

Polarisation de la lumière – Loi de Malus

 **Prérequis** : document « Caractéristiques de la lumière ».



Polarisation par absorption - Polariseurs dichroïques

Les polariseurs usuels sont réalisés à l'aide de matériaux dits dichroïques.

 Milieu **dichroïque** : milieu absorbant sélectivement les radiations polarisées dans une direction particulière.

Polariseur dichroïque idéal : lame d'épaisseur négligeable possédant deux directions privilégiées de son plan, $\vec{v}$ et $\vec{w}$, orthogonales entre elles et telles que :

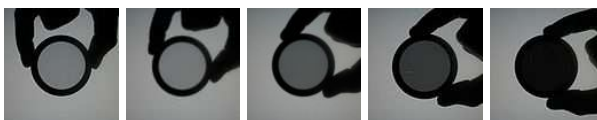
- la lame est parfaitement transparente pour un champ $\vec{E} // \vec{v}$;
- la lame est parfaitement absorbante pour un champ $\vec{E} \perp \vec{v}$ ($\vec{E} // \vec{w}$).

En pratique, les polaroïds se présentent sous forme de feuilles transparentes d'aspect bleu-gris comportant de nombreux cristaux en forme d'aiguille, alignés au cours de la fabrication par étirage du support par exemple. Le scotch est

En réalité, un polariseur présente une certaine épaisseur et déphase donc les champs (ce qui n'est pas gênant pour les expériences qui suivent). L'absorption n'est pas complète, en particulier dans le bleu et le milieu n'est pas parfaitement transparent (atténuation sensible de la composante transmise).

Éclairé en lumière naturelle non polarisée, la puissance transmise par un polariseur idéal est de 50% : la puissance émergente est la moitié de la puissance incidente.

Loi de Malus – Action d'un polariseur sur une lumière polarisée rectilignement



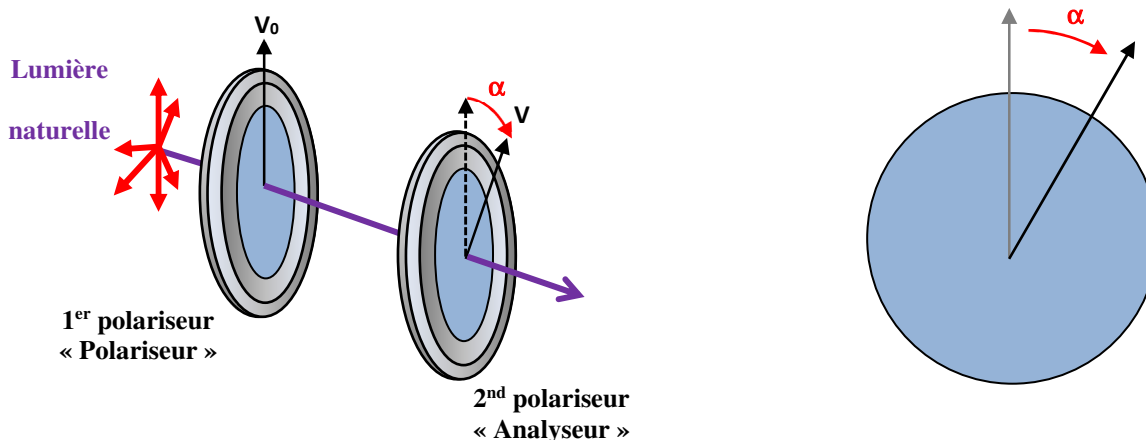
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Polariseur>

 Sur le schéma de gauche ci-dessous, le premier polariseur permet de fabriquer une lumière polarisée rectilignement : après traversée de ce polariseur, le champ électrique $\vec{E}_0$ associé à la vibration lumineuse est parallèle à la direction privilégiée associée à l'axe V_0 . L'intensité lumineuse associée à ce champ est notée I_0 .

Objectif  : relier l'intensité I après le second polariseur à l'intensité I_0 avant celui-ci et α .

Loi de Malus

- Rappeler la relation entre ces deux grandeurs.
- Représenter sur les deux schémas ci-dessous le vecteur $\vec{E}_0$ et le vecteur $\vec{E}$ associé à la vibration lumineuse après traversée de l'analyseur ; veiller à déduire géométriquement l'amplitude de $\vec{E}$ de celle de $\vec{E}_0$ sur le schéma de droite.
- En déduire la relation entre I après le second polariseur, l'intensité I_0 avant celui-ci et α .



 **Loi de Malus** :

Matériel

- Cellule photoélectrique délivrant un courant électrique continu i_{ph} proportionnel à l'éclairement (de quelques milliers de μA au maximum).
- Microampèremètre : veiller à utiliser les bornes et le sélecteur de fonctions correspondant au microampèremètre, la manipulation ayant lieu dans l'obscurité, le rétroéclairage peut être activé (touche de fonction jaune).
- Deux polariseurs.
- Laser vert avec élargisseur de faisceau
- Python et logiciel Régressi pour la modélisation.

Etablir un protocole

Ne pas se contenter de quelques valeurs, réfléchir à l'intervalle des valeurs possibles et à l'ordre dans lequel prendre ces valeurs.

Exploitation des mesures – Modélisations

- ✓ Situation d'écrit de concours – Utilisation de tout logiciel impossible
Dans l'énoncé d'une épreuve écrite, il n'est pas rare de demander de tracer une courbe de façon à valider ou invalider un modèle.
 - Quelle est la seule courbe permettant de juger « à l'œil » (i.e. sans moyen informatique) à partir d'un graphique si une relation est vérifiée ou non ?
 - En déduire la courbe à tracer pour valider la loi de Malus dans le contexte d'une telle épreuve. Autrement dit, quelle grandeur trace-t-on en fonction de quelle variable ?
- ✓ Situation de TP de concours – Utilisation de python ou de logiciels possible
Régressi permet de chercher les valeurs de paramètres (inconnus) dans une **relation quelconque** entre différentes variables mesurées.
La fonction **polyfit** de numpy permet d'effectuer ce travail uniquement pour une relation polynomiale.

Exemple Régressi

On mesure la tension $u_C(t)$ aux bornes d'un condensateur en fonction du temps lors de sa charge à travers une résistance R grâce à un générateur idéal de tension de f.e.m. E .

On dispose du tableau de mesures comportant deux colonnes : u_C et t .

La loi de charge est $u_C(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$ avec $\tau = RC$.

Dans la zone de modélisation de Régressi, on entre le modèle comme il est écrit ci-dessus : $u_C(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$ sans

définir ni E ni τ qu'on souhaite que Régressi détermine lui-même. Ce qu'il réalise à partir de valeurs initiales fournies dans l'interface de modélisation et après des ajustements éventuels.

Attention : Régressi serait incapable de déterminer à la fois R et C dans le modèle $u_C(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ car ces deux variables apparaissent uniquement sous forme de produit (il existe une infinité de valeurs pour R et C pour un produit RC donné). Aucun problème par contre pour E et τ .

- Proposer un modèle plus élaboré que le précédent permettant de tenir compte de l'intensité lumineuse résiduelle dans la salle de travaux pratiques et d'un éventuel décalage de la lame du polaroïd par rapport à l'index qui indique la direction privilégiée de celui-ci (index qui est manipulé lors des mesures).
- Tester ce modèle avec Régressi.
- Proposer un modèle polynomial un peu moins raffiné et le tester grâce à polyfit (tutoriel : beharelle.fr rubrique « Travaux pratiques » / Applet Modélisation Python).