

MP14 : Polarisation des ondes électromagnétiques

15 Février 2021

Introduction

Ondes centimétriques Démonstration du phénomène de polarisation avec les ondes centimétriques. On dispose d'un émetteur et d'un récepteur d'onde centimétrique. On observe à l'oscilloscope le signal reçu par le récepteur. Si on dépose une grille entre l'émetteur et le récepteur il y a une position de la grille pour laquelle l'onde est transmise et l'autre pour laquelle l'onde ne passe plus. Cela prouve que l'onde produite par l'émetteur est polarisée dans le sens perpendiculaire à la grille. En effet l'émetteur est polarisé rectilignement dans le sens de la petite dimension du cornet.

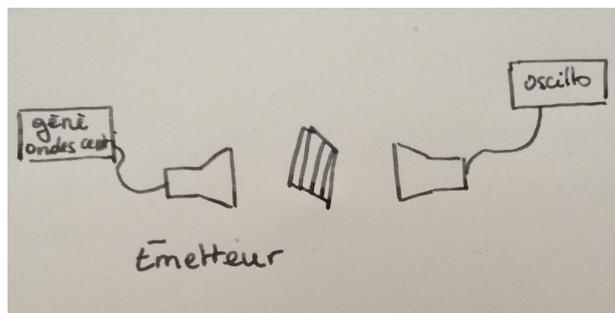


Figure 1: Polarisation rectiligne avec des ondes centimétriques

1 Polarisation Rectiligne

Analyse : Loi de Malus [Physique expérimentale p.184]

Étudions à présent la polarisation rectiligne. On peut vérifier expérimentalement la loi de Malus qui dit que l'éclairement à la sortie d'un analyseur est proportionnelle au cosinus carré de l'angle entre le champ électrique et l'axe du polariseur : $E = E_0 \cos^2 \theta$.

On utilise une lampe QI et une photodiode avec le circuit intégré (pas besoin de s'embêter avec un générateur et des résistances). La tension peut se lire directement au voltmètre à la sortie de la photodiode.

On trace alors la tension en fonction du cosinus carré de l'angle entre le polariseur et l'analyseur.

On trace en fait $S_{moy}(\theta) = \frac{S(\theta) + S(-\theta)}{2}$ pour minimiser l'influence de l'erreur systématique de repérage de l'origine (voir Physique Expérimentale, c'est super bien expliqué).

Il y a une ordonnée à l'origine due à la lumière ambiante parasite. La photodiode ne reçoit pas un éclairement nul quand les polariseur et analyseur sont croisés.

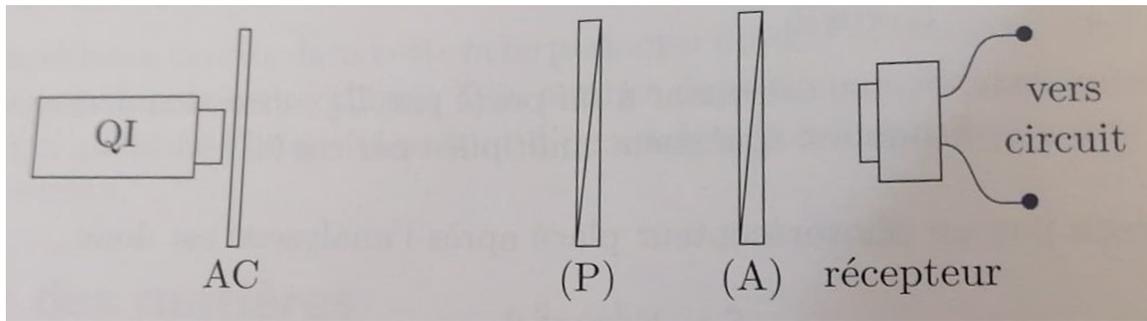


Figure 2: Dispositif expérimental (Physique Expérimentale)

Attention, les mesures que nous avons pris ne nous semble pas reproductible à cause de l'intensité minimale que nous donne la photodiode. D'une fois sur l'autre la droite est translatée. Nous avons choisi de reprendre 4 points durant le montage. Peut-être suffirait-il de normaliser la tension par la tension pour une intensité nulle (à essayer). Le correcteur me disait plutôt de normaliser avec la valeur en $\theta = 0$ sauf que ma photodiode saturait pour cette valeur d'angle... à voir.

