



Concours Technologie Epreuve de Physique

Date : Lundi 04 Juin 2018 Heure : 8 H Durée : 4 H Nombre de pages : 8
Barème : Problème 1 : 12 pts , Problème 2 : 8 pts

L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

L'épreuve comporte deux problèmes indépendants, le candidat peut les résoudre dans l'ordre qui lui convient, en respectant néanmoins la numérotation des questions.

Un candidat peut toujours se servir d'un résultat fourni par l'énoncé pour continuer sa composition.

Données utiles et notations

- Un point M de l'espace est repéré par ses coordonnées cartésiennes (x, y, z) dans la base orthonormée directe $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$;
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- Permittivité électrique du vide : $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} 10^{-9} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$;
- On note par j le nombre complexe tel que $j^2 = -1$;
- Pour un champ vectoriel $\vec{W}$, on rappelle que : $\text{rot}(\text{rot}\vec{W}) = \text{grad}(\text{div}\vec{W}) - \Delta\vec{W}$;
- L'expression de la valeur moyenne dans le temps du vecteur de Poynting associé à une onde électromagnétique $(\vec{E}, \vec{B})$ s'écrit : $\langle \vec{\pi} \rangle = \frac{1}{2\mu_0} \text{Ré}(\vec{E} \wedge \vec{B}^*)$ où $\vec{B}^*$ désigne le complexe conjugué de $\vec{B}$, et Ré désigne la partie réelle d'une grandeur complexe.

Problème 1

Guide d'onde à section rectangulaire

On étudie dans cette partie la propagation d'une onde électromagnétique hyperfréquence de pulsation ω dans un guide d'onde de section rectangulaire (figure 1). Cette onde se propage suivant l'axe Oz en se réfléchissant sur ses faces internes formées de matériaux parfaitement conducteurs dans lesquels le champ électrique de l'onde s'annule.

L'espace interne du guide est l'air ayant les mêmes propriétés que le vide.

Les dimensions de ce guide sont a suivant Ox , et b suivant Oy .

Le champ électrique de cette onde peut s'écrire sous la forme :

$$\vec{E} = E_0(x, y) e^{j(\omega t - k_g z)} \vec{u}_x$$

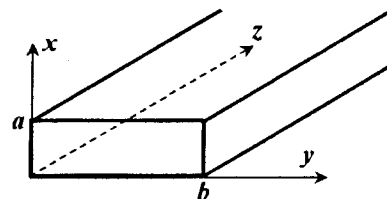


Figure 1

$E_0(x, y)$ est une fonction dont on demandera à déterminer dans la suite du problème, et k_g est un réel positif.

- 1- Cette onde est-elle plane ? Est-elle progressive ? Donner son vecteur d'onde et préciser sa polarisation.
- 2- Ecrire les équations de Maxwell dans l'espace vide du guide.
- 3- Montrer que le champ $\vec{E}$ est indépendant de x .
- 4- Ecrire l'équation de propagation du champ $\vec{E}$ et déduire l'équation différentielle vérifiée par $E_0(y)$. On posera : $\Omega^2 = \frac{\omega^2}{c^2} - k_g^2$.
- 5- Déterminer l'expression de $E_0(y)$ dans le cas où $\Omega^2 > 0$ et qui satisfait les conditions aux limites en $y = 0$ et $y = b$ (on introduira un entier m).
En déduire que l'expression de $\vec{E}$ peut se mettre sous la forme :

