

TP n°19 – Polarisation par réflexion vitreuse

Analyser une lumière complètement polarisée.

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

Mesurer un pouvoir rotatoire naturel.

1. Rappels 1^{er} TP polarisation : états de polarisation d'une OEM

1.1. Polarisation ^{def} direction du champ électrique

La lumière (une OEM de manière générale) est une onde *vectorielle transverse* dans la plupart des milieux. La *direction du champ \vec{E}* se situe *dans le plan orthogonal à la direction de propagation*. Dans ce plan, cette direction peut être *quelconque*. Comme on va l'observer, certaines interactions des OEM avec la matière *dépendent de la direction du champ \vec{E}* .

Connaître l'état de polarisation d'une OEM, c'est connaître la direction de son champ \vec{E} à chaque instant.

Une onde est polarisée rectilignement si son champ électrique garde une direction constante au cours du temps. C'est l'état de polarisation le plus simple.

1.2. Polarisation rectiligne, elliptique et circulaire

On trouvera ci-dessous le lien vers une animation intéressante, permettant de visualiser en 3D, sous différents angles de vue, les différents types de polarisation mentionnés dans le titre du présent paragraphe.

https://emanim.szialab.org/index_fr.html

Cette animation permet également de vérifier l'affirmation importante écrite en gras ci-dessous. Il suffit pour cela de régler les paramètres des deux ondes « onde 1 » et « onde 2 » sur la droite de l'écran. Je vous invite à jouer quelques minutes avec cette animation.

Toute onde peut être décomposée en deux ondes polarisée rectilignement.
Toute onde peut être décomposée en deux ondes polarisées circulairement.

1.3. La lumière naturelle, une lumière « non-polarisée » : modèle des trains d'onde

Une expérience avec de la lumière visible blanche et un polariseur montre que la lumière « naturelle » (émise par une lampe, par le soleil) ne semble pas être polarisée.

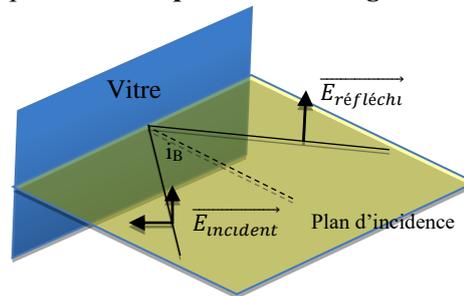
Pour comprendre cela, il faut savoir que les atomes constituant la matière n'émettent pas en continu, mais émettent des « trains d'onde », avec une fréquence d'environ 10^8 Hz . Chaque train d'onde est polarisé, i.e. la direction de \vec{E} est bien définie à chaque instant, et se trouve dans un état de polarisation bien défini (rectiligne ou elliptique). Mais les polarisations des trains d'onde successifs émis par le même atome, ou des atomes voisins, sont *aléatoires*. Ainsi, notre œil n'est sensible qu'à la « polarisation moyenne », qui est nulle.

Il est possible que la lumière soit partiellement polarisée. Mathématiquement, on la décrit comme la somme d'une onde totalement polarisée et d'une onde non-polarisée (hors programme).

2. Polarisation par réflexion vitreuse – Identifier l’axe d’un polariseur

2.1. Polarisation par réflexion vitreuse – Incidence de Brewster

On considère de la lumière naturelle produite dans l’air et se reflétant sur un dioptre. L’analyse de la lumière réfléchie montre qu’elle devient partiellement **polarisée rectilignement orthogonalement au plan d’incidence**.



Pour une certaine incidence dite **incidence de Brewster** la polarisation rectiligne est totale. Cet angle vérifie :

$$\tan(i_B) = n$$

2.2. Mesure de l’angle de Brewster : détermination de l’indice du verre

Appeler le professeur pour la préparation de la source de lumière « non-polarisée rectilignement ».

On dispose d’un prisme en verre, et l’on utilise une de ses faces comme dioptre. Il est disposé au centre d’un rapporteur en papier.

