TA 1

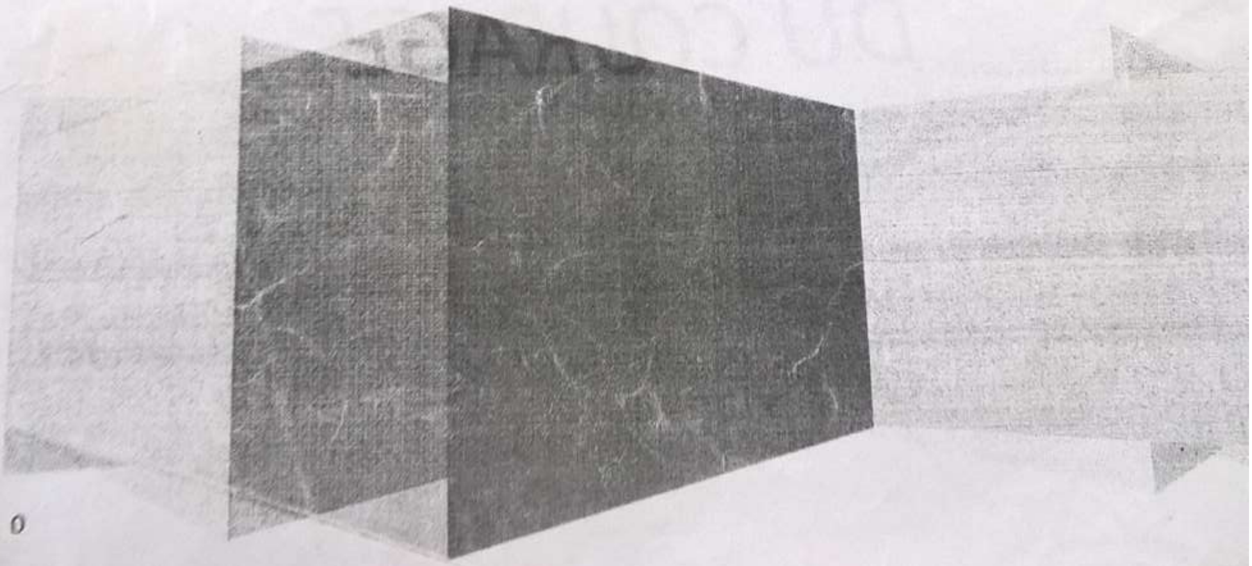
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ministère de la Poste et des Technologies de l'Information et de la Communication

Travaux Dirigés d'Optique Ondulatoire

Licence 2 - Systèmes Réseaux Informatiques et Télécoms -Réseaux et Télécommunications

ESATIC
ECOLE SUPÉRIEURE AFRICAINE DES TIC



0

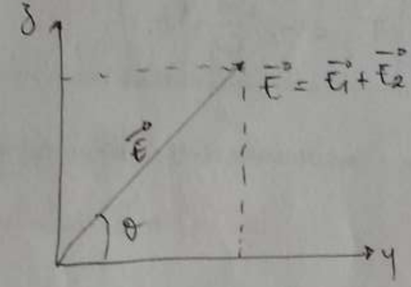
Année 2015-2016

Dr. Aladji KA

Exercice 2

1) On a : $E = E_0 \cos(\omega t - kx)$

par projection on a :



on a : $E_y = E\cos\theta$

$E_z = E\sin\theta$

$$\vec{E} = \begin{cases} E_x = 0 \\ E_y = E_0 \cos\theta \cos(\omega t - kx) \\ E_z = E_0 \sin\theta \cos(\omega t - kx) \end{cases}$$

2) on a :

$\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2}$

avec $\vec{E_1} = E_y \vec{j}$ $\quad \vec{E_2} = E_z \vec{k}$

donc

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx)\cos\theta\,\vec{j} + E_0 \cos(\omega t - kx)\sin\theta\,\vec{k}$$

Commentaires

La superposition de deux ondes à polarisations rectilignes orthogonales :

- donne les composantes du champs résultant.

