

TP OPTIQUE 3 : ANALYSE D'UNE VIBRATION OPTIQUE

B. AMANA et J.- L. LEMAIRE

ANALYSE D'UNE VIBRATION OPTIQUE.

Le but de ce T.P. est de caractériser expérimentalement la polarisation d'un faisceau lumineux puis d'étudier la modification de cette polarisation à la traversée de certains systèmes optiques.

PARTIE THEORIQUE

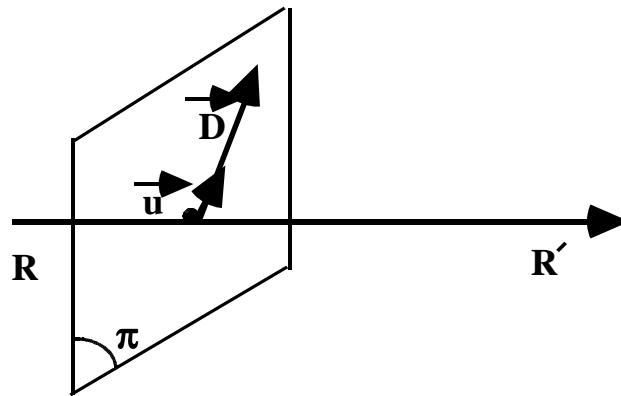
Il est indispensable avant d'aborder ce TP, de voir au préalable le cours concernant la polarisation des ondes électromagnétiques et d'être capable de répondre à toutes les questions posées. Les réponses aux questions sont en effet indispensables pour la bonne compréhension et l'interprétation des résultats expérimentaux.

I- DEFINITIONS

I-1 Lumière à polarisation rectiligne.

On se propose de définir l'état de polarisation d'un faisceau de lumière parallèle monochromatique (laser) se propageant dans un milieu homogène et isotrope.

Un faisceau de lumière monochromatique de polarisation rectiligne se propageant dans la direction RR' peut être caractérisée par un vecteur vibrant \vec{D} de direction fixe perpendiculaire à RR'



$$\vec{D} = A \vec{u} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - z / \lambda \right) = A \vec{u} \cos(\omega t - kz)$$

π plan d'onde perpendiculaire à RR' ; z distance parcourue à partir de l'origine M des phases;

$1/T = \nu$ fréquence de la radiation monochromatique

λ longueur d'onde dans le milieu de propagation

A amplitude de l'onde

\vec{u} vecteur unitaire fixe.

La vibration rectiligne \vec{D} se décompose suivant un couple quelconque de directions fixes, perpendiculaires \vec{ox} et \vec{oy} en deux vibrations rectilignes \vec{D}_x et \vec{D}_y cohérentes et en phase.

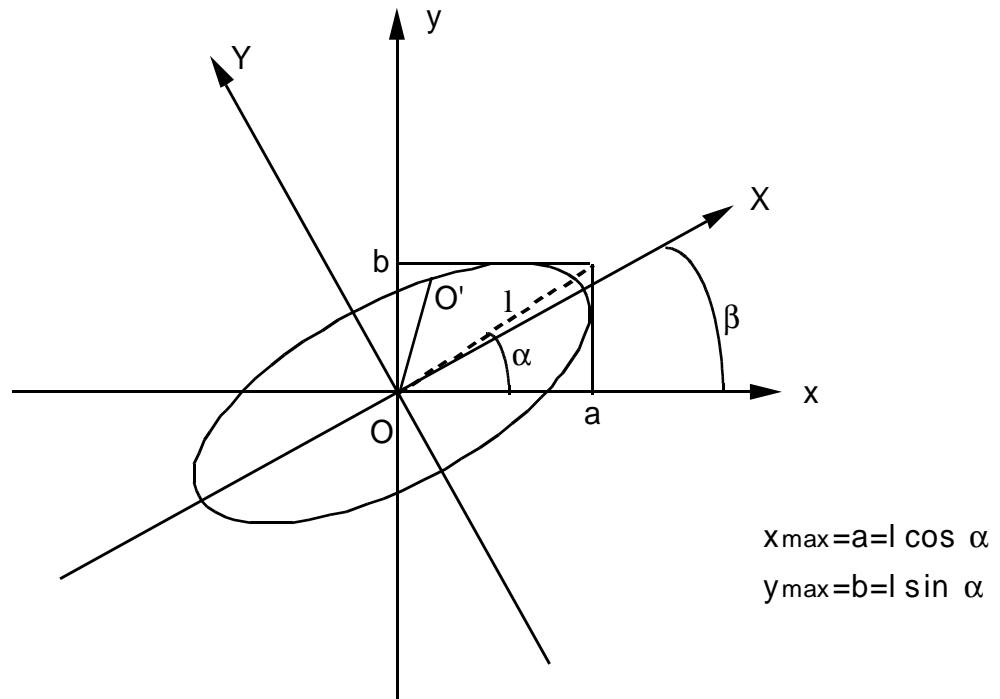
$$\begin{aligned} \left| \vec{D}_x \right| &= \left| \vec{D} \right| \cos \alpha \\ \left| \vec{D}_y \right| &= \left| \vec{D} \right| \sin \alpha \end{aligned}$$

Réaliser l'analyse d'une vibration rectiligne consiste à déterminer l'orientation α du vecteur \vec{D} dans le plan oxy .