- On travaille avec un laser HeNe. Sa lumière est déjà polarisée rectilignement (verticalement ici). Pour « simuler » une lumière naturelle, on interpose une lame $\frac{1}{4}$ d’onde derrière le laser. L’onde elliptique (ou circulaire) produite n’est alors plus polarisée rectilignement
- On cherche à ce que le faisceau rase le rapporteur sur lequel est placé le prisme, pour pouvoir lire les directions des faisceaux incidents et réfléchis. On place un analyseur A juste devant l’écran
- Faire tourner ensuite le prisme de manière à modifier l’angle d’incidence du faisceau sur le dioptre. A chaque nouvel angle d’incidence, tourner l’axe de l’analyseur jusqu’à observer un minimum d’intensité.
- Mesurer expérimentalement l’angle d’incidence de Brewster i_B . En déduire l’indice du prisme

2.3. Identifier de façon absolue l’axe d’extinction d’un polaroïd

On peut aussi déterminer l’axe privilégié du polariseur utilisé comme analyseur. A l’incidence de Brewster, l’onde réfléchie est totalement polarisée rectilignement perpendiculairement au plan d’incidence. Expérimentalement, il est plus simple d’utiliser le polariseur pour polariser le faisceau incident, plutôt que de l’utiliser comme analyseur du faisceau réfléchi.

- Se placer à l’incidence de Brewster, et interposer le polariseur sur le trajet du faisceau incident. Le tourner jusqu’à supprimer le faisceau réfléchi.
- Le plan d’incidence étant connu, identifier alors l’axe du polariseur (appel professeur)

2.4. Application à la photographie

On dispose d’un large cristalliseur rempli avec un peu d’eau. On plonge dans l’eau un objet à photographier (on peut imaginer que cet objet est un poisson que l’on cherche à observer). Placer cette cuve sur la table, et se placer à la lumière du jour. Essayer de prendre une photo de l’objet contenu dans la cuve. Pour supprimer le reflet de la lumière à la surface de l’eau, placer l’axe optique de l’appareil photo à l’angle de Brewster ($n_{eau} = 1,33$) et insérer un polariseur entre la cuve et l’appareil. Refaire une photo

3. Mesure du pouvoir rotatoire du glucose D+

3.1. Présentation du phénomène et explication théorique

Certaines substances isotropes, comme des solutions sucrées, présente tout de même une *activité optique*, dite aussi *biréfringente circulaire*, ou *polarisation rotatoire*.

Une lumière polarisée rectilignement selon une direction \vec{u}_e ressort du milieu avec une nouvelle direction \vec{u}_s de polarisation rectiligne : la direction du champ électrique a tourné suite à la traversée du milieu.

Cela s'explique par le fait qu'une onde polarisée rectilignement peut être décomposée en deux ondes polarisées circulairement, l'une circulaire droite et l'autre circulaire gauche. Ces deux sous-ondes ne voient pas le même indice du milieu, ne se propagent donc pas à la même vitesse, ce qui explique le pouvoir rotatoire observé.

Lorsque la rotation se fait dans le sens horaire, la substance est dite dextrogyre ; lévogyre dans le cas d'une rotation opposée (sens de rotation évalué en regardant la lumière entrer dans l'œil).

L'angle α de rotation de la polarisation est proportionnel à la concentration $[subst]$ et à la longueur e traversée :

$$\alpha = \varepsilon \times [subst] \times e$$

Le coefficient ε est nommé *pouvoir rotatoire spécifique*.

En toute rigueur, ce coefficient dépend de la température et de la longueur d'onde. Dans un premier temps, nous ne tiendrons pas compte de ces paramètres, mais cela pourrait expliquer de légères déviations de nos mesures comparées aux valeurs attendues.

3.2. Mesure du pouvoir rotatoire spécifique d'une solution de glucose D+

Trois solutions de glucose D+ (qui s'avère être dextrogyre) de concentrations différentes sont à votre disposition. Les concentrations en g/100mL sont indiquées sur des étiquettes. Ces solutions ont été préparées à l'avance, car une réaction lente d'hydrolyse modifie le pouvoir rotatoire de la substance au cours du temps. Afin d'accélérer la cinétique, la solution aqueuse a été acidifiée. En quelques heures, le pouvoir rotatoire observable devient stable.

Une lampe blanche et une lampe à vapeur de sodium sont disponibles. Dans un premier temps, on essaiera d'utiliser la lumière blanche. Si le phénomène est trop sensible à la longueur d'onde, on utilisera alors le doublet jaune du sodium.

- Réaliser un montage permettant d'observer et de mesurer le pouvoir rotatoire spécifique du glucose D+
- Comparer à la valeur attendue : $\varepsilon = 52^\circ \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$ à $\lambda = 589 \text{ nm}$ (doublet jaune Na)