

Devoir Surveillé n°7

Durée : 2 heures

Les calculatrices personnelles sont interdites.

Instructions générales

Les candidats sont invités à porter une attention particulière à la rédaction. La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. En particulier, les résultats non encadrés et non justifiés ne seront pas pris en compte.

Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne donnera pas lieu à attribution de points.

Les différents problèmes sont indépendants. Les diverses parties peuvent être traitées dans l'ordre choisi par le candidat. Le candidat prendra soin de bien numéroter les questions.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Physique : (au choix)

Problème 1 (2 h) : Extrait CCP 2007

ou

**Problème 1 (1h) : Extrait
Centrale Supélec 2007**

**Problème 2 (1h) : Extrait
Centrale Supélec 2009**

L'usage des calculatrices est interdit.

N.B. : Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Ce sujet comporte trois problèmes indépendants qui portent sur des thèmes différents.

Chaque problème comporte plusieurs parties qui sont le plus souvent indépendantes les unes des autres.

Données mathématiques :

Opérateurs mathématiques en coordonnées cartésiennes :

Divergence :
$$\operatorname{div} \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

Rotationnel :
$$\operatorname{rot} \vec{A} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) \vec{e}_x + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) \vec{e}_y + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right) \vec{e}_z$$

Laplacien d'un champ scalaire :
$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$$

Laplacien d'un champ vectoriel :
$$\Delta \vec{A} = \begin{cases} \Delta A_x = \frac{\partial^2 A_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A_x}{\partial z^2} \\ \Delta A_y = \frac{\partial^2 A_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A_y}{\partial z^2} \\ \Delta A_z = \frac{\partial^2 A_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A_z}{\partial z^2} \end{cases}$$

Relations concernant les opérateurs mathématiques :

$$\operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec{Z}) = \operatorname{grad}(\operatorname{div} \vec{Z}) - \Delta \vec{Z}$$

$$\Delta U = \operatorname{div}(\operatorname{grad} U)$$

Trigonométrie :

$$\cos(a + b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

$$\cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$$

$$\sin(a + b) = \sin a \cos b + \sin b \cos a$$

$$\sin(a - b) = \sin a \cos b - \sin b \cos a$$

$$\cos(p) + \cos(q) = 2 \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

$$\cos(p) - \cos(q) = -2 \sin\left(\frac{p+q}{2}\right) \sin\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

$$\sin(p) + \sin(q) = 2 \sin\left(\frac{p+q}{2}\right) \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

$$\sin(p) - \sin(q) = 2 \sin\left(\frac{p-q}{2}\right) \cos\left(\frac{p+q}{2}\right)$$

$$ch^2(x) - sh^2(x) = 1$$

Premier problème :

Interférences lumineuses : dispositif 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 dans le vide λ , émet un faisceau lumineux cylindrique d'axe $z'z$.

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 S_1 et S_2 de même taille et de faibles dimensions, est placée perpendiculairement à l'axe $z'z$.

On note O' le milieu du segment $[S_1S_2]$. Le point O' appartient à l'axe $z'z$.

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 $z'z$. Soit O le point de l'écran (E) appartenant à l'axe $z'z$.

La distance entre la plaque (P) et l'écran (E) est égale à D . On a ainsi $D = O'O$.

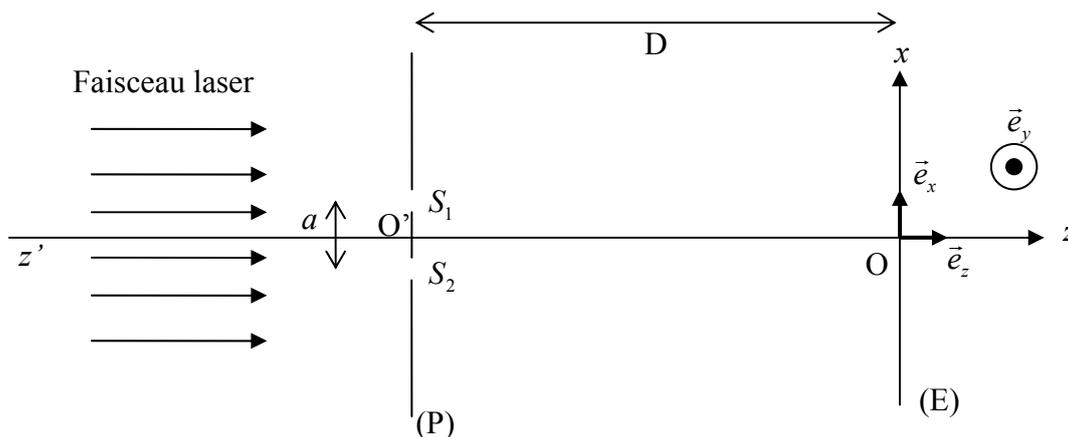
L'espace est rapporté au repère cartésien $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ défini comme suit :