3°) posons :

$\cos a \cos b = \frac{1}{2}\left[\cos(a+b) + \cos(a-b)\right]$

$\sin a \cos b = \frac{1}{2}\left[\sin(a+b) + \sin(a-b)\right]$

Exercice 5

$$\vec{E}\begin{cases} E_x = E_0 \cos(\omega t - k_0 z) \\ E_y = E_0 \sin(\omega t - k_0 z) \quad \text{avec } k_0 = \frac{\omega}{c} \\ E_z = 0 \end{cases}$$

$E_0 > 0$

1°) Mq'il s'agit d'une vibration circulaire dont on précisera les axes et le sens

$E_x^2 + E_y^2 = E_0^2 \cos^2(\omega t - kz) + E_0^2 \sin^2(\omega t - kz)$

$\Rightarrow \boxed{E_x^2 + E_y^2 = E_0^2}$ équation d'un cercle.

Les axes sont (ox) et (oy)

Sens :

$\frac{\partial E_y}{\partial t} = E_0 \omega \cos(\omega t - k_0 z)$

pour $t = 0$ on a $\frac{\partial E_y}{\partial t} = E_0 \omega \cos(k_0 z)$

car cos est positif.

les axes de direction sont ox et oy donc

pour $z = 0$

$\frac{\partial E_y}{\partial t} = E_0 \omega$ or $E_0 > 0$ et $\omega > 0$

$\Rightarrow \frac{\partial E_y}{\partial t} = E_0 \omega > 0$

d'où la polarisation est circulaire gauche.

2°) on place une lame demi-onde da[ns] le plan $z = 0$ on a :

$$\begin{cases} E_x = E_0 \cos(\omega t) \\ E_y = E_0 \sin(\omega t) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)\,e$$

pour une lame demi-onde

$$(n_e - n_o) = \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta\varphi = \pi}$$

$$\vec{E}' = \begin{cases} E_x = E_0\cos(\omega t) \\ E_y = E_0\sin(\omega t - \pi) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

~~alors~~

$$\Rightarrow \vec{E}'/t \begin{cases} E_x = E_0 \\ E_y = -E_0\sin(\omega t) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

à $t=0$

$$\frac{\partial E_y}{\partial t} = \frac{\cancel{\partial E_0 \sin(-\frac{\pi}{2})}}{\partial t}$$

$$\neq \cancel{\frac{\partial}{\partial t}\left(-E_0\sin(\tfrac{\pi}{2})\right)}$$

$$\frac{\partial E_1}{\partial t} = -E_0\omega\cos(\omega t)$$

à $t=0$

$$\frac{\partial E_1}{\partial t} = -E_0\omega < 0$$

la polarisation est droite

3) pour une lame quart d'onde

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$\vec{E}' \begin{cases} E_x = E_0\cos(\omega t) \\ E_y = E_0\sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

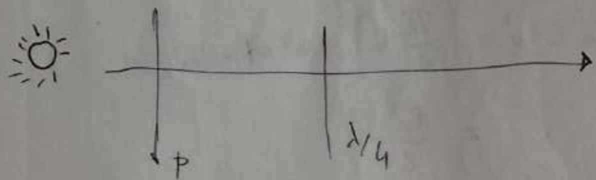
$$\vec{E}' \begin{cases} E_x = E_0\cos(\omega t) \\ E_y = E_0\cos(\omega t) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

donc l'onde est ~~rectiligne~~. polarisée rectilignement.

Exercice 3

1°)

$$\vec{E} = \begin{cases} E_x = E_0\cos\alpha\cos(\omega t - kz) \\ E_y = E_0\sin\alpha\cos(\omega t - kz) \\ E_z = 0 \end{cases}$$



$$\vec{E}' = \begin{cases} E_x = E_0\cos\alpha\cos(\omega t - kz) \\ E_y = E_0\sin\alpha\cos(\omega t - kz - \varphi) \end{cases}$$

$z=0$

$$\vec{E} \begin{cases} E_x = E_0\cos\alpha\cos(\omega t) \\ E_y = E_0\sin\alpha\cos(\omega t - \varphi) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

déterminons φ

on a $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)\,e$

pour une lame quart-onde $(n_e - n_o)e =$

$$\Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2}$$

l'expression de $\vec{E}'$ à la sortie est :

$$\vec{E} = \begin{cases} E_x = E_0 \cos\alpha \cos(\omega t) \\ E_y = E_0 \sin\alpha \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

