PARTIEL

Un aide mémoire de format A4 ainsi que la calculatrice sont autorisés. Un petit formulaire est à votre disposition à la fin de l'énoncé. Une attention particulière devra être apportée sur la justification des réponses données.
LIRE ENTIEREMENT LE SUJET AVANT DE VOUS LANCER !

Exercice 1 : Mesure d'un indice de réfraction

On considère le dispositif suivant (figure 1). Une source ponctuelle S est placée au foyer d'une lentille convergente. Il en sort une onde plane monochromatique (longueur d'onde λ) se propageant suivant l'axe (Oz). Cette onde éclaire des trous d'Young O_1 et O_2 identiques, séparés d'une distance O_1O_2=a suivant l'axe (Ox). L'écran d'observation est placé à une distance D des trous. Un point M sur cet écran est repéré par ses coordonnées (x,y). **On suppose que D >> a, x, y**. On note I_0 l'intensité produite par l'un des trous au niveau de l'écran.
On utilise ce dispositif pour mesurer l'indice de réfraction d'un verre. On place deux cylindres de longueur L de verres d'indices n_1 (référence connue) et n_2 (à mesurer) devant les trous O_1 et O_2. On note finalement $\Delta n= n_2- n_1$.

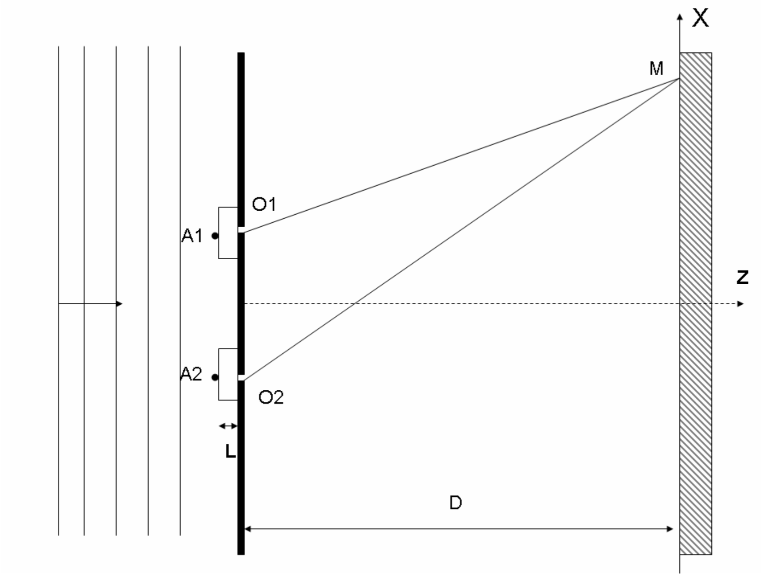

Figure 1

1) Montrer que la différence de phase entre les points A_1 et A_2 est nulle.
2) Montrer que le déphasage entre les points O_2 et O_1 est alors $\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=2\pi\Delta nL/\lambda$.
3) Exprimer la différence de chemin optique O_2M-O_1M en fonction de a,x,y et D. Simplifier cette expression en tenant compte de l'hypothèse D>>x,y,a.
4) Que vaut le déphasage total $\Delta\varphi_{tot}$ entre les ondes qui interfèrent en M(x,y) ?
5) Exprimer l'intensité I(x,y) mesurée en M.
6) Supposons que Δn=0. Comment évolue l'intensité suivant x ? suivant y ?
7) De combien se décale la figure d'interférence si $\Delta n \neq 0$?
8) Quelle condition sur le produit $\Delta n.L$ doit être respectée pour que ce décalage soit inférieur à un interfrange ?

Exercice 2 : Interférences entre une onde plane et une onde sphérique

On superpose deux ondes (1) et (2) mutuellement cohérentes, de même longueur d'onde λ sur un écran. Les champs de ces ondes sont notés S_1 (x,y,z) et S_2 (x,y,z). L'écran est placé en z = D perpendiculairement à l'axe (Oz).

Calculer l'intensité I(x,y,D) sur l'écran et déterminer la forme des franges brillantes dans les cas suivants :

1) Les ondes (1) et (2) sont des ondes planes d'intensités $I_1=I_2=I_0$. L'onde 1 arrive en incidence normale sur l'écran, tandis que l'onde (2) a une direction de propagation qui fait un angle α avec l'axe (Oz) et qui est contenue dans le plan (Oxz). Remarque : on ne considérera <u>pas</u> l'angle α petit.

2) L'onde (2) est maintenant une onde sphérique émise depuis O(x=0,y=0,z=0). On pourra faire l'hypothèse que D>>x,y, et on pourra introduire $r^2=x^2+y^2$. L'intensité de l'onde (1) sera notée I_1, tandis que l'intensité de l'onde (2) au centre de l écran (x=0, y=0,z=D) sera notée I_2.

