



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Campagne 2009

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

CRDP Aquitaine

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**GENIE OPTIQUE****option OPTIQUE INSTRUMENTALE****Epreuve de PHYSIQUE APPLIQUEE****Sous-épreuve U42 : PHYSIQUE**

Durée 2 heures 30

coefficient 2,5

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

Matériel autorisé :**Calculatrice conformément à la circulaire n°99-186 du 16/11/1999**

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

Tout autre matériel est interdit

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte : 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5

**Document à rendre avec la copie :
ANNEXE 2.....page 5/5.**

Une feuille de papier millimétré sera distribuée avec la copie.

MESURE DE L'ÉPAISSEUR D'UNE LAME A FACES PARALLÈLES

Les mesures interférentielles sont couramment utilisées dans la métrologie dimensionnelle. On s'intéresse ici à deux méthodes interférométriques faisant intervenir les rayons réfléchis successifs issus d'une lame mince à faces parallèles. Il s'agit de déterminer ainsi l'épaisseur e de cette lame.

Le dispositif utilisé comporte comme l'indique l'annexe 1 :

- une source de lumière,
- une lame semi réfléchissante, inclinée de 45° par rapport à la normale à la lame étudiée,
- la lame mince à faces parallèles étudiée, d'indice de réfraction connu $n = 1,50$,
- un support noir mat sur lequel est placée la lame mince,
- une lentille (L), considérée comme mince, de distance focale $f' = 100,0 \text{ mm}$ et d'axe optique perpendiculaire aux faces de la lame à étudier,
- un viseur par lequel se fait l'observation.

PARTIE 1 : ÉTUDE DU SYSTÈME LAME MINCE (2 points)

1. On considère un rayon arrivant sous un angle d'incidence i sur la lame mince à faces parallèles. Tracer, sur le schéma de l'annexe 2 à rendre avec la copie, le trajet suivi par les deux premiers rayons réfléchis consécutifs jusqu'au plan focal image de la lentille.
2. On observe, dans le plan focal image de la lentille L, un système d'interférences constitué d'anneaux alternativement brillants et sombres qui sont centrés sur l'axe optique de la lentille. Justifier la forme en anneaux de ce système d'interférences.
3. Le premier anneau brillant observé correspond à un angle d'incidence $i = 45$ minutes. Quel est son rayon dans le plan focal de la lentille ?

PARTIE 2 : ÉTUDE DU VISEUR (9 points)

Le viseur utilisé est constitué de plusieurs parties :

- un objectif modélisé par une lentille mince L_1 de distance focale $f'_1 = 50,0 \text{ mm}$; le diamètre de sa monture vaut 60 mm ,
- un oculaire, composé d'un doublet achromatique et modélisé par une lentille mince L_2 de distance focale $f'_2 = 10,0 \text{ mm}$; le diamètre de la monture de L_2 vaut 20 mm . La distance entre l'oculaire et l'objectif est réglable ;
- un réticule (croix) permettant de pointer le rayon des anneaux.

Le viseur est disposé sur une platine de translation.

L'œil de l'observateur n'accommode pas lors de l'observation dans le viseur.

Le plan focal image de la lentille L, où se forment les anneaux d'égale inclinaison, se trouve à 100 mm de l'objectif du viseur.

1. Déterminer la distance entre l'objectif et l'oculaire du viseur.

2. Faire un schéma du viseur avec pour échelle horizontale $\frac{1}{2}$ et pour échelle verticale 1. Tracer la marche d'un pinceau lumineux s'appuyant sur la monture de l'objectif et issu d'un point A d'un anneau situé à 5 mm de l'axe optique.
3. La distance entre l'objectif et l'oculaire est de 110 mm. Déterminer la vergence de ce viseur puis en déduire la position des plans principaux et des foyers par le calcul.
4. Déterminer quelle monture joue le rôle de diaphragme d'ouverture et laquelle joue le rôle de diaphragme de champ.
5. Le cercle oculaire correspond à la pupille de sortie du viseur. Déterminer sa position et son diamètre puis commenter les résultats.
6. Déterminer dans l'espace objet le champ de pleine lumière.

