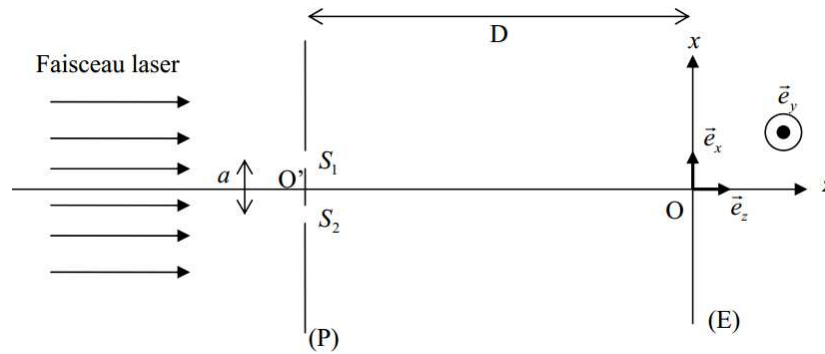


DM 3 de physique

On réalise, dans l'air, l'expérience des trous d'Young à l'aide du dispositif décrit et schématisé ci-dessous.

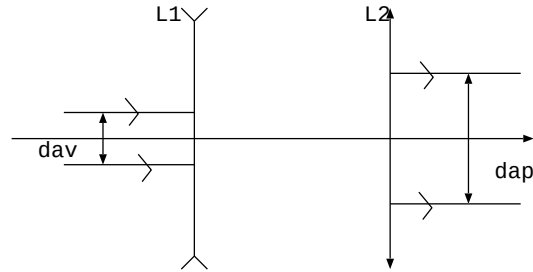


Un laser, de longueur d'onde dans le vide λ , émet un faisceau lumineux cylindrique d'axe Oz . On suppose par la suite, sauf mention contraire dans la question 1/, que le faisceau du laser éclaire entièrement et de manière uniforme les différentes ouvertures qui sont placées sur son passage. Une plaque opaque (P), percée de deux trous circulaires de centres 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 et a la distance entre les centres des deux trous S_1 et S_2 . Le phénomène d'interférences est observé sur un écran (E) placé perpendiculairement à l'axe Oz . La distance entre la plaque (P) et l'écran (E) est égale à D . On a ainsi $O'O = D$.

Dans tout le problème, l'indice de réfraction de l'air sera pris égal à 1.

1. Nous nous plaçons, uniquement pour cette question, dans le cas où le laser dont nous disposons ne permet pas d'éclairer simultanément les deux trous de la plaque (P): le diamètre du faisceau laser est inférieur à la distance a . Nous souhaitons réaliser un dispositif permettant d'élargir le faisceau laser. Pour cela nous disposons de deux lentilles: une lentille divergente L_1 et une lentille convergente L_2 de distances focales respectives f'_1 et f'_2 , telles que $|f'_1| < f'_2$. On note d_{av} et d_{ap} les diamètres respectifs du faisceau laser avant et après son élargissement.



Reproduire le schéma du montage et compléter le trajet des rayons. Calculer le rapport $\frac{d_{ap}}{d_{av}}$ en fonction de f'_1 et f'_2 .

2. Quelle est la couleur émise par le laser dans le cas d'un laser He-Ne de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 632,8 \text{ nm}$? Quelles sont les longueurs d'onde et les couleurs respectives qui correspondent aux limites du spectre de la lumière visible?

3. Existence d'un champ d'interférences

3.a. En se référant uniquement aux lois de l'optique géométrique, quelle devrait être l'allure de la figure observée sur l'écran (E)? Pour quelle raison l'optique géométrique ne permet-elle pas de prévoir l'existence d'un champ d'interférences dans le cas du dispositif des trous d'Young? A quel phénomène physique doit-on faire appel pour en comprendre l'existence?

3.b. Réaliser un schéma représentant le champ d'interférences. Préciser sa forme et exprimer sa taille. On note R le rayon d'un trou. Donnée: la demi largeur angulaire de la tache centrale de diffraction pour un trou de rayon R est $\theta_{1/2} = \frac{1,22\lambda}{2R}$.

4. Description de la figure d'interférences

Les réponses aux questions suivantes seront justifiées. Une démonstration quantitative ne sera toutefois pas exigée.

- 4.a. Qu'observe-t-on sur l'écran (E)? Décrire précisément la figure d'interférences obtenue.
- 4.b. Qu'observe-t-on sur l'écran (E) si l'on obture l'un des deux trous?
- 4.c. Comment est modifiée la figure d'interférences si on translate la plaque (P) suivant l'axe Ox suivant l'axe Oy ?
- 4.d. Comment est modifiée la figure d'interférences si on translate l'écran (E) suivant l'axe Oz ?