Indication pour les deux cas : commencer par exprimer les champs S_1 et S_2 des deux ondes en (x, y, D). Dans l'expression de l'intensité I(x, y, D), on fera intervenir les intensités I_1 et I_2 des deux ondes en (x=0, y=0, z=D). De même, la différence de phase entre les ondes (1) et (2) en (x=0, y=0, z=D) sera notée φ.

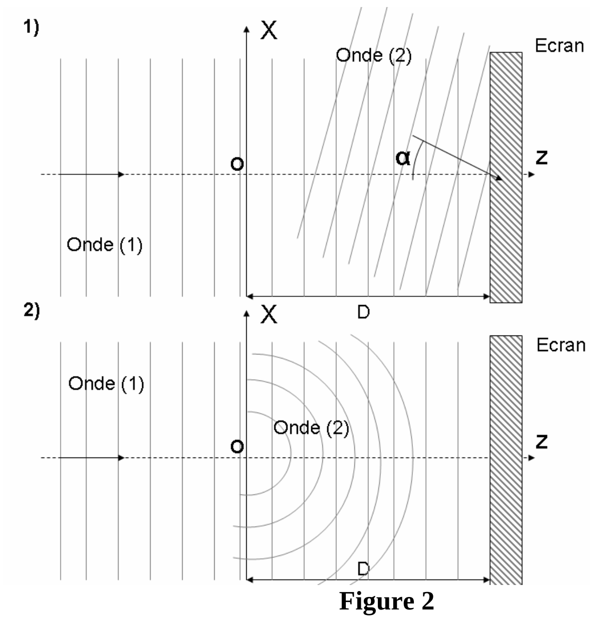

Figure 2

Exercice 3

On considère un dispositif de trous d'Young. La distance entre les trous est notée a, leur distance à l'écran d'observation est D>>a,x où x est l'abscisse du point M sur l'écran où l'on mesure l'intensité. Ces trous sont éclairés par une première onde plane monochromatique arrivant avec un angle d'incidence α <u>petit</u>. Sa longueur d'onde est λ. L'intensité émise par un trou au niveau de l'écran est I_0.

1) Faire un schéma montrant les trous d'Young et l'onde incidente, ainsi que l'angle α.
2) Calculer la différence de phase au niveau des trous φ_2-φ_1.
3) En déduire la différence de phase totale au point M, puis la répartition d'intensité I(x) sur l'écran en fonction de I_0, a, x, D, λ et α.

Une deuxième onde plane, de même longueur d'onde, mais provenant d'une autre source, éclaire les trous d'Young avec un angle d'incidence α'.

4) Les deux ondes sont elles mutuellement cohérentes ?
5) Pour quelle angle α' la figure d'interférence apparaît-elle brouillée ?

On suppose que les trous d'Young sont éclairés par un « bouquet » d'ondes planes provenant de sources mutuellement incohérentes.

On note $dI_0 = J(\alpha)d\alpha$ l'intensité émise par l'un des trous d'Young et provenant de l'onde plane incidente avec un angle α sur ce trou.

6) Calculer dI, l'intensité du rayonnement produit par les trous d'Young au niveau du point M de l'écran d'observation, sous l'effet d'une onde plane arrivant avec un angle α en fonction de $J(\alpha)d\alpha$, a,x,D *et* λ.

7) En déduire l'expression générale de l'intensité totale I reçue en M lorsque l'on tient compte de toutes les ondes planes du bouquet. On laissera pour le moment le résultat sous la forme d'une intégrale.

On suppose que J(α) est « rectangulaire » :

$$J(\alpha)=I_0/\Delta\alpha \text{ si } -\Delta\alpha/2 < \alpha < \Delta\alpha/2$$
$$J(\alpha)=0 \text{ sinon}$$

8) Montrer que I se met sous la forme :

$$I = 2I_0\left(1+F(x)\right)$$
$$F(x) = \sin c\left(\frac{\pi a\Delta\alpha}{\lambda}\right)\cos\left(\frac{2\pi ax}{\lambda D}\right)$$

9) Pour quelle(s) valeur(s) de $\Delta\alpha$ les franges disparaissent-elles complètement ?

FORMULAIRE

$$\sin c(x) = \sin(x)/x$$
$$\cos a\cos b = \tfrac{1}{2}(\cos(a+b)+\cos(a-b))$$
$$\sin a\sin b = \tfrac{1}{2}(\cos(a-b)-\cos(a+b))$$
$$\sin b\cos a = \tfrac{1}{2}(\sin(a+b)-\sin(a-b))$$
$$\sin a\cos b = \tfrac{1}{2}(\sin(a+b)+\sin(a-b))$$

FIN