$$\vec{E} = 2jE_0 \sin(\Omega y) e^{j(\omega t - k_g z)} \vec{u}_x \quad \text{avec } E_0 \text{ est une constante réelle.}$$
- 6- Etablir l'équation de dispersion du guide en fonction de k_g , b , c , ω et m . Le guide est-il dispersif ? Justifier.
- 7- A quelle condition sur la pulsation ω de l'onde a-t-on propagation ? En déduire la pulsation de coupure ω_{cm} du guide. On donnera également cette condition en fonction de la longueur d'onde λ .
- 8- A chaque valeur de m on associe un mode propagation :
 - a- Exprimer la vitesse de phase v_ϕ de l'onde en fonction de ω , c et ω_{cm} .
 - b- Trouver la vitesse de groupe v_g en fonction de c , λ_{cm} et λ .
 - c- Exprimer la relation entre λ , la longueur d'onde du guide λ_g et la longueur d'onde de coupure λ_{cm} .
- 9- On choisit un guide dont le côté : $b = 22,86 \pm 0,04 \text{ mm}$.
 - a- Déterminer la fréquence de coupure et la longueur d'onde associée pour les modes suivants : $m = 1$ et 2 . Calculer les incertitudes sur λ_{c1} et la fréquence ν_{c1} .
 - b- A quelle condition sur la longueur d'onde a-t-on propagation uniquement du mode $m = 1$?
 - c- L'onde se propageant dans le guide est émise par une diode Gunn dont la fréquence varie entre 8,5 et 11 GHz. Quel est parmi les modes $m = 1$ et 2 celui qui est transmis par ce guide ?
- 10- Exprimer le champ magnétique $\vec{B}$ de l'onde. Qu'elle est sa composante transversale ? Justifier l'expression « onde transverse électrique ».
- 11- Montrer que le champ magnétique $\vec{B}$ obtenu vérifie l'équation de Maxwell-Flux.
- 12- On se propose de déterminer l'impédance Z du guide définie par $Z = \mu_0 \frac{E_\perp}{B_\perp}$ où $E_\perp$ et $B_\perp$ désignent respectivement les composantes transverses du champ électrique et du champ magnétique. Exprimer Z et donner son unité.
- 13- L'onde se propageant dans ce guide résulte de la superposition de deux ondes planes se propageant symétriquement à l'axe Oz , et de vecteurs d'ondes $\vec{k}_1$ et $\vec{k}_2$ faisant respectivement les angles θ et $-\theta$ cet axe. Les expressions des champs électriques de ces ondes peuvent s'écrire sous la forme :

$$\vec{E}_1 = -E_0 e^{j(\omega t - k \sin \theta \cdot y - k \cos \theta \cdot z)} \vec{u}_x, \quad \vec{E}_2 = E_0 e^{j(\omega t + k \sin \theta \cdot y - k \cos \theta \cdot z)} \vec{u}_x$$
 - a- Représenter ce guide sur une figure faisant montrer les vecteurs d'ondes $\vec{k}_1$ et $\vec{k}_2$. Exprimer ces vecteurs et donner leur norme. On notera k cette norme.
 - b- Le champ résultant $\vec{E}$ de la superposition de $\vec{E}_1$ et $\vec{E}_2$ doit vérifier une condition aux limites sur une paroi du guide.
Exprimer cette condition et déduire une relation entre λ , b , θ et l'entier m .
 - c- Exprimer la vitesse de phase de cette onde.
- 14- Dans la suite du problème, on choisit un guide de dimensions $a = \lambda/3$ et $b = 3\lambda/4$.
 - a- Vérifier que seul le mode $m = 1$ peut se propager.
 - b- Exprimer pour ce mode les vitesses v_ϕ et v_g en fonction de c .

15- Soit $\vec{R}$ le vecteur de Poynting de l'onde dans le guide.

a- Calculer sa valeur moyenne temporelle $\langle \vec{R} \rangle$.

b- On définit la valeur moyenne de $\langle \vec{R} \rangle$ dans l'espace par : $R_{\text{moy}} = \frac{1}{b} \int_0^b \langle R \rangle dy$

Déterminer R_{moy} en fonction de E_0 et v_g .

c- En déduire la puissance moyenne totale P transportée dans le guide.

d- A la fréquence $\nu = 10 \text{ GHz}$, on transporte une puissance moyenne de 10 mW . Calculer l'amplitude E_0 du champ électrique.

16- On définit la densité moyenne d'énergie électromagnétique dans l'espace et dans le temps par :

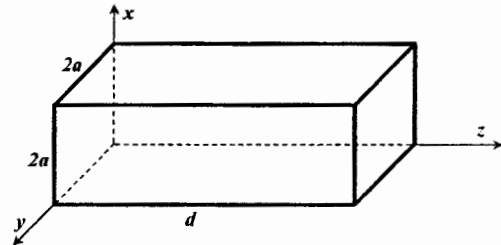
$$W_{\text{moy}} = \frac{1}{b} \int_0^b \left(\langle \frac{\epsilon_0 E^2}{2} \rangle + \langle \frac{B^2}{2\mu_0} \rangle \right) dy.$$

a- Déterminer W_{moy} .

b- Qu'elle est la signification physique du rapport $\eta = \frac{R_{\text{moy}}}{W_{\text{moy}}}$? Comparer η à v_g . Conclure.