I-2 Lumière polarisée elliptiquement

La vibration rectiligne représente un cas particulier d'une forme plus générale de vibration: la vibration elliptique $\vec{oo'}$ qui s'obtient comme composition de deux vibrations rectilignes perpendiculaires cohérentes

déphasées de φ . Une vibration elliptique est donc caractérisée par trois paramètres a , b et φ .



Les équations paramétriques (le paramètre étant le temps t) de la vibration $\vec{oo'}$ peuvent s'écrire dans le repère fixe oxy

$$\vec{oo'} \quad \begin{cases} x = a \cos \omega t \\ y = b \cos (\omega t - \varphi) \end{cases} \quad (1)$$

Le retard de phase φ de la vibration dirigée suivant l'axe \vec{oy} par rapport à celle dirigée suivant \vec{ox} se trouve défini par la donnée de l'ensemble (1).

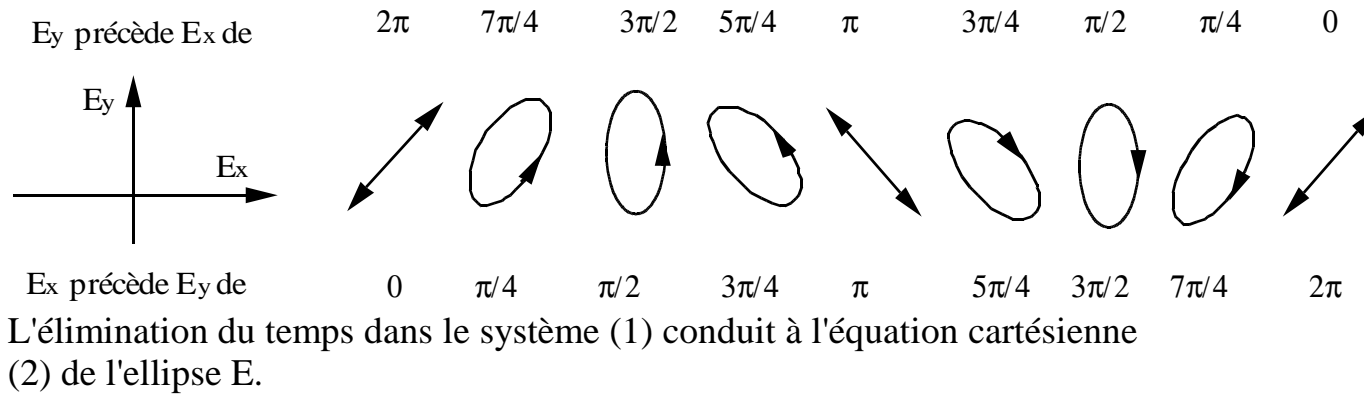
- Le lecteur établira que: 1) le mouvement du point o' s'effectue suivant la loi des aires

2) si $0 < \varphi < \pi$, le sens de parcours du point o' est gauche.

si $\pi < \varphi < 2\pi$, le sens de parcours du point o' est droit.

- Vérifier que vous êtes capable de tracer l'ellipse pour quelques valeurs particulières de φ :

$$\varphi = 0; \quad 0 < \varphi < \frac{\pi}{2}; \quad \varphi = \frac{\pi}{2}; \quad \frac{\pi}{2} < \varphi < \pi; \quad \varphi = \pi; \quad \pi < \varphi < \frac{3\pi}{2}; \quad \varphi = \frac{3\pi}{2}; \quad \frac{3\pi}{2} < \varphi < 2\pi$$



$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab} \cos \varphi = \sin^2 \varphi \quad (2)$$

L'équation (4) de la vibration elliptique dans son repère principal (OXY) s'obtient en effectuant une rotation des axes (\vec{ox}, \vec{oy}) d'un angle β défini par la relation suivante.

$$\tan 2\beta = \frac{2ab \cos \varphi}{a^2 - b^2} \quad (3)$$

$$\frac{X^2}{A^2} + \frac{Y^2}{B^2} = 1 \quad (4) \quad (A > 0, B > 0)$$

- Vérifier les relations (rappelées ci-dessous) qui lient les valeurs des demi-axes A et B de la vibration elliptique dans son repère principal, aux quantités a, b et φ en étudiant plus particulièrement le cas où a est égal à b.

- Dans ce cas particulier où (a = b) on a nécessairement $\beta = 45^\circ$ et l'équation (4) prend la forme (4')

$$\frac{X^2}{2a^2 \cos^2 \varphi / 2} + \frac{Y^2}{2a^2 \sin^2 \varphi / 2} = 1 \quad (4')$$

Remarque: Les équations cartésiennes (2), (4) ou (4') obtenues par élévation au carré rassemblent moins d'informations sur la vibration elliptique que celles que l'on peut déduire à partir du système (1); elles ne permettent pas, en effet, de connaître de façon unique la position du vecteur vibrant $\vec{oo'}$ à chaque instant sur E. Il n'est donc pas suffisant pour réaliser l'analyse d'une vibration elliptique de rechercher les directions principales de E et le rapport des demi-axes A et B de E. Il est également nécessaire de déterminer le sens de rotation de la vibration elliptique afin que l'équivalence entre les équations (1) et (4) (ou 4') puisse être établie.

$$A^2 + B^2 = a^2 + b^2$$

II- EXEMPLES DE METHODE D'ANALYSE D'UNE VIBRATION LUMINEUSE RECTILIGNE OU ELLIPTIQUE

Les exemples de méthode d'analyse présentés dans ce paragraphe ont été choisis en raison de leur simplicité. Le lecteur trouvera la description de méthodes plus élaborées mais aussi plus précises dans les manuels d'optique ou dans le cours.