\vec{e}_z : vecteur unitaire de l'axe Oz , orienté de la plaque (P) vers l'écran (E).

\vec{e}_x : vecteur unitaire de l'axe Ox , parallèle à $[S_1S_2]$ et orienté de S_2 vers S_1 .

\vec{e}_y : vecteur unitaire de l'axe Oy tel que la base $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ soit orthonormée directe.

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



Première partie : réalisation pratique du dispositif

1/ Elargisseur de faisceau

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 S_1 et S_2 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 dispose les deux lentilles de telle sorte que le foyer image de la lentille divergente L_1 soit confondu avec le foyer objet de la lentille convergente L_2 .

La lentille L_1 est placée avant la lentille L_2 sur le trajet du faisceau laser.

Soit d_{av} le diamètre du faisceau laser avant son élargissement et d_{ap} le diamètre du faisceau laser après son élargissement.

Faire un schéma du montage ainsi réalisé et mettant en évidence l'élargissement du faisceau incident.

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 ?

Deuxième partie : description qualitative du phénomène

3/ Existence d'un champ d'interférences

3.1/ 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 ?

3.2/ Réaliser un schéma représentant le champ d'interférences.

4/ Description de la figure d'interférences

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

4.1/ Qu'observe-t-on sur l'écran (E) ? Décrire précisément la figure d'interférences obtenue.

4.2/ Qu'observe-t-on sur l'écran (E) si l'on obture l'un des deux trous ?

4.3/ Comment est modifiée la figure d'interférences si on translate la plaque (P) suivant l'axe Ox ? suivant l'axe Oy ?

4.4/ Comment est modifiée la figure d'interférences si on translate l'écran (E) suivant l'axe $z'z'$?

Troisième partie : description quantitative du phénomène

5/ Différence de chemin optique

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

5.1/ Exprimer les coordonnées des trous S_1 et S_2 dans le repère $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$.

Exprimer les distances S_1M et S_2M , respectivement entre les trous S_1 et S_2 et le point M . On exprimera S_1M et S_2M en fonction de a, D, x et y .

En déduire l'expression de la différence de chemin optique $\delta(M) = S_2M - S_1M$ au point M entre les rayons issus de S_1 et S_2 . On exprimera $\delta(M)$ en fonction de a, D, x et y . Le calcul sera mené sans aucune approximation.

5.2/ 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 .

5.3/ En prenant en compte l'expression de $\delta(M)$ calculée à la question précédente, expliquer comment serait modifiée la figure d'interférences si on remplaçait les deux trous par deux fentes très fines appartenant à la plaque (P), parallèles à l'axe Oy et distantes de a ?

6/ Intensité lumineuse de l'onde résultante

On représente par $s_1(t) = s_2(t) = s_0 \cos\left(\frac{2\pi c}{\lambda}t\right)$ l'expression des ondes respectivement aux points S_1 et S_2 .

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 .

6.1/ Déterminer l'expression $s_{1M}(t)$ de l'onde issue du trou S_1 lorsqu'elle arrive au point M . On exprimera $s_{1M}(t)$ en fonction de s_0, S_1M, c, λ et t .

Déterminer, de même, l'expression $s_{2M}(t)$ de l'onde issue du trou S_2 lorsqu'elle arrive au point M . On exprimera $s_{2M}(t)$ en fonction de s_0, S_2M, c, λ et t .

6.2/ En déduire l'expression $s_M(t)$ de l'onde qui résulte de la superposition des deux ondes $s_{1M}(t)$ et $s_{2M}(t)$ au point M . On exprimera $s_M(t)$ en fonction de $s_0, S_1M, S_2M, c, \lambda$ et t .

