

# Olympiade Luxembourgeoise de Physique

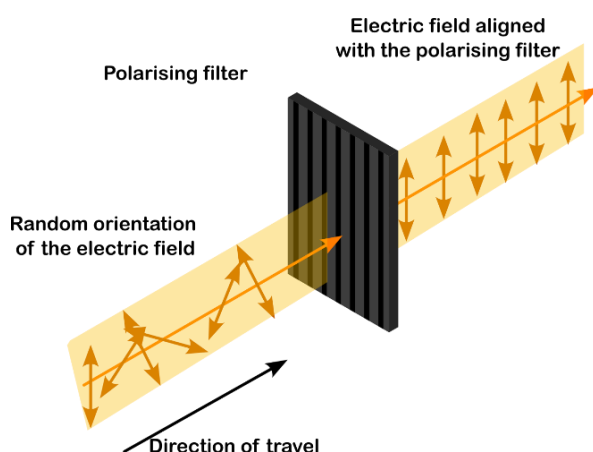
## Finale

### Introduction

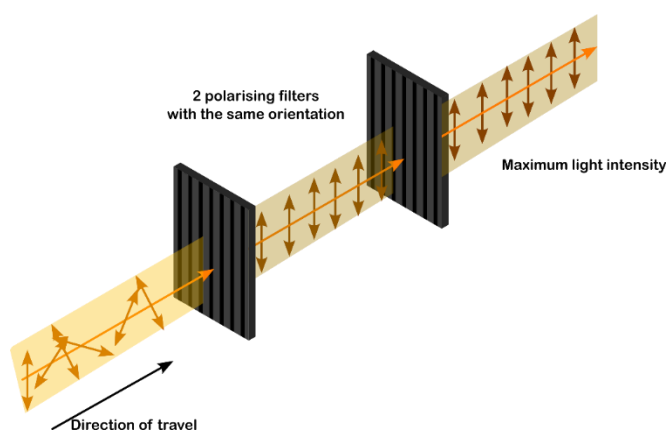
La lumière est une onde électromagnétique qui se propage dans l'espace. Elle est constituée de champs électriques et magnétiques qui oscillent perpendiculairement à la direction de propagation. Par souci de simplicité, nous ne considérerons ici que le champ électrique.

Dans la lumière provenant d'une source ordinaire (ampoule à incandescence, soleil...), l'orientation de l'oscillation du champ électrique est complètement aléatoire. On parle alors de lumière non polarisée.

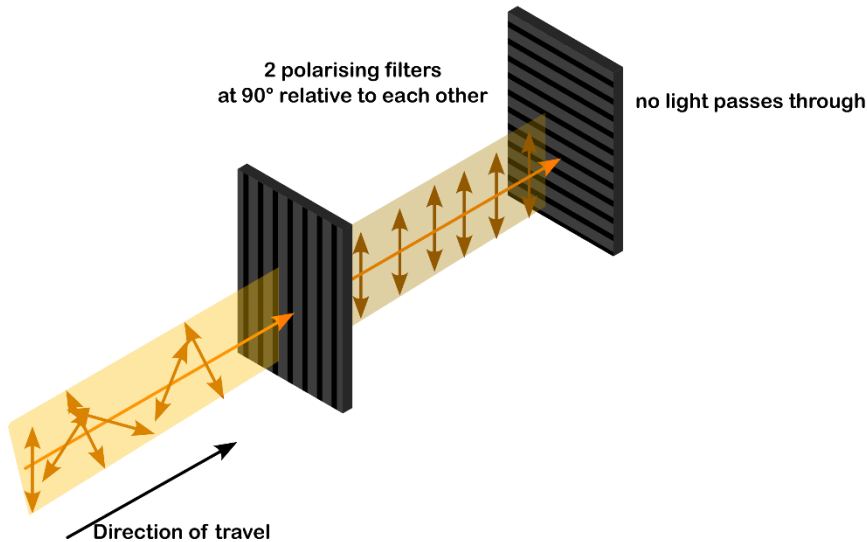
Cependant, certains matériaux ne laissent passer la lumière que si le champ électrique oscille selon une direction précise. Un tel matériau est appelé filtre polarisant, et il produit une lumière polarisée linéairement, dans laquelle le champ électrique n'oscille que dans une direction donnée.



Lorsque deux filtres polarisants sont placés l'un après l'autre, la lumière polarisée qui a traversé le premier filtre arrive sur le second. Trois situations peuvent alors se présenter:



1. Les deux filtres sont parfaitement alignés : le second n'a alors aucun effet supplémentaire, et toute la lumière peut passer.
2. Les deux filtres sont orientés à  $90^\circ$  l'un par rapport à l'autre : la lumière issue du premier filtre ne peut pas traverser le second et est totalement absorbée.



3. Pour toute position intermédiaire, une partie de la lumière traverse les deux filtres, mais son intensité diminue en fonction de leur angle relatif.

Dans cette première partie expérimentale, vous étudierez comment l'angle entre les filtres influence l'intensité lumineuse.

