

Filière : Licence 2 Maths/Physique – Physique – Physique/Chimie
Session : 2

CONTROLE TERMINAL UE Phys4A Optique instrumentale & ondulatoire

Durée 2h – Sans document, sans calculatrice. Téléphones portables interdits.

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 : Etude d'une lentille boule. Durée maximale conseillée : 1h.

On considère une lentille boule formée de deux dioptries D_1 et D_2 sphériques de même centre C , de sommets respectifs S_1 et S_2 , de rayons de courbure $\overline{S_1C} = R = -\overline{S_2C} = 1$ cm, d'épaisseur $\overline{S_1S_2} = 2R = 2$ cm, et d'indice $n = 3/2$. Les milieux entourant la lentille boule sont l'air d'indice $n_o = 1$ et l'eau d'indice $n_i = 4/3$.

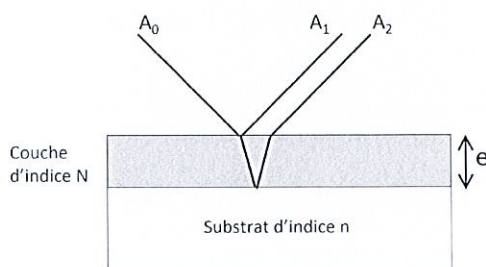
Ce système optique est représenté sur le schéma à compléter qui est à l'échelle 3 : 1, c'est-à-dire 3 cm $\leftrightarrow$ 1 cm).

On a fait figurer le point principal image H_i , ainsi que le plan principal image $\mathcal{P}_i$.

On donne $\overline{S_1H_i} = \frac{2R}{5} = 0.4$ cm.

1. Calculez la vergence V_1 du dioptre D_1 de sommet S_1 , ainsi que la position de ses foyers image $F_i^{(1)}$ et objet $F_o^{(1)}$.
2. Calculez la vergence V_2 du dioptre D_2 de sommet S_2 et la position de son foyer objet $F_o^{(2)}$.
3. Déterminez la position du foyer objet F_o de la lentille boule, c'est-à-dire de l'ensemble $D_1 + D_2$.
4. Exprimez la vergence V de la lentille boule en fonction de R . Faites l'application numérique.
5. A partir des deux questions précédentes, calculez $\overline{S_1H_o}$ et montrez que $H_o = H_i$.
6. L'objet $\overline{A_oB_o}$ représenté sur le schéma a pour image à travers la lentille boule l'image $\overline{A_iB_i}$ également représentée. A partir de la position de cette image, et par une construction géométrique soignée, déterminez la position du foyer image F_i de la lentille. Expliquez votre démarche.
7. Comment pouvez-vous confirmer la position du foyer F_i trouvée précédemment ?
8. Donnez les distances focales objet f_o et image f_i de la lentille, en fonction de R . Faites les applications numériques.
9. Déterminez la position des points nodaux objet N_o et image N_i . Que remarquez-vous ?

Exercice II : Interférences – Traitement anti-reflet. Durée maximale conseillée : 1h.



On dépose sur un substrat plan d'indice $n = 1.5$ une couche mince transparente de matériau non absorbant d'indice N tel que $1 \leq N \leq n$, et d'épaisseur e (cf. Figure ci-contre). Ce dispositif est placé dans l'air (d'indice $n_o = 1$) et est éclairé par une onde plane monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 532$ nm.

Dans toute la suite de l'exercice, on considèrera que le dispositif est éclairé en incidence normale.

On rappelle les expressions des coefficients de réflexion et de transmission en amplitude à l'incidence normale au passage entre deux milieux d'indices n_1 et n_2 :

$$r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \quad ; \quad t = \frac{2n_2}{n_1 + n_2}$$

où n_1 est l'indice du milieu de l'onde incidente et n_2 l'indice du milieu de l'onde transmise.

On note A_0 l'amplitude de l'onde incidente. On ne considère que les deux premières ondes réfléchies et on note leurs amplitudes respectives A_1 (réflexion air-couche d'indice N) et A_2 (réflexion couche d'indice N -substrat d'indice $n + 2$ transmissions).

1. A quelle couleur du spectre correspond la longueur d'onde utilisée ici ?
2. Quelle interprétation physique pouvez-vous donner d'un coefficient de réflexion négatif ?
3. Exprimez A_1 et A_2 en fonction de A_0 , n et N .
4. Calculez numériquement la quantité $\frac{4N}{(N+1)^2}$ pour les deux valeurs extrêmes $N = 1$ et $N = n$.
Déduisez-en que l'on commet une erreur inférieure à 5% si on remplace l'expression de A_2 trouvée précédemment par l'expression approchée suivante :

$$A_2 \approx \frac{N - n}{N + n} A_0$$

5. En utilisant l'approximation précédente, trouvez la relation que doivent satisfaire N et n pour que les deux amplitudes A_1 et A_2 soient égales. Calculez alors N dans ce cas.
6. Donnez l'expression de la différence de marche optique δ entre les deux ondes réfléchies. Déduisez-en la différence de phase φ entre ces deux ondes en fonction de N , e et λ_0 .
7. Rappelez sans démonstration l'expression de l'intensité $I(\varphi)$ résultant de l'interférence de deux ondes de même intensité I_0 .
8. Déduisez-en une condition sur φ , puis sur e pour que l'intensité réfléchie résultant de la superposition des deux ondes précédentes soit nulle (interférences destructives).
9. Quelle est alors l'épaisseur minimale e_{min} (en fonction de λ_0 et N) de la couche anti-reflet répondant à cette condition ?

Numéro d'anonymat :

Echelle 3:1
3 cm ↔ 1 cm

