

TP – Polarisation de la lumière

Matériel : un banc d'optique avec pieds supports, une lampe blanche, deux lames polaroïd (ou trois si possible), un filtre thermique et un filtre jaune sur un support, un diaphragme, une lentille convergente ($f=12,5\text{cm}$), un luxmètre, la notice du luxmètre, une grande plaque de verre + support, deux pieds extérieurs au banc, un écran, une grande feuille de papier canson noir. Ordinateur avec winpython, notebook « Notebook_TP_Polarisation » sur le site de la classe.

I. Travail préparatoire : démonstration de la loi de Malus

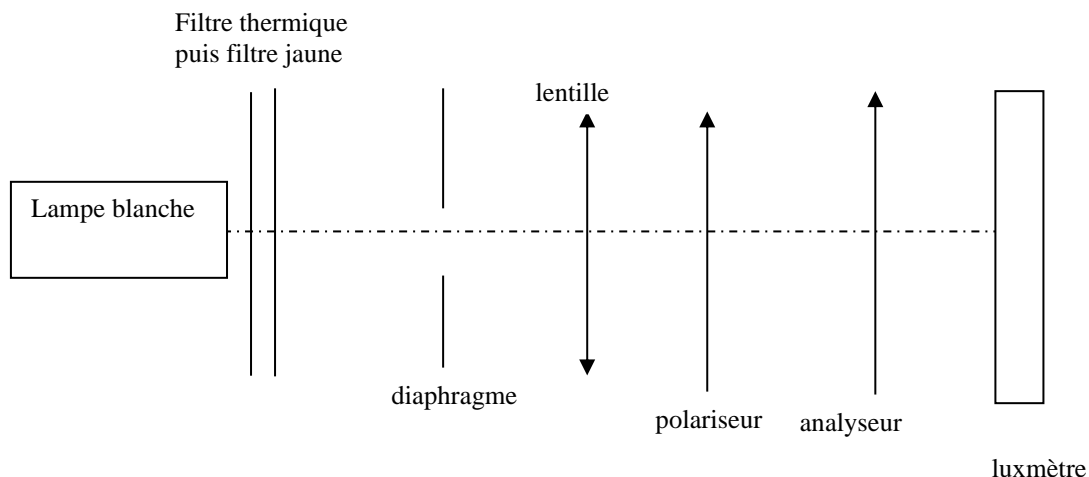
Revoir le cours sur la polarisation (Ch EM6) et répondre aux questions suivantes :

- 1) Définir la polarisation du champ électromagnétique. Quels sont les différents états de polarisation possibles d'une lumière ? Citer des exemples.
- 2) Qu'est-ce qu'un polariseur ? En TP nous utilisons des *films polaroïd*. Expliquer pourquoi un film polaroïd se comporte en polariseur.
- 3) Loi de Malus : Un champ électromagnétique incident passe à travers un polariseur P et un analyseur A qui font entre eux un angle α . Montrer que l'intensité transmise s'écrit sous la forme :

$$I_t = I_0 \cos^2(\alpha)$$
 où I_0 est l'intensité de l'onde incidente.

II. Vérification expérimentale de la loi de Malus

Montage



Placer le filtre thermique (lame de verre) entre la lampe et le filtre jaune. Il a pour rôle d'éviter au filtre jaune et aux polariseurs de fondre si l'on fait converger le faisceau lumineux sur eux. Sur le même support, placer le filtre jaune après le filtre thermique.

Placer le diaphragme le plus près possible de la lampe (après les filtres) pour éviter un maximum de lumière "parasite".

A l'aide d'une lentille de courte distance focale (12,5 cm), faire l'image du diaphragme largement ouvert sur le luxmètre. Régler l'alignement du montage et l'ouverture du diaphragme de façon à obtenir un bon éclairage du luxmètre.

Placer ensuite le polariseur, puis l'analyseur très proche du luxmètre pour couper un maximum de lumière parasite. Faire tourner l'analyseur ou le polariseur et vérifier la bonne sensibilité du montage.

Il faudra envelopper le montage (entre l'analyseur et le luxmètre) d'une grande feuille de papier canson noir pour éliminer la lumière parasite. On pourra laisser le polariseur libre pour le faire tourner et ses graduations visibles.

Mesures expérimentales

- a) Faire tourner le polariseur (ou l'analyseur). Qu'observe-t-on ? Expliquer.
 b) Vérification de la loi de Malus :

Le luxmètre mesure l'éclairement \mathcal{E} en lux.

- Tourner le polariseur et l'analyseur jusqu'à ce que $\alpha=0$. (Pour une meilleure précision, on trouve cette position à partir de l'extinction, décrire votre mode opératoire)
- Choisir le calibre du luxmètre et éventuellement la puissance de la lampe blanche (vous pouvez l'utiliser en 12V pendant les quelques minutes de prise de mesures) pour optimiser la sensibilité de l'expérience.
- Avec la notice du luxmètre, évaluer l'incertitude sur les mesures de \mathcal{E}
- Faire varier α de 0 à 90° avec un pas de 5 ou 10° et mesurer l'éclairement et l'incertitude maximale sur chaque mesure.
- Ouvrir le Jupiter Notebook « Notebook_TP_Polarisation » que vous trouverez sur le site de la classe à la rubrique Physique/TP. Le sauver dans votre espace de travail.
- Le remplir pour vérifier la loi de Malus par une régression linéaire avec calcul des écarts normalisés.
- Imprimer le Notebook en deux pages par feuille.
- Conclure sur la vérification de la loi de Malus.