Mettre l'expression de $s_M(t)$ sous la forme du produit d'un terme indépendant du temps (amplitude de l'onde) et d'un terme dépendant du temps.

6.3/ Sachant que l'intensité lumineuse I_M (appelée aussi éclairement) qui résulte, au point M , de l'onde $s_M(t)$ est proportionnelle au carré de l'amplitude de $s_M(t)$ avec K constante de proportionnalité, exprimer l'intensité lumineuse I_M au point M en fonction de s_0, K, δ et λ puis en fonction de s_0, K, a, x, λ et D .

6.4/ Calculer, en détaillant clairement le raisonnement effectué, l'expression de l'interfrange i de la figure d'interférences. Exprimer i en fonction de a , λ et D .

6.5/ Tracer l'allure du graphe de I_M en fonction de x .

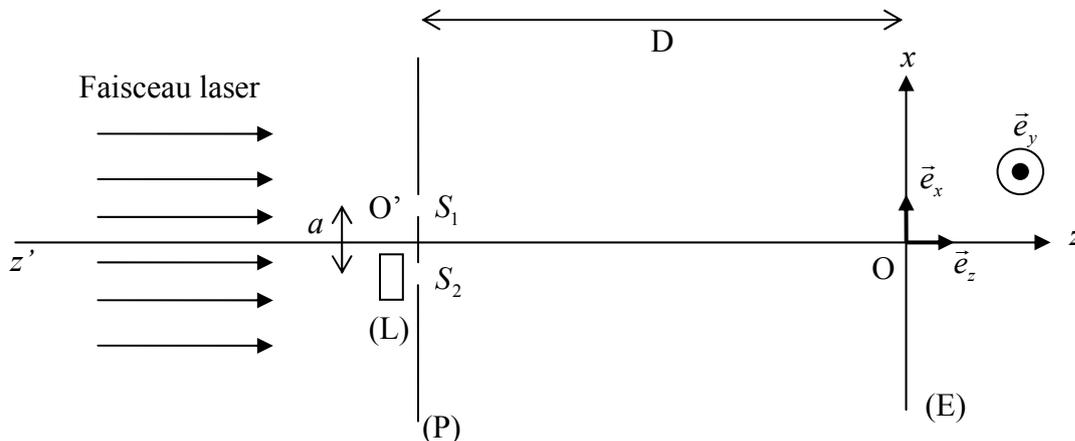
6.6/ Quelle est la position de la frange d'ordre 0 ?

Quatrième partie : modification du dispositif interférentiel

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.



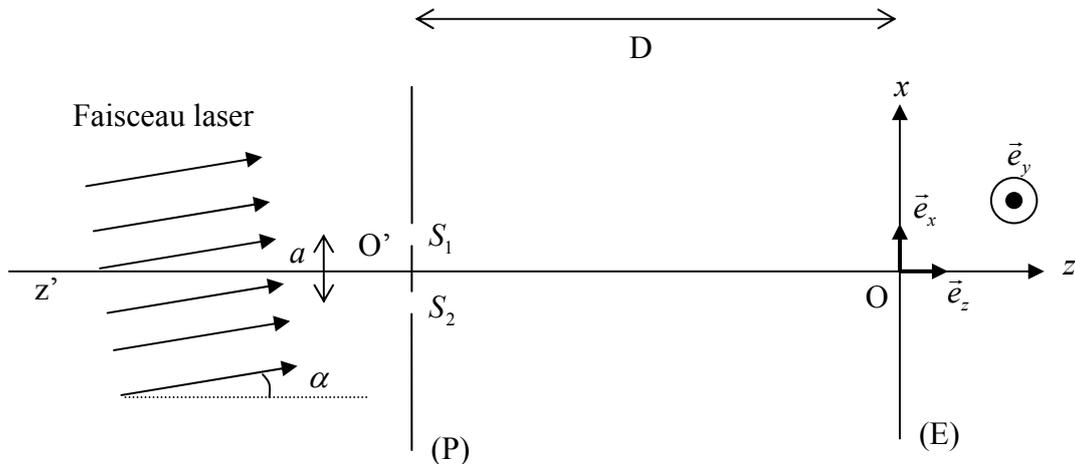
Calculer la différence de chemin optique $\delta'(M)$ au point M entre les rayons issus de S_1 et S_2 . Exprimer $\delta'(M)$ en fonction de n , e , a , x et D .

