

TP1b - Propriétés et utilisation des polariseurs

Objectifs : Produire et analyser des états de polarisation de la lumière.

Matériel : banc d'optique, laser, lampe blanche, deux polariseurs, un banc avec la mesure du pouvoir rotatoire.

Importance de la polarisation des ondes électromagnétiques

- La lumière diffusée par le ciel, ou réfléchi par l'eau ou le verre, est en partie polarisée.
 - ★ Certains insectes peuvent détecter l'état de polarisations de la lumière, notamment pour communiquer¹ ou pour repérer un plan d'eau.
 - ★ En photographie, utiliser des filtres polarisants permet d'atténuer la luminosité du ciel ou de réflexions sur des parois.
- Certains matériaux, dits biréfringents, peuvent modifier l'état de polarisation de la lumière qui les traversent.
 - ★ Méthode d'analyse de roche utilisée en géologie.
 - ★ Permet de contrôler la polarisation de la lumière, par exemple pour les lunettes 3D de cinéma, ou pour les affichages LCD.
- Les ondes produites par les antennes ou par certains corps célestes sont polarisées.

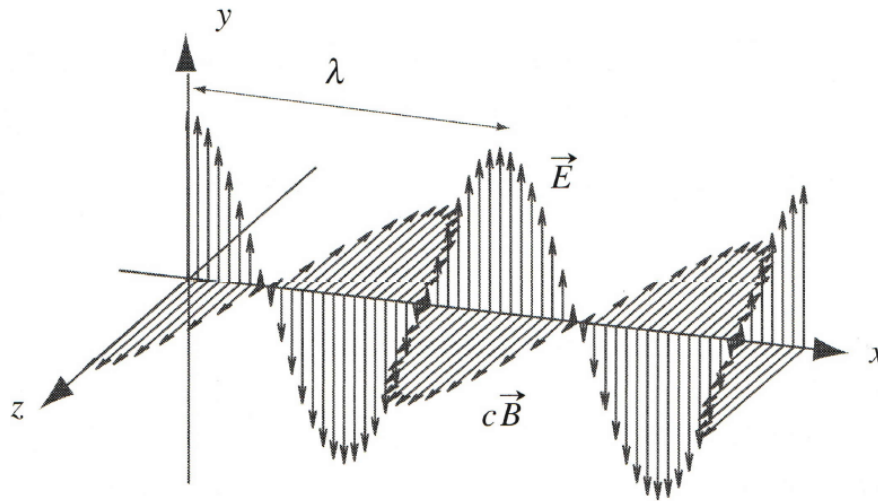


FIGURE 1 – Structure d'une onde plane progressive électromagnétique polarisée rectilignement selon Oy et se propageant selon $\vec{u}_x$.

→ La théorie concernant la polarisation des ondes électromagnétiques sera étudiée chapitre *PO1c : Propagation non dispersive : Ondes électromagnétiques dans le vide*. Un deuxième TP sera effectué pour approfondir le sujet en fin d'année.

1 Appropriation du polariseur

Un polariseur est une lame fine anisotrope qui permet d'obtenir une lumière polarisée rectilignement en sortie. Il est constitué de fils métalliques parallèles ou de polymères alignés qui ne vont pas transmettre la composante du champ électrique incident parallèle aux fils. C'est donc la composante orthogonale aux fils qui est transmise.

1. Prendre un polariseur et regarder à travers. Qu'observez-vous en tournant l'axe quand vous regardez : votre voisin ou voisine, votre feuille de TP, un écran allumé d'ordi/téléphone/calculatrice, une réflexion lumineuse sur une vitre ou le tableau blanc (sous différents angles) ?

1. Par exemple https://fr.wikipedia.org/wiki/Danse_des_abeilles.

2. Sur le banc d'optique, éclairer un premier polariseur en lumière blanche. Quelle est l'influence de la rotation du polariseur sur la lumière transmise ? Interpréter². Qu'observe-t-on après un deuxième polariseur qu'on fait aussi tourner³ ? Que se passe-t-il si on remplace la lumière blanche par le laser ?

vocab : Un polariseur utilisé en fin de montage est appelé « **analyseur** ». Quand les axes du polariseur et de l'analyseur sont orthogonaux, on dit qu'ils sont « **croisés** », l'intensité transmise est alors minimale.

3. Il vous faudra trois polariseurs pour cette nouvelle manipulation, empruntez-en un poliment à des camarades si vous n'en avez que deux. Éclairer un montage avec polariseur et analyseur croisés. Intercaler un troisième polariseur entre les deux premiers et faites le tourner⁴. Interpréter le résultat⁵, le polariseur est-il assimilable à un filtre absorbant ?

2 Loi de Malus

On utilise le laser, deux polariseurs et la photodiode sur son support. L'ampèremètre branché sur le montage de la photodiode mesure une intensité électrique a priori proportionnelle à l'intensité lumineuse reçue par le capteur. On cherche à mesurer l'influence de l'angle entre les polariseurs sur l'intensité lumineuse transmise.

4. Précaution d'emploi d'un capteur optique⁶. Quelle est l'influence des lumières parasites sur la valeur du courant mesuré ? Qu'affiche l'appareil si le capteur ne reçoit aucune lumière ? La taille du capteur est-elle grande devant celle du faisceau lumineux à étudier ?
5. Mesurer l'intensité en fonction de l'angle. Proposer une modélisation non-linéaire sur Regressi.

3 Activité optique d'une solution

On utilisera le laser et une cellule de solution aqueuse fournie.

6. Intercaler la solution aqueuse entre polariseur et analyseur croisés. Quel est alors l'état de polarisation en sortie ?
7. [Question pour 5/2] En théorie, que se passe-t-il si on place une lame demi-onde avant l'analyseur, à 45° de celui-ci ? Qu'observe-t-on si on place la lame d'onde seulement sur la moitié du faisceau ? On peut faire le lien avec un appareil parfois utilisé en chimie, le polarimètre de Laurent.

def : Le **pouvoir rotatoire** d'un échantillon est l'angle α de rotation du plan de polarisation à la traversée de l'échantillon. Il peut s'interpréter comme de la « biréfringence circulaire » : l'indice de réfraction est différent pour une polarisation circulaire gauche ou droite.

Pour un unique soluté en solution dans un solvant non optiquement actif, la loi de Biot relie α à la longueur ℓ de l'échantillon, la concentration massique en soluté C et le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]$ du soluté (qui dépend beaucoup de la longueur d'onde) : $\alpha = [\alpha]C\ell$. En unités SI, $[\alpha]$ serait en $\text{kg}^{-1}.\text{m}^2$. Mais les unités courantes sont ℓ en dm, C en $\text{g}.\text{cm}^{-3}$ et α en degré, donc $[\alpha]$ en $\text{degré}.\text{cm}^3.\text{dm}^{-1}.\text{g}^{-1}$.

8. Connaissant C et ℓ , une seule mesure de α suffit-elle à déterminer la valeur de $[\alpha]$?
9. Proposer et mettre en place un protocole de mesure de $[\alpha]$ du soluté utilisé⁷.

2. CE : Distinguer une lumière non polarisée d'une lumière totalement polarisée.

3. CE : Reconnaître une lumière polarisée rectilignement.

4. CE : Modifier la direction d'une polarisation rectiligne (cas limité avec polariseur).

5. CE : Utiliser la loi de Malus.

6. CE : Utiliser un capteur optique.

7. CE : Mesurer un pouvoir rotatoire naturel.