

? À rendre le jeudi 18 septembre 2025

Devoir Maison n°2 : Des plumes au microscope — Corrigé

! Remarque — Formulations interdites

« On a » ; « On a que » ; « On sait que » sont INTERDITES d'utilisation. Vous pouvez et devez toujours tourner votre phrase plus clairement et plus précisément.

! Remarque — Calculs et encadrement

D'après ...

$$\begin{aligned} x &= \dots \\ &= \dots \\ \text{or } y &= \dots \\ \text{donc } x &= \dots \end{aligned}$$

Soit $x = \text{son expression}$: x est bien encadré AVEC son expression.

Afin de déterminer l'origine physique de cette couleur bleue, on observe une partie AB d'une plume de perruche à l'aide d'un microscope optique.

Pour cela, on dispose :

- d'une première lentille, $\mathcal{L}_1$ (centre O_1 , distance focale $f'_1 = 1,2 \text{ cm}$), qui porte le nom d'objectif ;
- d'une deuxième lentille, $\mathcal{L}_2$ (centre O_2 , distance focale $f'_2 = 2,0 \text{ cm}$), qui porte le nom d'oculaire.

La distance qui sépare le foyer image F'_1 de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire est appelée intervalle optique, noté Δ , avec ici $\Delta = 16 \text{ cm}$ (figure ??).

L'observation se fait à l'aide d'un œil emmétrype (œil à vision normale) situé derrière l'oculaire.

On se placera pour toute la suite dans les conditions de Gauss et dans l'approximation des petits angles. On note h la taille de l'objet AB observé.

On note A_1B_1 l'image de AB par l'objectif $\mathcal{L}_1$, et A_2B_2 l'image finale : $AB \xrightarrow{\mathcal{L}_1} A_1B_1 \xrightarrow{\mathcal{L}_2} A_2B_2$

R1. Afin que l'observation puisse s'effectuer sans fatigue visuelle pour l'œil emmétrype, où doit être située l'image finale A_2 en sortie de $\mathcal{L}_2$? Dans quel plan se situe donc l'image intermédiaire A_1B_1 ?

Solution: Pour observer sans fatigue, l'image finale A_2B_2 doit se former à l'infini. Pour cela, il faut que l'image intermédiaire A_1B_1 se forme dans le plan focal objet de l'oculaire.

! Remarque —

Il faut bien distinguer « foyer principal » et « plan focal » .

Et il faut toujours préciser si vous parlez d'un « foyer principal objet » ou d'un « foyer principal image ».

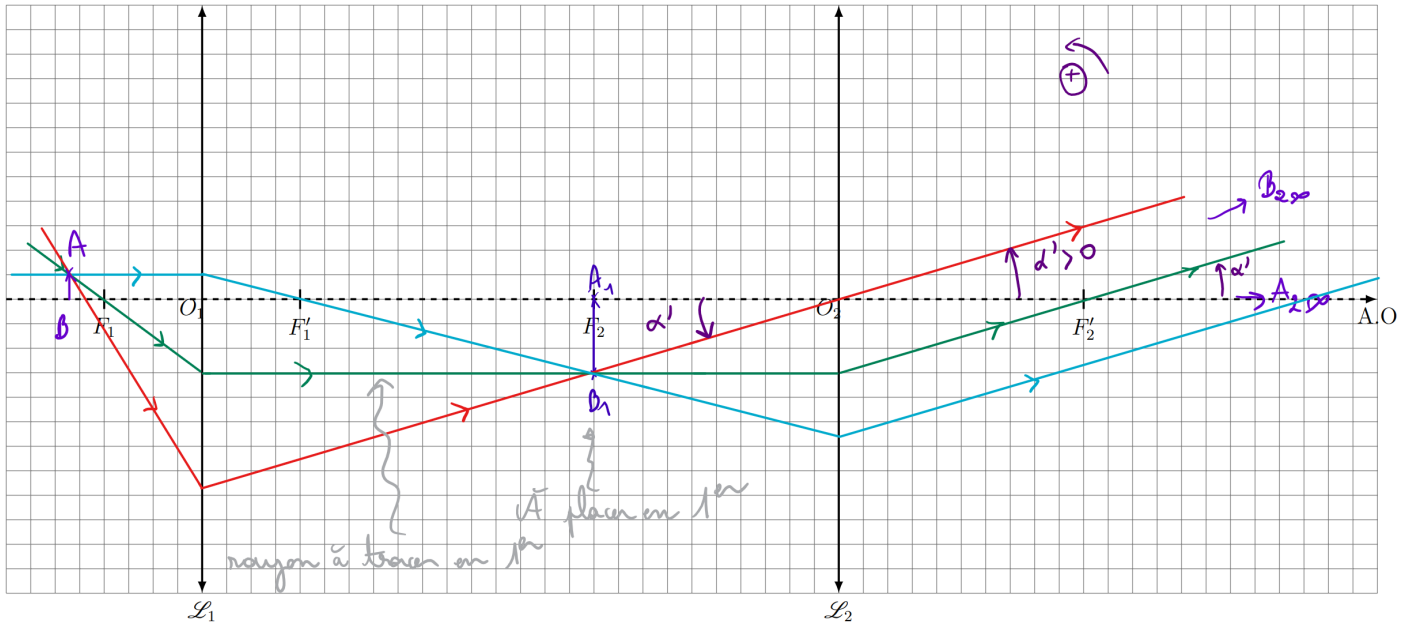
R2. Sur le **document réponse (Figure page ??)**, placer l'image intermédiaire A_1B_1 .