PARTIE 3 : MESURES INTERFÉROMÉTRIQUES (9 points)

La lame à faces parallèles étudiée, d'épaisseur e , d'indice $n = 1,50$, est éclairée par une source de lumière sous l'incidence i .

Cette source peut être réalisée de deux façons :

- soit par une lampe spectrale, placée latéralement, munie d'un filtre interférentiel. L'ensemble réalise une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 546,1$ nm.
- soit par une source de lumière blanche parfaitement collimatée.

Données : On rappelle que dans l'approximation des petits angles, on peut écrire :

$$\sin \alpha = \alpha \quad \text{et} \quad \cos \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

A- Emploi de la source monochromatique.

1. On considère deux rayons réfléchis consécutifs interférant à l'infini, correspondant à des rayons incidents de même angle d'incidence i et donnant lieu à une réfraction d'angle r . Justifier rapidement l'expression de la différence de marche optique entre ces rayons :

$$\delta = 2ne \cos(r) + \frac{\lambda}{2}$$

- 2.a En déduire l'expression du déphasage existant entre ces deux rayons.
- 2.b Montrer que, dans le cas de faibles incidences, ce déphasage s'exprime par :

$$\varphi = \frac{4\pi ne}{\lambda} \left(1 - \frac{i^2}{2n^2} \right) + \pi$$

- 3.a Déterminer, pour la figure d'interférence obtenue, l'ordre d'interférence p_0 au centre supposé brillant en fonction de l'indice n , de l'épaisseur e et de la longueur d'onde λ de la lumière.
- 3.b Exprimer l'ordre d'interférence p_m pour le $m^{\text{ème}}$ anneau brillant, en fonction de l'indice n , de l'épaisseur e , de la longueur d'onde λ et de l'angle d'incidence i_m correspondant à cet anneau.

4. L'ordre au centre p_0 n'est pas un nombre entier en général, on pose donc :

$$p_0 = m_0 + \varepsilon \quad \text{avec } m_0 \text{ entier et } 0 < \varepsilon < 1$$

de sorte que l'on ait :

$$p_0 - p_m = m - 1 + \varepsilon.$$

En déduire que le rayon du $m^{\text{ème}}$ anneau s'écrit :

$$R_m = f' \sqrt{\frac{n\lambda}{e}} \cdot \sqrt{m-1+\varepsilon}$$

5. Montrer que le carré du rayon des anneaux R_m^2 peut s'écrire sous la forme :

$$R_m^2 = a \cdot m + b$$

Donner l'expression du coefficient a en fonction de la distance focale f' , de l'indice n , de l'épaisseur e et de la longueur d'onde λ .

6. On a pu mesurer le rayon de différents anneaux avec le viseur :

Entier m	1	2	3	4	5
Rayon R_m en mm	7,45	11,05	13,75	16,00	17,95

6.a Tracer l'évolution du terme R_m^2 en fonction de l'entier m .

6.b En déduire la valeur de l'épaisseur e de la lame étudiée.

B- Emploi de la source blanche collimatée.

On éclaire maintenant la même lame mince sous une incidence normale ($i = 0$) avec une source blanche collimatée et on observe, au voisinage du foyer image de la lentille L , un champ uniformément blanc. On analyse cette teinte à l'aide d'un spectroscopie à réseau.

1. On observe des cannelures sombres dans le spectre obtenu.

1.a Quel phénomène physique est ici en cause ?

1.b Exprimer les valeurs de longueur d'onde λ correspondant à ces cannelures sombres en fonction de l'indice n , de l'épaisseur e et d'un nombre entier noté m .

2. En supposant qu'une cannelure correspond à la longueur d'onde λ_1 et à l'entier m_1 et une autre à la longueur d'onde λ_2 et à l'entier m_2 , démontrer que :

$$m_1 - m_2 = 2ne \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2 \lambda_1} \right)$$

3. Deux cannelures consécutives sont obtenues pour les longueurs d'onde $\lambda_1 = 536,9$ nm et $\lambda_2 = 540$ nm. En déduire la valeur de l'épaisseur e de la lame mince.

