

CONTROLE TERMINAL

Optique instrumentale & ondes Phys4A

Durée 2h - Sans document, calculatrice autorisée, téléphones portables éteints.

Les 2 exercices sont indépendants et peuvent être traités dans un ordre indifférent.

Le sujet comporte deux schémas à compléter.

La présentation et la rédaction de la copie seront prises en compte.

Exercice I : Le microscope optique Temps maximal conseillé : $\approx 1h$

Un microscope est formé de 2 lentilles minces convergentes : un objectif de centre O_1 et de distance focale image $f_i^{(1)}$ et un oculaire de centre O_2 et de distance focale image $f_i^{(2)} = 25 \text{ mm}$. L'intervalle optique est $\Delta = \overline{F_i^{(1)} F_o^{(2)}} = 16 \text{ cm}$.

On observe à l'aide de ce microscope un petit objet $A_o B_o$ situé en avant de l'objectif et perpendiculaire à l'axe optique (cf. Schéma 1). La distance minimale de vision distincte (Punctum Proximum) de l'observateur est $d_m = 25 \text{ cm}$. Le microscope est réglé de façon à observer l'image définitive $A_i B_i$ à l'infini.

1. Complétez le schéma 1 (*attention, le schéma n'est pas à l'échelle, il s'agit d'un schéma de principe*) en traçant la *marche complète à travers le microscope* de 2 rayons lumineux issus du point B_o de l'objet $A_o B_o$, l'un émis parallèlement à l'axe optique, l'autre passant par le centre O_1 de l'objectif. Vous ferez figurer en pointillés tous les traits de construction nécessaires, et vous placerez les foyers objet $F_o^{(2)}$ et image $F_i^{(2)}$ de l'oculaire.

L'indication $\times 10$ écrite sur l'objectif est la valeur absolue du grandissement transversal γ_{obj} de l'objectif.

2. Démontrez l'expression de γ_{obj} en fonction de Δ et $f_i^{(1)}$, et déduisez-en la valeur de $f_i^{(1)}$.
3. En utilisant la formule de Newton, déterminez la distance $\overline{F_o^{(1)} A_o}$ où l'objet doit être placé pour obtenir une image à l'infini en sortie de microscope en fonction de $f_i^{(1)}$ et Δ .
4. Toujours en utilisant la formule de Newton, déterminez la distance $\overline{F_o^{(1)} A_o^*}$ où devrait être placé l'objet pour obtenir cette fois une image finale A_i située au Punctum Proximum de l'observateur (c'est-à-dire $\overline{A_i F_i^{(2)}} = d_m$).
5. En considérant que $\frac{(f_i^{(2)})^2}{\Delta d_m} \ll 1$, montrez que $\overline{A_o^* A_o} \approx -\frac{(f_i^{(1)} f_i^{(2)})^2}{\Delta^2 d_m}$.

Comment appelle-t-on cette distance $\overline{A_o^* A_o}$? Donnez sa valeur numérique.

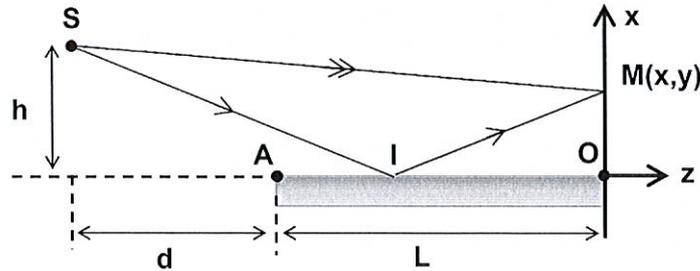
6. Déterminez la vergence V du microscope.

Le grossissement commercial G du microscope complet est donné par $G = \alpha' / \alpha_0$, où α' est l'angle sous lequel on voit l'image à l'infini d'un objet $A_o B_o$ à travers le microscope, et α_0 l'angle sous lequel le même objet est vu à l'œil nu à la distance d_m .

7. L'observateur peut distinguer deux points lorsqu'il les voit sous un angle au moins égal à 3.10^{-4} rad. Quelle est la taille du plus petit objet que peut apercevoir l'observateur à travers le microscope lorsqu'il accommode à l'infini? Faites l'application numérique si $G = 100$.

Exercice II : Miroir de Lloyd Temps maximal conseillé : $\approx 1h$

On considère le dispositif interférentiel du miroir de Lloyd, placé dans l'air (d'indice 1), composé d'un miroir plan AO , de largeur L et d'un écran placé en O perpendiculairement au plan du miroir. Une source ponctuelle S , de longueur d'onde λ , est située à une hauteur h au-dessus du plan du miroir et à une distance d de l'extrémité A du miroir. La hauteur h est telle que $h \ll d + L$. Les faisceaux, direct et réfléchi par le miroir, donnent lieu à des interférences observées en un point M de l'écran (cf. Fig.()).



- Le dispositif est-il à division du front d'onde ou division d'amplitude? Où se trouvent les deux sources secondaires S_1 et S_2 dans ce dispositif? Placez-les sur le schéma joint. Tracez le rayon qui, issu de S se réfléchit en A et déduisez-en la valeur x_{max} en fonction de h , L et d correspondant à la hauteur du champ d'interférences au niveau de l'écran.
- Montrez que la différence de marche totale au point M de coordonnées (x, y) est $\delta(M) = \frac{2xh}{d+L} + \lambda/2$, où le terme $\lambda/2$ la différence de marche supplémentaire induite par la réflexion sur le miroir.
On donne $\sqrt{1+\epsilon} \approx 1 + \frac{1}{2}\epsilon$ quand $\epsilon \ll 1$.
- Exprimez alors le déphasage $\varphi(M)$ puis l'intensité $I(M)$. Quelle est la forme et l'orientation des franges observées sur l'écran? Justifiez. Quelle est la nature (sombre ou brillante) de la frange située en $x = 0$?
On donne $\cos(x + \pi) = -\cos x$
- Calculez la position des franges brillantes, et déduisez-en l'expression de l'interfrange i en fonction de λ , h , L et d .
- Calculez i sachant que $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, $h = 1 \text{ mm}$, $L = 30 \text{ cm}$ et $d = 50 \text{ cm}$.
Quelle est la "couleur" de la lumière utilisée?
- La lumière émise par la source S est maintenant un doublet du sodium constitué de deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 , d'intensités identiques I_0 . On pose $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$, et on a $\Delta\lambda \ll \lambda_1, \lambda_2$.
(a) Montrez que l'intensité résultante en un point M du champ d'interférences est donnée par