2 Polarisation des ondes Elliptiques

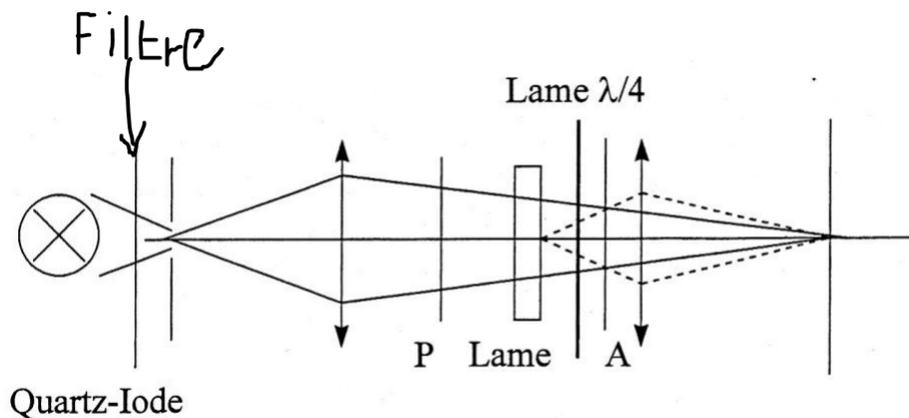


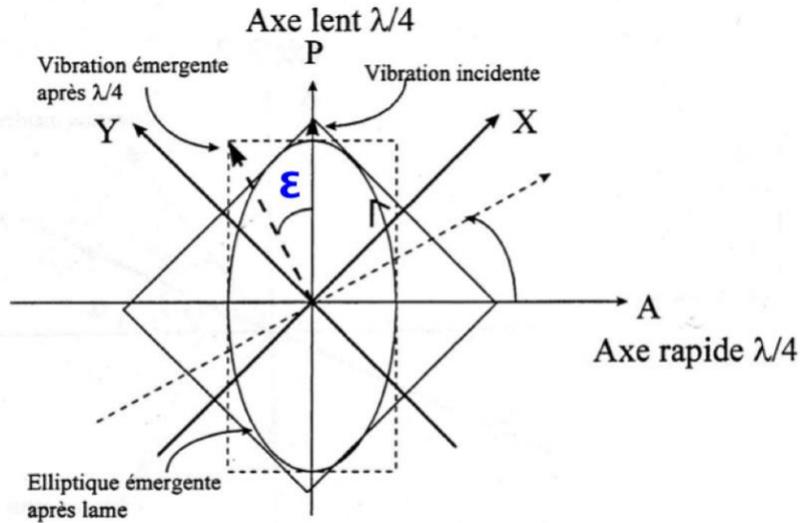
Figure 3: Dispositif expérimental (TP Optique anisotrope)

Méthode $\lambda/4$: analyse d'une polarisation elliptique produite par une lame de Quartz //

J'ai utilisé la méthode donnée dans le TP d'Optique Anisotrope qu'on a eu.

L'idée est de polariser une onde rectilignement avec le polariseur. Ensuite mettre un analyseur derrière et le placer à l'extinction. On place ensuite l'axe lent de la lame $\lambda/4$ dans l'axe du polariseur. On introduit la lame de Quartz. On place ses axes à 45 degré des axes du polariseur et de l'analyseur (pour cela on fait une extinction ce qui signifie que les axes sont alignés avec le polariseur et l'analyseur, on lit l'angle et on rajoute 45 degrés). On rajoute la $\lambda/4$ sur le banc, et on tourne l'analyseur pour retrouver l'extinction.

Le sens dans lequel on tourne l'analyseur correspond au sens de rotation de l'ellipse. Et l'angle duquel on a tourné l'analyseur correspond à l'ellipticité.



X, Y: axes neutres de la lame mince

Figure 4

3 Production d'une polarisation rectiligne

Angle de Brewster Une possibilité pour produire une onde polarisée est d'envoyer une onde sur un diélectrique avec un certain angle (appelé angle de Brewster), seule la composante perpendiculaire au plan d'incidence est réfléchi (le plan d'incidence est le plan engendré par la normale au dioptre et par le vecteur d'onde de l'onde incidente).