Tracer la marche complète de deux rayons lumineux à travers le microscope, dont le rayon parallèle à l'axe optique entre les deux lentilles.

Identifier l'objet AB sur le schéma précédent.

Enfin, indiquer le diamètre angulaire α' de l'image finale vue par l'œil, c'est-à-dire l'angle sous lequel est vue l'image finale, c'est-à-dire l'angle que font les rayons qui se dirigent vers B_2 avec l'axe optique.

Solution:



Remarque – Règles de tracé

- Les rayons doivent être tracés au stylo.
- Les rayons ont des flèches indiquant le sens.
- Tout rayon commencé doit être tracé complètement : aucun rayon ne peut apparaître ou disparaître au milieu du tracé.

R3. Pour une lentille conjuguant un objet AB et une image $A'B'$, où A est sur l'axe optique, donner la relation de conjugaison de Newton et les relations de grandissement de Newton, avec origine aux foyers.

Solution: Relation de conjugaison de Newton : $\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2$

Grandissements de Newton : $\gamma = \frac{\overline{F'A'}}{-f'} = \frac{f'}{\overline{FA}}$

R4. Montrer que la grandeur $\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$, appelée grandissement transversal de l'objectif, s'écrit :

$$\gamma_1 = -\frac{\Delta}{f'_1}$$

Solution:



Remarque –

- Un minimum de rédaction est nécessaire.
- Il faut adapter les notations de la formule du cours à la situation : ici $A \xrightarrow{\mathcal{L}_1} A_1$, les foyers s'appellent F_1 et F'_1 , et la distance focale f'_1 .

D'après la relation de grandissement de Newton, appliquée à l'objectif qui donne de AB l'image A_1B_1 :

$$\gamma_1 = \frac{\overline{F'_1 A_1}}{-f'_1}, \text{ or } A_1 \text{ est confondu avec } F_2, \text{ donc } \overline{F'_1 A_1} = \overline{F'_1 F_2} = \Delta$$

Ainsi : $\boxed{\gamma_1 = -\frac{\Delta}{f'_1}}$

- R5. Exprimer le diamètre angulaire α' de l'image vue par l'observateur au travers du microscope en fonction de $\overline{A_1 B_1}$ et f'_2 , puis en fonction de γ_1 , h et f'_2 , et enfin en fonction de f'_1 , f'_2 , h et de Δ^* .

Solution: D'après le tracé : $\tan(\alpha') = -\frac{\overline{A_1 B_1}}{f'_2} > 0$ ($\alpha' > 0$, et $\overline{A_1 B_1} < 0$).

