

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 d'un objectif et d'un oculaire assimilés à des lentilles minces convergentes de même axe. L'objectif a une distance focale image $f_i^{(1)} = 6 \text{ mm}$, et l'oculaire une distance focale image $f_i^{(2)} = 50 \text{ mm}$. La distance entre les deux lentilles est fixe (le réglage du microscope se fait en déplaçant l'ensemble). On observe à l'aide de ce microscope un petit objet A_oB_o situé en avant de l'objectif et perpendiculaire à l'axe optique (cf. Schéma 1). La distance minimale de vision distincte de l'observateur est $d_m = 25 \text{ cm}$. Le microscope est réglé de façon à observer l'image définitive A_iB_i à l'infini.

L'image intermédiaire A_1B_1 formée par l'objectif est située en arrière de l'objectif, à la distance $p_1 = \overline{O_1A_1} = 170 \text{ mm}$ du centre optique O_1 de l'objectif.

- Déterminez la position $p = \overline{O_1A}$ de l'objet, ainsi que le grandissement transversal de l'objectif γ_{obj} en fonction de p_1 et $f_i^{(1)}$. Faites les applications numériques. Que représente la quantité $p_1 - f_i^{(1)}$?
- Complétez le schéma 1 (attention, le schéma n'est pas à l'échelle, il s'agit d'un schéma de principe) en traçant très soigneusement la marche complète à travers le microscope de 2 rayons lumineux issus du point B_o de l'objet A_oB_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.
- On rappelle que la puissance P du microscope est le rapport entre l'angle α_i sous lequel est vue l'image finale et la taille de l'objet. Calculez-la en fonction de p_1 , $f_i^{(1)}$ et $f_i^{(2)}$. Faites l'application numérique.
- Rappelez la définition du grossissement G du microscope, en utilisant α_0 l'angle sous lequel l'objet est vu à l'œil nu à la distance minimale de vision distincte. Etablissez alors une relation simple entre G et P . Faites l'application numérique.
- Sachant que le pouvoir séparateur de l'œil est de $\epsilon = 1 \text{ minute d'arc} = 1/60^\circ$ de degré, calculez la limite de résolution δ du microscope, c'est-à-dire le plus petit écartement de deux points A_o et B_o d'un objet dont les images A_i et B_i peuvent être distinguées. Faites l'application numérique.
- On suppose dans cette question que l'œil de l'observateur se trouve au foyer image $F_i^{(2)}$ de l'oculaire. De combien faut-il déplacer le tube du microscope pour que l'image finale se forme à la distance minimale de vision distincte d_m de l'œil ?

Exercice II : Bilentilles de Billet Temps maximal conseillé : $\approx 1h$

On place une source ponctuelle S , monochromatique de longueur d'onde λ_0 au foyer objet $F_o^{(1)}$ d'une lentille mince convergente L_1 et d'axe optique $x'x$. Après cette lentille, on place une seconde lentille convergente L_2 , de même axe optique et de distance focale image $f_i^{(2)}$ et de foyer image $F_i^{(2)}$.

1. Où se trouve l'image S_1 de S à travers la première lentille L_1 ?
2. Où se trouve l'image S' de S à travers l'ensemble $\{L_1; L_2\}$?

On scie maintenant, suivant un plan qui contient l'axe $x'x$, la lentille L_2 en deux demi-lentilles identiques notées (A) et (B), dont les axes optiques passent par leurs centres optiques $O_2^{(A)}$ et $O_2^{(B)}$ (*NB : ces centres optiques ont les mêmes propriétés que le centre optique de la lentille non sciée, c'est-à-dire que tout rayon passant par eux n'est pas dévié*). On écarte ces deux parties, symétriquement par rapport à l'axe $x'x$, d'une distance ϵ . L'intervalle entre les deux demi-lentilles est ensuite bouché à l'aide d'un cache opaque (cf. schéma 2).

3. Où se trouvent les deux images S'_A et S'_B de l'objet S_1 données respectivement par les deux demi-lentilles (A) et (B) ?
4. Exprimez, en fonction de ϵ , la distance $S'_A S'_B$.

Ces deux images S'_A et S'_B sont les deux sources ponctuelles secondaires et cohérentes du dispositif interférométrique dit des bi-lentilles de Billet. Le plan d'observation du champ d'interférences est un écran (E) perpendiculaire à l'axe optique en O et situé à la distance L de L_2 .