Modes de résonance d'une cavité fermée

On considère une cavité fermée parallélépipédique, vide, et de dimension $(2a, 2a, d)$. Le champ électrique solution des équations de Maxwell satisfaisant aux conditions aux limites sur les parois de la cavité supposées parfaitement conductrices est de la forme :



$$\begin{cases} E_x = E_{0x} \cos(k_x x) \sin(k_y y) \sin(k_z z) \sin(\omega t) \\ E_y = E_{0y} \sin(k_x x) \cos(k_y y) \sin(k_z z) \sin(\omega t) \\ E_z = E_{0z} \sin(k_x x) \sin(k_y y) \cos(k_z z) \sin(\omega t) \end{cases}$$

17- Quelle est la nature de l'onde décrite par ces composantes ?

18- Rappeler l'équation de propagation dans l'espace vide de la cavité. En déduire la relation de dispersion.

19- On se propose de déterminer les fréquences des modes de résonance de cette cavité.

a- On considère l'interface $x = 2a$, quelles sont les composantes qui doivent s'annuler sur cette interface ? En déduire la composante k_x du vecteur d'onde $\vec{k}$ en fonction d'un nombre entier m .

b- En déduire de la même manière les composantes k_y et k_z de ce vecteur, respectivement en fonction des deux entiers n et q .

c- Exprimer les fréquences ν_{mnq} des modes de résonance de la cavité.

20- L'expression approchée de ν_{mnq} peut se mettre sous la forme :

$$\nu_{mnq} = q \frac{c}{2d} \left[1 + \frac{m^2 + n^2}{8q^2} \left(\frac{d}{a} \right)^2 \right]$$

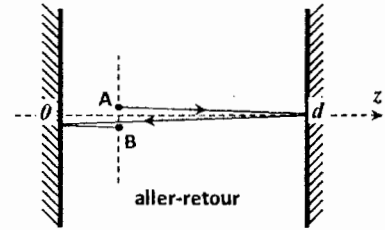
a- A quelle condition sur m et n , obtient-on des modes longitudinaux ($\vec{k}$ suivant Oz) ? Donner l'expression de la fréquence ν_{00q} .

b- En déduire la différence de fréquence entre deux modes longitudinaux successifs.

21- Les pertes d'énergie électromagnétique dans la cavité précédente ont différentes origines (parois non parfaitement conductrices, pertes par diffusion, par absorption, ...). Ces pertes peuvent être quantifiées en calculant le facteur de qualité Q de cette cavité défini par :

$$Q = \frac{\omega_0 I}{\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|}$$

ΔI est la variation de l'intensité I de l'onde après un aller-retour d'un rayon lumineux dans la cavité, Δt est le temps d'un aller-retour et ω_0 est la pulsation de l'onde.



Soit $\mathcal{R}_1$ et $\mathcal{R}_2$ les coefficients de réflexion en énergie respectivement sur les parois localisées en $z = 0$ et $z = d$. On se placera dans les conditions de Gauss.

- Exprimer l'intensité I' de l'onde après un aller-retour dans la cavité. En déduire ΔI .
- Exprimer Δt .
- Calculer Q pour $\mathcal{R}_1 = 0,994$, $\mathcal{R}_2 = 0,980$, $d = 30 \text{ cm}$ et $\lambda_0 = 0,63 \mu\text{m}$.

22- Ces pertes peuvent aussi être traduites en termes de relaxation d'énergie (perte d'intensité).

- Quel est le signe de $\frac{dI}{dt}$? Réécrire l'expression de Q pour un intervalle de temps dt .
- Sachant que Q est positif, montrer que l'intensité de l'onde peut s'écrire sous la forme :

$$I = I_0 e^{-t/\tau_c}$$

I_0 est l'intensité de l'onde dans la cavité à $t = 0$. Exprimer τ_c en fonction de ω_0 et Q .

- Donner une interprétation physique de τ_c . Calculer sa valeur pour les valeurs numériques précédentes.