$$I(x) = 4I_0 \left(1 + V \cos \left[\frac{2\pi\delta(M)}{\lambda_{\text{moy}}} \right] \right)$$

avec $\delta(M)$ la différence de marche au point M considéré, λ_{moy} la longueur d'onde moyenne des deux longueurs d'onde, et V une fonction à déterminer.

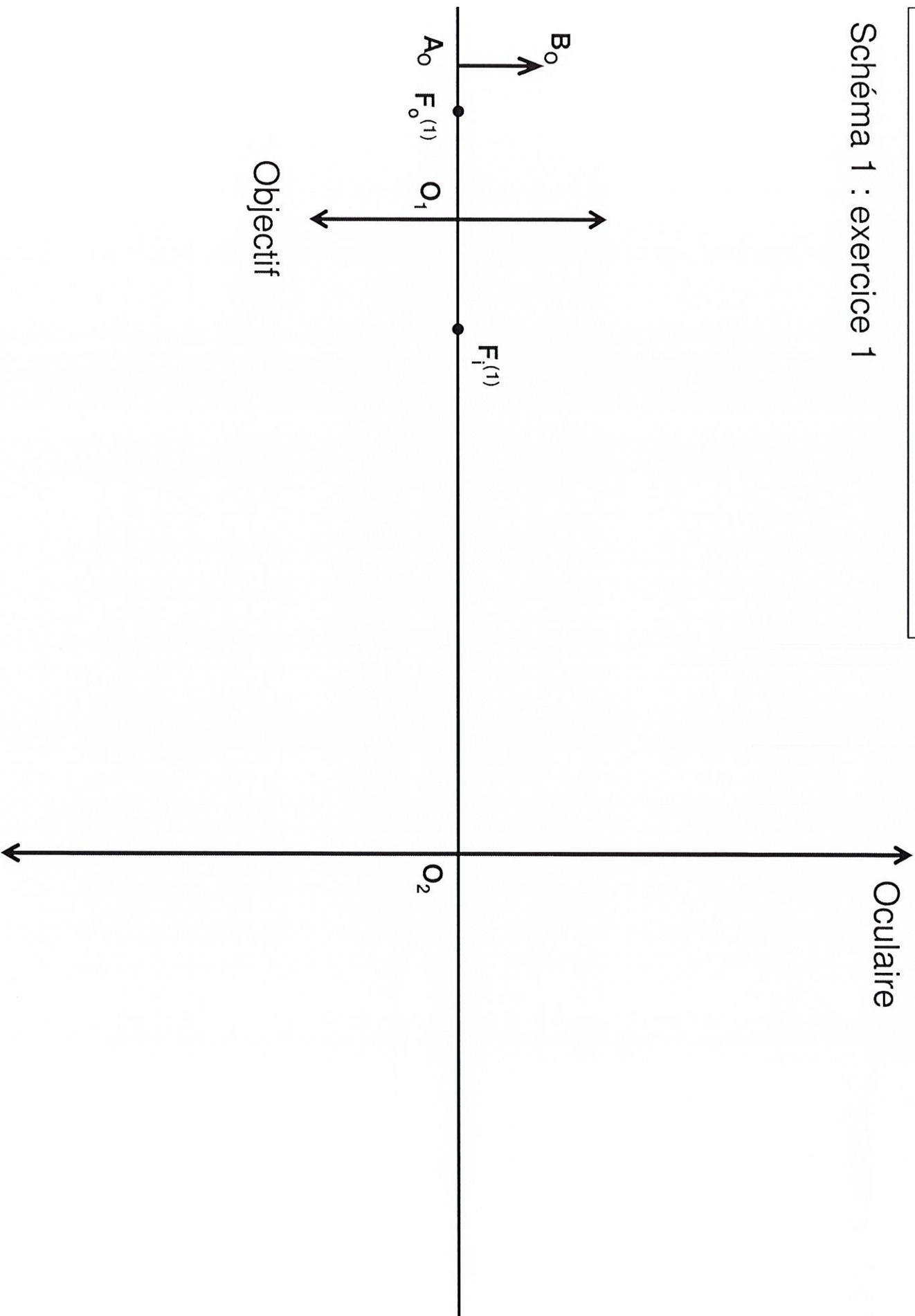
- (b) Que représente la fonction V ? Déterminez les valeurs de x pour lesquelles $V = 0$. Comment appelle-t-on cette situation? Donnez l'expression la période du phénomène observé.

On donne : $\cos a + \cos b = 2 \cos \left(\frac{a+b}{2} \right) \cos \left(\frac{a-b}{2} \right)$

Numéro d'anonymat :

Schéma 1 : exercice 1

CT Phys4A session 2 14/06/24
L2 MP / P / PC



Objectif

Oculaire

B_0
 A_0 $F_0^{(1)}$

$F_1^{(1)}$

O_1

O_2

Schéma 2 : exercice 2

S •