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 .

Dans quel sens se déplace la figure d'interférences par rapport au cas de la question précédente ?

8/ Inclinaison du faisceau laser

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

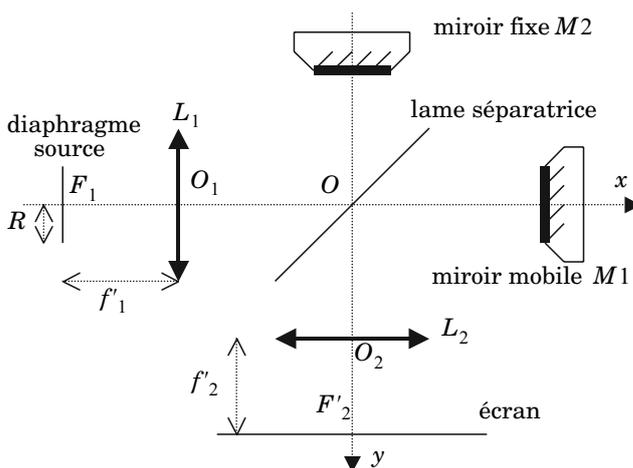


Comment est modifiée la figure d'interférences ?

Quelle est dans ce cas la position de la frange d'ordre 0 ?

Partie III - Observation d'anneaux avec l'interféromètre de Michelson

L'interféromètre est éclairé par une source étendue réalisée à l'aide d'un diaphragme ayant la forme d'un disque de rayon R et d'axe Ox . Ce diaphragme intercepte une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 550 \text{ nm}$. Il est placé dans le plan focal objet d'une lentille mince convergente L_1 de focale $f'_1 = 10 \text{ cm}$ et d'axe Ox . On observe la figure d'interférence sur un écran situé dans le plan focal image d'une lentille mince convergente L_2 de focale $f'_2 = 50 \text{ cm}$ et d'axe Oy . L'ensemble est placé dans l'air, dont l'indice est pris égal à 1.



III.A - On observe des anneaux sur l'écran. En déduire l'orientation relative des deux miroirs.

III.B - La zone éclairée de l'écran est un disque de rayon $R' = 5,0 \text{ cm}$. Que vaut R ?

III.C - On chariote le miroir $M1$ (translation dans la direction Ox) jusqu'à l'obtention d'un éclairage uniforme sur l'écran. Comment s'appelle cette situation ?

III.D - À partir de la position précédente, on chariote maintenant $M1$ d'une distance e dans le sens des x croissants. On observe à nouveau des anneaux.

III.D.1) Établir l'expression de la différence de marche δ entre les deux ondes qui interfèrent en un point M de l'écran, repéré par l'angle i que fait O_2M avec l'axe Oy . On exprimera le résultat à l'aide de e et de l'angle i .

III.D.2) On relève le rayon du 1^{er} anneau sombre à partir du centre de la figure : $r_1 = 1,5 \text{ cm}$ et celui du 9^{me} anneau sombre : $r_9 = 4,8 \text{ cm}$. Calculer numériquement e .

III.D.3) Quel est le rayon du 2^{me} anneau sombre ?

III.D.4) On constate que l'intervalle entre les anneaux successifs se resserre quand on passe du centre au bord de la figure d'interférences. Expliquer ce phénomène.

III.E - On translate progressivement le miroir $M1$ en accroissant e .

III.E.1) Prévoir en l'expliquant le sens de défilement des anneaux.

III.E.2) Expliquer comment évolue le nombre d'anneaux observables sur l'écran.