23- Cette expression de l'intensité de l'onde permet d'écrire le champ électrique associé sous la forme :

$$E(t) = E_0 e^{j\omega_0 t} e^{-t/2\tau_c}, \text{ la dépendance spatiale est omise.}$$

Pour passer de l'espace des temps à l'espace des fréquences, on calcule la transformée de Fourier de $E(t)$ définie par :

$$E(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty E(t) e^{-j\omega t} dt$$

- Calculer $E(\omega)$.
- Montrer que l'intensité spectrale $I(\omega) = E(\omega) \cdot E^*(\omega)$ peut s'écrire sous la forme :

$$I(\omega) = \frac{E_0^2}{4\pi^2} \frac{1}{(\omega - \omega_0)^2 + \left(\frac{1}{2\tau_c}\right)^2}$$

- Tracer l'allure de $I(\omega)$.
- Montrer que la largeur à mi-hauteur de $I(\omega)$ exprimant sa largeur spectrale s'écrit : $\Delta\nu = \frac{1}{2\pi\tau_c}$.
- On définit la longueur de cohérence d'une source par : $L_c = c\tau_c$.

- Calculer L_c pour les sources suivantes et commenter les valeurs obtenues.

- Lampe à vapeur de mercure de largeur spectrale $\Delta\nu = 10 \text{ GHz}$.
- Laser He-Ne de fréquence $\nu_0 = 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ de largeur spectrale $\Delta\nu = 1,5 \text{ GHz}$.
- Laser à CO_2 de fréquence $\nu_0 = 2,83 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$ et de largeur spectrale $\Delta\nu = 10 \text{ KHz}$.

- Calculer les longueurs d'onde de ces lasers. A quel domaine de fréquence appartiennent-ils ?

Problème 2

Interface entre deux milieux transparents

On s'intéresse dans cette partie à la réflexion et à la transmission en incidence normale d'une onde électromagnétique incidente sur une interface plane infinie (plan d'équation $x = 0$) séparant deux milieux transparents 1 et 2 d'indices de réfraction respectifs n_1 et n_2 constants (figure 2).

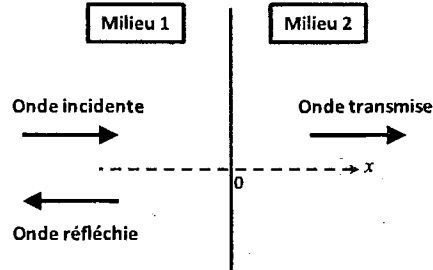


Figure 2

L'onde électromagnétique incidente supposée plane monochromatique de pulsation ω provenant du milieu 1 se propageant dans le sens des x croissants arrive à l'interface $x = 0$. Selon les lois de Descartes, celle-ci donnera naissance à une onde plane réfléchie dans le milieu 1 et à une onde plane transmise dans le milieu 2. On admettra que ces deux ondes possèdent la même pulsation que celle de l'onde incidente.

On prendra comme expression :

- du champ électrique associé à l'onde incidente : $\vec{E}_i = E_0 \vec{u}_y \exp \left[j \left(\omega t - n_1 \frac{\omega}{c} x \right) \right]$.
- du champ électrique associé à l'onde réfléchie : $\vec{E}_r = \vec{E}_{0r} \exp \left[j \left(\omega t + n_1 \frac{\omega}{c} x \right) \right]$.
- du champ électrique associé à l'onde transmise : $\vec{E}_t = \vec{E}_{0t} \exp \left[j \left(\omega t - n_2 \frac{\omega}{c} x \right) \right]$.

L'amplitude E_0 est supposée réelle, alors que les vecteurs $\vec{E}_{0r}$ et $\vec{E}_{0t}$ sont à priori complexes.

- 1- Exprimer les vecteurs d'onde $\vec{k}_i$, $\vec{k}_r$ et $\vec{k}_t$ des ondes incidente, réfléchie et transmise.
- 2- Déterminer, sous la forme d'un produit vectoriel, les champs magnétiques $\vec{B}_i$, $\vec{B}_r$ et $\vec{B}_t$ associés aux trois ondes.
- 3- En admettant la continuité des champs électrique et magnétique à l'interface $x = 0$, déduire deux équations reliant $\vec{E}_0 = E_0 \vec{u}_y$, $\vec{E}_{0r}$ et $\vec{E}_{0t}$.
- 4- Exprimer alors $\vec{E}_{0r}$ et $\vec{E}_{0t}$ en fonction de $\vec{E}_0$, n_1 et n_2 . On pourra utiliser la formule :