2°)

pour $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$$\vec{E}' = \begin{cases} E_x = E_0 \cos\frac{\pi}{4} \cos(\omega t) \\ E_y = E_0 \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

$$\vec{E}' = \begin{cases} E_x = E_0 \frac{\sqrt{2}}{2} \cos(\omega t) \\ E_y = E_0 \frac{\sqrt{2}}{2} \sin(\omega t) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

$$E_x^2 + E_y^2 = \left[\frac{\sqrt{2}}{2} E_0\right]^2 \cos^2(\omega t) + \sin^2(\omega t)$$

$$= \frac{E_0^2}{2}$$

la polarisation est circulaire.

* Pour $\alpha = \frac{3\pi}{4}$.

$$\vec{E} \begin{cases} E_x = E_0 \cos\left(\frac{3\pi}{4}\right) \cos(\omega t) \\ E_y = E_0 \sin\left(\frac{3\pi}{4}\right) \sin(\omega t) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = -E_0 \frac{\sqrt{2}}{2} \cos(\omega t) \\ E_y = \frac{\sqrt{2}}{2} E_0 \sin(\omega t) \\ E_z = 0 \end{cases}$$

$$E_x^2 + E_y^2 = \left(\frac{\sqrt{2}}{2} E_0\right)^2 \left[\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)\right]$$

$$\Rightarrow E_x^2 + E_y^2 = \frac{E_0^2}{2}$$

la polarisation est aussi circulaire.

3°) Vérification avec un polariseur rectiligne

I à la sortie du polariseur est constant et non nul quelque soit β (l'angle de l'analyseur)

$$\boxed{\text{Exercice 6}}$$

1°)

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)e$$

si $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)e = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{e = \frac{\lambda}{4(n_e - n_o)}}$$

AN :

2°) Calcul de la différence de phase pour $\lambda = 550$ nm

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{550.10^{-9}}(1,5534 - 1,5443) * e$$

AN : $\Delta\varphi =$

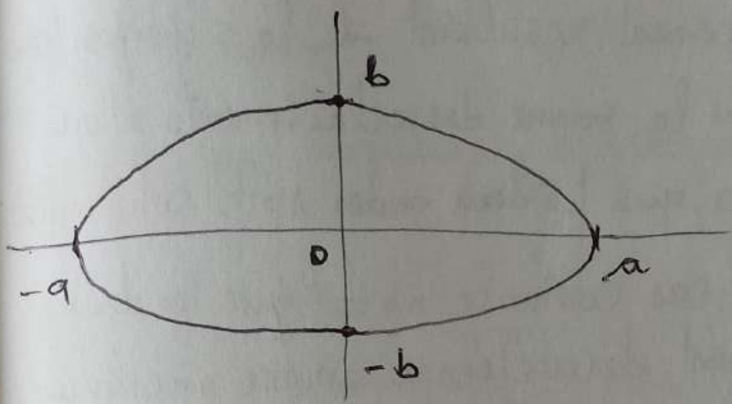
3°/ on vérifie ~~par~~ le résultat de

$\Delta\varphi$ comparé à $\frac{\pi}{2}$., on voit que

$\Delta\varphi \neq \frac{\pi}{2}$, Non, elle n'est pas circulaire.

4°) Calculons l'excentricité.

On a : $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$



Interférences

Exercice 1

1) On donne une source lumineuse de longueur d'onde $\lambda = 0{,}6563\mu m$ et de largeur $\Delta\lambda = 50nm$. Quelle est sa longueur de cohérence ?
2) On prend un émetteur de radio FM qui émet à 100,0 MHz avec une largeur de bande de 0,1 MHz. Quelle est sa largeur de cohérence ? dépend-t-elle de la fréquence ? on considéra que l'on intègre le signal sur un temps long devant la période de notes de musique.
3) Quelle est la largeur de cohérence d'une source comme le soleil ? ($\theta = 30'$)
4) Et celle d'une étoile de diamètre angulaire $\theta = 0{,}01''$ d'arc ?

