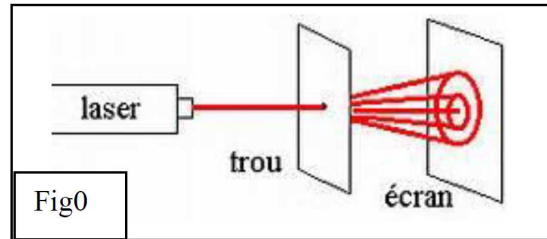


## Devoir d'entraînement de physique n° 4

### Mesures interférométriques

#### A-I) Trou d'Young.

Un Laser envoie, sur un trou circulaire de faible diamètre  $d$  percé dans un plan  $\pi_0$ , un faisceau de lumière parallèle monochromatique, de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$  (Fig 0). On observe la figure 1 sur écran  $\pi_E$  placé à la distance  $D$  de  $\pi_0$  ( $\pi_E$  et  $\pi_0$  sont parallèles).



Le faisceau incident se propage dans l'air ( indice absolu  $N_a$  ) dans la direction  $X'X$  perpendiculaire aux plans.

On associe au plan  $\pi_E$  un repère (  $Y'Y, Z'Z$  ).

*(Les questions de cette partie, maintenant hors programme, ont été supprimées.)*

#### A-II) dispositif interférentiel à deux trous d'Young.

Le dispositif est le même qu'en A-I, mais le faisceau arrive sur deux trous d'Young percés dans le plan  $\pi_0$  ( fig 3 ). Ces trous d'Young, éclairés par un faisceau incident parallèle se propageant dans la direction  $OX$ , se comportent comme deux sources lumineuses  $S_1, S_2$  ponctuelles, monochromatiques, synchrones, cohérentes, distantes de  $b$  (fig 3a) ; ces deux sources émettent une même lumière de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ . Elles sont symétriques par rapport à l'axe  $OX$ .

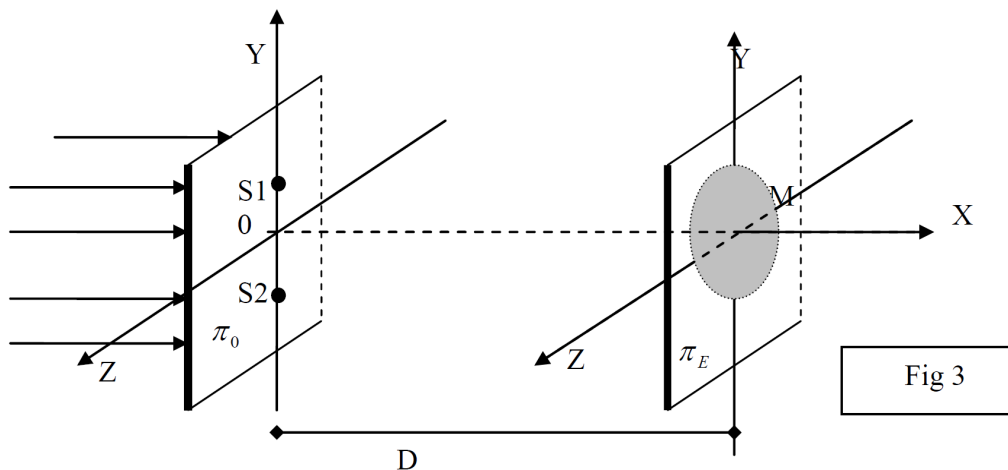
Ces ondes se propagent dans l'air d'indice optique absolu  $N_a$ .

On utilise le repère  $\{OXYZ\}$ , l'origine  $O$  étant au milieu de  $S_1S_2$  (Fig3).

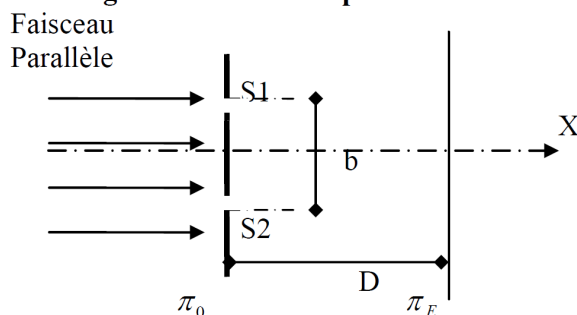
On observe des interférences dans la zone commune d'éclairement du plan  $\pi_E$  .

