

**TD N°2 D'OPTIQUE : INTERFERENCE DE DEUX ONDES LUMINEUSES-  
DISPOSITIF INTERFERENTIEL PAR DIVISION DU FRONT D'ONDE : LES  
TROUS D'YOUNG**

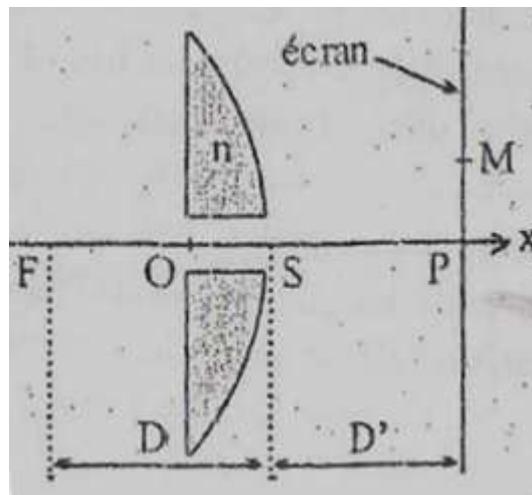
**EXERCICE 1**

On considère une lentille mince plan convexe d'axe Ox, d'épaisseur maximum  $e = OS = 7 \text{ mm}$ , taillée dans un verre d'indice  $n = 1,60$ . La lentille est percée en son centre d'une ouverture cylindrique de diamètre  $a = 5 \text{ mm}$ .

Une source ponctuelle, située au foyer objet F de la lentille, émet une radiation monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_0 = 0,546 \mu\text{m}$ . La distance du foyer au sommet de la lentille est  $FS = D = 67 \text{ cm}$ .

On observe des franges d'interférences sur un écran placé normalement à l'axe optique, à une distance  $SP = D' = 1 \text{ m}$  du sommet de la lentille percée.

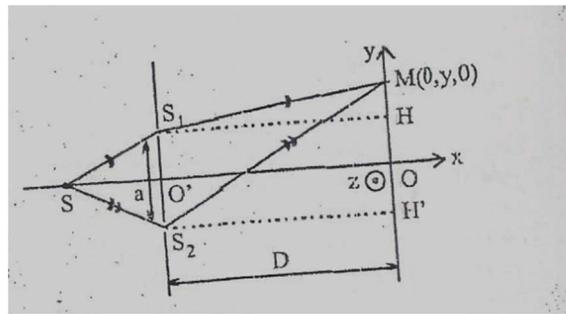
1. Déterminer sur un schéma la zone de l'écran où on peut observer des franges d'interférences, et préciser ses limites.
2. On considère un point M de l'écran situé à une distance  $r = PM$  de l'axe Ox et tel que  $r \ll D+D'$ . Montrer que la différence de marche  $\delta$  entre 2 rayons qui interfèrent en M vaut :  $\delta = (n - 1)e - \frac{r^2}{2(D+D')}$ .
3. Exprimer l'ordre d'interférence en M. Entre quelles limites peut-il varier ?
4. Montrer que les franges d'interférences sont des anneaux, et déterminer le nombre d'anneaux brillants visibles.



**EXERCICE 2**

Deux trous  $S_1$  et  $S_2$  de même diamètre sont percés symétriquement par rapport à  $O'$  sur l'axe  $O'y$  d'un diaphragme confondu avec le plan  $yO'z$ .  $S_1$  et  $S_2$  sont éclairés par une source polychromatique S située sur l'axe Ox et émettant avec une même puissance sur la bande de fréquence  $[\nu_1, \nu_2]$ . On a :  $a \ll D$  et  $y \ll D$ .

1. Etablir l'expression de l'intensité lumineuse au point M.
2. Calculer le contraste de la figure d'interférences. Interpréter.



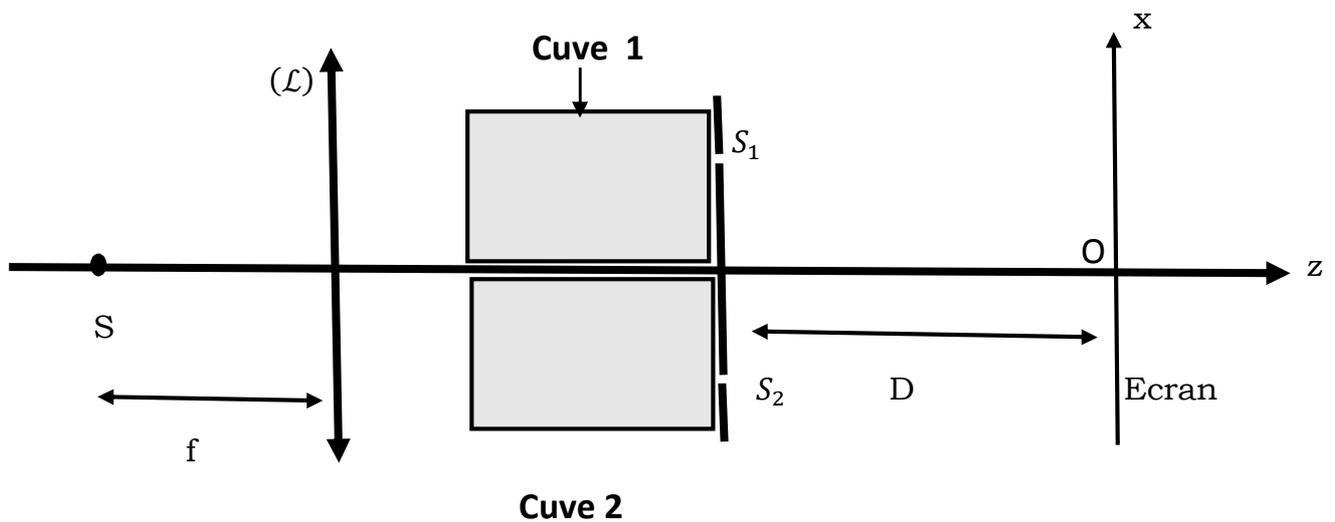
### **EXERCICE 3 : Mesure de l'épaisseur d'une lame à l'aide d'un dispositif des trous d'Young**

