

M14: Polarisation des ondes électromagnétiques

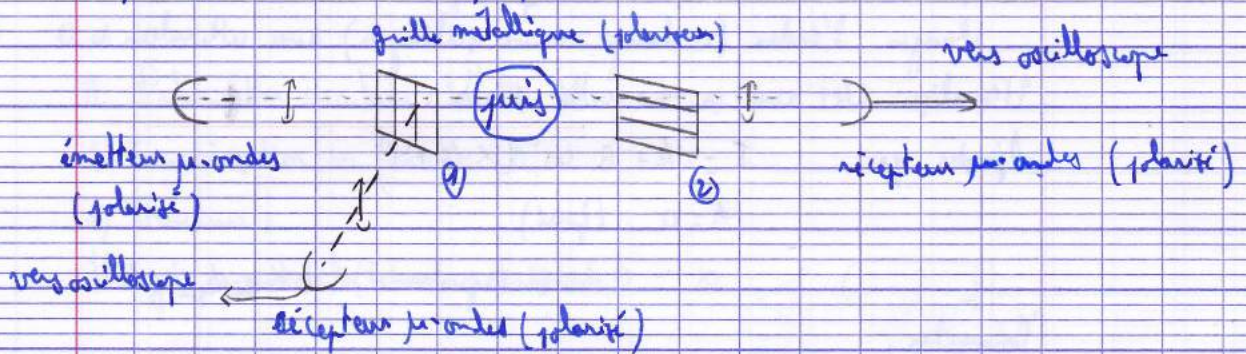
Introduction:

Polarisation: propriété vectorielle d'une onde EM décrivant la direction des oscillations de \vec{E} et \vec{B} . Utilisation en microscopie (certains matériaux ou organismes polarisent la lumière), le cinéma 3D, l'ellipsométrie.

I. Polarisation rectiligne

1) Polarisation des ondes centimétriques:

La polarisation ne concerne pas que la lumière visible mais toute onde EM.



Montrez que récepteur et émetteur sont polarisés en les mettant en position croisée.

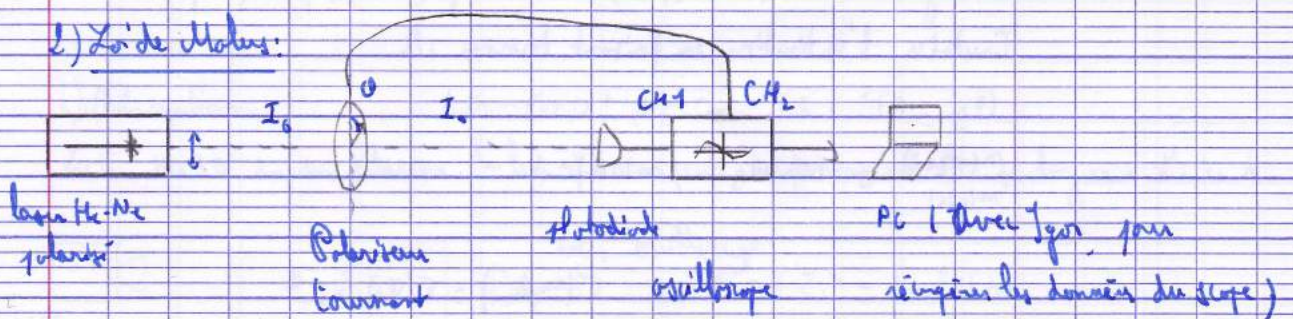
Si la grille est en position verticale ①: constatez l'absence de transmission et la présence d'une réflexion.

Si la grille est en position horizontale ②: constatez la transmission.

Remarque: pour la situation ①, la réflexion n'est pas toujours présente suivant l'onde et la polarisation. Ex: lumière visible + polaroid → absorption (dichroïsme)

Commentaire post-montage: savoir expliquer la réflexion/absorption et la transmission.