5. Dessinez, sur le schéma joint, la zone (ou domaine) d'interférences.
(Attention, le schéma n'est pas à l'échelle, on demande juste un schéma "de principe").
6. Déterminez, en fonction de ϵ , la largeur Δz (positive!) du champ d'interférences dans le plan (yOz).
7. Soit M un point de coordonnées $(0, y, z)$ un point de ce champ. Calculez, en fonction de ϵ , L , $f_i^{(2)}$ et z la différence de marche $\delta(M) = \delta(z)$ entre deux rayons qui interfèrent au point M sur l'écran (E).
8. Déterminez, en fonction de ϵ , L , $f_i^{(2)}$ et λ_0 l'expression littérale de l'interfrange i .
9. On donne $\lambda_0 = 0.5893 \mu m$; $f_i^{(2)} = 25 \text{ cm}$; $\epsilon = 2 \text{ mm}$; $L = 1 \text{ m}$. Calculez l'interfrange i .
10. La lumière émise par la source S est en réalité un doublet constitué de deux longueurs d'onde $\lambda_1 = 0.5890 \mu m$ et $\lambda_2 = 0.5896 \mu m$, d'intensités identiques. On pose $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$, et on a $\Delta\lambda \ll \lambda_1, \lambda_2$.
 - (a) Quelle est la "couleur" de la source ?
 - (b) Montrez que l'intensité résultante en un point M du champ d'interférences est donnée par

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

avec $\delta(z) = \delta(M)$ 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.

- (c) Que représente la fonction V ? Déterminez les valeurs de z pour lesquelles $V = 0$. Comment appelle-t-on cette situation ? Donnez l'expression la période du phénomène observé et calculez sa valeur.
- (d) Dessinez l'allure de la fonction $I(z)$ obtenue.

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

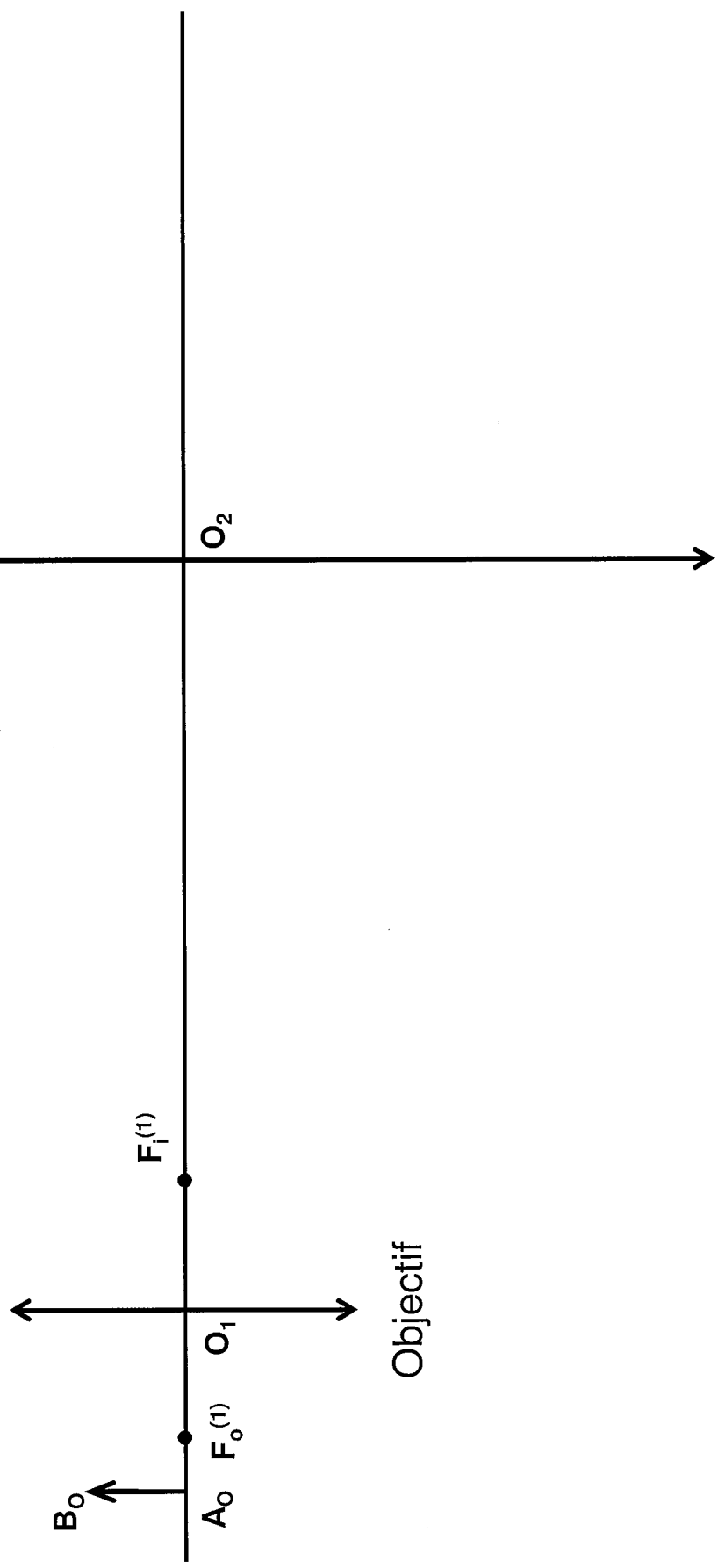


Schéma 2 : exercice 2