II-1 Analyse d'une vibration lumineuse polarisée rectilignement à l'aide d'un analyseur rectiligne.

Quel que soit le type de l'analyseur utilisé, on suppose que la direction OA de polarisation qu'il laisse passer est **connue**.

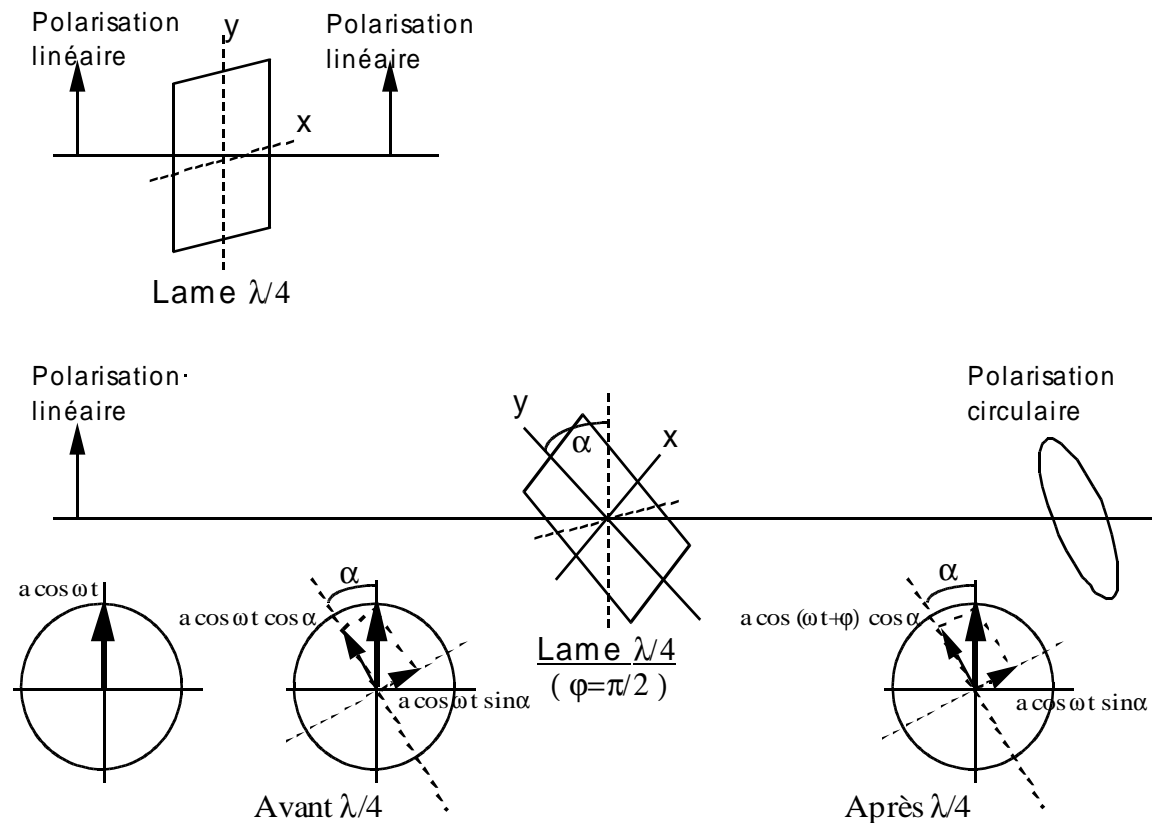
En vertu de la loi de Malus, il suffit de chercher l'orientation de l'analyseur qui réalise l'extinction du faisceau pour en connaître la direction de polarisation rectiligne. On rappelle que, selon la loi de Malus, l'intensité que transmet un analyseur \vec{OA} faisant un angle α avec la direction est proportionnelle à $\cos^2 \alpha$. Remarquons que l'extinction n'est jamais complètement réalisée en raison de la présence inévitable de lumière parasite et de dépolarisation des faisceaux si bien qu'il s'agit dans cette méthode, de pointer le passage par un minimum de lumière.

II-2 Analyse d'une vibration lumineuse elliptique d'axes connus à l'aide d'une lame quart d'onde suivie d'un analyseur rectiligne.

a) Définition d'une lame quart d'onde:

Une lame quart d'onde introduit entre deux directions de vibrations privilégiées perpendiculaires \vec{ox} et \vec{oy} (le repère Oxy est situé dans le plan d'onde) une différence de phase de $\frac{\pi}{2}$. Par définition l'axe \vec{oy} sera appelé l'axe lent (ou rapide) selon que la vibration rectiligne dirigée suivant \vec{oy} subit, à la traversée de la lame, le retard (ou l'avance) de phase de $\pi/2$ par rapport à la vibration dirigée selon l'axe \vec{ox} .

Une lame quart d'onde est faite d'un matériau cristallin biréfringent, c'est-à-dire présentant selon les directions Ox et Oy deux indices n_o et n_e (respectivement pour la rayon ordinaire et le rayon extraordinaire, avec $n = \frac{c}{v}$) et taillée selon une direction convenable du cristal pour que les 2 rayons soient parallèles à la sortie. Selon le matériau utilisé, la différence d'indice $n_e - n_o$ sera positive (cas du quartz, de la glace) ou négative (cas de la calcite ou du mica) correspondant à un axe Oy lent ($>o$) ou rapide ($<o$)



b) Etude de l'action d'une lame quart d'onde sur une vibration elliptique dont les directions principales sont parallèles aux axes (\vec{ox} , \vec{oy}) de la lame.

