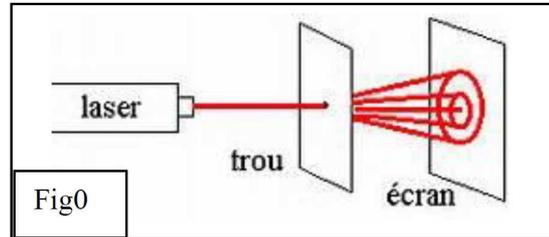


Devoir d'entraînement de physique n° 4

Mesures interférométriques

A-I) Trou d'Young.

Un Laser envoie, sur un trou circulaire de faible diamètre d percé dans un plan π_0 , un faisceau de lumière parallèle monochromatique, de longueur d'onde dans le vide λ_0 (Fig 0). On observe la figure 1 sur écran π_E placé à la distance D de π_0 (π_E et π_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 π_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 π_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 λ_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 π_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 π_E .

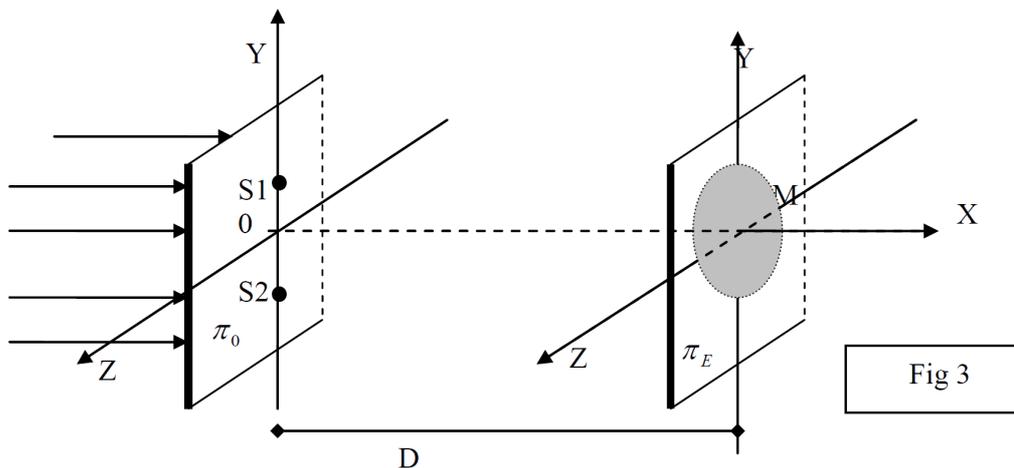


Fig 3a: Vue en coupe

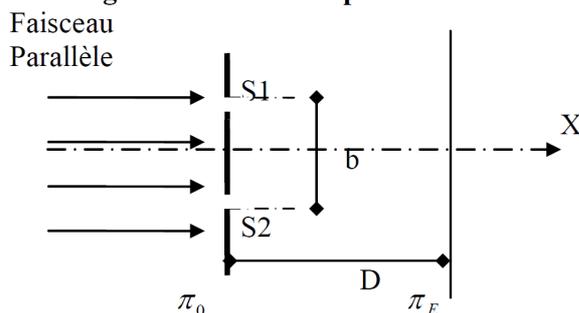
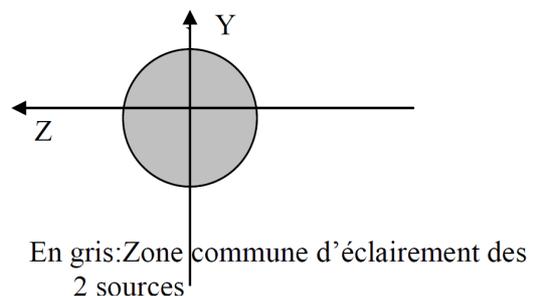


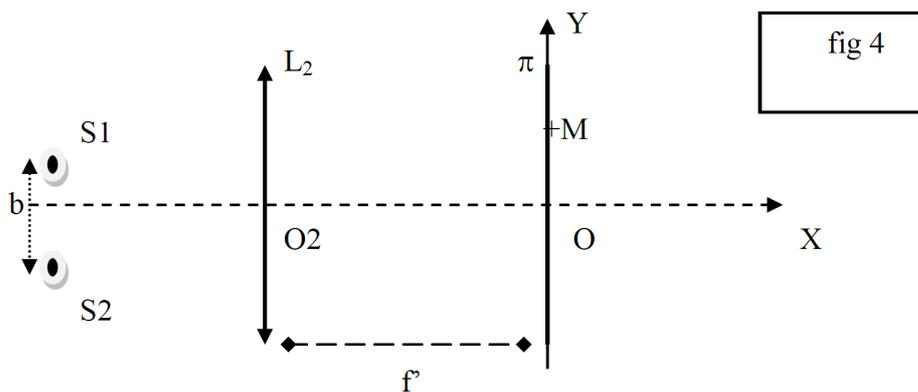
Fig 3b: vue du plan π_E



- 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 $\delta_{2/1}$, Δ 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 λ_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 π 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 π . 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 λ_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.

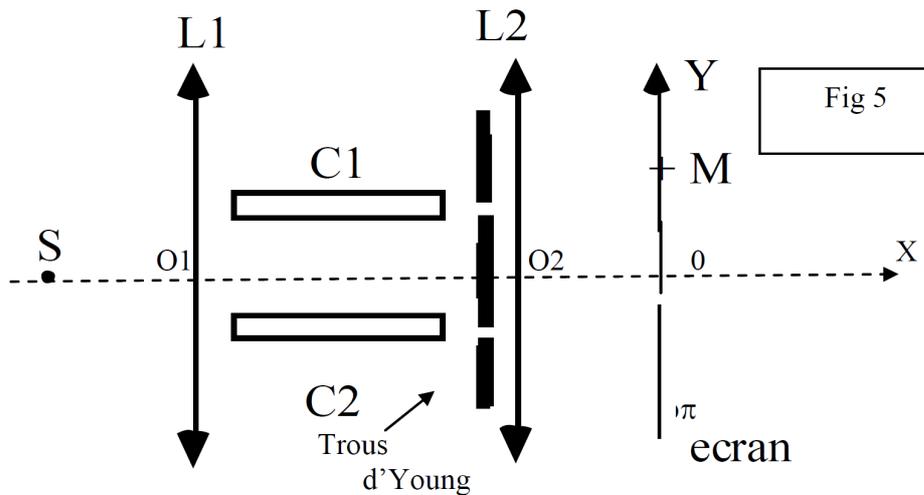
Deux fentes d'Young séparées de la distance b sont placées avant L2 symétriquement par rapport à l'axe SO.

On observe sur un écran π 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 π .



- 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 λ_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).