Or $\alpha' \ll 1$ rad, donc $\tan(\alpha') \approx \alpha'$

⚠ Remarque –

On écrit $\tan(\alpha') \approx \alpha'$ et non $\alpha' \approx \tan(\alpha')$: on n'approxime pas α' par sa tangente

⚠ : c'est vrai avec α' en radian

Enfin : $\alpha' \approx -\frac{\overline{A_1 B_1}}{f'_2}$

D'après la définition du grandissement $\mathcal{L}_1$: $\gamma_1 = \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A_1 B_1}}{h}$

Ainsi $\overline{A_1 B_1} = h\gamma_1 = -h\frac{\Delta}{f'_1}$

On en déduit $\boxed{\alpha' \approx \frac{h\Delta}{f'_1 f'_2}}$

En l'absence de dispositif, l'œil voit net un objet situé à une distance comprise entre d_m et d_M , avec $d_m < d_M$

- R6. Quels noms donne-t-on aux points objets correspondant à ces distances ? Donner une valeur à d_m et d_M pour un œil emmétrope.

Solution: Le point situé à la distance d_m s'appelle le punctum proximum, situé à 25 cm en moyenne et le point situé à la distance d_M s'appelle le punctum remotum, situé à l'infini pour un œil emmétrope.

⚠ Remarque –

Il faut distinguer le point et la distance.

- R7. Déterminer l'expression du diamètre angulaire α de l'objet AB vu sans instrument et situé à une distance d_m de l'œil (figure 1).

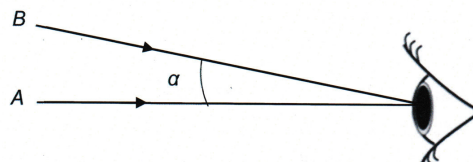


FIGURE 1 – Diamètre ou distance angulaire

*. On n'oubliera pas que les lentilles sont utilisées dans les conditions de Gauss, donc que les angles sont petits devant 1 radian, ce qui permet d'approximer la tangente de l'angle à l'angle (en radian).

Solution: D'après le schéma ci-dessus (α n'y est pas orienté) : $\tan(\alpha) = \frac{\overline{AB}}{d_m}$, soit $\alpha \approx \frac{h}{d_m}$

R8. En déduire que la grandeur $G_C = \left| \frac{\alpha'}{\alpha} \right|$, appelée grossissement commercial du microscope, s'écrit :

$$G_C = \frac{d_m \Delta}{f'_1 f'_2}$$

Faire l'application numérique avec $d_m = 25 \text{ cm}$.

Solution: D'après les questions précédentes : $G_c = \left| \frac{\frac{h\Delta}{f'_1 f'_2}}{\frac{h}{d_m}} \right|$, soit $G_c = \frac{d_m \Delta}{f'_1 f'_2}$

A.N. : $G_c = 167$

L'image d'une partie d'une plume est donnée ci-après (photo 2) :

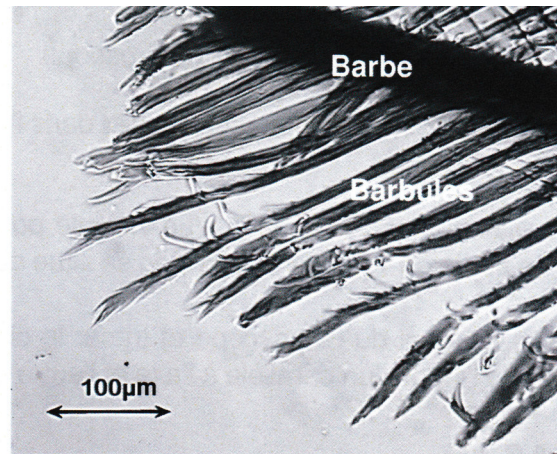


FIGURE 2 – Image d'une plume de perruche à l'aide d'un dispositif non précisé

R9. Par mesure sur la photo 2, donner une estimation de la distance entre deux crochets situés au bout des barbules.

Solution: La distance qui sépare deux crochets situés au bout des barbules est d'environ $20 \mu\text{m}$

R10. On rappelle que la résolution angulaire de l'œil nu est $\varepsilon = 1'$. Ces crochets peuvent-ils être distingués directement sans instruments ? Pourront-ils être distingués avec le microscope utilisé précédemment ?

Solution: À l'œil nu : $\alpha = \frac{h}{d_m} = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ rad} = 0,28' < \varepsilon$: ces crochets ne peuvent pas être distingués sans instrument.



Remarque –

G_c est défini comme un rapport de deux angles, il ne peut pas être utilisé pour exprimer le rapport de deux tailles.

À l'aide du microscope précédent : $\alpha' = G_c \alpha = 46' > \varepsilon$: on peut les distinguer.