5. Différence de chemin optique

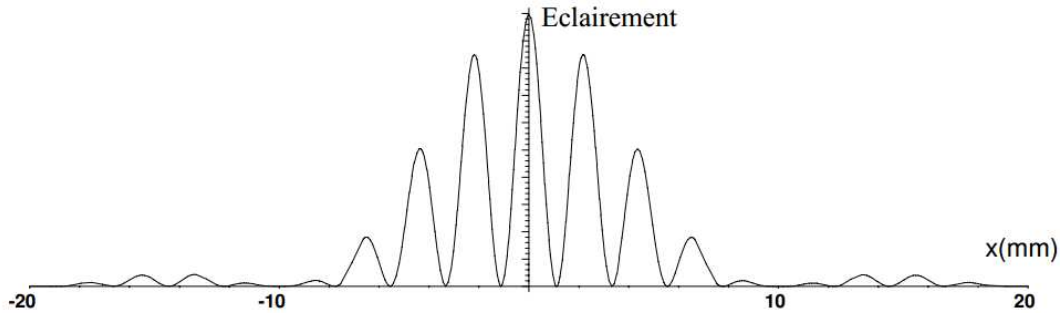
Soit un point M de l'écran (E), de coordonnées $(x, y, 0)$ dans le repère $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$.

5.a. Exprimer les coordonnées des trous S_1 et S_2 , et la différence de chemin optique $\delta(M) = S_2M - S_1M$ sans aucune approximation, en fonction de a , D , x et y .

5.b. 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 , y sont très petits devant D . En faisant un développement limité au premier ordre de l'expression de $\delta(M)$ obtenue précédemment, en déduire l'expression simplifiée de $\delta(M)$ en fonction de a , D et x .

5.c. Déduire de l'expression de la différence de marche la forme des franges et l'expression de l'interfrange.

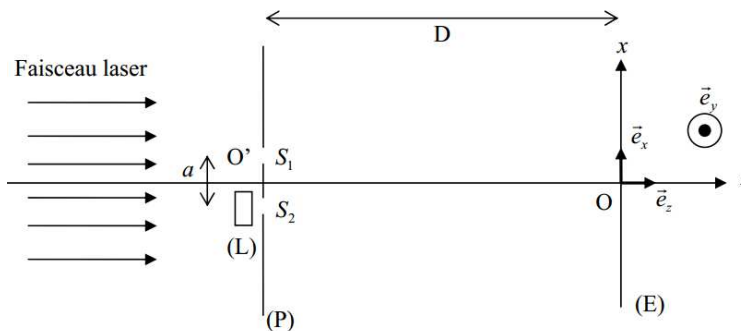
6. On donne l'intensité sur l'écran en fonction de x . Déduire de cette courbe les valeurs numériques de R et de a . Données: $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ et $D = 1,0 \text{ m}$.



Nous nous plaçons encore pour cette partie dans le cas où 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 , y sont très petits devant D .

7. Interposition d'une lame à faces parallèles

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

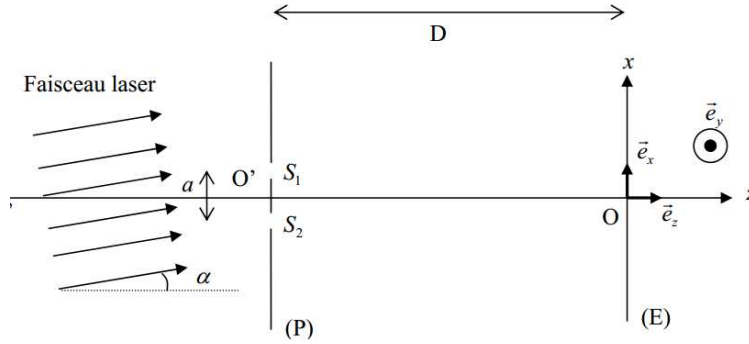


Prévoir sans calcul le sens dans lequel se déplace la figure d'interférences par rapport au cas de la question précédente? Calculer la différence de chemin optique $\delta'(M)$ au point M entre les rayons issus de S_1 et S_2 en fonction de n , e , a , x et D . En déduire, en utilisant les résultats de la partie précédente, de quelle distance

d la figure d'interférences sera translatée. On exprimera d en fonction de n , e , a et D . Calculer d pour $a = 300 \mu m$, $\lambda = 632,8 nm$, $D = 1,0 m$, $n = 1,6$ et $e = 7,5 \mu m$.

8. Inclinaison du faisceau laser

Les rayons du faisceau laser ne sont plus parallèles à l'axe Oz . Ils sont inclinés d'un angle D par rapport à cet axe. On se placera dans le cas où l'angle α est petit.



Comment est modifiée la figure d'interférences? Quelle est dans ce cas la position de la frange d'ordre 0?

9. Pour mesurer l'écartement a des trous, on propose de faire l'image agrandie des trous par une lentille convergente de distance focale image $f' = 10,0 cm$, on réalise l'image des trous de Young sur un écran placé à une distance $L = 2,0 m$ des trous et A' son image réelle sur l'écran. On a donc $AA' = L$ et on note $x = AO > 0$ (la distance AO).

9.a. Déterminer l'équation vérifiée par x pour que l'image se forme sur l'écran. Montrer que cette équation admet deux solutions que l'on exprimera en fonction de L et f' .

9.b. Garder la solution x qui correspond au grandissement le plus grand en valeur absolue et exprimer ce grandissement γ en fonction de L et f' . Faire l'application numérique.

9.c. L'écartement a' des trous images sur l'écran vaut $a' = 2,3 mm$. En déduire a .