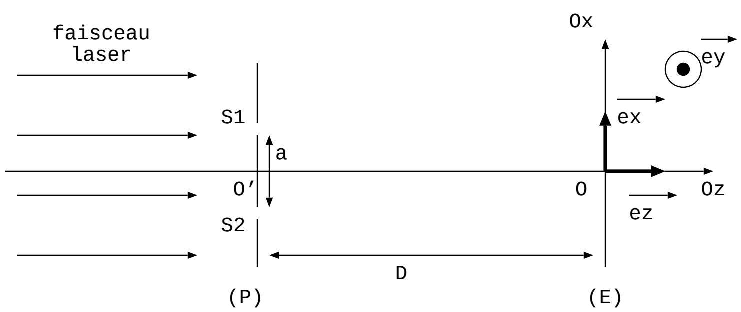
DS 2 de physique

Le sujet comprend deux problèmes et un exercice à traiter dans l'ordre de votre choix. Il est demandé de numéroter les pages au format i/N où i est le numéro de la page et N le nombre de pages.

Tous les résultats doivent être encadrés et justifiés. Quand vous utilisez une loi il faut donner le nom de la loi et préciser les hypothèses d'application.

I. **Problème 1: Expérience des trous d'Young**

On réalise, dans l'air, l'expérience des trous d'Young à l'aide du dispositif décrit et schématisé ci-dessous. Un laser, de longueur d'onde λ dans le vide, émet un faisceau lumineux cylindrique d'axe Oz. On suppose que le faisceau du laser éclaire entièrement et de manière uniforme les différentes ouvertures qui sont placées sur son passage. Une plaque opaque (P), percée de deux trous circulaires S_1 et S_2 de même taille et de faibles dimensions, est placée perpendiculairement à l'axe Oz. On note O' le milieu du segment $[S_1S_2]$. Le point O' appartient à l'axe Oz. La distance entre les centres des deux trous S_1 et S_2 est notée a. Le phénomène d'interférences est observé sur un écran (E) placé perpendiculairement à l'axe Oz. Soit O le point de l'écran (E) appartenant à l'axe Oz. La distance entre la plaque (P) et l'écran (E) est égale à D. On a ainsi $D = O'O$. L'espace est rapporté au repère cartésien $(O, \overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z})$ défini sur le schéma. Dans tout le problème, l'indice de réfraction de l'air sera pris égal à 1.



1. Enoncer les deux lois de l'optique géométrique. Quelle devrait être l'allure de la figure observée sur l'écran (E)?

2. A quel phénomène physique doit-on faire appel pour comprendre l'existence du champ d'interférences? Réaliser un schéma représentant le champ d'interférences.

3. Décrire la figure d'interférences observée dans le champ d'interférences (forme et direction des franges, définition et position de la frange centrale).

4. Soit un point M de l'écran (E), de coordonnées $(x, y, 0)$ dans le repère $(O, \overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z})$.

4.a. Exprimer les coordonnées des trous S_1 et S_2 dans le repère $(O, \overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z})$. Exprimer les distances S_1M et S_2M , respectivement entre les trous S_1 et S_2 et le point M, en fonction de a, D, x et y.

4.b. On définit la différence de marche par $\delta_{2/1}(M) = (SS_2M) - (SS_1M)$. La distance a entre les deux trous étant petite par rapport à la distance d'observation D, et le point M étant proche du point O, on peut considérer que a, x et y sont très petits devant D. En utilisant le développement limité au premier ordre $(1+\epsilon)^\alpha \approx 1 + \alpha\epsilon$ pour ϵ petit devant 1, déterminer l'expression simplifiée de $\delta_{2/1}(M)$ en fonction de a, x et D.

4.c. En déduire la forme des franges.

5. On représente par $s_1(t) = s_2(t) = s_0 \cos(\frac{2\pi c}{\lambda} t)$ l'expression des ondes respectivement aux points S_1 et S_2 où s_0 représente l'amplitude de l'onde considérée, c représente la célérité de la lumière dans le vide et t le temps. On néglige l'atténuation de l'onde entre les trous et le point M donc l'amplitude des ondes est constante.

5.a. On note $s_1(M,t) = s_0 \cos(\dfrac{2\pi c}{\lambda} t - \phi_1(M))$ l'onde issue du trou S_1 lorsqu'elle arrive au point M. $\phi_1(M)$ représente le déphasage de l'onde reçue en M par rapport à l'onde émise par S_1. Exprimer le temps mis par l'onde par aller de S_1 à M en fonction de S_1M et c. En déduire l'expression de $\phi_1(M)$ en fonction de S_1M et λ.

