

DEVOIR SURVEILLE DE PHYSIQUE N° 2
(5 pages)

2^{ème} Année de 1^{er} Cycle

Date du D.S. : Mardi 18 Janvier 2000

Durée : 4 h

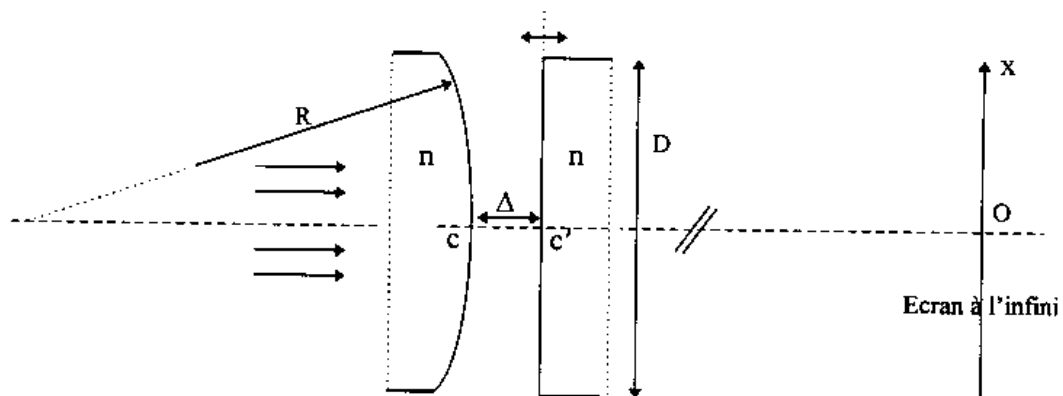
Document autorisé : AUCUN

Papier millimétré fourni

- Conseils :**
- Présenter votre copie avec clarté et concision.
 - La numérotation des pages de votre copie est indispensable.
 - Les notations utilisées dans les énoncés doivent être respectées.
 - Faire les calculs numériques, en faisant apparaître les différentes étapes nécessaires à l'obtention du résultat.

EXERCICE N° 1 (8 points)

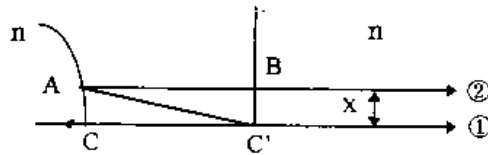
Un dispositif interférométrique est constitué par un espace d'air compris entre la face plane d'une lentille et la face convexe d'une autre lentille, R étant le rayon de courbure de cette face convexe, cf. figure), n est l'indice des lentilles.



On éclaire ce dispositif par un faisceau parallèle de lumière monochromatique colinéaire à l'axe de symétrie. On appelle Δ la distance variable CC' . La zone d'observation D sera toujours considérée comme très petite devant R .

$$D \ll R$$

1°) Etudier le phénomène d'interférence produit par deux rayons, le premier passant sans réflexion, le deuxième se réfléchissant sur le plan, puis sur le miroir, puis traversant la lame.



A la réflexion en A, il y a un déphasage de π .

En faisant les approximations appropriées, décrire la figure observée sur un écran situé à l'infini.

2°) En utilisant une radiation incidente de longueur d'onde $\lambda = 5770 \text{ Å} \pm 1 \text{ Å}$, et en faisant $\Delta = 0$, on observe sur un écran à l'infini selon la direction Ox, une suite de minimum d'intensité. Le 16^e minimum d'intensité compté à partir de 0 se trouve à $x = 5,98 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$

a) Y a-t-il un minimum au point $x = 0$?

b) Déterminer le rayon de courbure R de la face convexe et l'incertitude ΔR .

3°) Le faisceau parallèle incident est composé maintenant de 2 longueurs d'onde λ et λ' . La figure observée sur l'écran à l'infini est, pour chaque valeur de x, la superposition des 2 intensités I et I' obtenues pour les longueurs d'onde λ et λ' utilisées séparément.

a) Quelle est la nouvelle figure d'interférences observée dans ces conditions ?

b) Quelles sont les relations définissant les nouveaux maximums d'intensité ?

4°) On éclaire toujours avec l'ensemble des deux longueurs d'onde λ et λ' et on fait $\Delta = 0$.

a) Montrer qu'il y a un maximum au point $x = 0$.

b) A $x = 9,24 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$, se trouve le 1^{er} maximum suivant. Calculer l'ordre d'interférences correspondant à ce maximum pour la radiation λ .

5°) On augmente maintenant la distance Δ jusqu'à obtenir au point $x = 0$, un nouveau maximum d'intensité. On supprime alors la longueur d'onde λ dans le faisceau incident. En faisant ensuite diminuer Δ jusqu'à zéro, on observe au point $x = 0$, le défilement de 41 maximums intermédiaires. En déduire la valeur de λ' et l'incertitude sur cette mesure.