- En remarquant que toute vibration elliptique peut être considérée comme la composition de deux vibrations rectilignes perpendiculaires déphasées de φ , vérifier que la vibration est rectiligne à la sortie de la lame quart d'onde. (Le problème sera traité dans le repère (Ox, Oy)).

- Montrer également que la direction de la vibration rectiligne rétablie se situe dans le premier et troisième quadrant ou dans le deuxième et quatrième quadrant suivant le sens (droit ou gauche) de la vibration elliptique incidente et suivant que l'axe \vec{oy} est lent ou rapide?

c) Analyse de la vibration elliptique

Le principe de la méthode d'analyse suppose que l'on connaisse:

- les directions principales de la vibration elliptique que l'on se propose d'analyser.
- les directions et la nature (axe \vec{oy} lent ou rapide) des axes d'une lame quart d'onde.
- la direction de polarisation \vec{OA} que laisse passer un analyseur rectiligne.

On fait arriver la vibration elliptique sur la lame quart d'onde qui a été disposée de telle sorte que ses axes \vec{ox} et \vec{oy} soient parallèles aux directions principales de la vibration elliptique. Après passage de la lame quart d'onde la lumière polarisée rectilignement est analysée à l'aide de l'analyseur rectiligne.

- Montrer à l'aide de schémas clairs et précis comment l'analyse de la vibration rectiligne rétablie permet d'analyser la vibration elliptique.

III- EXEMPLES DE PRODUCTION DE VIBRATION ELLIPTIQUE DANS LESQUELS LA DIRECTION DES AXES PRINCIPAUX DE L'ELLIPSE EST CONNUE

Cette question est essentielle puisque nous nous sommes limités à l'analyse d'une vibration elliptique d'axes connus. Deux cas sont à considérer.

a) Action d'une lame quart d'onde sur une vibration rectiligne

- Montrer à l'aide des schémas que toute lumière polarisée rectilignement à l'entrée d'une lame quart d'onde d'axes ox, oy est polarisée elliptiquement à la sortie de la lame. Montrer que les directions principales de la vibration elliptique sont confondues avec les axes \vec{ox} et \vec{oy} . Montrer que le sens de la vibration elliptique dépend de l'orientation de la vibration rectiligne incidente par rapport aux axes lent et rapide de la lame quart d'onde.
- Qu'obtient-on si on place 2 lames 1/4 d'onde l'une à la suite de l'autre (en disposant leurs axes x et y parallèles)? Vérifier qu'on a ainsi réalisé une lame demi-onde.
- Que se passe-t-il si les lames 1/4 d'onde ont été disposées avec l'axe ox de l'une parallèle à l'axe oy de l'autre ?

b) Action d'une lame introduisant un retard de phase quelconque j entre deux directions privilégiées \vec{ox} et \vec{oy} sur une vibration rectiligne \vec{OP} incidente orientée à 45° de \vec{ox} et \vec{oy}

- Montrer en utilisant la relation (3), que les directions principales de la vibration elliptique obtenue en sortie de la lame sont orientées à 45° des axes \vec{ox} et \vec{oy} .

IV- RAPPELS DE QUELQUES PROPRIETES DES ELEMENTS OPTIQUES UTILISES DANS LA PARTIE PRATIQUE.

IV-1 Polariseur et analyseur.

L'orientation du vecteur champ électrique pour une onde non polarisée est aléatoire (lumière naturelle mais également le laser qui sera utilisé dans ce TP).

Un polariseur rectiligne - polariseur dans la littérature - est un instrument permettant d'obtenir, en sortie, de la lumière polarisée rectilignement, c'est-à-dire ayant un champ électrique toujours parallèle à une direction. Cette dernière est déterminée par le matériau polarisant (cristal ou polymère) et est donc solidaire du dit matériau. Une rotation de ce matériau entraîne une rotation identique de la direction de polarisation de l'onde émergente. Le matériau polarisant est souvent installé sur une monture tournante, ce qui permet d'obtenir en sortie un faisceau lumineux polarisé rectilignement dans n'importe quelle direction.

Lorsqu'une onde polarisée rectilignement traverse un polariseur, l'onde émergente est encore polarisée rectilignement, dans la direction imposée par le polariseur et avec une intensité atténuée par le facteur $\cos^2(\alpha)$ ou α est l'angle entre les directions de polarisation du faisceau incident et du polariseur (Loi de Malus).

Un analyseur est un polariseur placé en fin de montage pour permettre l'analyse du faisceau émergent (d'où son nom).

Il existe trois types de polariseurs rectilignes:

- Le **nicol**: c'est un cristal de synthèse ou naturel (ex: spath d'Islande) taillé de manière à éliminer l'une des vibrations privilégiées (Cf Bruhat d'Optique, page 340).
- Le **polaroïd**: composé de polymère dans lequel sont noyés de petits cristaux dichroïques est le plus courant et le moins onéreux des polariseurs. Bien que moins performant qu'un bon cristal, il est d'une qualité suffisante pour la plupart des utilisations. Cette technologie utilise le phénomène du dichroïsme c'est-à-dire une absorption de l'onde électromagnétique dans le matériau dichroïque qui est différente selon que le champ électrique est parallèle ou perpendiculaire aux molécules du matériau.
- La **lame de verre sous incidence de Brewster**: lors d'une réflexion sur un diélectrique d'indice n , si l'angle d'incidence i est tel que $\tan(i) = n$, une des composantes du champ électrique de l'onde est éliminée; il ne reste, après réflexion, que la composante perpendiculaire au plan d'incidence

Notons que si l'angle d'incidence est quelconque, la lumière initialement non polarisée sera, après réflexion, partiellement polarisée.

