

DM 4 DE PHYSIQUE

A rédiger pour le Lundi 6 Novembre 10h

Problème : Mesure d'épaisseur

III. — Contrôle d'épaisseur de certaines pièces

Pour une bonne mise au point mécanique et aérodynamique du dragster, il est important de contrôler précisément certaines épaisseurs, on utilise pour cela des dispositifs interférentiels. La première mesure consiste en la vérification de l'épaisseur d'un dépôt métallique opaque destiné à protéger certaines pièces, la seconde est la mesure de l'épaisseur d'une pièce en verre et donc transparente.

III.A. — Contrôle d'épaisseur d'un dépôt métallique

On éclaire une lame de verre semi-réfléchissante, supposée infiniment fine, et formant un angle $\varepsilon = 0,1^\circ$ avec une plaque réfléchissant totalement la lumière sur laquelle le dépôt métallique a été effectué. L'éclairement est assuré par une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 532 \text{ nm}$. L'incidence est quasi normale. Le dépôt est assimilable à un parallélépipède métallique opaque d'épaisseur constante posé au contact de la lame réfléchissante. L'ensemble est représenté sur la partie gauche de la figure 6.

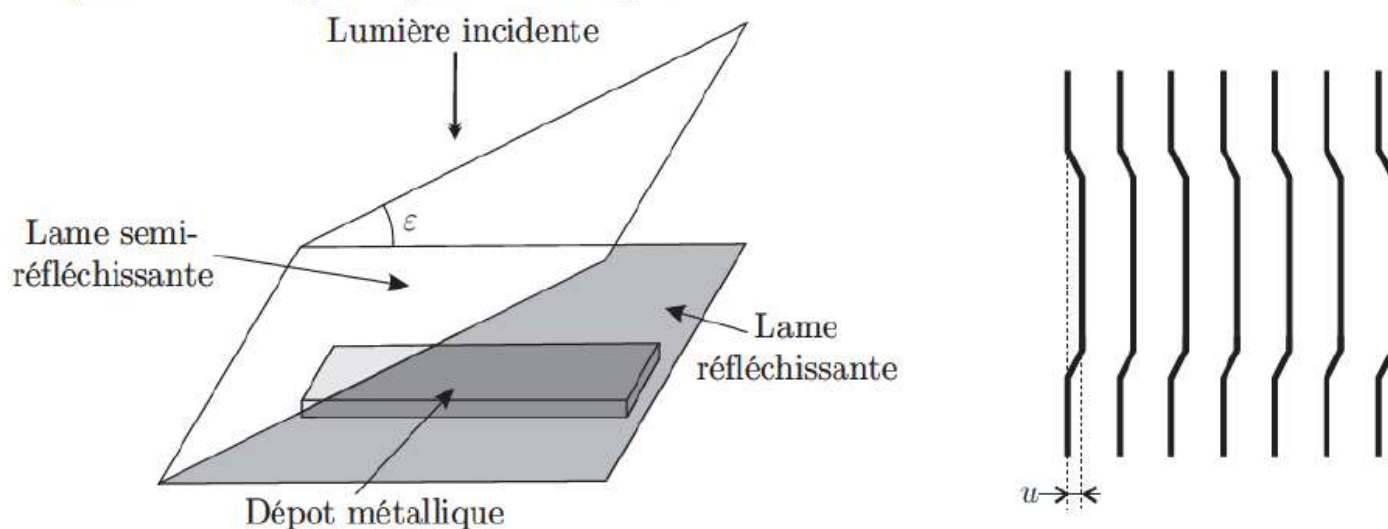


FIGURE 6 – Dispositif optique et franges observées sur l'écran

Au voisinage des lames, on observe des franges non rectilignes, on dit qu'elles sont « décrochées ». Ces franges sont observées sur un écran placé à 50 cm d'une lentille convergente de distance focale $f' = 4 \text{ cm}$. Elles sont représentées sur la partie droite de la figure 6.

- ❑ 19 — Déterminer l'expression de l'interfrange d_i observée sur l'écran dans la zone où le dépôt est absent. On exprimera d_i en fonction de λ_0 , ε et du grandissement γ de la lentille et on calculera sa valeur numérique.
- ❑ 20 — Expliquer ce que l'on observe sur l'écran (présence du décroché) et montrer que l'épaisseur e du dépôt métallique dépend de la valeur u du décroché mesurée sur l'écran (partie droite de la figure 6). On explicitera la relation entre e , u et d'autres paramètres utiles de l'expérience. On mesure $u = 0,59$ mm sur l'écran, quelle est la valeur numérique de l'épaisseur du dépôt ? On commentera ce résultat.
- ❑ 21 — Qu'observe-t-on sur l'écran si on remplace l'air par de l'eau dans la même expérience. Préciser, en le justifiant, ce qui est modifié et ce qui ne l'est pas.
- ❑ 22 — Qu'observe-t-on sur l'écran si l'on augmente l'angle ε . Préciser, en le justifiant, ce qui est modifié et ce qui ne l'est pas.

III.B. — Mesure de l'épaisseur de la pièce transparente

La pièce transparente dont on veut déterminer l'épaisseur L est une lame de verre homogène. On utilise un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air et éclairé par une lampe à vapeur de sodium dont on a isolé le doublet jaune de longueur d'onde moyenne $\lambda_m = 589,3$ nm. On considère dans un premier temps cette source comme monochromatique. Il est configuré pour l'observation d'anneaux d'égale inclinaison. On se place au contact optique (teinte plate). On introduit la lame à mesurer devant le miroir mobile M_2 , à son contact. On translate M_2 en l'éloignant de la lame. Des anneaux finissent par être visibles. On continue de chariotier de façon à retrouver une teinte plate (à ne pas confondre avec une antioïncidence), et l'on note la position du chariot. Soit d la distance de chariotage depuis le contact optique. A la longueur d'onde moyenne du doublet jaune du sodium, le verre possède un indice $n = 1,517$.

- ❑ 23 — On note i l'incidence, par rapport à la normale de la lame, du rayon lumineux et r son angle de réfraction dans la lame de verre. Montrer que la différence de marche entre deux rayons peut s'écrire $\delta = 2A \cos(i) + 2B \cos(r)$ où l'on exprimera A et B en fonction de L , d et n . À quel endroit l'observation se fait-elle ?

- ❑ 24 — En prenant en compte le fait que r et i sont de petits angles, montrer que lorsque l'on atteint le contact optique il est possible d'exprimer l'épaisseur L en fonction de d et n .

La source n'est plus considérée comme monochromatique. Pour obtenir les valeurs du doublet du sodium $\lambda_1 = \lambda_m - \frac{1}{2}\Delta\lambda$ et $\lambda_2 = \lambda_m + \frac{1}{2}\Delta\lambda$, on cherche les positions du brouillage lorsque la lame de verre n'est plus là. On supposera que $\lambda_m \gg \Delta\lambda$. On part du contact optique et on translate le chariot mobile. Une première antioïncidence correspond à la division $e_1 = 9,69$ mm pour la position du chariot. La onzième antioïncidence correspond à la division $e_{11} = 12,61$ mm. On suppose que les sources de ces deux raies ont la même intensité.

- ❑ 25 — Exprimer la différence $\Delta\lambda$ entre les des deux longueurs d'onde de la raie double du sodium en fonction de e_1 , e_{11} et λ_m . En déduire la valeur numérique de cette différence.