2) Loi de Malus:



laser He-Ne polarisé

Polariseur
Couvercle

photodiode
oscilloscope

PC (avec logiciel pour récupérer les données du scope)

Le banc utilisé en TP Phytom 13 d'ellipticité convient tout à fait.

On cherche à vérifier la loi de Malus: $I = I_0 \cos^2 \theta$

avec θ l'angle entre la direction de polarisation du laser et l'axe passant du P tournant

Sur l'oscilloscope: synchroniser le signal de la photodiode sur celui donné par le rotateur.

Récupérer les 2 voies sans Igo. Montrer CH1 en fonction du temps.

Conversion de l'échelle de temps en échelle d'angle:

- récupérer la période T du signal CH2, une période correspond à 1 tour de P.

- récupérer le pas d'échantillonnage des données (afficher une trace avec son index dans un tableau)

- faire le calcul: $\theta = \text{pas} \times \frac{2\pi}{T}$

- changer l'index (ce change wave scaling) avec cette valeur de θ .

Végétaliser CH1 avec sa nouvelle échelle.

Ajuster par: $I = A + B \cos^2(\alpha(\theta + \varphi))$

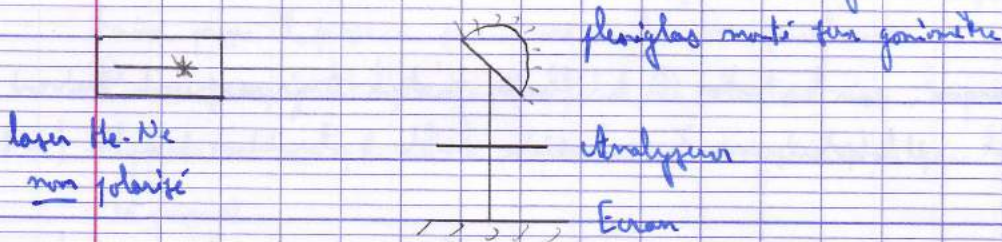
$A = 0$ (forcé)

$\alpha = 0,998$ (ajustement) et $\alpha_{théorique} = 1$

Commenter.

3) Réflexion vitreuse - angle de Brewster:

On cherche à retrouver l'indice de réfraction du Plexiglas.



À l'angle de Brewster θ_B , la lumière réfléchie est polarisée parallèlement à la surface.

Travaux l'extinction en fait font trouver A .

$$\theta_B = 57^\circ \pm 2^\circ = 0,99 \pm 0,03 \text{ rad}$$

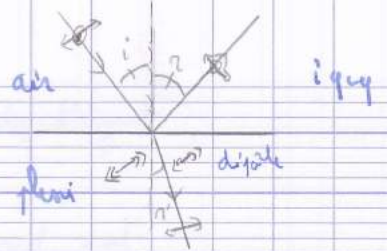
$$\frac{n(\text{plexi})}{n(\text{air})} = \tan \theta_B, \quad n(\text{air}) = 1$$

$$n(\text{plexi}) = 1,5 \pm 0,1$$

$$n(\text{plexi})_{\text{tab}} = 1,49$$

$$\sigma(n_{\text{plexi}}) = \sigma(\theta_B) \times \frac{1}{\cos^2 \theta_B}$$

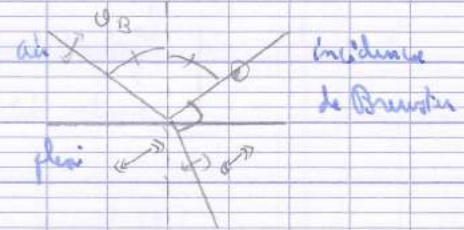
Explication de la polarisation : basée sur le rayonnement dipolaire dans un diélectrique



Le champ E fait osciller les dipôles parallèlement à lui.

Un dipôle ne rayonne pas dans sa direction d'oscillation.