Partie IV - Interférences entre ondes planes électromagnétiques. Application aux interférences lumineuses

IV.A - Étude électromagnétique

On considère deux ondes électromagnétiques planes progressives, monochromatiques, de même pulsation ω , se propageant dans le vide dans la même direction et le même sens (celui de l'axe Oz). On notera c la célérité de la lumière dans le vide. $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ est une base orthonormée associée au trièdre (Ox, Oy, Oz)

IV.A.1) Les deux ondes sont polarisées rectilignement selon le même axe Ox . On a alors deux polarisations parallèles. On note E_{01} et E_{02} les amplitudes, supposées positives, des champs électriques des deux ondes. L'onde 2 présente un retard de phase φ par rapport à l'onde 1.

a) Exprimer les champs électriques \vec{E}_1, \vec{E}_2 et les champs magnétiques \vec{B}_1, \vec{B}_2 caractérisant les deux ondes. Calculer pour chacune des deux ondes les vecteurs de Poynting $\vec{\Pi}_1$ et $\vec{\Pi}_2$ ainsi que leurs moyennes temporelles $\langle \vec{\Pi}_1 \rangle$ et $\langle \vec{\Pi}_2 \rangle$.

b) Exprimer pour l'onde résultante le vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ et sa moyenne temporelle $\langle \vec{\Pi} \rangle$.

c) On introduit les intensités : $I_1 = \langle \vec{\Pi}_1 \rangle \cdot \vec{u}_z$, $I_2 = \langle \vec{\Pi}_2 \rangle \cdot \vec{u}_z$ et $I = \langle \vec{\Pi} \rangle \cdot \vec{u}_z$. Relier I à I_1, I_2, φ .

IV.A.2) Les deux ondes sont désormais polarisées rectilignement, l'onde 1 selon Ox et l'onde 2 selon Oy . On a alors deux polarisations orthogonales. L'onde 2 présente toujours le déphasage φ par rapport à l'onde 1. Reprendre les calculs précédents afin d'écrire I en fonction des mêmes quantités.

IV.A.3) Conclure sur les conditions nécessaires à des interférences d'ondes planes progressives monochromatiques polarisées rectilignement se propageant sur le même axe.

Filière TSI

5) Considérons maintenant une distribution discrète de N charges ponctuelles négatives $\{-q_i, i \in [1, N]\}$ qui se déplacent toutes à la même vitesse v dans le sens des x croissants. On note

$$-Q = \sum_{i=1}^N -q_i \text{ la charge totale des charges mobiles négatives.}$$

Que vaut le courant induit dans le circuit extérieur ?

Partie I - Interféromètre de Michelson et détecteur de mouvement

On considère un interféromètre de Michelson dont le schéma simplifié est donné par la figure 2. On admettra que l'ensemble constitué par la séparatrice et la compensatrice se comporte comme une lame séparatrice idéale sans absorption et d'épaisseur nulle. Dans cette figure l'axe Oy est horizontal tandis que l'axe Ox est orienté selon la verticale descendante.

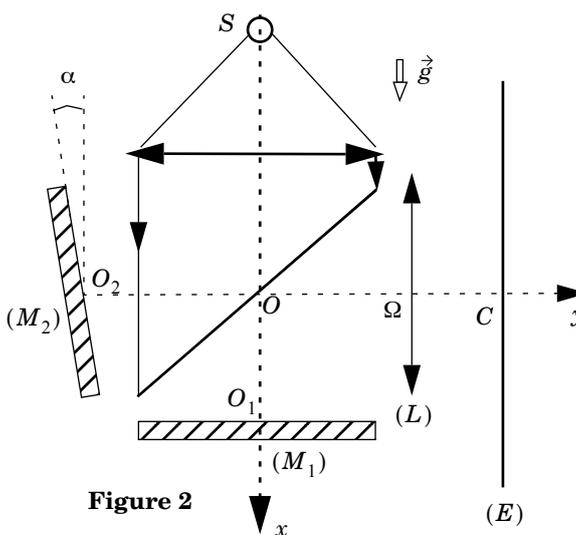


Figure 2

La source S , peu étendue, est monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$. Elle est placée dans le plan focal objet d'une lentille convergente de telle sorte que le miroir (M_1) est éclairé sur toute sa surface sous une incidence quasi normale. Le miroir (M_1) est perpendiculaire à l'axe Ox tandis que le miroir (M_2) fait un léger angle α avec la verticale comme indiqué sur la figure 2. On note O_1 et O_2 les points d'intersection respectifs des miroirs (M_1) et (M_2) avec les axes Ox et Oy . La distance OO_1 sera notée L_1 et la distance OO_2 sera notée L_2 . Les miroirs sont disposés de façon à ce que $e = L_1 - L_2 = 0$.

