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

Année 2022-2023
Jeudi 4 mai 2023

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 deux schémas à compléter.
La présentation et la rédaction de la copie seront prises en compte.

Exercice I : Le microscope optique *Temps maximal conseillé : ≈ 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 $f_i^{(2)}$. Le microscope étudié dans cet exercice porte les indications suivantes : "Objectif $\times 10$; Oculaire $\times 10$; Intervalle optique $\Delta = 16\,cm$".
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 $d_m = 25\,cm$. Le microscope est réglé de façon à observer l'image définitive A_iB_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_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.
2. On s'intéresse d'abord à l'**oculaire seul**. L'indication $\times 10$ écrite sur l'oculaire correspond à la valeur absolue du grossissement commercial $G_2 = \alpha/\alpha_0$, où α est l'angle sous lequel est vue l'image d'un objet A_oB_o lorsque celle-ci est renvoyée à l'infini par l'oculaire s'il était seul, et α_0 l'angle sous lequel le même objet est vu à l'œil nu à la distance d_m.
Faites deux schémas illustrant la définition de α_0 et α. Exprimez ensuite G_2 en fonction de d_m et $f_i^{(2)}$, et déduisez-en que $f_i^{(2)} = 2,5\,cm$.
3. On s'intéresse maintenant au **microscope complet**, avec l'objectif. L'indication $\times 10$ écrite sur l'objectif est la valeur absolue du grandissement transversal γ de l'objectif.
   (a) Exprimez γ en fonction de Δ et $f_i^{(1)}$, et déduisez-en la valeur de $f_i^{(1)}$.
   (b) Déterminez la distance $\overline{O_1A_o}$ 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.

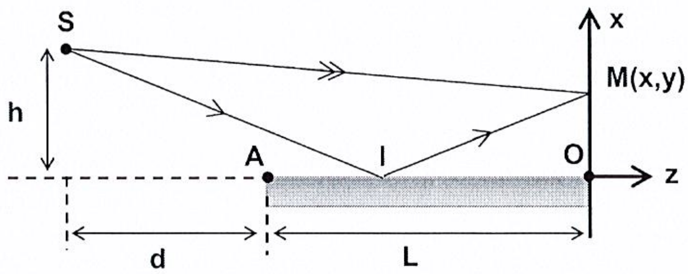
   Le grossissement commercial G du microscope complet est donné par $G = \alpha'/\alpha_0$, où α' est l'angle sous lequel on voit l'image à l'infini d'un objet A_oB_o à travers le microscope, et α_0 le même angle défini précédemment.

   (c) Exprimez G en fonction de d_m, γ et $f_i^{(2)}$. Faites l'application numérique. Comment obtenir cette valeur à partir des indications écrites sur l'objectif et l'oculaire ?
   (d) Comme la rétine est discontinue (formée de cellules de taille finie), l'œil ne peut pas distinguer deux points si leur écartement angulaire est inférieur à $\epsilon = 1$ minute d'arc $= 1/60^e$ de degré. Quelle est alors la taille du plus petit objet que l'on pourra distinguer à travers le microscope ? Faite l'application numérique.

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

1. **Etude générale**

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.(1)).



(a) 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 réflechit 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.

(b) Déterminez la différence de marche totale au point M de coordonnées (x, y) $\delta(M) = \delta'(M) + \lambda/2$, où $\delta'(M)$ est la différence de marche purement géométrique, et le terme $\lambda/2$ la différence de marche supplémentaire induite par la réflexion sur le miroir, en fonction de λ, h, L, d et x.
On donne $\sqrt{1+\epsilon} \approx 1 + \frac{1}{2}\epsilon$ *quand* $\epsilon \ll 1$.

(c) 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 $\cos(x + \pi) = -\cos x$

(d) Calculez la position des franges brillantes, et déduisez-en la valeur de l'interfrange i en fonction de λ, h, L et d.

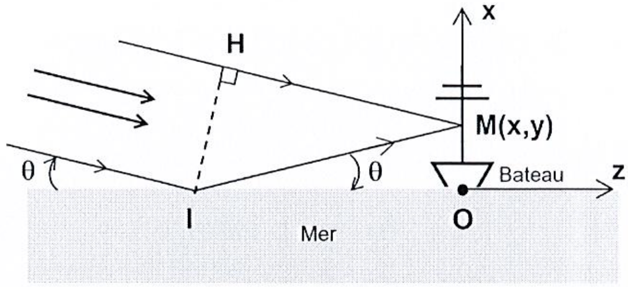
(e) Déterminez le nombre N de franges brillantes que l'on peut observer dans le champ d'interférences.

(f) Applications numériques : calculez i et N sachant que $\lambda = 632,8\,nm$, $h = 1\,mm$, $L = 30\,cm$ et $d = 50\,cm$.
Quelle est la "couleur" de la lumière utilisée ?

2. **Application**

Un bateau en mer situé à $D = 10km$ de la côte veut capter une émission radio FM de fréquence $f = 100\,MHz$ et de longueur d'onde λ' à l'aide d'un récepteur placé sur l'un de ses mâts. Le faisceau parallèle, provenant de l'émetteur situé sur la côte, se réfléchit en partie sur la mer et lorsque la mer est calme, le dispositif s'identifie à celui du miroir parfait de Lloyd étudié précédemment (cf. Fig. (2)).