Cette zone est sensiblement un disque de rayon  $R = 1$  cm (Fig 3 et 3b).

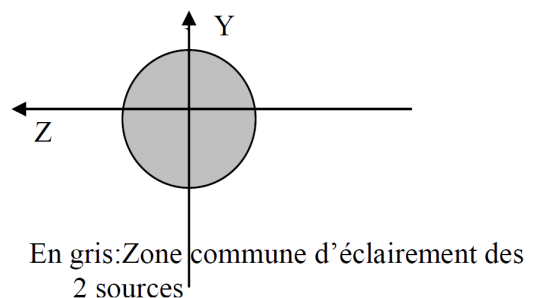
On s'intéresse aux phénomènes en un point  $M ( x=D,y,z )$  du plan  $\pi_E$  .



**Fig 3a: Vue en coupe**



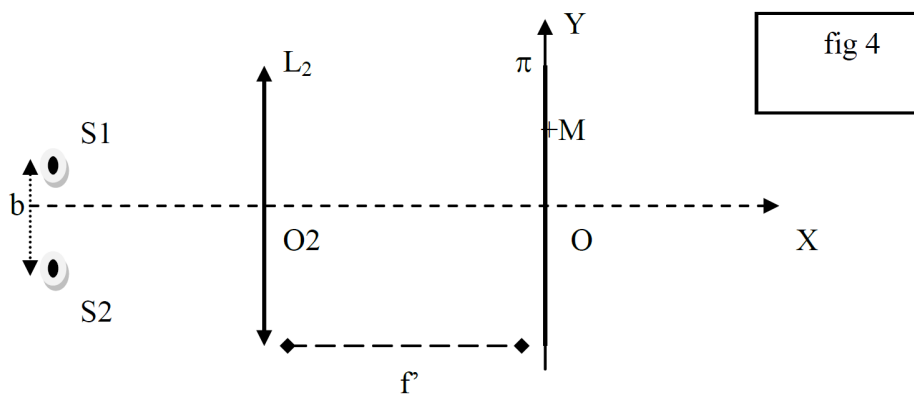
**Fig 3b: vue du plan  $\pi_E$**



- 1°) Préciser la signification des termes synchrone et cohérent.
- 2°) Les distances séparant les sources du point M( de coordonnées D,y,z) sont notées respectivement  $d_1=S_1M$  et  $d_2=S_2M$ .
  - a- Evaluer  $d_2, d_1$  en fonction de y, z, D et b.
  - b- En déduire la différence de marche  $\Delta = d_2 - d_1$  lorsque y, z et b sont très petits devant D.
  - c- Relier la différence de chemin optique  $\delta_{2/1}$ ,  $\Delta$  et l'indice absolu de l'air  $N_a$ .
- 3°) Montrer que l'intensité lumineuse au point M est de la forme  $I = A \cdot \{1 + \cos(B)\}$  et expliciter B en fonction de  $\delta_{2/1}$  et  $\lambda_0$ .
- 4°) Reproduire et compléter la fig 3b en dessinant l'allure géométrique des franges d'intensité maximale.
- 5°) Evaluer le nombre de franges d'intensité maximale observable avec :  $\lambda_0 = 500\text{nm}$ ,  
 $b = 2\text{mm}$ ,  $N_a \cong 1$  ;  $D = 2\text{m}$ .

### A- III) Montage expérimental.

On reprend le montage précédent de A-II mais on observe, à présent, les phénomènes sur un écran  $\pi$  situé dans le plan focal image d'une lentille convergente(  $L_2$  ). Cette lentille, fonctionnant dans les conditions de Gauss, sera considérée comme parfaitement stigmatique pour ses points conjugués. Les trous d'Young sont symétriques par rapport à l'axe optique OX de la lentille  $L_2$ .



On regarde ce qui se passe en un point M d'ordonnée y du plan  $\pi$ . On suppose que S1 et S2 sont en phase. Démontrer que la différence de chemin optique  $\delta_{2/1}$  entre l'onde

arrivant en M issue de S2 et celle issue de S1 est :  $\delta_{2/1} = N_a \cdot \frac{bY}{f'}$

On justifiera de manière précise, à l'aide de schémas, les raisonnements utilisés.

