Vérification de la loi de Malus

1. Introduction

* Contexte réel
* Explication théorique de la loi de Malus

Un polariseur est un dispositif permettant de polariser de polariser rectilignement une lumière non polarisée, comme la lumière blanche naturelle, selon une direction privilégiée , imposée par le polariseur. A la sortie, l’onde lumineuse ressort avec son champ électrique dans la direction de .

Lorsque l’on place deux polariseurs l’un a la suite de l’autre, le second joue un rôle différent dans le montage et est appelé analyseur. Dans le cas général, il laisse passer une direction de polarisation différente de la direction de polarisation du polariseur. A la sortie de l’analyseur, la lumière est polarisée rectilignement dans la direction avec une amplitude égale à la projection de sur ().

L’intensité lumineuse étant proportionnelle au carré de l’amplitude, la Loi de Malus s’énonce :

.

Une image contenant capture d’écran, texte, noir, blanc

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Figure 1 : schéma explicatif Loi de Malus

* Lien avec la problématique

Problématique

1. Protocol expérimental
   1. Matériel utilisé

* Description des éléments avec leur intérêt/utilité + positionnements/réglages précis
* Une source de lumière blanche naturelle (cette lumière à la particularité d’être polarisée aléatoirement dans toutes les directions) ;
* Deux polariseurs identiques (appelés polariseur et analyseur) dont la direction privilégiée est réglable et associée à un angle (pour , la direction de polarisation est verticale) ;
* Une cellule photovoltaïque qui débite un courant proportionnel à l’intensité du faisceau lumineux qu’elle reçoit ;
* Un multimètre KEITHLEY utilisé en tant qu’ampèremètre.
  1. Protocol et déroulement de l’expérience
* Difficultés, points délicats du montage
* Afin de vérifier la loi de Malus, on réalise le montage expérimental schématisé ci-dessous. Il est constitué d’une source de lumière blanche, de deux polariseurs (polariseur et analyseur) initialement réglés à et d’une cellule photovoltaïque reliée à un ampèremètre, le tout placé sur un banc optique.
* Pour optimiser les résultats, on peut placer la source lumineuse, le polariseur et l’analyseur très proches les uns des autres.
* On fera attention au réglage du multimètre. Il faut se placer dans une pièce la plus sombre possible. De plus, avant d’allumer la source lumineuse, on réglera le zéro du multimètre en appuyant sur la touche REL. Ce réglage permet de supprimer la mesure de l’éclairage de fond puisque la cellule photovoltaïque est sensible à toute la lumière ambiante.

Une image contenant texte, capture d’écran, diagramme, conception

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Figure 2 : schéma du montage expérimental

* En conservant le polariser régler sur , on fait ensuite varier l’angle de l’analyseur entre et (cet angle correspond à l’angle entre le polariseur et l’analyseur puisque l’analyseur est toujours à ). Pour chaque valeur de l’angle, on relève l’intensité mesuré par l’ampèremètre.

Mettre photo du montage

1. Données expérimentales

Comme décrit précédemment, on mesure expérimentalement les valeurs de en ° et de en . Les valeurs mesurées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Pour permettre l’interprétation des données, on converti ensuite les valeurs de en radian pour permettre le calcul de . Ces valeurs, ainsi que les incertitudes estimés ou calculés (détails dans la partie suivante) sont également présentées dans ce tableau.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Angle γ (°) | Δ γ (°) |  | Angle γ (rad) | Δ γ (rad) |  | Intensité I (𝜇A) | Δ I (𝜇A) |  | cos²(γ) | Δcos²(γ) |
| 0 | 3 |  | 0,00 | 0,05 |  | 47,9 | 1,0 |  | 1,00 | 0,00 |
| 10 | 3 |  | 0,17 | 0,05 |  | 46,5 | 1,0 |  | 0,97 | 0,02 |
| 20 | 3 |  | 0,35 | 0,05 |  | 42,7 | 1,0 |  | 0,88 | 0,03 |
| 30 | 3 |  | 0,52 | 0,05 |  | 36,8 | 1,0 |  | 0,75 | 0,05 |
| 40 | 3 |  | 0,70 | 0,05 |  | 29,2 | 1,0 |  | 0,59 | 0,05 |
| 50 | 3 |  | 0,87 | 0,05 |  | 20,8 | 1,0 |  | 0,41 | 0,05 |
| 60 | 3 |  | 1,05 | 0,05 |  | 13,3 | 1,0 |  | 0,25 | 0,05 |
| 70 | 3 |  | 1,22 | 0,05 |  | 5,4 | 1,0 |  | 0,12 | 0,03 |
| 80 | 3 |  | 1,40 | 0,05 |  | 1,7 | 1,0 |  | 0,03 | 0,02 |
| 90 | 3 |  | 1,57 | 0,05 |  | 0,1 | 1,0 |  | 0,00 | 0,00 |

Tableau 1 : tableau des résultats expérimentaux avec calculs

1. Résultats expérimentaux et discussions
   1. Estimation et propagation des incertitudes

* Incertitudes : identification des sources d’erreurs, estimation des incertitudes directes, propagation des incertitudes

L’angle est mesuré directement sur l’analyseur. Plusieurs facteurs sont source d’erreur pour cette mesure. D’une part, les deux polariseurs ne sont pas forcément parfaitement réglés, les angles affichés ne correspondent pas exactement à l’angle réel du polariseur. D’autre part, il est difficile pour l’expérimentateur de placer le curseur parfaitement sur un angle souhaité, d’autant plus qu’on se situe dans une pièce sombre. Pour ces raisons, on estime l’incertitude liée à l’angle  : .

Pour la mesure de l’intensité , l’expérimentateur, le matériel et les conditions expérimentales sont source d’erreurs. Les variations de l’éclairage ambiant lors de l’expérience sont source d’incertitude sur la mesure de . La valeur mesurée par l’ampèremètre est instable, les derniers chiffres varient continuellement sur l’appareil. De plus, il faut attendre que la mesure se stabilise sur l’appareil, au moins pour les premiers chiffres, il n’est alors pas évident pour l’expérimentateur de savoir quand prendre la mesure. On estime alors l’incertitude sur l’intensité : .

Photo ampèremètre

A partir des estimations précédentes, on propage les incertitudes pour grâce aux calculs suivants :

On a d’où,

On a alors,

* 1. Interprétation des données expérimentales

Pour vérifier la validité de la Loi de Malus on veut étudier l’évolution de l’intensité à la sortie de l’analyseur en fonction de l’angle entre le polariseur et l’analyseur. On trace alors à partir des données expérimentales, on attend ainsi une droite passant par l’origine. Le coefficient directeur correspondra alors à l’intensité après le polariseur.

Figure 3 : Tracé de I = fct[ cos²(γ) ]

* 1. Résultats et interprétations
* Présentation des résultats (penser aux chiffres significatifs, incertitudes et unités)
* Discussion sur la droite (ne passe pas vraiment par l’origine puisqu’on a un point qui n’est pas exactement à (0,0), R² assez élever (en effet les points semblent bien alignés) …)
* Interprétation des résultats (vérification de la théorie)

1. Conclusion

* Répondre à la problématique
* Faire le lien avec le contexte