À l'angle de Brewster, les rayons réfracté et réfléchi sont perpendiculaires.



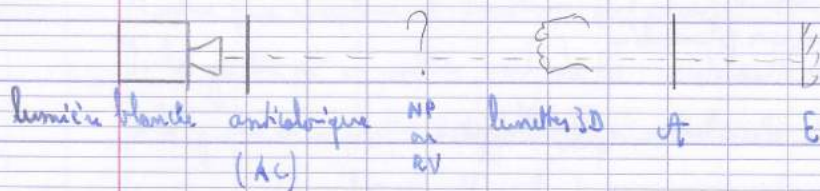
Ainsi, dans cette configuration, le dipôle émet la polarisation parallèle au plan d'incidence donc le rayon réfléchi n'est polarisé que dans la direction \perp au plan d'incidence ie \parallel à l'interface

II. Polarisation circulaire : lunettes 3D

1) Caractérisation des lunettes 3D:

a) Structure:

Il s'agit de noter la structure suivante:



lumière non polarisée \rightarrow rectiligne horizontale (plan des branches)

polarisation rectiligne verticale \rightarrow idem

\Rightarrow structure ci-dessus (lunettes 3D = $\frac{1}{4}$ + polariseur rectiligne)

Construire sch. montage: éclairer les lunettes en lumière non polarisée dans les 2 sens et analyser la polarisation de sortie.

b) Observation:

Les lunettes 3D doivent polariser la lumière incidente indépendamment de sa longueur d'onde λ .



lues sur le signe
en faisant tourner et



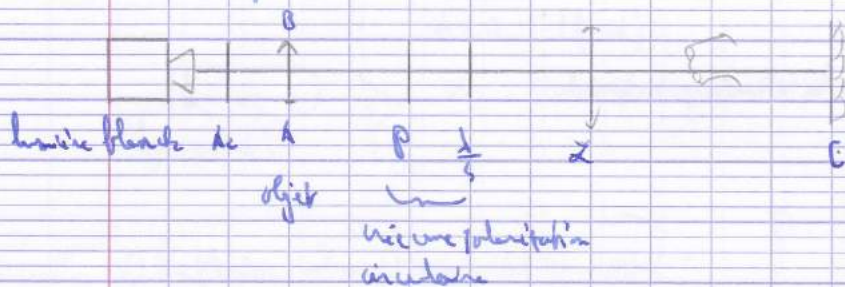
mouvement

Degré de polarisation: $V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$

- Tous les I_{pol} , trace V s f(λ) avec bords d'erreurs. Tracer l'indépendance en λ en ajustant par une droite horizontale.
- Commentaires pol. montage: cela n'a pas du tout convaincu le correcteur. Selon lui, on ne montre ni mesure rien.

2) Sens de polarisation:

Dans le cinéma 3D, une image par œil doit parvenir à un œil et l'autre image doit parvenir à l'autre œil. Elles sont donc polarisées circulairement l'une gauche, l'autre droite. Les verres des lunettes ne laissent passer chacune qu'un sens de polarisation (l'un pour la circulaire gauche, l'autre pour la circulaire droite) et bloquent l'autre polarisation. C'est ce que l'on va montrer.



On voit une polarisation circulaire après l'objet.

On voit passer le faisceau par un verre des lunettes puis l'autre.

Par un verre, on voit l'image, pas l'autre, on ne voit rien: le verre a bloqué le faisceau car le sens de sa polarisation est opposé à celui pour lequel le verre est passant.

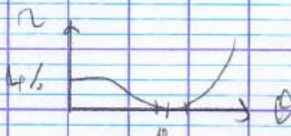
On peut intervertir les verres en faisant tourner de $\frac{1}{2}$ jusqu'à éteindre l'autre verre et allumer le précédent.

Un verre laisse passer la circulaire gauche, l'autre la droite. Le choix est défini par l'angle entre les axes neutres de la $\frac{1}{2}$ et des polariseurs contenus dans les lunettes.