$$\vec{a} \wedge (\vec{b} \wedge \vec{c}) = (\vec{a} \cdot \vec{c})\vec{b} - (\vec{a} \cdot \vec{b})\vec{c}.$$
- 5- Préciser l'état de polarisation des ondes réfléchie et transmise et discuter de l'existence d'éventuel déphasage de ces ondes par rapport à l'onde incidente.
- 6- On définit les coefficients de réflexion $\underline{r}$ et de transmission $\underline{t}$ en amplitude pour le champ électrique par : $\underline{r} = \frac{E_{0r}}{E_0}$ et $\underline{t} = \frac{E_{0t}}{E_0}$. Exprimer $\underline{r}$ et $\underline{t}$ en fonction de n_1 et n_2 .
- 7- Exprimer la valeur moyenne du vecteur de Poynting $\langle \vec{\pi}_i \rangle$ de l'onde incidente en fonction de c , ϵ_0 , $|E_0|$, n_1 et $\vec{u}_x$.
- 8- Déterminer de même les expressions de $\langle \vec{\pi}_r \rangle$ et $\langle \vec{\pi}_t \rangle$ des valeurs moyennes des vecteurs de Poynting associées respectivement aux ondes réfléchie et transmise.
- 9- On définit les coefficients de réflexion R et de transmission T en puissance, ou encore en intensité, à l'interface $x = 0$ par :

$$R = \frac{\|\langle \vec{\pi}_r \rangle\|}{\|\langle \vec{\pi}_i \rangle\|} \quad T = \frac{\|\langle \vec{\pi}_t \rangle\|}{\|\langle \vec{\pi}_i \rangle\|}$$

Exprimer R et T en fonction de n_1 et n_2 . Vérifier que $R + T = 1$. Que traduit cette relation ?

Interférences d'ondes multiples transmises par une lame

On considère, dans cette partie, une lame mince transparente d'épaisseur e et d'indice n supposé constant.

Cette lame, située dans l'air d'indice 1, est éclairée par une source lumineuse supposée monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ (figure 3).

Cette lame donnera des franges d'égale inclinaison à l'infini qu'on peut observer sur un écran placé dans le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale image f' .

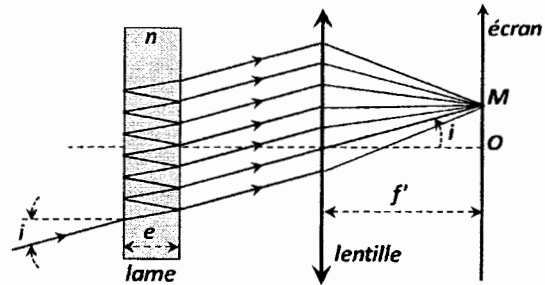


Figure 3

- 10- Pour un rayon issu de la source sous l'incidence i , déterminer la différence de marche $\delta(M)$ en un point M de l'écran entre deux rayons consécutifs transmis par la lame (figure 4). Montrer que le déphasage correspondant s'écrit : $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} 2ne \cos \theta$ où θ désigne l'angle de réfraction dans la lame.

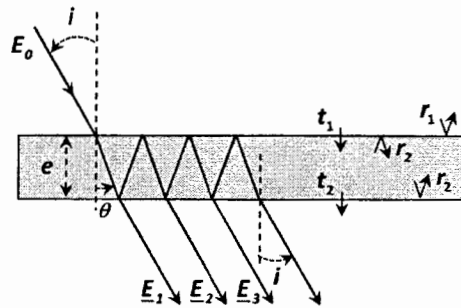


Figure 4

- 11- On désigne par r_1 et t_1 les coefficients de réflexion et de transmission en amplitude du dioptré air/lame, et r_2 et t_2 ceux du dioptré lame/air.

On ne s'intéressera pas aux rayons émergents de la lame par réflexion. On note E_0 l'amplitude de l'onde incidente associée au rayon incident. La phase de la 1^{ère} onde transmise par la lame est prise comme origine des phases.

L'amplitude complexe de cette onde est : $\underline{E}_1 = t_1 t_2 E_0$.