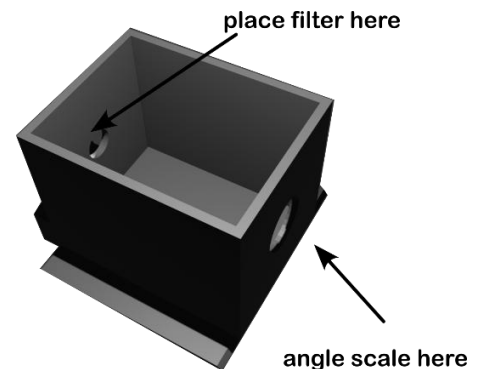
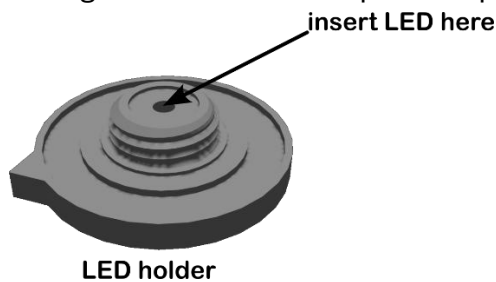
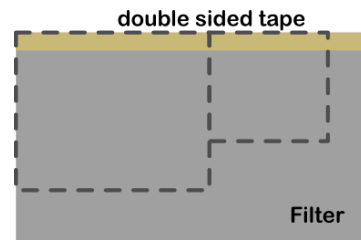
Dans la deuxième et troisième parties, vous étudierez l'effet du saccharose sur le plan de polarisation. Le saccharose est une molécule chirale qui interagit avec la lumière polarisée et modifie l'axe de polarisation. Ce phénomène peut dépendre de la longueur d'onde de la lumière et de la concentration de la solution de saccharose.

## Matériel

- Carton
- Boîte imprimée en 3D
- Support de LED imprimé en 3D
- Écrou imprimé en 3D
- Échelle angulaire imprimée
- Solution concentrée de saccharose
- Cylindre gradué
- Flacon Erlenmeyer
- Bécher de 250 mL
- Papier millimétré
- LED de différentes couleurs
- Ruban adhésif (duct tape)
- iPad avec l'application Phyphox
- Filtre polarisant
- Ciseaux
- Piles bouton au lithium
- Ruban adhésif double face
- Cutter

## Préparations

1. Découpez l'échelle angulaire et collez-la sur le côté de la boîte (côté avec la grande ouverture) à l'aide de bandes de ruban double face.
2. Découpez le trou central à l'aide du cutter.
3. Découpez une fine bande de ruban double face et collez la sur le côté du filtre polarisant. Découpez deux carrés (2×2 cm et 1,5×1,5 cm). Collez le carré le plus grand à l'intérieur de la boîte, au niveau de la petite ouverture. Conservez le petit carré.
4. Insérez les pattes de la LED bleue dans son support. La patte la plus longue de la LED correspond au pôle positif.

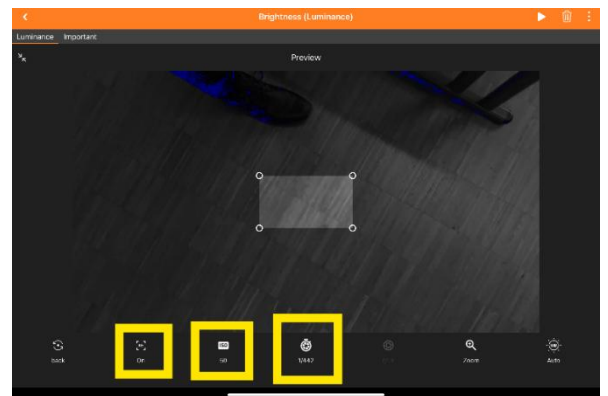
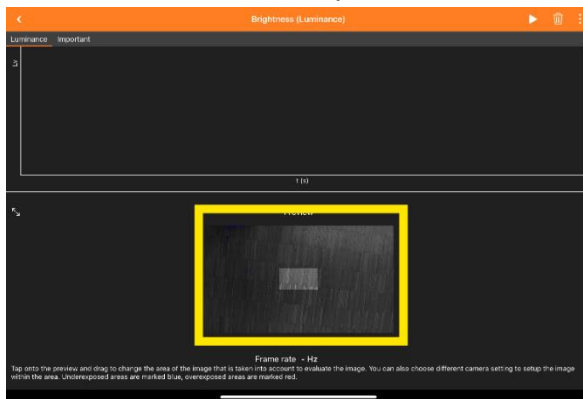
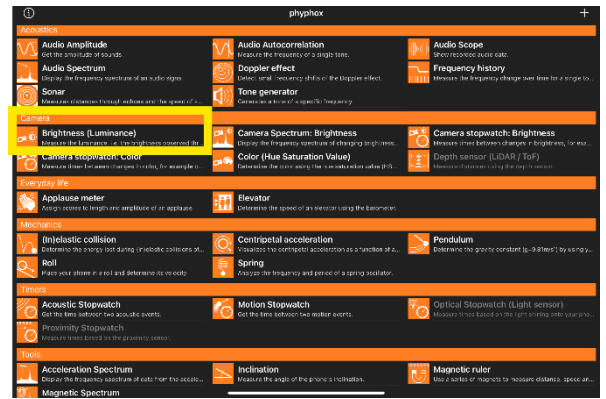