Durant cette partie on va essayer de mesurer l'angle de Brewster. Pour cela j'ai utilisé un goniomètre. J'ai éclairé celui-ci avec une lampe spectrale de mercure et j'ai utilisé un filtre interférentiel de manière à filtrer la raie verte. J'ai ensuite positionné un polariseur avec son axe passant dans le plan d'incidence (càd à la graduation 90 degré), on fait cela grossièrement.

On place au centre du goniomètre un morceau de plexiglass (trouvé dans un coin de la salle Fermion 1, tout rayé avec des bandes blanches au milieu, hé ouaiiiiiis on prend ce qu'on trouve !). On recherche la réflexion avec la lunette de visée et on fait tourner la plaque tournante où se trouve le plexi et on suit en même temps la réflexion. Pour un angle donné on trouve un minimum d'intensité. On se place à cet endroit là qui et on affine la direction de l'axe passant du polariseur. On peut alors de proche en proche trouver plus précisément l'angle pour lequel on a le minimum d'intensité (on devrait en toute théorie trouver une extinction, en pratique je n'y suis pas arrivée) celui-ci correspond à l'angle de Brewster.

Bien penser à se placer en onde plane avant le polariseur de manière à bien avoir une incidence qui soit dans la même direction.

4 Effet Faraday

On cherche à étudier un barreau de flint de longueur l auquel on applique un champ magnétique B parallèle à la direction de propagation de la lumière. On montre que cela implique une rotation

de la polarisation d'un angle Ψ tel que : $\Psi = \rho l B$ avec ρ la constante de Verdet. Cet angle ne dépend que de la norme du champ magnétique

En pratique on utilise un électroaimant alimenté avec un autotransformateur pouvant délivrer jusqu'à 2A. On utilise une diode laser d'où on connaît la longueur d'onde.

On doit étalonner l'électroaimant en traçant sa caractéristique B en fonction de I. On utilise un teslamètre pour mesurer le champ magnétique.

On place le barreau de flint dans l'électroaimant et on place un analyseur et un polariseur croisés en entrée/sortie du dispositif. On fait varier le champ magnétique et on relève l'angle pour lequel il y a à nouveau extinction en sortie, ce qui donne directement Ψ .

On trace donc la droite de Ψ en fonction de l'intensité (qui avec notre étalonnage nous permet de remonter au champ magnétique). Avec le coefficient directeur, on remonte à la constante de Verdet pour la longueur d'onde choisie.

5 Correction

Correction étudiante Exp 1 : qu'arrive-t-il à l'onde qui ne passe pas ? Elle est réfléchiée. La grille ressemble à un réseau, est-ce le cas ? Non, on a pas de diffraction $\sin(\theta) = \frac{p\lambda}{a}$ ici on a $a \ll \lambda$

Exp 2 : Comment on règle la photodiode ? Suffisamment loin pour ne pas avoir de saturation.

Pourquoi on mesure une tension ? C'est la tension aux bornes de la résistance qui est intégrée.

Comment est polarisée la photodiode ? En inverse

Est-ce qu'on a une vraie extinction en croisant le pola et l'ana lorsqu'on éclaire avec une lampe blanche ? Le polariseur a une longueur d'onde de fonctionnement nominale qui se trouve au milieu du spectre, si on ne met pas de filtre anticalorique on a le bleu qui passe. Si on met le filtre anticalorique celui-ci filtre les UV et on a une extinction quasi vraie.

Exp 3 : Pourquoi on utilise un filtre interférentiel ? l'ellipticité dépend de la longueur d'onde.

Comment est taillé la lame de quartz ? parallèlement à l'axe optique.

Comment varie l'indice en fonction de la longueur d'onde ? Loi de Cauchy.

Exp 4 : Pourquoi on a un min et pas d'extinction ? Ma réponse est que mon plexi est pas perpendiculaire au plan créé par les deux lunettes du goniomètre mais je ne suis pas sûre.

Quels sont les applications ? Pare-brise de voiture et photographie pour enlever les reflets d'une vitrine ou d'une flaque d'eau.

Correction du correcteur Exp 1 : Comment sont créées les ondes ? sorte d'antenne.

Comment on peut polariser rectilignement ? Polariseur Dichroïque (chaîne de polymère dopé avec des cristaux d'iode, l'iode est dichroïque c'est à dire qu'il y a une absorption anisotrope. On peut également envoyer une onde à l'angle de Brewster, donc une polarisation par réflexion. Une autre possibilité est par diffusion.

