

M14 : Polarisation des ondes électromagnétiques

Rapport du jury :

Ce montage permet d'explorer les ondes électromagnétiques au-delà de la gamme spectrale de l'optique. Le jury constate que la loi de Malus est souvent mal réalisée et mal exploitée ; les candidats gagneraient à réfléchir au choix de la source : spectrale, blanche avec filtre, laser polarisé ou non polarisé. Enfin, il faut connaître le principe des polariseurs utilisés, que ce soit des polariseurs dichroïques ou de simples grilles dans le cas des ondes centimétriques. Production et analyse d'une lumière polarisée : Il s'agit ici d'étudier les propriétés des ondes lumineuses. Il est indispensable de différencier, si possible par des expériences, polarisation partielle et polarisation elliptique.

Introduction:

I - Polarisation rectiligne par dichroïsme

1) Coefficient de transmission des polariseurs

On utilise un polariseur de Nicol.

M14 - I.2 (mais ici on utilise un puissance-mètre et non une photodiode)

On va mesurer les performances d'un polariseur dichroïque:

Montage : Laser polarisé rectilignement (Melles-Griot) + prisme de Nicol

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Prisme_de_Nicol) + polariseur + puissance-mètre

Laser polarisé + prisme de Nicol (polariseur cristallin) = permet d'obtenir un faisceau lumineux polarisé rectilignement avec un taux de polarisation supérieur à celui du polariseur dichroïque.

-Mettre tube en carton + drap noir car très sensible !!!

-Bien régler la longueur d'onde sur le puissance-mètre et penser à relever le bruit de fond.

-Enlever le polariseur et faire tourner le prisme de Nicol pour avoir un signal maximal au puissance-mètre. Le sens passant du Nicol est alors aligné avec l'axe de polarisation du laser. On note P1.

-On peut déterminer le coefficient de transmission H_0 en relevant la puissance avec et sans le Nicol (quand il est passant)

-Mettre le polariseur, rechercher l'orientation du polariseur permettant d'avoir le signal le plus fort : P est alors parallèle à la vibration incidente. On note P2.

-Tourner le polaroid pour avoir le signal minimum. On note P3.

On a ainsi les coefficient de transmission en 0° et 90° :

$$H_0 = P3/P1 \text{ et } H_{90} = P2/P1$$

Comparer le H_0 avec celui du Nicol

Choix du polariseur : taux d'extinction

On fait la manip avec les polariseurs dichroïques (on suppose qu'on a montré avant qu'ils vérifiaient la loi de Malus, du coup on devrait échanger les 2 parties)

On relève le bruit de fond

On relève $I_s(\min)$ ($P \perp A$) et $I_s(\max)$ ($P // A$)

On calcule le taux d'extinction : $\tau = \frac{I_s(\min)-BDF}{I_s(\max)}$, On compare avec la valeur attendue à l'aide de la formule de Malus.

On réalise la même manip avec un polariseur de Nicol.

2) Loi de Malus

M14 - I.2 (mais pas vraiment la même manip') + Sextant p.265

Montage :

Laser polarisé rectilignement (Melles-Griot) + élargisseur de faisceau + polariseur + tube en carton + puissance mètre.

-Allumer le laser suffisamment longtemps pour être stabilisé. **Si il n'est pas polarisé rectilignement, il faut sûrement mettre polariseur + analyseur.**

-On ajoute un tube en carton devant le puissance mètre pour s'affranchir du bruit de fond. On peut évaluer le bruit de fond détecté par le puissance mètre quand on a rien et l'enlever.

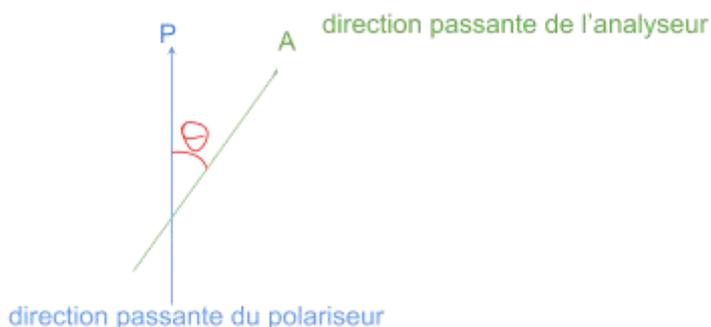
-Polariseur et analyseur parallèles au début

-En changeant l'angle, on va voir que l'intensité varie selon la loi de Malus → ce qu'on va montrer.

Attention: Pensez à régler le puissance mètre sur la longueur d'onde du laser !!

-Noter incertitude pour l'intensité sur le puissance mètre et sur la mesure de l'angle sur Regressi.

On trace l'intensité de sortie I_s en fonction de $\cos^2(\theta)$. Le coefficient directeur correspond à I_0 (quand l'analyseur et le polariseur sont parallèles)



