UNIVERSITE PAUL SABATIER 2nde session 2006-2007

Licence physique chimie 2ème année

EXAMEN D'OPTIQUE

4 septembre 2007 (Durée 2h, sans documents, calculatrice autorisée)

Partie A : Optique géométrique

I- Téléobjectif

Un téléobjectif est constitué de deux lentilles minces L_1 et L_2 placées dans l'air et de centres optiques O_1 et O_2.

La lentille L_1 constitue la face d'entrée de ce système centré (Σ) et on pose $O_1O_2 = e$. On donne $V_1 = 20\ \delta$ et $V_2 = -40\ \delta$, les vergences respectives des lentilles (L_1) et (L_2).

I.1 À quelles conditions portant sur e un tel système forme-t-il une image réelle d'un objet situé à l'infini ?

I.2 Calculer la distance entre la lentille L_1 et l'image réelle (e = 3 cm).

I.3 Calculer la hauteur de l'image que le système (L_1, L_2) donne d'un édifice de 20 m de haut situé à une distance de 500 m.

I.4 Déduire l'intérêt du téléobjectif par rapport à une simple lentille mince qui formerait une image réelle de même dimension.

II- Loi de la réfraction

1 Rappeler la loi de Snell-Descartes décrivant la réfraction d'un rayon entre un milieu d'indice n_1 et un milieu d'indice n_2. Définir le plan d'incidence. Faire un schéma précis dans le cas où le milieu d'incidence d'indice n_1 est plus réfringent que le deuxième milieu.

2 Dans ce cas, montrer qu'il existe un angle de réfraction i_{1lim}. Que se passe-t-il pour un angle d'incidence i_1 supérieur à i_{1lim} ? Calculer i_{1lim} en degrés si n_1 = 1,33 et n_2 = 1.

3 Un rayon lumineux traverse l'une des faces d'un cube en matière transparente sous une incidence de 45° puis rencontre une seconde face, perpendiculaire à la première. Il sort dans l'air en rasant cette face. Faire le schéma en prenant le plan de la feuille comme plan d'incidence. Calculer l'indice de la substance du cube.

4 Un pêcheur regarde flotter sur l'eau le bouchon accroché au fil de sa canne à pêche. Le bouchon est un flotteur constitué d'un disque circulaire opaque, de rayon $R = 5$ cm, auquel est fixé en son centre O une fine tige OA plongeant verticalement dans l'eau. A partir de quelle longueur d_{min} la pointe A de la tige devient-elle visible par le pêcheur situé au dessus de la surface de l'eau ? Illustrer les calculs et commentaires en reprenant et complétant la figure 1 ci-dessous.

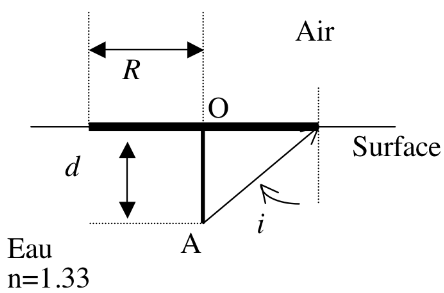

figure 1

Partie B : Optique Ondulatoire
Interférence de deux ondes monochromatiques et anneaux de Haidinger.

On donne l'expression de deux ondes monochromatiques :

$$\Psi_1(\omega,t,r_1) = A\,e^{-i\omega t}e^{i\varphi_1(r_1)} \text{ et } \Psi_2(\omega,t,r_2) = A\,e^{-i\omega t}e^{i\varphi_2(r_2)}.$$

1- Montrer que l'intensité résultant de la superposition de ces deux ondes s'écrit $I = 2I_o(1+\cos\varphi)$. Expliciter I_o et φ en fonction de A, φ_1 et φ_2. Tracer la courbe de variation de l'intensité en fonction de φ (préciser I_{max} et I_{min}). Calculer la valeur moyenne $\langle I \rangle$ de I et commenter.

2- On considère une lame de verre d'épaisseur constante e (*cf.* figure 2) éclairée par une source étendue émettant une longueur d'onde λ. Calculer la différence de chemin optique L entre les rayons *1* et *2* et en déduire que le déphasage en transmission s'écrit :

$$\varphi = (2\,n\,e\cos r)2\pi/\lambda$$

3- Où se produit l'interférence entre les deux rayons ? Quel montage optique faut-il réaliser pour observer expérimentalement la figure d'interférence ?

4- La figure d'interférence est composée d'anneaux concentriques. Montrer que l'ordre d'interférence est maximal au centre.

5- L'ordre au centre est noté p_o et correspond au premier anneau brillant (p_o entier). Quel est l'ordre du $q^{\text{ème}}$ anneau brillant ?

6- On se place dans l'approximation des faibles inclinaisons ($i \approx 0$, $r \approx 0$ et $i \approx n\,r$). Montrer que l'angle d'incidence donnant le $q^{\text{ème}}$ anneau brillant s'écrit $i_q = (n\lambda/e)^{1/2}(q-1)^{1/2}$. En déduire son rayon ρ_q (dans le cadre du montage optique de la question 3).

Application numérique : $f = 10\,cm \quad n = 1{,}5 \quad e = 1\,mm \quad \lambda = 530\,nm \quad q = 4$

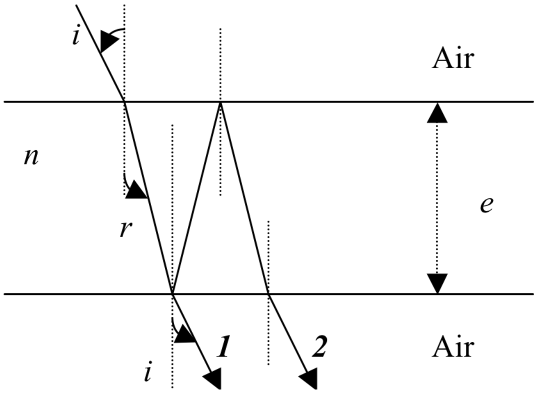

figure 2

Rappels :

On donne la valeur moyenne d'une fonction périodique de période T : $\langle f(t)\rangle = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)dt$.

On donne la définition de l'ordre d'interférence $p = L/\lambda$; l'ordre est entier pour un anneau brillant.

On donne le développement limité du cosinus aux petits angles : $\cos\alpha \approx 1-\alpha^2/2$.