On considère le dispositif des trous d'Young, éclairé en incidence normale par une source ponctuelle de lumière blanche suivie d'un filtre coloré permettant de sélectionner finement une composante spectrale de longueur d'onde  $\lambda_0 = 500 \text{ nm}$  (qu'on supposera monochromatique). La distance entre les trous  $S_1$  et  $S_2$  est  $a = 2,00 \text{ mm}$  et l'écran d'observation se trouve à distance  $D = 3,00 \text{ m}$  du plan contenant les deux trous. L'ensemble du dispositif est placé dans l'air, dont on suppose l'indice est égal à 1. Un point  $M$  de l'écran est repéré par ses coordonnées  $(x, y)$ , l'axe  $(Ox)$  étant dans la direction des deux trous et le point  $O$ , origine des coordonnées, situé à égale distance des deux trous.

1. Quelle est l'expression de la différence de marche  $\delta = (S_2M) - (S_1M)$  entre les ondes interférant en un point  $M$  de l'écran ? En déduire l'allure de la figure d'interférences observée sur l'écran. Calculer la valeur numérique de l'interfrange. Où se situe la frange  $p = 0$ , correspondant à  $\delta = 0$  ?
2. On rajoute devant le trou  $S_1$  une lame d'indice  $n = 1,4$  et d'épaisseur constante  $e$ . On considère que la lumière traverse cette lame en incidence normale et on néglige toute réflexion de la lumière sur ses faces. Exprimer la nouvelle différence de marche en  $M$ .
3. Où se situe maintenant la frange d'ordre  $p = 0$  ? Exprimer son déplacement en unité d'interfrange. Vérifier que cela revient à exprimer la variation  $\Delta p$  de l'ordre d'interférences  $p$  due à l'introduction de la lame.
4. On retire à présent le filtre coloré éclairé en lumière blanche. On observe sur l'écran des franges irisées. Expliquer pourquoi. Justifier l'intérêt d'utiliser momentanément une source de lumière blanche dans cette expérience.
5. On estime le décalage d'ordre  $p = 0$  égale à 6 interfranges, l'interfrange étant mesuré en présence du filtre coloré, donc en lumière monochromatique à  $\lambda_0 = 500 \text{ nm}$ . En déduire une mesure de l'épaisseur  $e$  de la lame.

### **Exercice : Mesure de l'indice d'un gaz**

On considère le montage représenté ci-dessous, constitué de deux trous de Young  $S_1$  et  $S_2$  distant de  $a$  devant lesquels on a placé deux cuves identiques transparentes pouvant contenir un gaz.



Les cuvettes sont éclairées par une onde plane au moyen d'une source ponctuelle  $S$  monochromatique placée au foyer objet d'une lentille convergente  $(L)$  ; l'observation se fait sur un écran placé dans le plan  $z = 0$  à une distance  $D$  des trous ( $D \gg a$ ). On note  $l$  la longueur des cuvettes parallèlement à la direction de l'onde plane incidente.

1. En notant respectivement  $n_1$  et  $n_2$  les indices de réfraction des gaz contenus dans les cuvettes 1 et 2, déterminer la différence de chemin optique  $\delta = (SS_2M) - (SS_1M)$  en un point  $M(x, y, 0)$  de l'écran. En déduire l'éclairement.
2. Préciser l'interfrange et la position de la frange d'ordre 0. Est-il possible de repérer la position de cette frange en lumière monochromatique ?
3. Initialement, un vide très poussé avait été effectué dans la première cuvette, la seconde contenant de l'air (à la pression et à la température du laboratoire) de telle sorte que  $n_1 = 1$  et  $n_2 = n_{air}$ . On fait rentrer lentement de l'air dans la première cuvette, qu'observe-t-on sur l'écran ?
4. Entre l'état initial et l'équilibre ( $n_1 = n_{air}$ ), on observe le défilement de  $N$  franges ; en déduire l'indice de l'air. Discuter de la faisabilité de l'expérience sachant que  $n_{air} - 1 \approx 3 \cdot 10^{-4}$