



BLAISE PASCAL
PT 2023-2024

TP 15 – Électromagnétisme

Loi de Malus

Techniques et méthodes

▷ Polariseur et analyseur ;

▷ Minimisation d'un biais systématique.

Matériel sur votre paillasse :

▷ Une diode laser ;
▷ Deux polariseurs ;

▷ Un luxmètre ;
▷ Un PC portable.

Une onde électromagnétique monochromatique, polarisée rectilignement, est envoyée sur un analyseur dont l'axe passant forme un angle θ avec la direction de polarisation de l'onde. Nous avons montré en TD que l'intensité lumineuse (aussi appelée éclairement) en sortie de l'analyseur est donnée par

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta.$$

L'objectif de ce TP est de vérifier expérimentalement cette relation, qui porte le nom de **loi de Malus**. En pratique, l'onde polarisée est créée par une source lumineuse non polarisée (ou de polarisation aléatoire) suivie d'un polariseur (P) : le schéma complet du montage est celui représenté figure 1. Rappelons également que l'analyseur (A) n'est rien de plus qu'un polariseur identique au précédent, dont le rôle est d'analyser l'état de polarisation de la lumière.

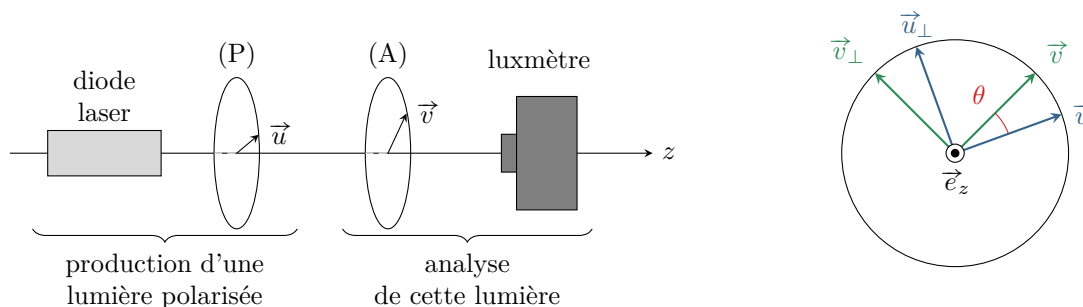


Figure 1 – Production et analyse d'une polarisation rectiligne.

✎ Proposer une méthode expérimentale simple permettant de tester la validité de la loi de Malus.

✎ Comment procéder à la mesure de θ ?



Cette méthode de mesure de l'angle θ peut difficilement être améliorée, mais elle rend l'ensemble de l'expérience extrêmement sensible au moindre décalage sur le repérage initial. Notons ε ce décalage : lorsqu'on lit un angle θ entre les directions \vec{u} et \vec{v} , l'angle réel est $\theta + \varepsilon$. Dans ce contexte, ε est qualifié de **biais systématique** (anciennement erreur systématique) : il reste le même à chaque réalisation de l'expérience, c'est-à-dire pour chaque valeur de θ .

Pour éviter toute confusion, notons par la suite $\tilde{I}(\theta)$ l'intensité mesurée pour un angle lu θ et $I(\theta)$ l'intensité mesurée pour un angle réellement égal à θ : ainsi, $\tilde{I}(\theta) = I(\theta + \varepsilon)$. Le décalage ε étant faible (vous ne travaillez pas si mal!), on peut estimer son influence par des développements limités. Ainsi, d'après la formule de Taylor au voisinage de $\varepsilon = 0$,

$$\tilde{I}(\theta) = I(\theta + \varepsilon) = I_0 \cos^2(\theta + \varepsilon) = I_0 \cos^2 \theta - 2\varepsilon I_0 \sin(2\theta) - 2\varepsilon^2 I_0 \cos(2\theta) + o(\varepsilon^2).$$

Comme la loi de Malus est paire en θ , une astuce pour limiter l'influence de cette erreur systématique consiste à moyenner les valeurs pour deux angles opposés. Posons

$$\bar{I}(\theta) = \frac{\tilde{I}(\theta) + \tilde{I}(-\theta)}{2}.$$

✎ Exprimer en fonction de θ et ε les intensités $\tilde{I}(-\theta)$ puis $\bar{I}(\theta)$.

✎ Pourquoi est-il plus intéressant de travailler à partir de \bar{I} plutôt que de \tilde{I} ?



Procéder à l'expérience. Reproduire ci dessous l'allure de la courbe expérimentale obtenue.



✎ Cette courbe permet-elle de conclure à la validité de la loi de Malus ?

✎ Quel effet a pu être oublié dans l'étude précédente et permettrait d'expliquer l'écart ? Comment vérifier expérimentalement cette hypothèse ?