(L) est une lentille convergente de centre Ω et de distance focale image $f' = 15$ cm dont l'axe optique est confondu avec Oy . (E) est un écran dont le centre C est situé sur l'axe Oy .

I.A - Déterminer la figure d'interférences. On précisera en particulier la localisation de la figure d'interférences, la forme de la figure et on déterminera l'expression de l'interfrange i en fonction de λ et α .

I.B - On désire observer la figure d'interférences sur l'écran (E) avec un grandissement de 1 en valeur absolue. Comment faut-il positionner la lentille (L) et l'écran (E) en sortie du Michelson ? Calculer numériquement les distances $O_2\Omega$ et ΩC .

I.C - Donner l'expression de l'éclairement lumineux sur l'écran en fonction de x et i . On notera ξ_0 l'éclairement maximum de la figure. Où est située la frange brillante d'ordre 0 ?

I.D - On déplace le miroir (M_1) d'une petite distance d vers le bas (dans le sens des x croissants). Indiquer précisément comment est modifiée la figure d'interférences. De quelle distance minimale d_{\min} faut-il déplacer (M_1) pour que la frange en C devienne sombre ? Donner la nouvelle expression de l'éclairement sur l'écran.

I.E - On replace le miroir (M_1) en O_1 , position pour laquelle $e = 0$. À un instant t pris comme origine des temps on déplace vers le bas le miroir (M_1) avec une vitesse v constante. Quel est le premier instant t_1 pour lequel la frange centrale devient sombre ? Donner en fonction de λ et de v l'expression des instants successifs t_n pour lesquels la frange centrale est sombre. À quelle vitesse et dans quel sens se déplacent les franges sur l'écran ?

Dans toute la suite on supposera que l'emploi d'un laser pour confectionner la source S permet d'observer des interférences même pour un déplacement du miroir (M_1) sur des distances relativement importantes.

On remplace l'écran par un détecteur. Ce détecteur est constitué par un parallélépipède de faible épaisseur a et de largeur et longueur égales toutes deux à $D = 2,0$ mm. Deux électrodes métalliques ont été déposées sur les surfaces orthogonales à Ox parallèlement aux franges d'interférences (voir Figure 3). Ces deux électrodes sont reliées à un ampèremètre. Le détecteur est placé perpendiculairement à l'axe Oy en faisant coïncider son centre avec le point qu'occupait le point C de l'écran.

Le matériau constituant le détecteur est tel que l'on pourra considérer que l'ensemble du système se comporte comme le condensateur des questions préliminaires : la présence d'une charge $-q$ dans le matériau aura la même influence sur les électrodes du détecteur que sur les électrodes du condensateur des questions préliminaires. On négligera donc tous les effets de bord.

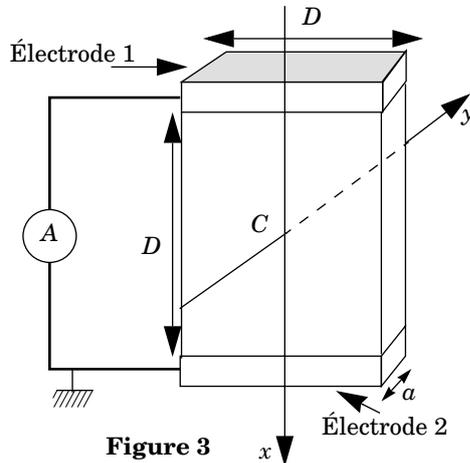


Figure 3

I.F - Le miroir (M_1) étant placé en O_1 on veut pouvoir observer exactement un nombre entier N de franges brillantes et N franges sombres sur le détecteur. Comment faut-il choisir la valeur de l'angle α ? On déplace le miroir (M_1) d'une petite distance d vers le bas. Le nombre de franges visibles sur le détecteur varie-t-il ?

Application numérique : on désire $N = 20$. Calculer α .