IV-2 Lame quart d'onde.

Soit une lame cristalline d'épaisseur e éclairée sous incidence normale par un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ . Les deux plans d'onde Σ' et Σ'' parallèles au plan d'onde incident Σ se propagent dans le milieu anisotrope avec des indices de propagation n' et n'' différents.

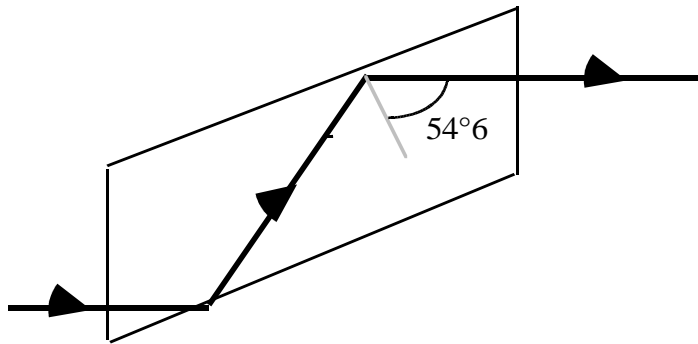
La différence de marche δ entre les deux directions de vibration parallèles aux lignes neutres vaut à la sortie de la lame:

$$\delta = e (n' - n'')$$

Si l'épaisseur e de la lame est telle que $\delta = \lambda / 4$ (c'est-à-dire qu'elle entraîne un déphasage $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{2}$) la lame est dite quart d'onde pour la longueur d'onde considérée.

Une telle lame quart d'onde n'est pas achromatique puisque le déphasage dépend de λ .

IV-3 Le rhomboèdre de Fresnel.



Le rhomboèdre de Fresnel est le plus souvent réalisé en verre d'indice $n=1.515$ selon le schéma ci-dessus. Un rayon lumineux qui arrive sous incidence normale sur la face avant du rhomboèdre ressort parallèlement au rayon d'entrée après avoir subi deux réflexions totales sur les faces de celui-ci. On rappelle que dans le cas d'une réflexion totale, la vibration située dans le plan d'incidence présente par réflexion une avance de phase de 45° par rapport à la vibration perpendiculaire à ce plan. Cette avance de phase est égale à 0 si l'angle d'incidence est égal à l'angle limite i_l pour augmenter selon l'expression:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{\cos i \sqrt{n^2 \sin^2 i - 1}}{n \sin^2 i}$$

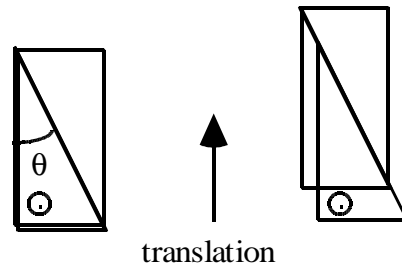
On vérifie bien qu'avec $i=54^\circ 6'$ et $n=1.515$, on obtient par réflexion un déphasage $\varphi = \frac{\pi}{4}$; soit pour deux réflexions $\Phi = 2\varphi = \frac{\pi}{2}$.

Ce dispositif se comporte donc comme une lame quart d'onde dont on connaît l'orientation des axes lents et rapides.

Dans la mesure où l'indice du verre utilisé varie peu avec la longueur d'onde, le rhomboèdre de Fresnel présente l'avantage, sur les lames cristallines quart d'onde, d'être achromatique.

IV-4 Le compensateur de Babinet-Soleil.

Un compensateur de Babinet-Soleil est composé de deux coins de quartz d'angles égaux mais dont les lignes neutres sont croisées (l'axe lent de l'un des quartz est parallèle à l'axe rapide de l'autre quartz). L'un des quartz peut être déplacé par rapport à l'autre au moyen d'une vis micrométrique.



On éclaire un compensateur de Babinet-Soleil au moyen d'un faisceau laser et on suppose que l'angle Θ des coins de quartz est suffisamment petit pour que l'extension transversale du faisceau laser puisse être négligée dans les calculs de différence de marche. Le faisceau est alors caractérisé, d'un point de vue géométrique, par son rayon moyen que l'on fera passer au centre du champ du compensateur. On admettra pour les mêmes raisons que chaque coin se comporte pour le faisceau comme une lame cristalline à faces parallèle d'épaisseur variable.

Une translation t du quartz mobile se traduit par une variation de la différence de marche entre les directions de vibration parallèles aux lignes neutres égales à

$$t(n_e - n_o) \tan \theta.$$

Dans ces conditions expérimentales, un compensateur de Babinet-Soleil peut être assimilé à une lame anisotrope introduisant entre ses directions de lignes neutres une différence de phase Φ variant linéairement avec le déplacement t de l'un des coins en quartz.

$$\Phi = \frac{2\pi\delta}{\lambda} = \frac{2\pi(n_e - n_o)t \cdot \tan \theta}{\lambda}$$

Le compensateur de Babinet-Soleil n'est pas un dispositif achromatique.

PARTIE EXPERIMENTALE.