Application :

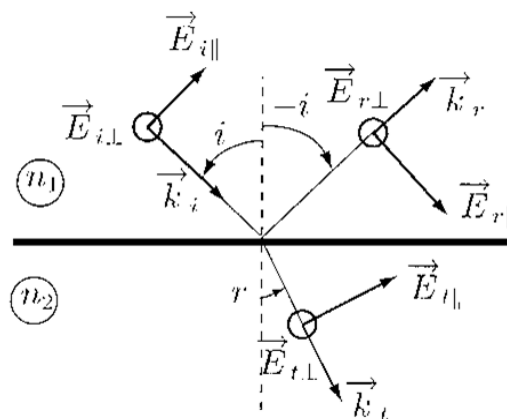
Régler votre analyseur de façon à éteindre la lumière transmise (le polariseur et l'analyseur sont dits « croisés » $\alpha = 90^\circ$).

Emprunter une lame polaroïd à l'autre binôme de TP. Placer cette lame entre votre polariseur et votre analyseur. Expliquez ce que vous observez.

Faire tourner cette dernière lame et décrivez vos observations. Préciser l'orientation de la lame polaroïd du milieu pour que l'éclairement soit maximal sur l'écran. Même question pour que l'éclairement sur l'écran soit nul.

III. Observation de la polarisation par réflexion vitreuse

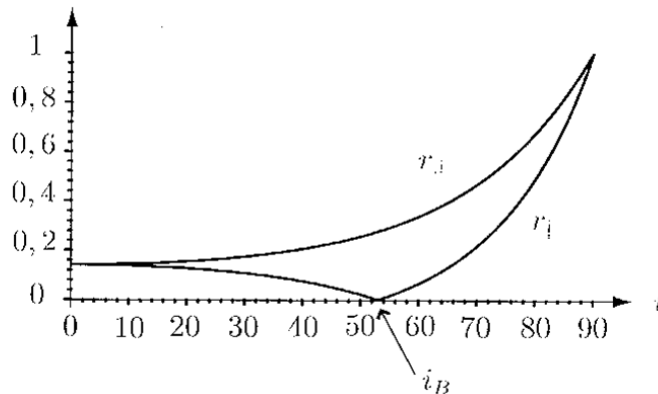
On considère une onde électromagnétique arrivant à la surface de séparation de deux milieux d'indice n_1 et n_2 . Le champ électrique incident peut être décomposé en deux : une composante $\vec{E}_{//}$ dans le plan d'incidence et une composante \vec{E}_{\perp} orthogonale au plan d'incidence. Le champ réfléchi et le champ transmis peuvent être décomposés de la même façon :



On démontre que :

$$r_{\parallel} = \frac{E_{r,\parallel}}{E_{i,\parallel}} = \left| \frac{\tan(r-i)}{\tan(r+i)} \right| \quad \text{et} \quad r_{\perp} = \frac{E_{r,\perp}}{E_{i,\perp}} = \left| \frac{\sin(r-i)}{\sin(r+i)} \right|$$

Les courbes représentatives de r_{\parallel} et r_{\perp} en fonction de l'angle d'incidence i sont les suivantes :



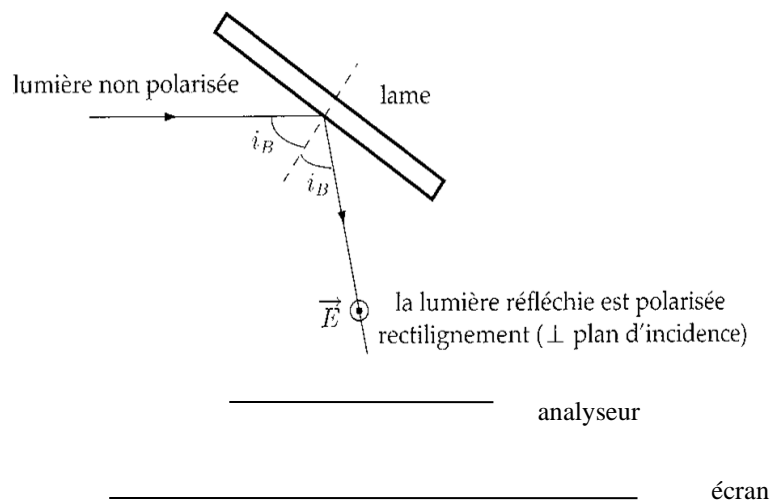
On voit donc que $r_{\parallel} < r_{\perp}$. Il y a donc polarisation partielle de l'onde perpendiculairement au plan d'incidence. Le coefficient r_{\parallel} s'annule pour $i+r = \pi/2$, c'est à dire, compte tenu des lois de Descartes $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$, pour $\tan(i) = n_2/n_1$.

Cet angle i est appelé *angle de Brewster* et noté i_B .

Pour l'angle i_B , la lumière est polarisée rectilignement, selon la direction perpendiculaire au plan d'incidence.

Observation :

Observez une lampe blanche par réflexion sur une lame de verre placée verticalement à travers un polariseur. La lampe est suffisamment éloignée ou placée dans le plan focal d'une lentille pour que l'onde incidente soit quasi-plane. L'angle d'incidence sur la lame est choisi proche de l'incidence de Brewster (autour de 56° pour un verre d'indice 1,5).



Pour plusieurs angles d'incidence, faites tourner l'analyseur. Qu'observez-vous ? Que se passe-t-il à l'incidence de Brewster ? En déduire une méthode permettant de trouver l'axe du polariseur. Que représente la direction (le zéro) indiquée sur la lame polaroïd ?

On peut aussi observer par la fenêtre à travers un analyseur la lumière du soleil réfléchi sur les toits des bâtiments alentours.

Bilan : Rédiger une synthèse en quelques phrases de ce TP.

Imprimer le Notebook en deux pages par feuille et le rendre avec le compte-rendu.