Partie C

Optique ondulatoire

Le contrôle interférométrique de l'homogénéité d'un matériau est réalisé grâce au dispositif expérimental, placé dans le vide d'indice de réfraction $n_o = 1$, représenté par la figure **8** :

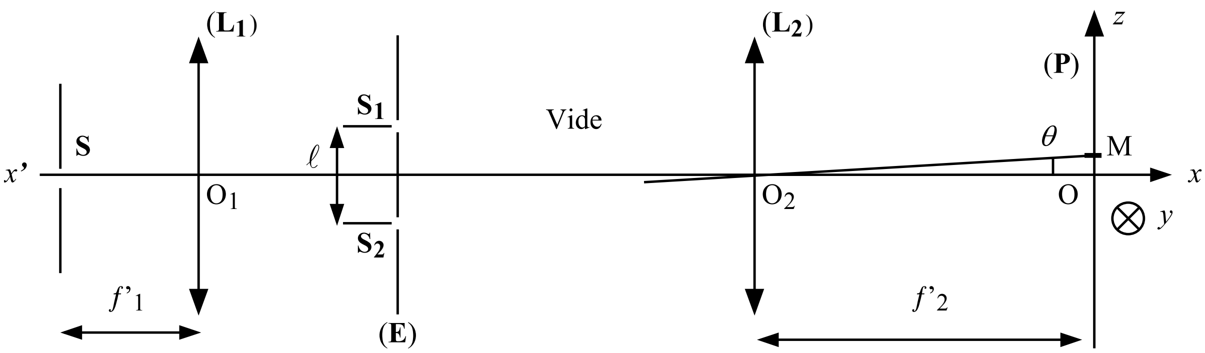

Figure **8**

Une source quasi-ponctuelle **S**, est placée au foyer objet d'une lentille mince convergente (**L₁**), d'axe optique $x'x$ d'origine O. Cette source émet une radiation monochromatique de longueur d'onde λ_o. À la sortie de (**L₁**), se trouve un écran opaque (**E**), perpendiculaire à l'axe optique et percé de deux trous circulaires **S₁** et **S₂** de très petites dimensions. Ces trous, espacés de ℓ et symétriques l'un de l'autre par rapport à l'axe $x'x$, sont situés dans le plan *xOz* (plan de représentation). La lumière diffractée par **S₁** et **S₂** est reçue par une seconde lentille mince convergente (**L₂**), d'axe optique $x'x$. Les phénomènes obtenus sont observés dans le plan *yOz* [plan (**P**)], confondu avec le plan focal image de (**L₂**) (figure **8**).

On suppose $\ell \ll f_2'$.

Données : $\lambda_o = 0{,}5890\,\mu\text{m}$; $f_2' = 2{,}0\,\text{m}$; $\ell = 2{,}0$ cm.

I. Étude du champ d'interférences au niveau du plan (P), sur l'axe *Oz*

1) Recopier la figure **8** et tracer les rayons (**1**) et (**2**), issus de la source **S**, qui atteignent respectivement les trous **S₁** et **S₂**, et qui interfèrent en un point M, d'ordonnée *z*, sur l'axe *Oz*.

2) Indiquer, sur le dessin précédent, la différence de marche $\delta(M)$ entre les rayons (**1**) et (**2**) [ou différence entre les chemins optiques $(SM)_2$ et $(SM)_1$].

3) Exprimer $\delta(M)$ en fonction de ℓ et θ.

4) En déduire une expression $\delta(z)$ de cette différence de marche $\delta(M)$.

5) Déterminer les ordonnées z_p des franges brillantes, avec *p* entier relatif.

6) Donner l'expression de l'interfrange *i*.

7) Dessiner le système de franges d'interférences dans le plan *yOz*.

8) On souhaite obtenir des franges plus lumineuses, dans le champ d'interférences. Comment modifier le dispositif décrit à la figure **8** ?

9) *Application numérique*. Calculer *i*.

II. Contrôle de l'homogénéité d'un matériau

Sur le trajet des rayons diffractés par le trou **S_1**, on place, parallèlement à l'écran (**E**), une lame mince (**L**), transparente et d'indice *n*. Cette lame, d'épaisseur *e*, transmet intégralement la lumière. Ses faces sont supposées rigoureusement planes et parallèles (figure **9**). On souhaite vérifier l'homogénéité du matériau qui constitue (**L**).

Données : $\lambda_o = 0,5890\,\mu\text{m}$; $e = 5,000 \times 10^{-3}$ m.

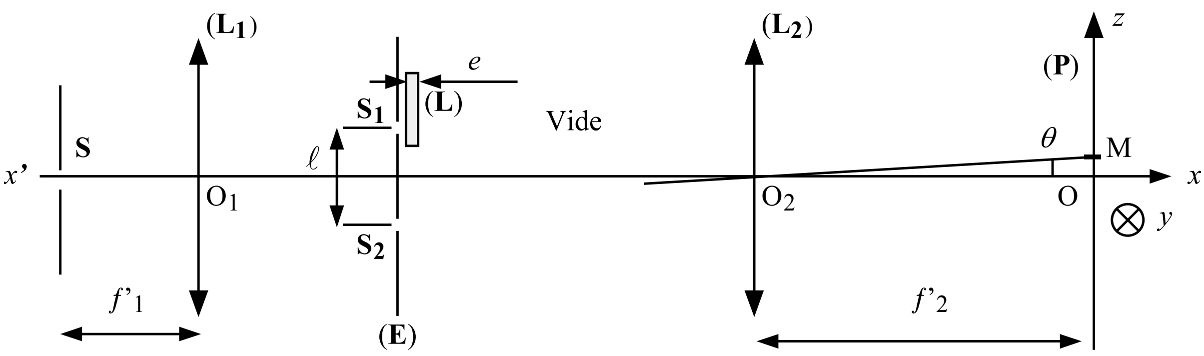

Figure **9**

1) La lame est, dans un premier temps, supposée homogène. Exprimer, en fonction de *n* et *e*, la différence de marche $\delta(O)$ des rayons qui interfèrent au point O.

2) Pour une certaine position de (**L**) devant **S_1**, on observe une frange brillante au point O. On déplace alors lentement la lame devant **S_1**, parallèlement à l'écran (**E**) et sans jamais intercepter les rayons issus de **S_2**. On opère de façon à ce que tous les points de la lame soient au moins une fois éclairés par le faisceau issu de **S_1**. On remarque que la frange brillante peut être, suivant la position de (**L**), progressivement remplacée, en O, par l'une ou l'autre de ses deux franges sombres immédiatement voisines. Déterminer, en fonction de λ_o et *e*, l'écart $\Delta n = n_{\max} - n_{\min}$ présenté par les valeurs de l'indice de réfraction de la lame.

3) Dans quel sens se déplace le système de franges si, au cours de la translation de (**L**), la valeur de l'indice *n*, de la partie de matériau éclairée, augmente.

4) *Application numérique*.

— Pour la radiation jaune (doublet « D » à $\lambda_o = 0,5890\,\mu\text{m}$) du sodium, la valeur de l'indice absolu du matériau (flint) étudié vaut $n_D = 1,6725$. Calculer la variation relative d'indice $(\Delta n / n_D)$, pour le doublet jaune du sodium, que présente cette lame de verre.

— Un milieu transparent est homogène si $(\Delta n / n_D) \leq 10^{-5}$. Conclusion ?