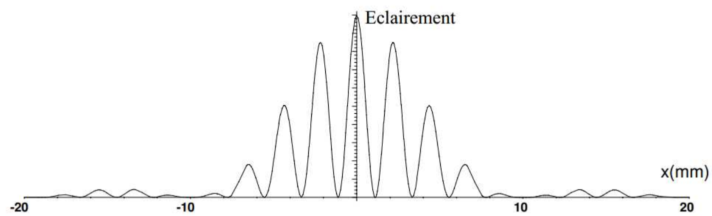
On note de la même façon $s_1(M,t) = s_0 \cos(\dfrac{2\pi c}{\lambda} t - \phi_2(M))$.

5.b. Exprimer l'onde résultante $s(M,t)$ reçue en M à l'instant t (garder $\phi_1(M)$ et $\phi_2(M)$ dans les expressions).

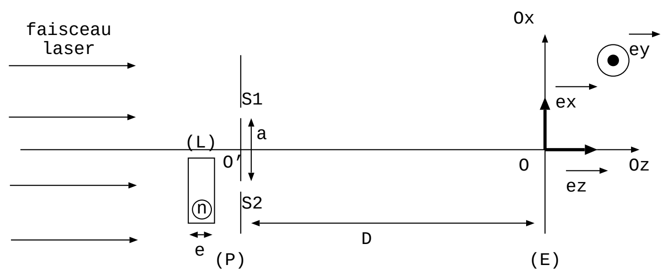
5.c. On note I_0 l'intensité des deux ondes $s_1(M,t)$ et $s_2(M,t)$ et on rappelle que $2\cos a \cos b = \cos(a+b)+\cos(a-b)$. Exprimer $I(M)$, l'intensité de l'onde reçue en M, en fonction de I_0 et $\phi(M) = \phi_2(M) - \phi_1(M)$. Donner le nom de cette relation.

5.d. Définir l'ordre d'interférences en M et la notion d'interfange. Exprimer, en détaillant clairement la démarche, l'interfrange i en fonction de λ, D et a.

5.e. On donne, le graghe représentant l'intensité lumineuse sur l'écran en fonction de x pour $\lambda = 632\ nm$ et pour $D = 1,0\ m$. Lire sur la courbe les valeurs de x pour $p = 1,5$ et pour $p = -2$. Lire les valeurs de x qui délimitent la tache centrale de diffraction. Déduire de la courbe la valeur numérique de a (distance entre les trous).



6. Dans cette question uniquement, on rajoute devant le trou S_2 une petite lame de verre (L) à faces parallèles, d'épaisseur e et d'indice n. Le faisceau laser arrive toujours perpendiculairement à la plaque (P) et traverse la lame (L) sous incidence normale.

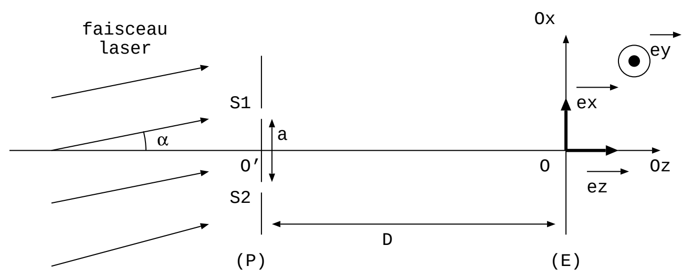


6.a. Prévoir sans calcul le sens de déplacement des franges.

6.b. Calculer la différence de chemin optique $\delta'_{2/1}(M)$ en fonction de n, e, a, x et D.

6.c. Calculer l'ordre d'interférences au point O et en déduire le nombre de franges brillantes qui ont défilé au point O. AN: $a = 300\ \mu m$, $\lambda = 632\ nm$, $D = 1,0\ m$, $n = 1,6$ et $e = 7,5\ \mu m$.

7. Les rayons du faisceau laser ne sont plus parallèles à l'axe Oz. Ils sont inclinés d'un angle α petit par rapport à cet axe. Exprimer la différence de marche $\delta''_{2/1}(M)$ en un point d'abscisse x sur l'écran. En déduire en fonction de a et α la position de la frange centrale. Dans quel sens les franges ont-elles défilé?



II. **Exercice: Poids d'un corps**

Définir le poids d'un corps en vous appuyant sur un schéma en un point M à la latitude λ à la surface de la Terre.

Quelle devrait être la période T de rotation de la Terre sur elle-même pour que le champ de pesanteur soit nul en tout point de l'équateur ?

Calculer la durée du jour correspondante. Données : rayon de la Terre: $R_T = 6370\ km$, masse de la Terre: $M_T = 5,9.10^{24}\ kg$ et $\mathcal{G} = 6,67.10^{-11}\ SI$