EXERCICE N° 2 (6 points)

Un film mince d'épaisseur e et d'indice de réfraction $n = 1,35$ placé dans l'air est éclairé avec un angle d'incidence θ_i (angle de réfraction θ_r) par une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 5,893 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Il en résulte un phénomène d'ondes multiples.

1°) En expliquant votre calcul, déterminer les conditions sur l'épaisseur e du film pour obtenir en transmission, d'une part un maximum, d'autre part un minimum d'intensité (en fonction de n , θ_i et λ).

2°) Reprendre le calcul pour l'intensité réfléchie par le film en n'oubliant pas le déphasage systématique de π lors d'une réflexion sur un milieu d'indice supérieur, 0 ans le cas contraire.

3°) Dans le cas d'une incidence normale ($\theta_i = 0$), donner numériquement la plus petite valeur de l'épaisseur e supérieure à $0,5 \mu\text{m}$ conduisant à un minimum d'intensité réfléchie.

4°) Un film mince est déposé sur une surface plane de verre d'indice N . Donner la relation entre les indices n et N pour que l'intensité réfléchie par l'ensemble soit minimale. ($\theta_i = 0$). Calculer N .

N.B. Le coefficient de réflexion en amplitude r au niveau de l'interface entre deux milieux d'indice n_1 et n_2 est donné par :

$$r^2 = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

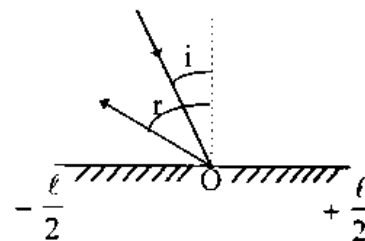
Dans cette question, les coefficients de transmission en amplitude seront considérés voisins de 1.

5°) En déduire la plus petite valeur de l'épaisseur e supérieure à $0,5 \mu\text{m}$ conduisant à un minimum d'intensité réfléchie par l'ensemble.

EXERCICE N° 3 (6 points)

On considère une lame métallique plane polie, de forme rectangulaire dont la longueur L est très supérieure à la largeur ℓ . Elle reçoit un faisceau parallèle monochromatique de rayons infrarouges de longueur d'onde de $\lambda = 2 \mu\text{m}$, sous une incidence i .

1°) Calculer l'intensité $I(r)$ du faisceau réfléchi faisant un angle r avec la normale à la surface de la lame.

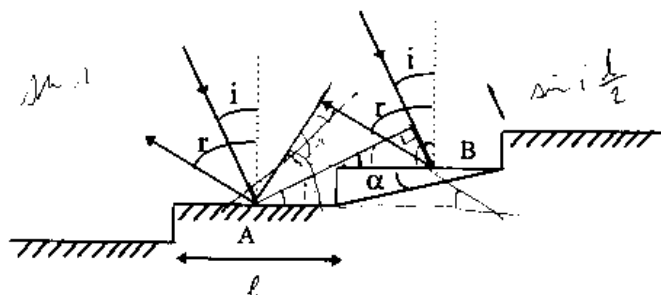


2°) Tracer les variations de $\frac{I(r)}{I_{\max}}$ en fonction de

$\sin r$ sur papier millimétré pour $i = 10^\circ$, $\ell = 4 \mu\text{m}$.

Choisir des échelles appropriées.

3°) On grave dans une plaque métallique des sillons parallèles de largeur $\ell = 4 \mu\text{m}$ en très grand nombre N , pour former un réseau par réflexion.



Calculer les différences de marche à l'incidence et à la réflexion, puis la différence de marche totale entre deux rayons réfléchis par les centres A et B, en fonction de i , r , ℓ et α l'angle de décalage d'une marche.

4°) Rappeler brièvement la diffraction par un réseau parfait. Déterminer les valeurs de r pour lesquelles on obtient des maxima principaux pour $i = 10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\lambda = 2 \mu\text{m}$, $\ell = 4 \mu\text{m}$.

Représenter ces maxima sur la figure de la deuxième question en commentant votre résultat. Indiquer leur amplitude en fonction de leur ordre.

Relations diverses :

$$\tan \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\sin (\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos (\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2} (\alpha \pm \beta) \cos \frac{1}{2} (\alpha \mp \beta)$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2} (\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2} (\alpha - \beta)$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{1}{2} (\alpha + \beta) \sin \frac{1}{2} (\alpha - \beta)$$

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)]$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) + \cos (\alpha + \beta)]$$

$$\sin \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} [\sin (\alpha - \beta) + \sin (\alpha + \beta)]$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

$$\sin^2 \frac{1}{2} \alpha = \frac{1}{2} (1 - \cos \alpha)$$

$$\cos^2 \frac{1}{2} \alpha = \frac{1}{2} (1 + \cos \alpha)$$

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$$

$$\cos \theta = \frac{1}{2} (e^{i\theta} + e^{-i\theta})$$

$$\sin \theta = \frac{1}{2i} (e^{i\theta} - e^{-i\theta})$$

$$(1+x)^n = 1 + nx + \frac{n(n-1)}{2!} x^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} x^3 + \dots$$

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \dots$$

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots$$