Exercice 2

Une source ponctuelle éclaire un interféromètre de Michelson réglé de telle sorte que l'un des miroirs soit fixé et que l'autre puisse se déplacer parallèlement à lui-même à partir de sa position initiale correspondant à une différence de marche nulle. Un détecteur P situé sur l'axe du faisceau donne un signal électrique proportionnel à l'intensité I du faisceau qu'il reçoit.

1) Faire un schéma du dispositif et expliquer pourquoi utilise-t-on une source ponctuelle
2) On suppose que la source émet une onde monochromatique. Exprimer I en fonction de la fréquence de la radiation émise et $\Delta t = 2x/c$; x étant le déplacement du miroir et c la vitesse de la lumière.
3) La source, une source à décharge gazeuse, n'émet pas une onde monochromatique, comme cela est supposé précédemment mais de largeur spectrale $\Delta\lambda = 0{,}67\mu m$. On suppose que la bande passante est une fonction porte. Ecrire la forme normalisée de l'intensité spectrale.
4) On fait varier x entre 0 et une valeur maximale que l'on appellera L où la modulation disparait. Combien vaut L ?

Exercice 3

On considère le dispositif des trous de Young ci-dessous permettant d'obtenir deux sources en phase. La source principale est équidistante des deux trous F_1 et F_2 considérés comme quasi-ponctuels, situés dans le même plan vertical, et distants de $F_1F_2 = a$. La source émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ. À la distance $D \gg a$ du plan des trous, on place un écran, également vertical.

On donne : $a = 6$ mm, $D = 1{,}5$ m, $\lambda = 500$ nm.

1) Soient deux rayons issus de la source et arrivant sur l'écran à une distance x de O, après être passés respectivement par F_1 et F_2. Déterminer la différence de marche et le déphasage entre ces rayons.
2) Qu'observe-t-on sur l'écran ?
3) En déduire la valeur de l'interfrange.

Diffraction

Exercice 1

On envoie de la lumière d'un laser de longueur d'onde λ=632,8 *nm* sur deux fentes verticales identiques d'ouverture *a*, distantes entre elles d'une longueur *l*. L'observation se fait sur un écran situé à une distance *D*=2,0 *m* des fentes.

- On mesure un écart angulaire $\theta = 1{,}6 \times 10^{-3}$ rad.
- On mesure une distance de 9,5 *cm* entre 11 franges brillantes.

La photo ci-dessous montre la figure obtenue sur l'écran d'observation :

1) Quels sont les phénomènes caractéristiques des ondes qui se produisent ?
2) Expliquer pourquoi ces deux phénomènes apparaissent sur l'écran.
3) Quel phénomène est caractérisé par l'écart angulaire θ ?
4) Calculer l'ouverture, notée *a*, des fentes.
5) Que peut-on dire quant aux deux ondes lumineuses au niveau des franges sombres ? Au niveau des franges brillantes ?
6) Déterminer l'écart *l* entre les deux fentes.
7) Prévoir l'évolution de la figure observée si l'on modifie les paramètres suivants, les autres paramètres expérimentaux restent inchangés.
   a) On augmente l'écart entre les deux fentes.
   b) On diminue l'ouverture des fentes.
   c) On remplace le laser rouge par un laser vert.
   Domaine de longueur d'onde du rouge : 620 -780 nm ; du vert : 500 -578 nm.

Exercice 2

On veut retrouver expérimentalement la longueur d'onde λ_D de la radiation monochromatique d'un lecteur DVD. On utilise pour cela le montage de la figure suivante, *a* étant le diamètre du fil, θ le demi-écart angulaire.

1) Établir la relation entre θ, L (largeur de la tache centrale de diffraction) et D (distance entre le filet l'écran). On supposera θ suffisamment petit pour considérer $\tan\theta \simeq \theta$ avec θ en radian.
2) Donner la relation entre θ, λ_D et *a*, en indiquant l'unité de chaque grandeur
3) En déduire la relation : $\lambda_D = La/2D$.

Polarisation

Exercice 1

Soit une onde plane monochromatique se propageant suivant l'axe O_x avec les composantes E_y et E_z respectivement sur les axes O_y et O_z.

$$\begin{cases} E_x = 0 \\ E_y = E_{0y} \cos(\omega t - kx - \varphi_1) \\ E_z = E_{0z} \cos(\omega t - kx - \varphi_2) \end{cases}$$

Retrouver la relation qui relie les amplitudes E_{0y} , E_{0z} et le retard de phase $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. Préciser les conditions sur ces trois paramètres pour que cette onde présente une polarisation soit rectiligne soit circulaire soit elliptique.

