UNIVERSITE DE BOURGOGNE
UFR Sciences et Techniques
Filière : Licence 2 Maths/Physique - Physique - Physique/Chimie
Session : 1

Année 2023-2024
Mardi 14 mai 2024

CONTROLE TERMINAL Optique intrumentale & 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 un schéma à compléter.

Exercice I : Lunette astronomique transformée en longue-vue *Temps max. conseillé : ≈ 1h*

Une lunette astronomique est composée d'un objectif L_1 de centre O_1, de grande distance focale image $f_i^{(1)} = 2\,m$ et de diamètre $D_1 = 20\,cm$ et d'un oculaire L_2, de centre O_2, de courte distance focale image $f_i^{(2)} = 2\,cm$ et de diamètre $D_2 = 3\,cm$.

1. La lunette est réglée pour une vision à l'infini (pour un œil emmétrope). Déduisez-en la distance $\overline{O_1O_2}$ entre les deux lentilles. Quel nom porte ce type de système ? En vous aidant d'un schéma, montrez que le grossissement de la lunette est donné par $G = -\dfrac{f_i^{(1)}}{f_i^{(2)}}$.
2. Déterminez la position et la taille du cercle oculaire.
3. On appelle champ de la lunette le cône de demi-angle α dans lequel doit se trouver un objet pour être vu à travers l'instrument : un rayon arrivant avec un angle d'inclinaison plus grand que α serait arrêté par la monture de l'oculaire (cf. Fig. (1)). En appliquant le théorème de Thalès dans le triangle (ABC) et en faisant l'approximation $\tan\alpha \approx \alpha$, déterminez l'angle α.

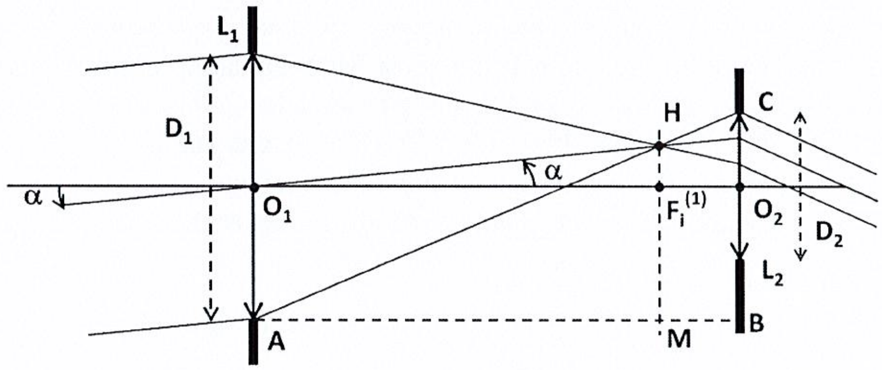

FIGURE 1 – *Notion de champ de la lunette. Le schéma n'est pas à l'échelle.*

4. Le pouvoir séparateur de l'œil est de 1 minute d'arc = 1' = 1/60^e de degré = 2,9.10^{-4} rad. Sachant que la distance Terre-Lune est égale à 360 000 km, quelle est la taille minimale des détails observables :
   (a) à l'œil nu ?
   (b) à travers la lunette ?
5. On cherche à observer les taches solaires en projetant l'image du Soleil sur un écran placé à la sortie de la lunette, à une distance $d = 20\,cm$ de l'oculaire. De combien faut-il déplacer l'oculaire, et dans quel sens ? (*Indication : on pourra utiliser la relation de Newton pour calculer la nouvelle valeur de* $\overline{F_o^{(2)}F^{(1)}{}_i}$)
6. On veut se servir de cette lunette comme d'une "longue-vue", ou encore lunette de Galilée, c'est-à-dire qu'on veut toujours observer sans accommoder, mais on cherche à viser un objet situé à une distance finie. On ne peut déplacer l'oculaire que de 2 cm en avant ou en arrière.

(a) Comment se déplace l'image intermédiaire donnée par l'objectif si l'objet visé se rapproche ? Où doit se former cette image si on veut toujours observer sans que l'œil ne fatigue ? Déduisez-en dans quel sens on doit déplacer l'oculaire, ainsi que la distance minimale à laquelle peut se trouver l'objet observé.

Exercice II : Bilentille de Billet *Temps maximal conseillé : ≈ 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 $O_2^{(B)}$. 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 joint).
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 de la bilentille 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).
   (*Remarque : les 6 questions précédentes ne nécessitent aucun calcul*)
7. Soit M un point de coordonnées (0,y,z) un point de ce champ. Montrez que la différence de marche $\delta(M) = \delta(z)$ entre deux rayons qui interfèrent au point M vaut $\delta(z) = \dfrac{z\epsilon}{L - f_i^{(2)}}$. Quelles sont la forme et l'orientation des franges ?
8. Quelle est la position des franges brillantes ? Déduisez-en l'expression littérale de l'interfrange i.
9. On donne $\lambda_0 = 0.5893\ \mu m$; $f_i^{(2)} = 25\ cm$; $\epsilon = 2\ mm$; $L = 1\ m$. Calculez l'interfrange i.
10. La lumière émise par la source S est en réalité un doublet du sodium constitué de deux longueurs d'onde $\lambda_1 = 0.5890\ \mu m$ et $\lambda_2 = 0.5896\ \mu m$, d'intensités identiques I_0. 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
    $$I(z) = 4I_0\left(1 + V\cos\left[\frac{2\pi\delta(z)}{\lambda_{moy}}\right]\right)$$
    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 : $\cos a + \cos b = 2\cos\left(\dfrac{a+b}{2}\right)\cos\left(\dfrac{a-b}{2}\right)$

Numéro d'anonymat :