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

Année 2020-2021
Mercredi 9 juin 2021

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

Exercice I : **Télescope de Newton** *Temps maximal conseillé :* $\approx 1h$

Un télescope de Newton est constitué d'un miroir sphérique concave M de rayon de courbure $|R| = 1.8\,m$ et de foyer principal image F_M, d'un miroir plan M' et d'un oculaire placés comme indiqué sur la figure (1).

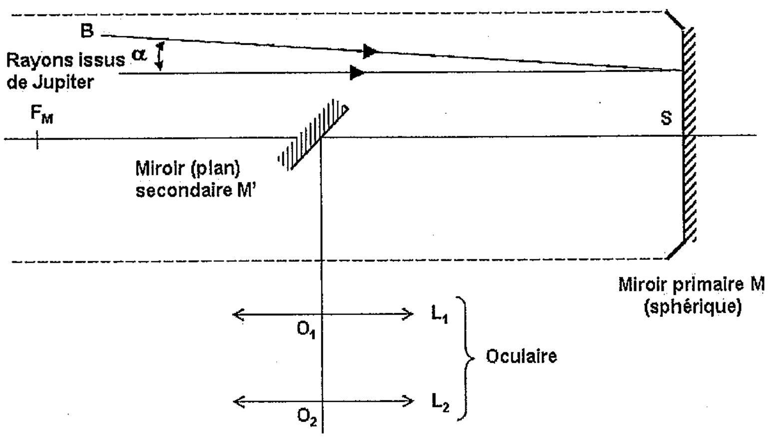

FIGURE 1 – *Schéma du télescope de Newton*

On commencera par étudier l'oculaire seul, puis le télescope complet.

1. **Etude de l'oculaire**

   L'oculaire permet de fournir une image à l'infini, avec le moins d'aberrations optiques possibles.

   Il est constitué ici de deux lentilles convergentes L_1 et L_2, de distances focales images $f_i^{(1)}$ et $f_i^{(2)}$, de même axe optique, séparées par une distance $e = \overline{O_1O_2}$. Cet oculaire vérifie $f_i^{(1)} = 3a$, $e = 2a$, $f_i^{(2)} = a$ avec $a = 3\,cm$.

   (a) Calculez la vergence de l'oculaire (association $L_1 + L_2$) en fonction de a uniquement. Déduisez-en les distances focales objet f_o et image f_i de l'oculaire. Faites les applications numériques.

   (b) Déterminez de manière algébrique la position du ***foyer image*** F_i du système $(L_1 + L_2)$, puis celle du foyer ***foyer objet*** F_o (Donnez les expressions littérales en fonction de a uniquement). Faites les applications numériques.

   (c) Déduisez des questions précédentes la position du point principal objet H_o et du point principal image en calculant $\overline{O_1H_o}$ et $\overline{O_2H_i}$ en fonction de a uniquement.

2. **Télescope complet**

   (a) Citez un autre type de télescope. Pourquoi est-il préférable que pour ce type d'instrument optique, l'image finale soit à l'infini ?

L'axe principal du miroir M est dirigé vers le centre de la planète Jupiter. Le point B correspond à un des bords de la planète qui est vue sous un diamètre apparent (petit) de 2α (α de part et d'autre de l'axe).

(b) Où se trouve l'image $A'B'$ de l'étoile donnée par le miroir M ? Exprimez sa dimension en fonction de α et $|R|$. Faites l'application numérique si $2\alpha = 38" = 1.84.10^{-4}\ rad.$

(c) Le miroir plan M' donne de $A'B'$ l'image $A''B''$ que l'on observe grâce à l'oculaire. M' est incliné à 45° sur l'axe principal du miroir M. L'oculaire est placé de façon à ce que le centre de la lentille L_1 soit à 5.5 cm du bord du tube du télescope dont le diamètre est 20 cm. A quelle distance du foyer principal F_M du miroir M doit-on placer le centre du miroir M' pour que $A''B''$ soit dans le plan focal objet de l'oculaire ?

Exercice II : Lame à faces parallèles *Temps maximal conseillé : ≈ 1h*

On considère une lame à faces parallèles d'épaisseur e constituée d'un verre d'indice $n = 1.5$, placée dans l'air, éclairée par une source étendue de lumiére monochromatique de longueur d'onde λ. On souhaite étudier les interférences produites par réflexion sur la lame, en les observant sur un écran placé dans le plan focal d'une lentille convergente (cf. Fig. (2)).

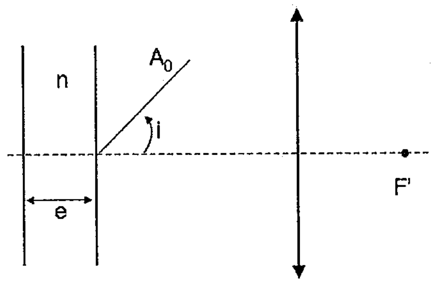

FIGURE 2 –

1. La lame donne *a priori* une infinité de rayons réfléchis pour un angle d'incidence i donné. En notant ρ le coefficient de réflexion "air-verre", ρ' celui "verre-air", τ le coefficient de transmission "air-verre" et τ' celui "verre-air", écrivez les amplitudes des deux premiers rayons réfléchis en fonction de ces coefficients et en fonction de A_0 l'amplitude du rayon incident.
2. Calculez numériquement ces amplitudes et déduisez-en qu'elles sont quasiment identiques. Donnez alors sans démonstration l'expression de l'intensité observée.

   On donne :
   — coefficient de réflexion à l'interface entre deux milieux d'indices n_1 et n_2 : $\rho = \dfrac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$
   — coefficient de transmission : $\tau = \dfrac{2n_1}{n_1 + n_2}$
3. Montrez que la différence de marche entre les deux premiers rayons réfléchis est

$$\delta = 2ne\cos r + \lambda/2$$

   r désignant l'angle de réfraction à l'intérieur de la lame. Justifiez précisément la présence du terme $\lambda/2$. Décrivez le phénomène observé en indiquant la forme des franges.
4. A quelle condition portant sur δ observe-t-on des franges sombres ?
5. On éclaire désormais la lame en incidence normale (i=r=0) par une source de lumière constituée de deux longueurs d'onde $\lambda_1 = 0.434\ \mu m$ et $\lambda_2 = 0.435\ \mu m$, d'intensités identiques. On observe le phénomène grâce à un photodétecteur, placé au foyer F' d'une lentille placée après la lame, et on suppose qu'il est possible de faire varier l'épaisseur e de la lame de façon continue. On enregistre alors, en fonction de e la variation d'intensité correspondante.

   (a) Quelle est la "couleur" de la source ?

(b) Quelle est la différence de marche $\delta(e)$ en F' ? (*La lentille n'introduit pas de différence de marche supplémentaire, seul le trajet* ***avant*** *la lentille est responsable d'une éventuelle différence de marche.*)

(c) Montrez que l'intensité détectée en F' est donnée par

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

avec $\delta(e)$ la différence de marche au point F' considéré, λ_{moy} la longueur d'onde moyenne des deux longueurs d'onde, et V une fonction à déterminer et qui dépend de δ, λ_{moy} et $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$.

(d) Dessinez *l'allure* de la fonction **intensité** $I(e)$.

(e) Déterminez les valeurs de e pour lesquelles la fonction V s'annule. Déduisez-en la période de la fonction V.

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