### A-IV) Mesure d'indice de réfraction.

Le dispositif de mesure comprend une source de lumière monochromatique S, ponctuelle, de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ , placée au foyer objet d'une lentille convergente L1 ( fig 5 ). Entre les deux lentilles L1 et L2 ( considérées comme minces, identiques, de distance focale  $f'$  ), on dispose deux cuves C1 et C2 identiques de longueur L.

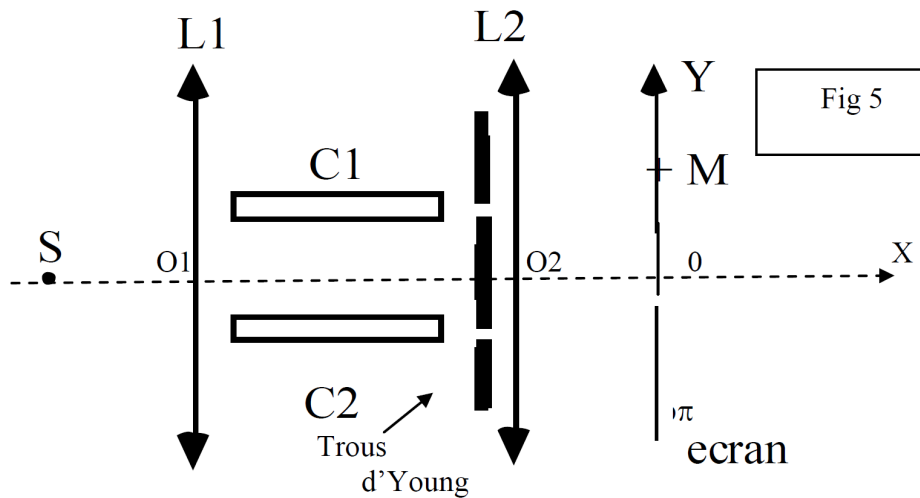
Deux fentes d'Young séparées de la distance b sont placées avant L2 symétriquement par rapport à l'axe SO.

On observe sur un écran  $\pi$  dans le plan focal image de L2.

Les points S et O sont sur l'axe optique commun de L1 et L2.

La cuve C2 contient de l'air d'indice optique absolu  $N_a$  ; la cuve C1 contient un gaz d'indice optique absolu  $N_1$ .

- 1°) Déterminer la différence de chemin optique  $\delta_{2/1}$  entre une onde issue de S arrivant en M en étant passée par C2 et celle qui est passée par C1.  
On donnera le résultat en fonction de  $n_a$ ,  $n_1$ ,  $b$ ,  $f'$ ,  $L$  et l'ordonnée  $y$  de M sur  $\pi$ .



- 2°) Tous les résultats trouvés en A-II-3° sont valides avec cette expression de  $\delta_{2/1}$  ;  
déterminer l'interfrange  $i'$ .

- 3°) Un capteur placé en O ( $y = 0$ ) est couplé à un compteur qui s'incrémente de 1 unité à chaque détection d'une frange brillante. On part d'un état initial où les cuves C1 et C2 sont remplies d'air.

- Quel est l'ordre d'interférence  $p_0$  initial en O ?
- On remplace progressivement l'air de la cuve C1 par du gaz d'indice  $n_1$  ( $n_1 > n_a$ ). Lorsque C1 est uniquement rempli de ce gaz, le détecteur s'est incrémenté de  $k$  unités. Préciser le nouvel ordre en  $Y=0$  et le sens dans lequel le système de frange a défilé (on attend ici une réponse argumentée)
- Déterminer l'expression littérale de  $n_1$  en fonction de  $n_a$ ,  $k$ ,  $L$  et  $\lambda_0$ .
- Avec  $L=1,00\text{m}$  ;  $k=100$  ;  $n_a=1,0002926$  ;  $\lambda_0=500\text{nm}$ , on obtient  $n_1 = 1,0003426$ . Pour chaque grandeur, on admet une erreur absolue de 1 sur le dernier chiffre indiqué. Combien de chiffres significatifs doit-on conserver dans le résultat de  $n_1$  (réponse argumentée requise).