ANNEXE 1

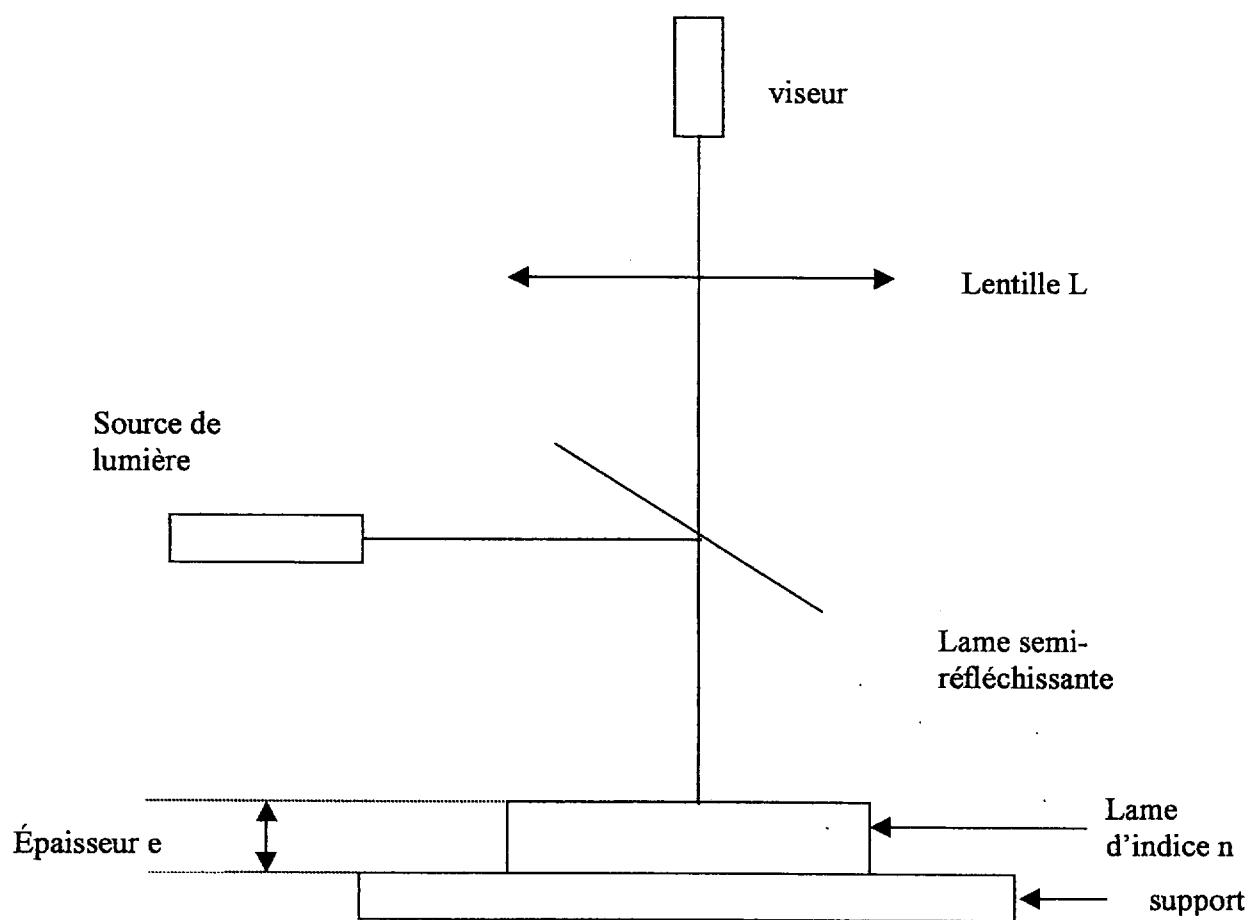


Schéma du dispositif

ANNEXE 2 (à rendre avec la copie)