**EN AUCUNE CIRCONSTANCE, VOUS N'INTERPOSEREZ
VOTRE OEIL SUR LE TRAJET DU FAISCEAU LASER.**

**NE PAS METTRE LES DOIGTS SUR LES ÉLÉMENTS
OPTIQUES**

I- ANALYSE D'UNE VIBRATION RECTILIGNE.
(Cf IV-1)

On se propose de repérer les directions de polarisation de deux polariseurs. Les lames polaroïds utilisées sont fixées sur un support rotatif. L'index jaune sur le bord du support rotatif de la lame indique la direction de polarisation.

I-1 Utilisation d'un seul polariseur.

Aligner sur le banc d'optique: le laser Hélium-Néon, le polariseur 1 (Fig 1).

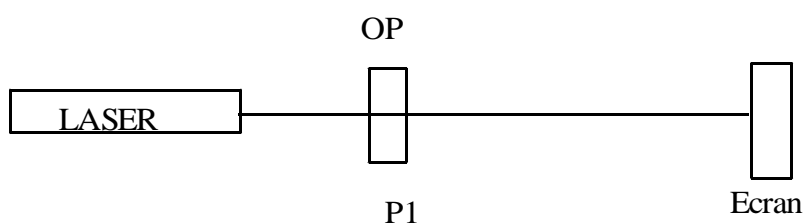


Figure 1

Placer un polariseur OP sur le trajet du faisceau laser (voir figure 1). En observant l'intensité lumineuse transmise par le polariseur suivant son orientation dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation du faisceau, vérifier que la lumière incidente sur le polariseur n'est polarisée ni rectilignement ni elliptiquement. Conclusion?

I-2 Utilisation de deux polariseurs.

Placer un deuxième polariseur OA après le premier (voir figure 2).

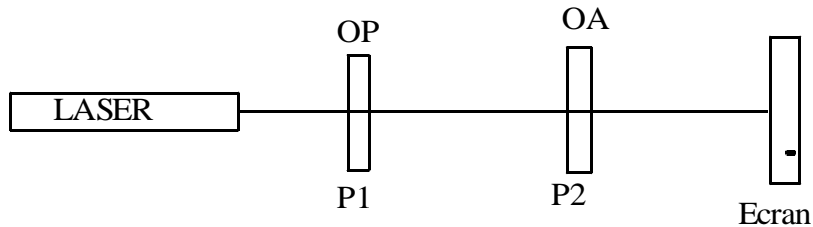


Figure 2

Ce second polariseur sert à analyser la lumière transmise par le premier. On l'appelle dans ce cas analyseur. La direction de polarisation de l'analyseur est connue. Elle est parallèle à l'index jaune solidaire du support de la lame polaroïd.

Vérifier que la lumière transmise par le polariseur est de polarisation rectiligne. En déduire la direction de polarisation OP que laisse passer le premier polariseur (repérer clairement cette direction par rapport à l'index du bord de la lame). Expliquer vos observations.

I-3 Vérification de la loi de Malus.

On se propose de vérifier la loi de Malus en combinant les effets d'un polariseur fixe et d'un analyseur tournant.

L'analyseur tournant est une feuille polaroïd montée sur l'axe d'un moteur synchrone.

Réaliser le montage de la figure 3 en alignant sur le banc le laser et l'un des polariseurs, et en dehors du banc l'analyseur tournant et le détecteur D1 (luxmètre).

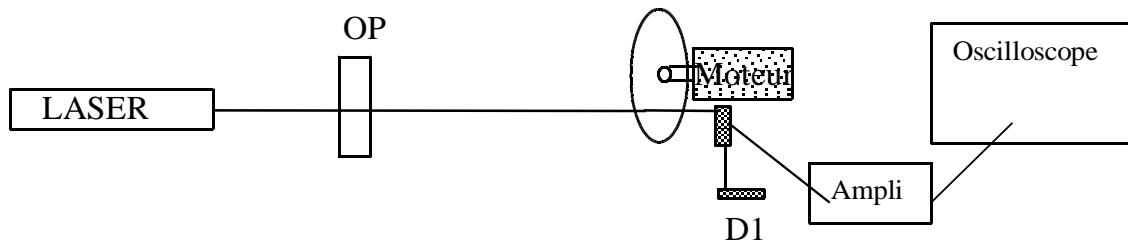


Figure 3

En supposant que le capteur a une réponse linéaire à l'intensité lumineuse, quelle est l'expression analytique du signal électrique délivré par le capteur (en fonction de la vitesse du moteur et du temps).

Observer le signal en sortie du détecteur amplifié à l'oscilloscope, en mesurer la fréquence. Sachant que le minimum de lumière est atteint deux fois par tour du moteur (en partant d'un maximum), déterminer la vitesse de rotation du moteur.

II- ETUDE D'UNE LAME QUART D'ONDE (Cf IV-2).

II-1 Repérage des axes lent et rapide d'une lame quart d'onde.

Introduire une lame cristalline quart d'onde entre polariseur et analyseur croisés (Fig 4).

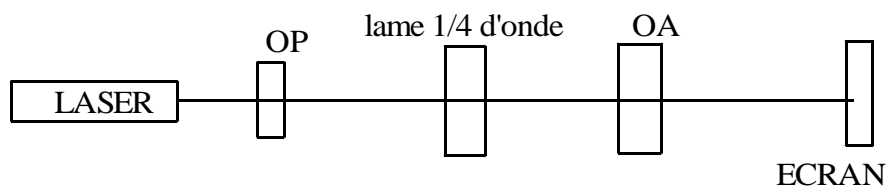


Figure 4.