I.G - Le matériau du détecteur est photoconducteur. L'exposition à un flux lumineux d'une petite surface dS autour d'un point P de la surface du matériau crée uniformément dans le petit volume $a \times dS$ du matériau un excès de charges mobiles négatives dont la densité volumique $\rho(P)$ est proportionnelle à l'éclairement local $\xi(P)$ suivant la loi $\rho(P) = -\eta\xi(P)$, le coefficient de proportionnalité η étant une constante positive. En déduire la charge totale Q des porteurs mobiles négatifs créés dans le matériau lorsque celui-ci est éclairé par le système d'interférences obtenu à la question I.F ? Si on déplace le miroir (M_1) d'une petite distance d selon Ox la charge Q créée dépend-elle de la valeur de d ?

I.H - On déplace le miroir (M_1) vers le bas avec une vitesse v . Déterminer le courant I mesuré par l'ampèremètre dans le circuit extérieur ? Préciser le sens de ce courant.

Application numérique : on suppose que $Q = -6,33 \times 10^{-12}$ C et que la vitesse de déplacement de (M_1) est $v = 1,0$ m.s⁻¹. Calculer la valeur de I en prenant toujours $N = 20$ et $\lambda = 633$ nm.

I.I - On veut convertir le courant mesuré en une tension que l'on pourra traiter ensuite avec d'autres montages. Montrer que le montage de la figure 4 réalise effectivement cette fonction. On donnera l'expression de la tension de sortie V_{S1} en fonction du courant I et de R_1 . Quel est l'avantage d'un tel montage par rapport à l'utilisation d'une simple résistance R_1 dans laquelle on ferait circuler le courant I ?

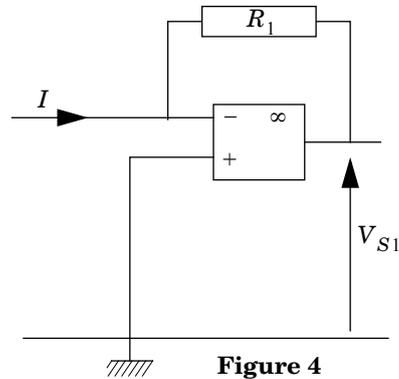


Figure 4

I.J - On remplace le miroir (M_1) en O_1 puis, à l'instant $t = 0$, on le laisse tomber en chute libre dans le champ de pesanteur. On observe la chute du miroir pendant 0,1 s. Durant cet intervalle de temps on enregistre les variations de la tension V_{S1} . On utilise pour cet enregistrement un oscilloscope avec dix divisions verticales et dix divisions horizontales, et l'on observe les variations de V_{S1} en fonction du temps sur le calibre 0,1 V/division. Quelle valeur de R_1 est-il judicieux de choisir pour que les variations de V_{S1} durant 0,1 s soient enregistrées sur la quasi-totalité de l'écran de l'oscilloscope ? Quelle est selon vous la base de temps de mesure de l'oscilloscope la plus appropriée pour cet enregistrement ? Montrer que l'on peut déduire de cet enregistrement la valeur g de l'accélération de la pesanteur.

Partie II - Réalisation d'un sismographe

Le miroir (M_1) de masse m est fixé à un ressort qui le supporte. Le ressort, de raideur k et de masse négligeable, est assujéti à se déplacer verticalement grâce à un système de guidage. L'ensemble repose sur le sol qui constitue un référentiel galiléen. Le miroir (M_1) peut donc osciller verticalement le long de l'axe Ox . On suppose que ses oscillations sont amorties par une force de frottement fluide $\vec{F}_v = -f\vec{v}$ où \vec{v} est la vitesse instantanée de (M_1) et f un coefficient de frottement positif. À l'équilibre la surface réfléchissante de (M_1) est dans un plan horizontal contenant O_1 (voir la Figure 5). On repère la position du miroir par son élongation x par rapport à la position d'équilibre. Par définition on a donc $x = 0$ à l'équilibre.

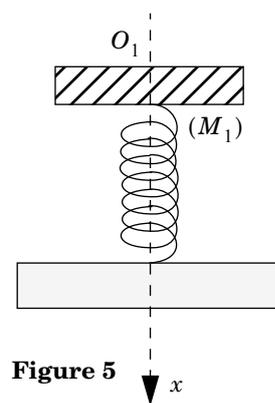


Figure 5