La 2^{ème} onde transmise aura pour amplitude complexe : $\underline{E}_2 = t_1 r_2^2 t_2 e^{-j\varphi} E_0 \dots$

On admettra que les coefficients de réflexion R et de transmission T en intensité sont les mêmes pour les deux dioptrés : $R = r_1^2 = r_2^2$ et $T = t_1 t_2$. On a toujours la relation : $R + T = 1$.

L'amplitude de l'onde transmise de rang N s'écrit :

$$\underline{E}_N = R^{N-1} T E_0 e^{-j(N-1)\varphi}$$

- a- Quelle est la condition sur le coefficient R pour que les amplitudes réelles des ondes transmises successives soient presque égales ?

- b- Exprimer l'amplitude complexe $\underline{E}_T$ résultante de la superposition de toutes les ondes transmises par la lame. On pourra utiliser le résultat : $\sum_{N=0}^{\infty} (\underline{\alpha})^N = \frac{1}{1-\underline{\alpha}}$ lorsque $|\underline{\alpha}| < 1$.

- 12- Exprimer l'intensité $I = \underline{E}_T \cdot \underline{E}_T^*$ résultante en un point M de l'écran sous la forme :

$$I = I_0 \frac{1}{1 + m \sin^2 \left(\frac{\varphi}{2} \right)}$$

Donner les expressions de I_0 et m . On pourra utiliser l'identité : $1 - \cos(2x) = 2\sin^2(x)$.

- 13- Pour quelles valeurs de φ l'intensité I est-elle maximale ? Exprimer les intensités ; maximale I_{max} et minimale I_{min} de I .

La figure 5 donne un exemple de tracé de l'évolution de la courbe d'intensité I pour trois valeurs du coefficient de réflexion en intensité : $R = 0,5$; $R = 0,9$ et $R = 0,99$.

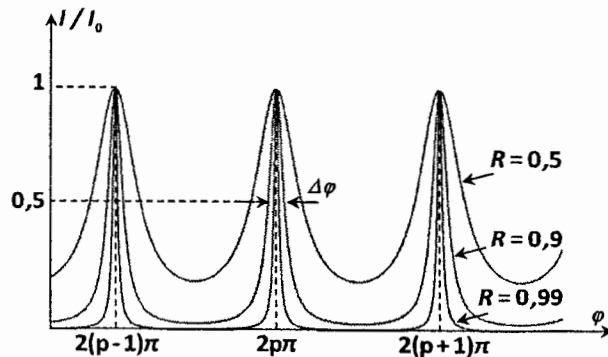


Figure 5

Un interféromètre réel : le Fabry-Perot

L'interféromètre de Fabry-Perot (figure 6) est un instrument constitué de deux lames de verres dont les faces en regard sont planes, parallèles et très réfléchissantes. Elles limitent une lame d'air d'épaisseur e et d'indice $n = 1$. Les lames de verre sont légèrement prismatiques afin d'éviter d'éventuelles réflexions parasites. L'interféromètre éclairé par une source supposée monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ est souvent utilisé dans le montage suivant :

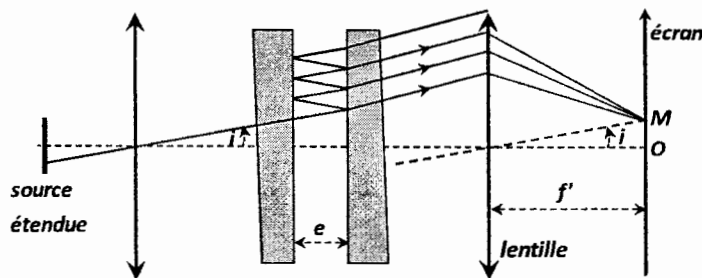


Figure 6

L'écran d'observation étant placé au plan focal image de la lentille convergente de distance focale image f' .