Tourner la lame dans son plan. En se servant des résultats du paragraphe 2-b de la partie théorique, déduire les directions LN1 et LN2 des lignes neutres de la lame (repérer ces directions par rapport à la petite fente taillée au bord de la lame). Expliquer.

Pour différentes valeurs (0° , 20° , 45° , 70° , 90°) de l'angle (LN1, OP), faire tourner l'analyseur dans son plan et observer, sur un écran l'intensité de la lumière transmise qui généralement est polarisée elliptiquement. Décrire ce que l'on observe. Dans quels cas la vibration à la sortie de la lame cristalline est-elle rectiligne ? circulaire ?

Introduire, entre cette lame et le polariseur, le rhomboïdre de Fresnel (Cf IV-3 partie théorique et figure 5) qui se comporte comme une lame quart d'onde dont on connaît les lignes neutres. L'axe rapide est vertical lorsque le rhomboïdre est installé sur son support.

Assurer le parallélisme entre les lignes neutres de la lame cristalline et celles du rhomboïdre. Indiquer la façon de procéder.

L'extinction du faisceau lumineux étant réalisée, tournez OP d'une vingtaine de degrés. Notez dans quel sens il faut tourner OA pour rétablir l'extinction. En déduire alors l'axe rapide et l'axe lent de la lame cristalline quart d'onde (repérer ces axes par rapport à la fente taillée sur le bord de la lame quart d'onde).

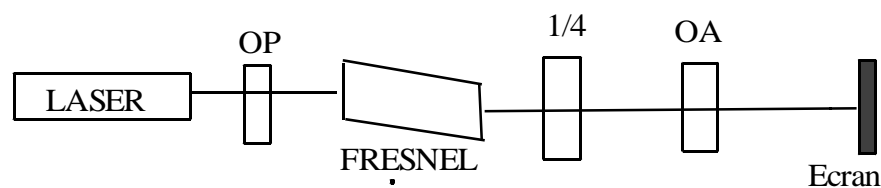


figure 5

II-2 Assemblage de lames quart d'onde

Réaliser, (si vous en avez le temps), les expériences avec deux lames 1/4 d'onde suggérées dans la partie théorique III-a.

III- ANALYSE D'UNE VIBRATION ELLIPTIQUE

On se propose de produire une vibration elliptique à l'aide d'un compensateur de Babinet-Soleil (Cf IV-4 partie théorique). On analysera cette vibration elliptique à l'aide d'une lame quart d'onde et d'un analyseur rectiligne.

III-1. Production de la vibration elliptique

Le compensateur de Babinet-Soleil se comporte comme une lame anisotrope introduisant entre les deux vibrations privilégiées une différence de phase Φ qui est fonction de la position relative des deux prismes en quartz constituant le compensateur.

Etablir qu'une vibration incidente, polarisée rectilignement, orientée à 45° des lignes neutres LN1 et LN2 du compensateur, émerge du compensateur polarisée elliptiquement avec des directions principales orientées à 45° des lignes neutres LN1 et LN2 et une ellipticité égale à $|\tan(\Phi / 2)|$ (figure 6).

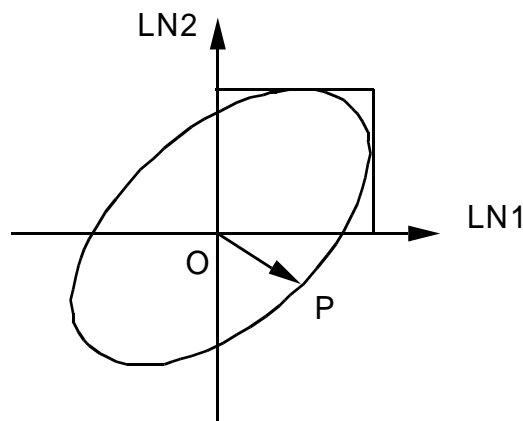
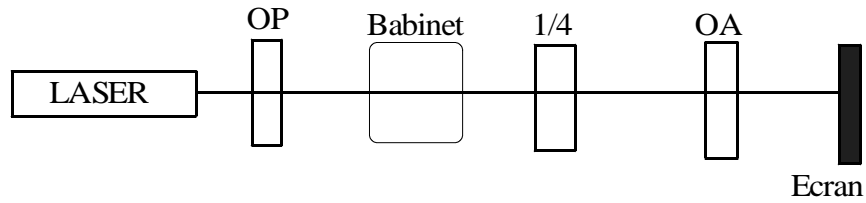


Figure 6

III-2 Méthode d'analyse.

Réaliser le montage de la Figure 7, dans lequel polariseur et analyseur sont croisés. OP étant disposé suivant la direction verticale, confondue avec la direction de l'une des lignes neutres de la lame quart d'onde: utiliser la lame cristalline dont on connaît maintenant toutes les caractéristiques et noter si c'est l'axe lent ou rapide qui est horizontal.

Les lignes neutres du compensateur de Babinet-Soleil installé sur son support sont situés dans un plan vertical et sont orientés à 45° de la direction verticale.

**Figure7.**

Vérifier que tous les éléments sont éclairés sous incidence normale.

Assurez vous que vous comprenez les indications fournies par la vis micrométrique (lecture du vernier et unités en particulier).

