm $\Leftrightarrow 10 \times i_1$

$$4,0 \text{ cm} \Leftrightarrow 1,0 \text{ cm} \Rightarrow i_1 = \frac{3,9 \times 1,0}{10 \times 4,0} = 0,098 \text{ cm} = 9,8 \times 10^{-4} \text{ m}.$$

```
5.1*1.0/4.0
1.275
3.9*1.0/40
.0975
```



$$b = \frac{\lambda \cdot D}{i} \text{ donc :}$$

$$b_{\text{barbule}} = \frac{\lambda \cdot D}{i_2} = \frac{650 \times 10^{-9} \times 74 \times 10^{-2}}{1,3 \times 10^{-2}} = 3,7 \times 10^{-5} \text{ m} = 37 \mu\text{m}.$$

$$b_{\text{barbe}} = \frac{\lambda \cdot D}{i_1} = \frac{650 \times 10^{-9} \times 74 \times 10^{-2}}{9,8 \times 10^{-4}} = 4,9 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,49 \text{ mm}.$$

```
650E-9*74E-2/1.3
E-2
3.7E-5
650E-9*74E-2/9.8
E-4
4.908163265E-4
```

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs : labolycee@labolycee.org (0,5pt)