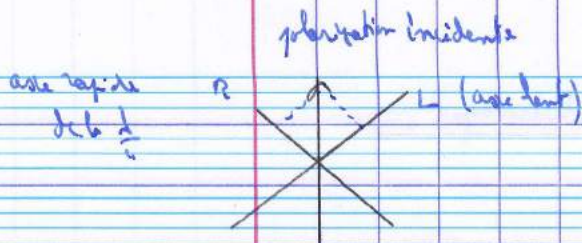
M 14: polarisation des ondes électromagnétiques
commentaires

- Il existe différents types de lunettes 3D? Pourquoi obtient-on une polarisation rectiligne avec lunettes bleues?
 - lunettes 3D à cristaux liquides
 - manip. simple mais montage compliqué
- le débat avec les ondes centimétriques est bien. Pourquoi le détecteur est sensible à la polarisation et pas une photodiode? de grande mesure E et la photodiode mesure E^2 .
- pourquoi la grille fait office de polariseur (réfléchissant-transmettant)? déplacement possible de π
- bonne idée d'employer une Malus. Pourquoi Malus est en $\cos^2 \theta$? projection + intensité. On peut faire l'expérience plus simplement en tournant le polariseur à la main.
- application essentielle: l'ellipsométrie. Peut-être faudrait-il l'intégrer dans le montage, si c'est possible avec le II.4).
- lunettes $\frac{1}{4}$ \Rightarrow observe une circulaire. Au tour de $\frac{1}{2}$ de θ , on obtient en tournant le polariseur de 2θ .

suggestion:

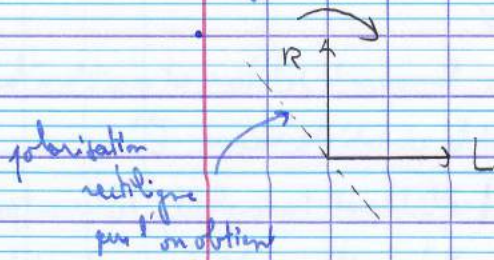
- on peut mettre une $\frac{1}{2}$ et la faire tourner: la polarisation reste rectiligne.
 - application industrielle de l'ellipsométrie: contrôle du dépôt de couches minces.
 - quelle est la polarisation transmise par Brewster? la polarisation transverse magnétique.
 - Redémontrer la formule de Brewster.
 - Être plus démonstratif, montrer que l'angle de Brewster est un particulier sans polariseur.
 - Est-ce une bonne mesure de l'indice de réfraction? non car le minimum est très plat (cf loi de Fresnel)
- 
- n
 $4/3$
 θ_B
 θ
- 1: coefficient de réflexion de Fresnel.
 Application: polariser un laser, filtre photo pour éviter les reflets.

- suggestion: montrer la polarisation des cristaux LCO (cristaux liquides).
- caractérisation des lunettes polarisantes: retourner des lunettes pour montrer que ce n'est pas juste un polariseur.
- Ne pas faire une mesure du degré de polarisation: plutôt employer une circulaire.
- comment obtient-on une circulaire?



L est déphasé de $-\frac{\pi}{2}$ par rapport à R donc polarisation dans le sens horaire.

est-ce que toutes les lunettes ont un effet? Non car polarisation circulaire (vous pouvez regarder votre film en 3D avec l'inclinaison de la tête que vous voulez)



Voilà le détail des polarisations

une lame $\lambda/4$ n'est pas achromatique. Sa vitesse sa différence de marche varie peu avec la longueur d'onde.

ces derniers points sur l'étude de la $\lambda/4$ peut être fait dans une partie elliptique et les lunettes 3D en seraient une illustration très rigoureuse.

Bibliographie

- Expériences d'optique, agrégation de sciences physiques, 2^e édition, Dunod, ed Brial
- Optique expérimentale, Jostot
- Optique, Hecht (version française)