- 14- Donner la différence de phase entre deux rayons transmis consécutifs et justifier que les franges d'interférences sont des anneaux.
- 15- Soit p_0 l'ordre d'interférences au centre de ces anneaux. On supposera que $p_0 = q + \varepsilon$ avec q entier et ε appelé excédent fractionnaire, est un réel tel que $0 < \varepsilon < 1$.
 - a- Exprimer le rayon ρ_k sur l'écran du $k^{\text{ème}}$ anneau brillant compté à partir du centre, en supposant que l'angle l'incidence i_k correspondant est petit.
On prendra : $\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}$ et $\text{tg } x \approx x$ lorsque x est proche de zéro.
 - b- Application numérique : évaluer le rayon ρ_2 sur l'écran du $2^{\text{ème}}$ anneau brillant. On donne $f' = 50 \text{ cm}$; $e = 10 \text{ mm}$ et $\lambda = 546,1 \text{ nm}$.
- 16- Le contraste des franges d'interférences est défini par : $C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$.
 - a- En se reportant à la question 13, exprimer C en fonction de m puis en fonction de R .
 - b- Calculer C dans les cas suivants : $R = 0,5$; $R = 0,9$ et $R = 0,99$.
- 17- On cherche à déterminer la finesse $\mathcal{F}$ de l'instrument.
 - a- On définit la largeur à mi-hauteur $\Delta\varphi$ des pics d'intensité indiquée à la figure 5 par : $I(\Delta\varphi/2) = I_0/2$.
En se limitant au cas où le coefficient R est proche de 1 et en utilisant l'identité $\sin x \approx x$, montrer que : $\Delta\varphi = \frac{2(1-R)}{\sqrt{R}}$.

- b- On définit la finesse $\mathcal{F}$ de l'instrument par $\mathcal{F} = \frac{2\pi}{\Delta\varphi}$. Exprimer $\mathcal{F}$ en fonction de R .
- c- Evaluer $\mathcal{F}$ pour les cas $R = 0,5$; $R = 0,9$ et $R = 0,99$. Quel est l'intérêt d'avoir une finesse élevée ?
- d- Quel est parmi les paramètres « contraste » et « finesse », celui qui permet de mieux caractériser l'instrument ?

18- L'interféromètre de la figure 6 étant éclairé par une onde lumineuse monochromatique de longueur d'onde λ . On observe sur l'écran des anneaux dont le rayon ρ vérifie la relation :

$$\rho^2 = f'^2 \left(2 - p \frac{\lambda}{e} \right)$$

L'entier p désigne l'ordre d'interférences de l'anneau.

En mesurant le carré des rayons des anneaux à différents ordres, proposer une méthode pratique permettant de déterminer la longueur d'onde λ connaissant les valeurs de f' et e .

19- L'interféromètre de la figure 6 étant éclairé par une source émettant deux longueurs d'onde très voisines (cas du doublet jaune du Sodium) : λ et $\lambda + \Delta\lambda$ où $\Delta\lambda \ll \lambda$. Chacune des longueurs d'onde a son propre système d'anneaux.

On admet qu'on pourra distinguer les deux systèmes d'anneaux, à l'ordre p , à condition que la différence de phase entre eux est plus grande que la largeur à mi-hauteur $\Delta\varphi$ d'un anneau définie précédemment.

- a- Donner alors la plus petite différence de longueur d'onde $\Delta\lambda_{\min}$ mesurable en fonction de λ , $\mathcal{F}$ et p .
- b- On définit le pouvoir de résolution de l'instrument par $\mathcal{R} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda_{\min}}$. Exprimer $\mathcal{R}$ en fonction de p et $\mathcal{F}$.

20- Un filtre interférentiel est constitué d'une lame transparente d'indice n et d'épaisseur e du même ordre de grandeur que la longueur d'onde qu'il laisse passer.

Cette lame est entourée de deux couches fortement réfléchissantes. Il s'agit d'un interféromètre de Fabry-Perot de faible épaisseur et avec un indice $n \neq 1$.

Eclairé en incidence normale par un faisceau parallèle de lumière blanche, un tel filtre laisse passer toutes les longueurs d'onde λ telles que : $\frac{2\pi}{\lambda} 2ne = 2\pi p$

Le domaine visible correspond au spectre électromagnétique de longueurs d'onde comprises entre 400 et 800 nm.

- a- Dans le cas d'une lame de cryolite d'indice $n = 1,365$ et d'épaisseur $e = 0,5 \mu m$, quelles sont les longueurs d'onde passante dans le domaine visible ?
- b- Pour n'en laisser passer qu'une seule dans le domaine visible, il faut diminuer l'épaisseur e . Avec $e = 0,25 \mu m$, quelle est la longueur d'onde passante dans le domaine visible ?
- c- Pour cette épaisseur, et en se référant au résultat de la question 19, calculer la bande passante $\Delta\lambda$ du filtre pour $R = 0,97$.

Fin de l'épreuve