Exercice 3

Une onde plane de lumière naturelle arrive sous incidence normale sur un polariseur rectiligne puis traverse une lame quart d'onde. Les axes neutres de la lame sont *Ox* et *Oy* et la direction de la polarisation rectiligne arrivant sur la lame fait l'angle α avec l'axe *Ox*.

1) Ecrire les composantes du champ électrique sur les deux axes avant puis après traversée de la lame.
2) Que peut-on dire de la polarisation après la lame quand $\alpha = \pi / 4$, et $\alpha = 3\pi / 4$?
3) Comment peut-on vérifier ce résultat avec un polariseur rectiligne ?

Exercice 4

Une onde lumineuse plane non polarisée traverse tout d'abord un premier polariseur rectiligne puis un second appelé analyseur dont la direction de polarisation fait un angle θ avec la direction de polarisation du précèdent.

1) Rappeler l'expression de l'intensité lumineuse qui émerge du dispositif sachant que l'intensité incidente était I_0. Représenter graphiquement son évolution en fonction de θ.
2) Initialement, on avait θ = 15°. On passe à θ = 5°, quelle est la variation relative de l'intensité lumineuse?
3) Même question lorsqu'initialement θ = 75° et qu'on passe à θ = 85°. Quelle conclusion peut-on tirer?

Exercice 5

Un faisceau lumineux parallèle de pulsation ω et de longueur d'onde λ se propageant selon Oz est décrit par :

$$\vec{E}\begin{cases} E_x = E_0 \cos(\omega t - k_0 z) \\ E_y = E_0 \sin(\omega t - k_0 z) \text{ avec } k_0 = \omega/c = 2\pi/\lambda \\ E_z = 0 \end{cases}$$

L'amplitude E_0 est une grandeur essentiellement positive.

1) Montrer qu'il s'agit d'une vibration circulaire dont on précisera les axes et le sens de parcours.

2) On place une lame demi-onde dans le plan $z = 0$, la direction de l'axe rapide fait un angle de 0° avec Ox. Déterminer le champ **E** à la sortie de la lame demi-onde. Quel est le nouvel état de polarisation ?

3) On remplace la lame demi-onde par une lame quart-d'onde. Quel est le nouvel état de polarisation ?

Exercice 6

1) Soit une onde incidente de 590 nm. Calculer l'épaisseur minimum d'une lame en quartz (n_o= 1.5443, n_e= 1.5534) pour avoir une différence de phase de $\pi/2$ (quart d'onde).

2) Si on utilise cette lame avec une lumière de longueur d'onde *550 nm*, quel sera la différence de phase effective dans ce cas ?

3) Aura-t-on une polarisation circulaire à la sortie de la lame ?

4) Si non, calculer l'excentricité de la polarisation elliptique obtenue.

Rappel : si *a* et *b* sont respectivement les demi-grand axe et demi petit axe d'une ellipse, l'excentricité est donnée par

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

Polarisation

Exercice 1

Soit une onde plane monochromatique se propageant suivant l'axe O_x avec les composantes E_y et E_z respectivement sur les axes O_y et O_z.

$$\begin{cases} E_x = 0 \\ E_y = E_{0y} \cos(\omega t - kx - \varphi_1) \\ E_z = E_{0z} \cos(\omega t - kx - \varphi_2) \end{cases}$$

Retrouver la relation qui relie les amplitudes E_{0y} , E_{0z} et le retard de phase $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. Préciser les conditions sur ces trois paramètres pour que cette onde présente une polarisation soit rectiligne soit circulaire soit elliptique.

Exercice 2

1) Donner le champ électrique associé à une onde plane monochromatique à polarisation rectiligne.
2) Écrire cette onde comme la superposition de deux ondes à polarisations rectilignes orthogonales. Commenter.
3) Écrire cette onde comme la superposition de deux ondes à polarisations circulaires de sens opposés.

