

TP10 - Polarisation de la lumière

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

Matériel : banc d'optique, laser, lampe blanche, polariseurs, lame demi-onde et quart-onde, prisme ou lame de verre sur rapporteur, lunettes 3D, un banc avec l'effet coloré à travers les multiples scotch.

→ **Les quatre premières parties ont déjà été traitées au TP1b.** Donc refaire très rapidement les questions 1 à 3 de la partie 1 puis passer directement à la partie *Appropriation des lames à retard de phase*.

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 voisine ou voisin, votre feuille de TP, un écran allumé d'ordi/téléphone/calculatrice, une réflexion lumineuse sur une vitre ou le tableau blanc (sous différents angles) ?
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 ? Interpréter¹. Qu'observe-t-on après un deuxième polariseur qu'on fait aussi tourner² ? 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 3 polariseurs pour cette nouvelle manipulation, empruntez-en un poliment à des camarades. Éclairer un montage avec polariseur et analyseur croisés. Intercaler un troisième polariseur entre les deux premiers et faites le tourner³. Interpréter le résultat⁴, 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 optique⁵. 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.

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

2. CE : Reconnaître une lumière polarisée rectilignement.

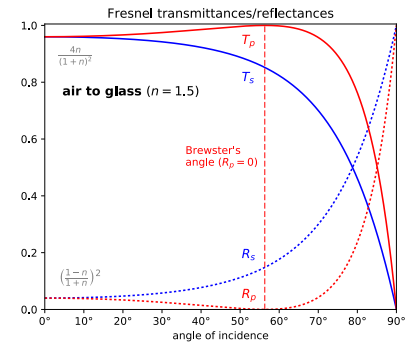
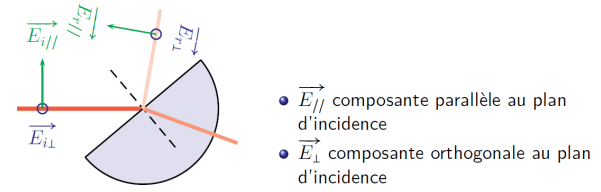
3. CE : Modifier la direction d'une polarisation rectiligne (cas limité avec polariseur).

4. CE : Utiliser la loi de Malus.

5. CE : Utiliser un capteur optique.

3 Polarisation par réflexion vitreuse

À partir d'une source non polarisée, un polariseur permet de produire une lumière polarisée rectilignement. Une autre méthode est d'utiliser la réflexion sur un matériau diélectrique. On admet que pour un angle d'incidence i_B dit « **angle de Brewster** »), la réflexion est nulle pour la composante parallèle au plan d'incidence (coefficient R_p nul sur le graphe). Le faisceau réfléchi est donc complètement polarisé rectilignement orthogonalement au plan d'incidence. On a $i_B = \arctan(n_2/n_1)$ avec les indices respectifs n_1 et n_2 du milieu incident et du milieu suivant.



6. À partir d'un reflet de lumière, déterminer approximativement la graduation correspondant à la direction de polarisation rectiligne transmise par un de vos polariseurs⁶.

7. Proposition de protocole : Rédiger un protocole permettant la mesure de l'indice du verre par l'étude de la polarisation du faisceau réfléchi. Réaliser la mesure si le rapporteur gradué est disponible.

4 Activité optique d'une solution

On utilisera le banc déjà préparé pour cette expérience.

8. Intercaler une solution aqueuse fournie entre polariseur et analyseur croisés. Quel est alors l'état de polarisation en sortie ?

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 $\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^2$. Mais les unités courantes sont ℓ en dm, C en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ et α en degré, donc $[\alpha]$ en $\text{degré} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{dm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$.

9. Connaissant C et ℓ , une seule mesure de α suffit-elle à déterminer la valeur de $[\alpha]$?
10. Proposer et mettre en place un protocole de mesure de $[\alpha]$ du soluté utilisé⁷.
11. Bonus : 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 ? Faire le lien avec un appareil parfois utilisé en chimie.

6. CE : Identifier de façon absolue l'axe d'un polariseur par une méthode mettant en œuvre la réflexion vitreuse.

7. CE : Mesurer un pouvoir rotatoire naturel.

5 Appropriation des lames à retard de phase

On dispose de deux types de lame à retard de phase⁸ : lame quart-onde ($\lambda/4$) et demi-onde ($\lambda/2$). Elles permettent de modifier l'état de polarisation de la lumière, éventuellement dans le but de l'analyser. Leurs propriétés sont dues à la « **biréfringence** » des matériaux utilisés : l'indice de réfraction est différents pour des polarisations rectilignes différentes.

12. Entre deux polariseurs croisés, intercaler une lame à retard de phase. Qu'observez-vous ?
13. Proposer un protocole expérimental pour repérer les axes neutres d'une lame à retard de phase⁹.

On cherche à fabriquer une lumière polarisée circulaire.

14. Proposer un protocole expérimental pour produire une onde polarisée circulaire¹⁰. Vérifier que l'intensité transmise a le comportement attendu¹¹ (attention à bien distinguer polarisation circulaire et lumière non polarisée).

On cherche à modifier la direction de polarisation d'une onde polarisée rectiligne par une méthode qui atténue potentiellement beaucoup moins le faisceau que par un polariseur ou par réflexion vitreuse.

15. Placer une lame $\lambda/2$ entre polariseur et analyseur croisés. Rechercher ses axes neutres. Puis tourner la lame d'un angle de l'ordre de 30° . Quel est alors l'état de la polarisation en sortie de lame¹² ?
16. Effectuer cette mesure pour d'autres angles de rotation et conclure.

6 Étude de lunette 3D de cinéma

17. En utilisant vos connaissances et les manipulations précédentes, déterminer la nature de la lumière sortant de chaque verre de lunette. On étudiera les lunettes dans les deux sens. Comment sont composées ces lunettes ? Quel est le principe du cinéma 3D ?

7 Étude de la biréfringence d'une lame quelconque

On dispose d'une feuille de cellophane montée entre deux lames de verre et pouvant tourner dans sa monture. La cellophane possède la propriété de biréfringence et on veut déterminer les lignes neutres et le déphasage ϕ qu'elle introduit.

18. Déterminer la valeur de ϕ .

8. CE : Utiliser une lame quart d'onde ou demi-onde pour modifier ou analyser un état de polarisation, avec de la lumière totalement polarisée.

9. CE : Identifier les lignes neutres d'une lame quart d'onde ou demi-onde, sans distinction entre axe lent et rapide.

10. CE : Obtenir une polarisation circulaire à partir d'une polarisation rectiligne, sans prescription sur le sens de rotation.

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

12. CE : Modifier la direction d'une polarisation rectiligne (cas avec lame demi-onde).