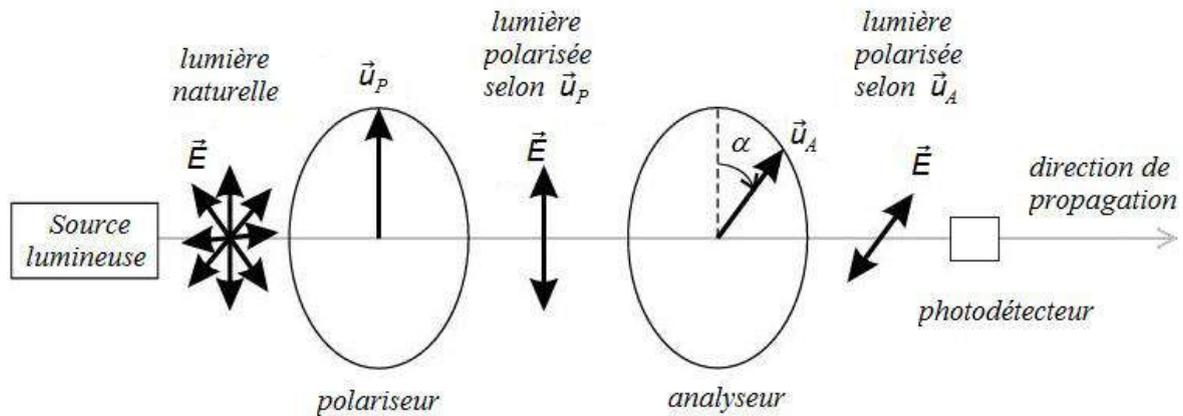
-Qu'est ce qu'on a fait? On a utilisé un laser polarisé rectilignement (direction inconnue). On a placé un polariseur et mesuré l'intensité lumineuse en sortie et retrouver la loi de Malus. Ainsi la loi de Malus dit que l'intensité incidente I_0 et l'intensité sortante I (en P) sont relié par la formule : $I = I_0 \cdot \cos^2(\theta)$. Démonstration : https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Malus

Ainsi:

-Si la polarisation de l'onde incidente est dans la même direction que l'axe du polariseur, alors toute l'intensité lumineuse est transmise. **On peut ainsi déterminer la direction de polarisation du laser (si on a utilisé un laser préalablement polarisé rectilignement). Comparer avec la notice (si c'est indiqué).**

-Si la polarisation de l'onde incidente est orthogonale à l'axe du polariseur alors il n'y a pas d'onde sortante, ils sont "croisés".

-Si l'onde incidente n'est pas polarisée, c'est-à-dire qu'elle est constituée de toutes les polarisations possibles, alors en effectuant la moyenne de I , on obtient $I=I_0/2$, la moitié de l'intensité passe. C'est ce que l'on observe en regardant une lampe à travers un polariseur. Il faut rajouter un analyseur pour observer la loi de Malus. Le polariseur l'aura préalablement polarisé dans une direction et l'analyseur aura cette fois-ci le rôle qu'avait le polariseur dans l'expérience. **Cela peut-être intéressant de montrer cette petite manip' si il y a le temps.**



II - Polarisation elliptique par réflexion métallique

M14 - II.2 + Sextant p.299

Un matériau conducteur à un indice complexe. Les propriétés de la réflexion métallique sont donc très différentes de celles de la réflexion vitreuse (avec diélectrique):

- Le coeff de réflexion dépend peu de l'incidence i et est égal à 1 : effet miroir (ce qui n'est pas le cas pour la réflexion vitreuse).
- Cela induit un déphasage entre la composante normale et parallèle au miroir. Cet effet est nul en incidence normale, mais maximal pour une incidence oblique relative élevée (70° - 80°) appelée incidence principale selon les métaux. → Création d'un faisceau polarisé elliptiquement à partir d'un faisceau polarisé rectilignement.

Montage M14-p.8

1) Production d'une polarisation elliptique

Observations qualitatives:

- On place le polariseur à 0° ou 90° , on fait tourner l'analyseur → On a 2 extinctions ce qui laisse penser à une polarisation rectiligne pour la lumière réfléchie (lorsque P et A croisés).
- Puis on place P à 30° (entre 0 et 45°) et entre 45° et 90° → on observe 2 minimums mais non nuls.
- Laisse penser à une pola elliptique, suivant les 2 petits axes de l'ellipse (pas suffisant pour prouver que c'est ça, attention).
- Puis on se place à $P=45^\circ$: on tourne A, on ne trouve pas de minimum → polarisation circulaire.

2) Analyse d'une polarisation elliptique

M14-III.2

- On place notre polariseur entre 0 et 45° (condition pour créer une polarisation elliptique). Sans lame quart d'onde:

- On tourne l'analyseur de sorte à avoir le minimum d'intensité (car plus facile à repérer, puis on ajoute 90° , on note l'angle du maximum).
- Puis on souhaite que l'axe lent (axe a =grand axe) de la lame quart d'onde soit aligné avec la direction trouvée sur l'analyseur (au max) : pour cela on utilise un polariseur auxiliaire devant l'analyseur (on n'a pas encore mis la lame quart d'onde).
- On règle le polariseur auxiliaire de sorte à avoir extinction, puis on insère entre le polariseur auxiliaire et l'analyseur, la lame quart d'onde (→ Cela transforme la polarisation elliptique en rectiligne.)
- On enlève le polariseur auxiliaire et on tourne A pour réobtenir l'extinction.
- Le sens dans lequel on a tourné l'analyseur (en regardant dans le sens des chimistes c'est à dire face à la source) est le sens de rotation de l'ellipse. (Faire un beau schéma pour montrer le sens de l'ellipse avec les axes), on peut ainsi déterminer si elle est droite ou gauche.
- L'angle réalisé donne le degré d'ellipticité avec $\tan(\beta)=b/a$ (si $a>b$).

Théorie : M14 - p.14 Faire attention car on n'a pas pris les mêmes conventions : on a aligné l'analyseur suivant l'axe lent de la lame quart d'onde.

Conclusion

Remarques:

-Principe polariseur dichroïque :

http://www.csvi.fr/Physique/Cours_files/TP%20O2%20Polarisation%20rectiligne%20de%20la%20lumiere%CC%80re.pdf

-Principe du polariseur à grille (onde centimétrique) : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Polariseur>