A partir de la position 0 de la vis micrométrique, tradater sans forcer le quartz du compensateur pour obtenir une différence de phase Φ nulle (vous indiquerez la marche à suivre).

Repérer la position correspondante sur le vernier du système de translation du quartz.

A partir de cette origine, tradater alors le quartz à l'aide de la vis micrométrique millimètre par millimètre et mesurer pour chaque position l'angle dont il faut tourner l'analyseur pour rétablir l'extinction. Tourner toujours l'analyseur dans le même sens.

En se servant des résultats des paragraphes III-a et b de la partie théorique, déduire pour chaque position, l'ellipticité et le sens de rotation de la vibration elliptique à la sortie du compensateur.

A partir de ces mesures, étalonner le compensateur en traçant la courbe de la différence de phase Φ en fonction de la position du quartz lue au vernier. Estimer les erreurs.

Quelles conclusions tirez-vous de vos mesures?

IV-ANALYSE AUTOMATIQUE D'UNE VIBRATION ELLIPTIQUE

On se propose de vérifier les résultats obtenus précédemment avec le compensateur de Babinet-Soleil en utilisant un système de détection automatisé faisant appel à un modulateur (analyseur tournant utilisé au I).

On réalise pour cela le montage suivant:

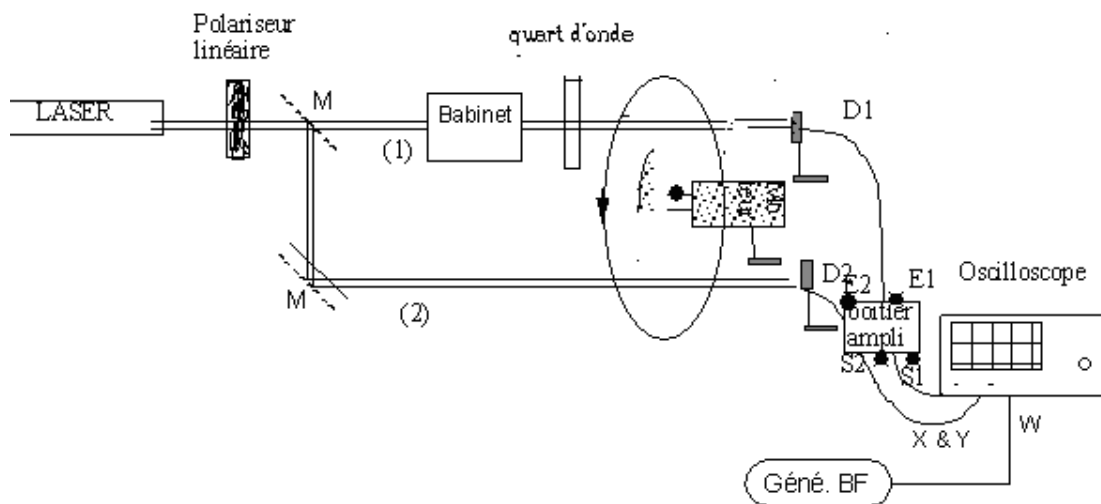


Figure 8:

Le faisceau Laser est séparé en deux faisceaux (1 et 2) par une lame semi-transparente. Sur la voie 1 est placé le compensateur de Babinet-Soleil (ou bien l'un ou l'autre des dispositifs utilisés précédemment), tandis que la seconde voie est libre. Un moteur synchrone fait tourner un disque polaroïd monté sur un support. Les faisceaux traversent le disque polaroïd en des points diamétralement opposés de sorte que chaque faisceau traverse à tout instant des polariseurs rectilignes tournants mais de directions constamment parallèles.

Deux détecteurs (luxmètres) D1 et D2 mesurent l'intensité de chacun des faisceaux. Les signaux mesurés sont envoyés respectivement sur les entrées E1 et E2 d'un boîtier amplificateur pour être amplifiés. Prendre soin de relier les bornes négatives à la masse du boîtier. Les signaux amplifiés S1 et S2, synchrones des signaux E1 et E2 sont envoyés à leur tour aux entrées X et Y d'un oscilloscope utilisé en mode XY (courbe de Lissajous).

⇒ Sachant que la vitesse de rotation du disque est de 12,5 tr/s quelle est la fréquence des signaux observés ?

⇒ Donner l'expression du signal E1 obtenu sur le détecteur D1 en fonction du temps et de l'angle que fait la direction de polarisation du faisceau incident avec la verticale. on supposera qu'à l'instant $t = 0$, la direction de polarisation de l'analyseur tournant fait un angle α avec la verticale.

⇒ Vérifier la pertinence de vos résultats en retirant le compensateur de Babinet-Soleil et la lame $\frac{1}{4}$ d'onde c'est-à-dire avec les deux faisceaux libres. Qu'observe-t-on ?

Le signal d'un générateur BF (créneaux de 0,4 ms à la fréquence de 24.8 Hz ($< 2 \cdot 12,5$ Hz) est appliqué à l'électrode de Wehnelt de l'oscilloscope (entrée Z). Ce signal permet de rendre visible le sens de parcours de l'ellipse et donc la qualité droite ou gauche de la polarisation elliptique.

⇒ Montrer que l'ellipse observée sur l'oscilloscope a des caractéristiques identiques à celle associée à la vibration elliptique émergeant du compensateur.

⇒ Reprendre sur ce montage les autres expériences effectuées précédemment, en particulier les montages des figures 5 et 7.