Exercice 3

Une onde plane de lumière naturelle arrive sous incidence normale sur un polariseur rectiligne puis traverse une lame quart d'onde. Les axes neutres de la lame sont *Ox* et *Oy* et la direction de la polarisation rectiligne arrivant sur la lame fait l'angle α avec l'axe *Ox*.

1) Ecrire les composantes du champ électrique sur les deux axes avant puis après traversée de la lame.
2) Que peut-on dire de la polarisation après la lame quand $\alpha = \pi / 4$, et $\alpha = 3\pi / 4$?
3) Comment peut-on vérifier ce résultat avec un polariseur rectiligne ?

Exercice 4

Une onde lumineuse plane non polarisée traverse tout d'abord un premier polariseur rectiligne puis un second appelé analyseur dont la direction de polarisation fait un angle avec la direction de polarisation du précèdent.

1) Rappeler l'expression de l'intensité lumineuse qui émerge du dispositif sachant que l'intensité incidente était I_0. Représenter graphiquement son évolution en fonction de θ.
2) Initialement, on avait θ = 15°. On passe à θ = 5°, quelle est la variation relative de l'intensité lumineuse?
3) Même question lorsqu'initialement θ = 75° et qu'on passe à θ = 85°. Quelle conclusion peut-on tirer?

Exercice 5

Un faisceau lumineux parallèle de pulsation ω et de longueur d'onde λ se propageant selon Oz est décrit par :

$$\vec{E}\begin{cases} E_x = E_0\cos(\omega t - k_0 z) \\ E_y = E_0\sin(\omega t - k_0 z) \quad \text{avec } k_0 = \omega / c = 2\pi/\lambda \\ E_z = 0 \end{cases}$$

L'amplitude E_0 est une grandeur essentiellement positive.

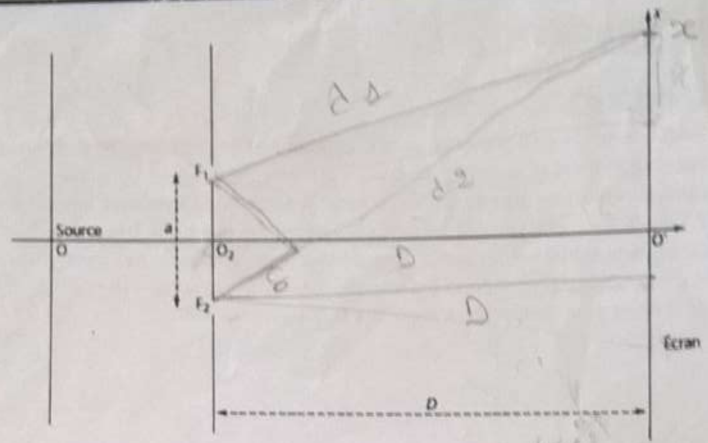
1) Montrer qu'il s'agit d'une vibration circulaire dont on précisera les axes et le sens de parcours.
2) On place une lame demi-onde dans le plan $z = 0$, la direction de l'axe rapide fait un angle de 0° avec Ox. Déterminer le champ **E** à la sortie de la lame demi-onde. Quel est le nouvel état de polarisation ?
3) On remplace la lame demi-onde par une lame quart-d'onde. Quel est le nouvel état de polarisation ?

Exercice 6

) Soit une onde incidente de *590 nm*. Calculer l'épaisseur minimum d'une lame en quartz n_o= *1.5443*, n_e= *1.5534*) pour avoir une différence de phase de *π/2* (quart d'onde).
Si on utilise cette lame avec une lumière de longueur d'onde *550 nm*, quel sera la fférence de phase effective dans ce cas ?
Aura-t-on une polarisation circulaire à la sortie de la lame ?
Si non, calculer l'excentricité de la polarisation elliptique obtenue.

ppel: *si a et b sont respectivement les demi-grand axe et demi petit axe d'une ellipse,* centricité est donnée par

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$



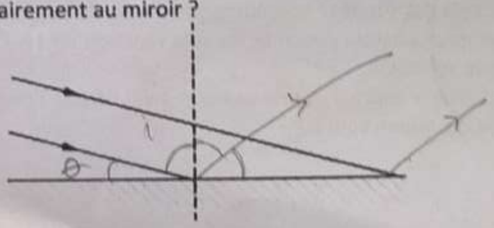
Exercice 4

Une onde plane monochromatique arrive sur un miroir plan *M* avec un angle d'incidence proche de $\pi/2$.