5. Placez deux piles bouton en série entre les pattes de la LED pour l'allumer. Normalement, le frottement est suffisant pour fixer les piles, sinon utilisez du ruban adhésif.
6. Placez le support de LED dans la grande ouverture de la boîte et fixez-le avec l'écrou, tout en gardant la possibilité de tourner le cadran. Demandez de l'aide si le support ne tourne pas librement.
7. Réglez le cadran sur 0° et collez le petit carré du polariseur sur la LED. La LED doit être la plus brillante à 0° et la moins brillante à 90°. Ajustez si nécessaire.
8. Découpez un morceau de carton pour fermer la boîte comme un couvercle et fixez-le le long d'un côté avec du ruban adhésif. Ceci minimisera des réflexions de la lumière ambiante.
9. Couvrez les côtés du béccher avec du ruban adhésif noir en laissant deux bandes opposées de 5 mm transparentes pour laisser passer la lumière à travers le centre du béccher.
10. Placez l'iPad sur le support incliné de façon que la caméra soit alignée avec la petite ouverture. Fixez l'appareil avec deux petits morceaux de ruban double-face.

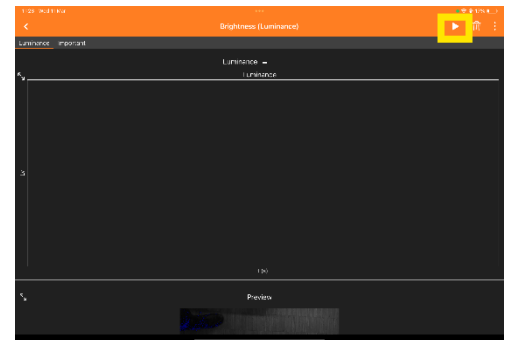


11. Dans l'application Phyphox, activez le mode Brightness/Luminance. Tapez sur l'image en bas pour ajuster la surface de mesure. Cadrez uniquement la LED.

12. Afin d'assurer une mesure correcte, il faut éviter des pixels saturés (en rouge). Des pixels noirs sont sous-exposés. Désactivez l'exposition automatique. En augmentant l'ISO et le temps d'exposition on augmente la sensibilité mais on risque une saturation.



13. En tapant l'image une seconde fois, elle est minimisée. Puis on défille vers le haut pour lancer la mesure. La brillance (luminance) est donnée en unités arbitraires, mais supposée linéaire ( $y = a \cdot x + b$ ) avec l'intensité lumineuse réelle, tant qu'il n'y a pas de saturation et que les paramètres de mesure ne sont pas modifiés.



## Expérience 1

Vérifiez la loi de Malus, qui affirme que l'intensité transmise est :

$$I = I_0 \cos^2(\alpha)$$

Mesurez l'intensité pour des angles de  $0^\circ$  à  $90^\circ$ , par pas de  $5^\circ$ . Puis tracez le graphique de l'intensité  $I$  en fonction de l'angle  $\alpha$ .

Puis linéarisez la fonction en calculant  $\cos^2 \alpha$  et tracez un nouveau graphique.

## Expérience 2

Le saccharose est une molécule chirale : il peut faire tourner le plan de polarisation.

1. Sans interposer la solution, orientez les deux polariseurs à  $90^\circ$  pour obtenir une intensité minimale. Pour déterminer l'angle de rotation, on observera le même minimum d'intensité avec la solution interposée. Dans ce cas, la linéarité de la mesure est moins importante et on peut oser un peu de saturation du capteur afin d'obtenir une mesure plus exacte de l'angle de rotation.
2. Placez le bécher rempli de solution de saccharose dans le trajet lumineux. La lumière doit atteindre le capteur.
3. Ajustez les paramètres de la caméra.
4. Déterminez de combien le plan de polarisation a tourné pour cette couleur de LED.
5. Répétez pour chaque couleur de LED.
6. Quelle tendance observez-vous ?
7. Ce phénomène vous rappelle-t-il un effet similaire affectant la lumière différemment selon la longueur d'onde ?

## Expérience 3

1. Choisissez une couleur de LED et installez-la de nouveau.
2. Préparez différentes concentrations en diluant la solution concentrée. Ainsi vous pouvez déterminer l'effet de la concentration sur la rotation. Attention la dilution est un processus irréversible, veillez donc à vérifier vos résultats et procédures avant de procéder.
3. Pour quatre concentrations différentes, mesurez l'angle de rotation comme dans l'expérience 2.
4. Montrez que l'angle de rotation  $\alpha$  est proportionnel à la concentration  $c$ .
5. De plus l'angle de rotation  $\alpha$  est aussi proportionnel à la longueur du chemin parcouru  $\ell$  dans la solution. Utilisez cette information pour déterminer le pouvoir rotatoire spécifique  $k$  du saccharose

$$k = \frac{\alpha}{c\ell}$$

utilisez  $^\circ$ ,  $\frac{g}{ml}$  et  $dm$  comme unités respectives

6. Estimez votre erreur de mesure.