(a) Déterminez la différence de marche géométrique $\delta' = (IM) - (HM)$ et montrez que celle-ci vaut $\delta' = Kx\sin\theta$ où K est une constante dont vous donnerez la valeur.
On donne $\cos 2\theta = 1 - 2\sin^2\theta$



(b) L'émetteur se trouve à une hauteur h. Exprimez alors δ' en fonction de x, h et D et K, puis $\delta = \delta' + \lambda'/2$.

(c) Donnez l'expression de l'intensité $I(M)$ et déterminez la position des franges sombres et brillantes.

(d) Sachant qu'un mât possède une hauteur de plusieurs mètres, pour quelle raison l'émission de radio est-elle mal perçue quand l'émetteur est situé à une hauteur de $10m$ et que la réception est bien meilleure quand celui-ci se trouve sur une colline à une hauteur de $700\ m$?
On donne la vitesse de la lumière $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$

Numéro d'anonymat :

Schéma 1 : exercice 1

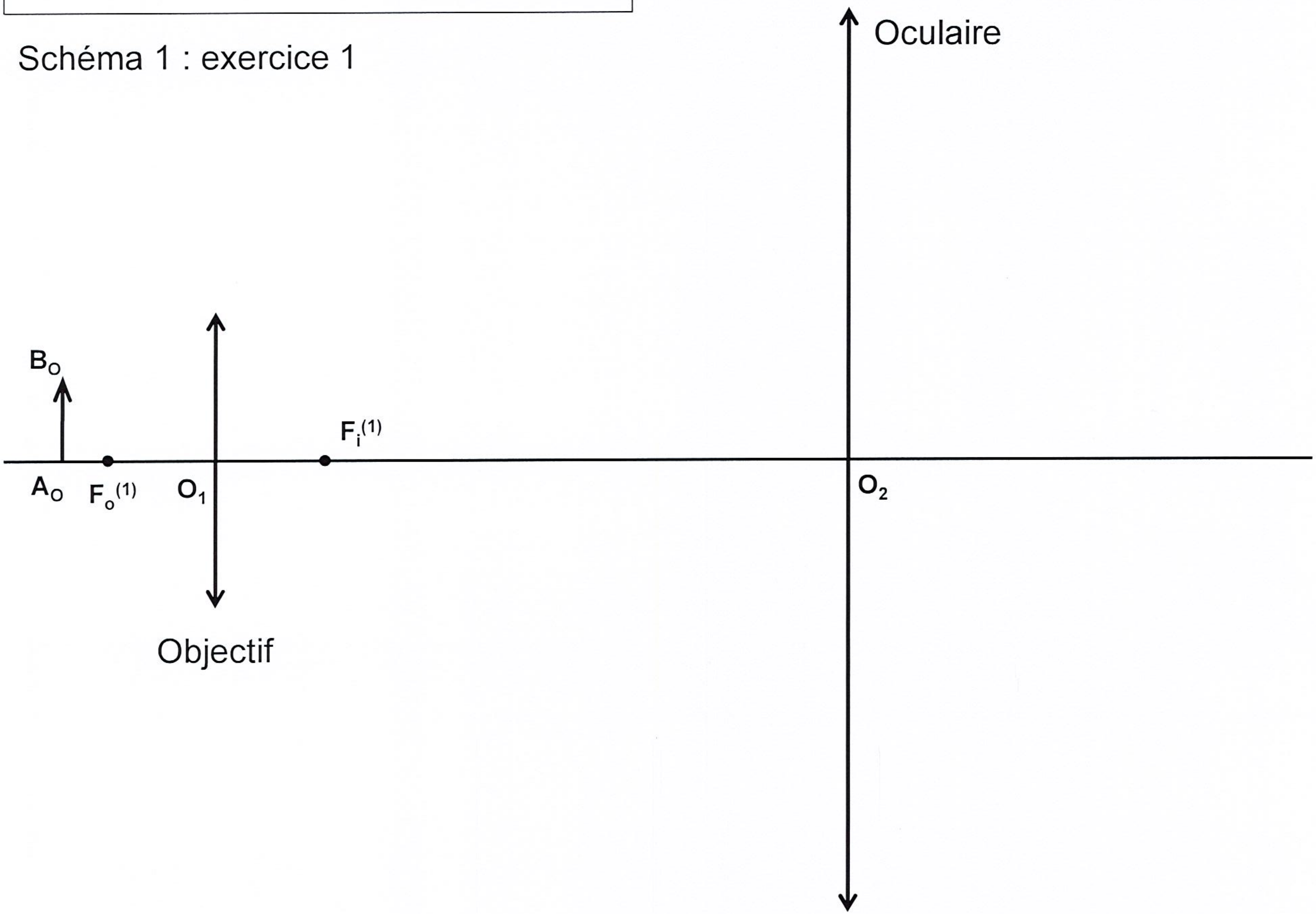


Schéma 2 : exercice 2