1) Quelles ondes sont susceptibles d'interférer ?
Définir la zone où sont localisées ces interférences.

2) Calculer l'éclairement dans cette zone d'interférence.

3) Qu'observe-t-on si on place un écran parallèlement au miroir ? Si on place un écran perpendiculairement au miroir ?



Exercice 5

Entre les deux lentilles L1 et L2 sont disposés deux tubes T1 et T2 de longueur L = 10 cm. Lorsque ces tubes sont remplis d'air, on observe une frange brillante au centre O du champ d'interférence sur l'écran d'observation E. La source émet une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0{,}546\ nm$. On réalise progressivement le vide dans le tube T1. On voit alors 53 franges brillantes défiler lentement en O. À la fin du pompage, on observe une frange sombre.

Diffraction

Exercice 1

On envoie de la lumière d'un laser de longueur d'onde $\lambda=632,8$ *nm* sur deux fentes verticales identiques d'ouverture *a*, distantes entre elles d'une longueur *l*. L'observation se fait sur un écran situé à une distance *D*=2,0 *m* des fentes.

- On mesure un écart angulaire $\theta=1,6\times10-3$ rad.
- On mesure une distance de 9,5 *cm* entre 11 franges brillantes.

La photo ci-dessous montre la figure obtenue sur l'écran d'observation :

1) Quels sont les phénomènes caractéristiques des ondes qui se produisent ?
2) Expliquer pourquoi ces deux phénomènes apparaissent sur l'écran.
3) Quel phénomène est caractérisé par l'écart angulaire θ ?
4) Calculer l'ouverture, notée *a*, des fentes.
5) Que peut-on dire quant aux deux ondes lumineuses au niveau des franges sombres ? Au niveau des franges brillantes ?
6) Déterminer l'écart *l* entre les deux fentes.
7) Prévoir l'évolution de la figure observée si l'on modifie les paramètres suivants, les autres paramètres expérimentaux restent inchangés.
   a) On augmente l'écart entre les deux fentes.
   b) On diminue l'ouverture des fentes.
   c) On remplace le laser rouge par un laser vert.
   Domaine de longueur d'onde du rouge : 620 -780 nm ; du vert : 500 -578 nm.

Exercice 2

On veut retrouver expérimentalement la longueur d'onde λ_0 de la radiation monochromatique d'un lecteur DVD. On utilise pour cela le montage de la figure suivante, *a* étant le diamètre du fil, θ le demi-écart angulaire.

1) Établir la relation entre θ, L (largeur de la tache centrale de diffraction) et D (distance entre le filet l'écran). On supposera θ suffisamment petit pour considérer $\tan\theta \simeq \theta$ avec θ en radian.
2) Donner la relation entre θ, λ_0 et *a*, en indiquant l'unité de chaque grandeur
3) En déduire la relation : $\lambda_0=La/2D$.

Exercice 4

Considérons un écran noir percé d'une fente de largeur *e* selon *Ox*, de largeur *L* selon *Oy*, située sur l'axe optique *Oz*. On souhaite calculer l'éclairement résultant de l'exposition de cette fente par une source ponctuelle non située sur l'axe optique mais décalée d'une distance *xS* dans le plan focal objet d'une lentille convergente de focale *f'*. De même, l'observation s'exécute en un point *M* de coordonnée *xM* dans le plan focal image d'une seconde lentille convergente de même focale *f'*.

1) Faire un schéma de la situation.
2) Justifier que les conditions de Fraunhofer sont vérifiées.
3) Dessiner deux rayons, l'un passant par le centre O de la fente, l'autre passant par un point *P* de coordonnées *xP*. Evaluer la différence de marche entre ces deux rayons en fonction de *xp, xS, xM*, et *f'*.
4) Quel principe assure que les ondes mentionnées ci avant sont cohérentes entre elles ?
5) En déduire alors l'éclairement résultant de la fente.
6) Représenter et commenter cette figure d'éclairement.
7) Commenter le cas où l'ouverture de la fente diminue : *e* tend vers 0.