Exp 2 : On met un filtre anticalorique car le pola filtre mal les UV et le filtre AC les enlève.

La photodiode intègre sur tout le spectre mais cela ne gêne pas car on a des mesures relatives.

Exp 3 : On met un filtre interférentiel également pour avoir un bon temps de cohérence.

Comment fonctionne un filtre interférentiel ? Un Fabry perrot de grande finesse.

Pourquoi je choisis de mettre la lame de quartz à 45 degrés des axes du pola et de l'ana ?

Comment on trouve le sens de parcours d'une ellipse ? C'est le sens dans lequel on tourne l'analyseur pour retrouver l'extinction quand la lumière vient vers nous.

Exp 4 : Expliquer en raisonnant sur un dipôle ? rayonnement dans l'axe perpendiculaire au dipôle -j, pas de rayon réfléchi.

6 Commentaires

Pour la loi de Malus :

- J'ai choisi d'utiliser une lampe QI sans filtre interférentiel ce qui n'a pas d'influence car on relève l'intensité. On aurait pu choisir également d'utiliser un laser avec des densités pour que la photodiode ne sature pas.
- Le filtre Anticalorique est à ne pas oublier si on fait le choix d'utiliser la lampe QI car elle permet de filtrer les UV. En effet les polariseurs ont une longueur d'onde nominale qui est vers le milieu du spectre visible et elle ne traite donc pas les UV. Il est nécessaire de couper ces longueurs d'onde.
- Plutôt mettre l'exp 1 sur les ondes centimétriques en manip d'intro et ne pas la faire rentrer dans le plan.
- Il faut trouver une valeur tabulée ou calculée théoriquement pour l'ellipticité.

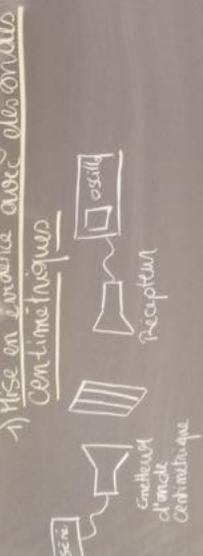
7 Autres manips

Mon montage est trop court, il faut rajouter une manip. On pourrait mesurer la constante de Verdet ou bien faire l'ellipsométrie (analyseur tournant).

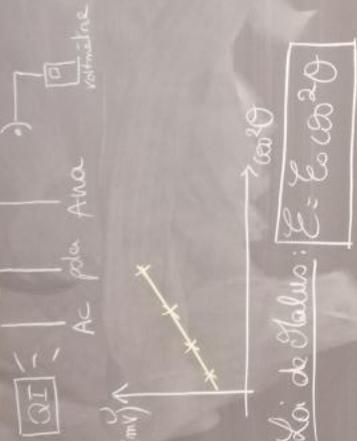
8 Joli Tableau

HP 141 Polarisation des ondes électromagnétiques

I. Polarisation rectiligne

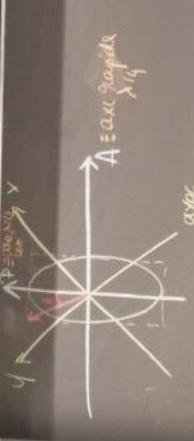
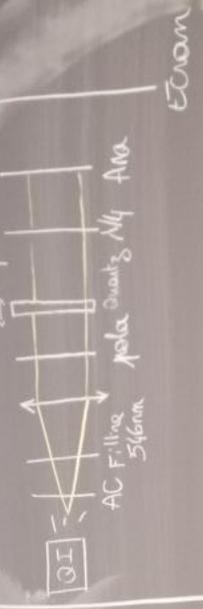


2) Analyse



II. Polarisation des ondes elliptiques

Méthode 1/4 : analyse d'une polarisation elliptique produite par une lame de Quartz.

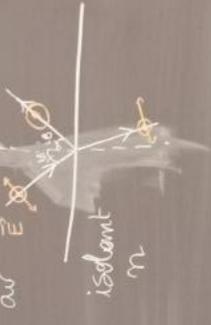


Ellipticité: $\epsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi}{\lambda} (n_y - n_x) e \right)$
avec $\Delta n = 0,0091$

$\epsilon =$

III. Production d'une polarisation rectiligne

Par réflexion à l'angle de Brewster:



$\theta_B = (\quad + 2)^\circ$
 $\theta_B = 56^\circ$

6 Figure 5