

# MP14 : Polarisation des ondes électromagnétiques

Damien RIOU

25 mars 2016

## Objectifs

- Montrer divers moyens de polarisation de la lumière
- Vérifier la loi de Malus et caractériser une polarisation elliptique
- Étudier la réflexion vitreuse

## Plan

## Introduction

La polarisation des ondes électromagnétiques est un phénomène remarquable. C'est une caractéristique de la lumière, et une de ces applications majeure est l'affichage sur les écrans à cristaux liquides. Par défaut, la lumière n'est pas polarisée, comme celles du Soleil ou d'une lampe à incandescence par exemple. Il faut donc trouver des moyens de la polariser puis de l'analyser pour pouvoir la caractériser. Au cours de ce montage, nous allons nous concentrer sur les ondes électromagnétiques du spectre visible, pour des raisons de facilité d'investigation et de diversité des sources et capteurs dans ce domaine de fréquence.

## A Polarisation, production et analyse

Dans cette partie, nous nous proposons de vérifier la loi de Malus et d'introduire les éléments que nous utiliserons au cours de ce montage. La source que nous utiliserons est une lampe spectrale de type HgCd. Elle a été préférée à une lampe à incandescence classique en raison de la luminescence supérieure sur certaines raies spectrales bien précises. Ici, nous utiliserons donc un filtre interférentiel vert,  $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ , pour faciliter l'étude. Cette lumière est non polarisée (ou polariser circulairement, les deux ne sont pas distinguables) comme le montre l'absence de variation d'intensité lumineuse en sortie du polariseur, quelque soit l'angle de celui-ci.

Ce polariseur est un polariseur dichroïque, qui ne laisse passer que les ondes électromagnétiques ayant une direction colinéaire à l'axe passant du polariseur. Celui-ci est constitué d'un film polymère dont les chaînes sont polarisables et orientées. Ainsi, la polarisation du matériau est anisotrope, il laisse passer les polarisations dans la direction de plus faible polarisabilité ; c'est donc un dispositif polarisant.

Si nous plaçons un second polariseur, appelé analyseur, sur le chemin optique et que nous le faisons tourner, nous notons une variation d'intensité lumineuse. Pour la quantifier, nous utiliserons une photodiode montée en inverse, dispositif qui renvoie une intensité proportionnelle à l'éclairement auquel elle est soumise. Ce courant étant très faible, il est converti en tension puis amplifié, et mesuré à l'aide d'un voltmètre.

Nous pouvons alors vérifier la loi de Malus, avec la lampe qui a été mise à chauffer bien en avance pour passer le régime transitoire et avoir un éclairement constant. Nous obtenons alors une courbe périodique, nous pouvons alors la comparer à l'expression théorique de la loi de Malus :  $\Phi = \Phi_0 \cos^2 \alpha$  avec le logiciel Regressi. Nous notons une bonne adéquation, même si nous constatons la présence d'une composante

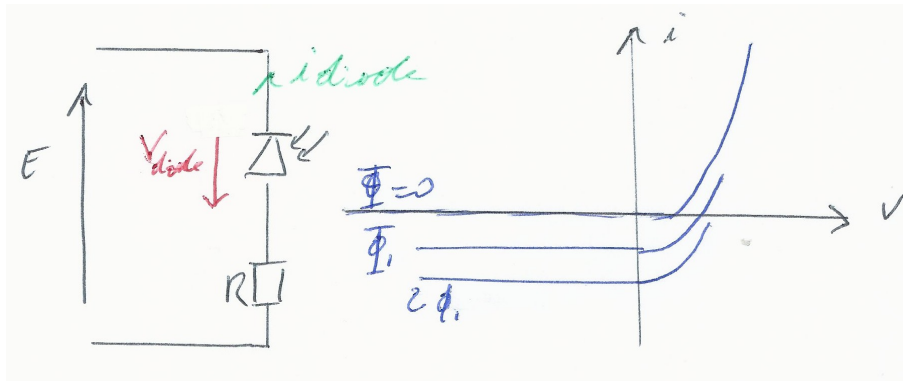


FIGURE 1: Schéma et caractéristique d'une photodiode montée en inverse

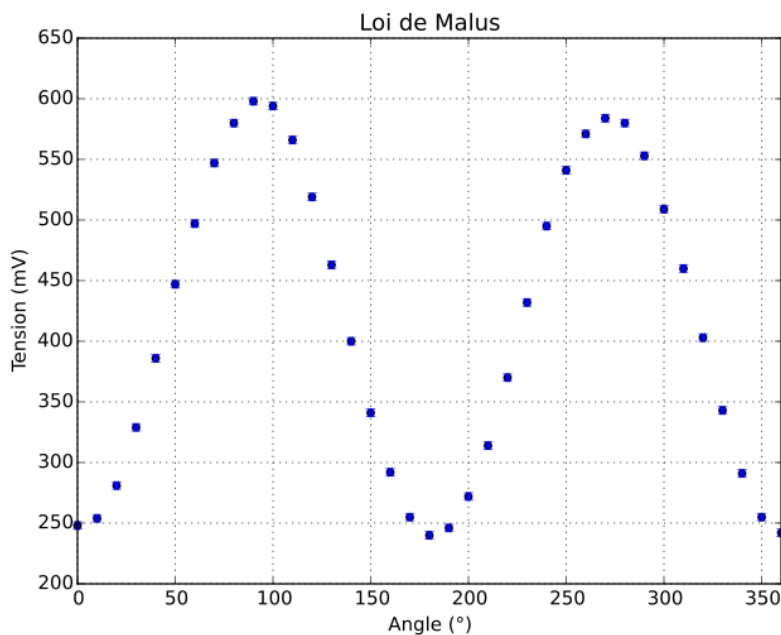


FIGURE 2: Vérification de la loi de Malus

continue sur notre courbe expérimentale. Ceci est dû aux rayons infrarouges émis par la lampe qui aurait dû être stoppés par un filtre anticalorique. Cette expérience montre tout de même que les polariseurs sont efficaces et peuvent être utilisé dans la suite du montage.

## B Caractérisation d'une polarisation elliptique

La première étape dans la caractérisation d'une polarisation elliptique est la création de celle-ci. Dans cette partie, nous échangeons la lampe et son filtre interférenciel pour un LASER vert,  $\lambda = 532 \text{ nm}$ . Nous lui adjoignons un polariseur pour purifier sa polarisation, et nous réalisons un montage polariseur-analyseur croisé. Entre ces deux polariseurs, nous mettons une lame biréfringente quelconque, dont nous allons rechercher les axes propres, puis la placer à  $45^\circ$ . Nous créons alors une polarisation elliptique. Nous analysons alors la polarisation grâce à l'analyseur et la photodiode.

La sinusoïde obtenue nous renseigne sur le taux d'ellipticité de l'onde. Nous avons le champ électrique suivant :

$$\vec{E} = \begin{cases} a \cos \omega t \\ b \sin \omega t \end{cases}$$

Le taux d'ellipticité de l'onde est alors défini comme étant :

$$\frac{B}{A} = \frac{b^2}{a^2} = \tan \psi$$

Nous obtenons :

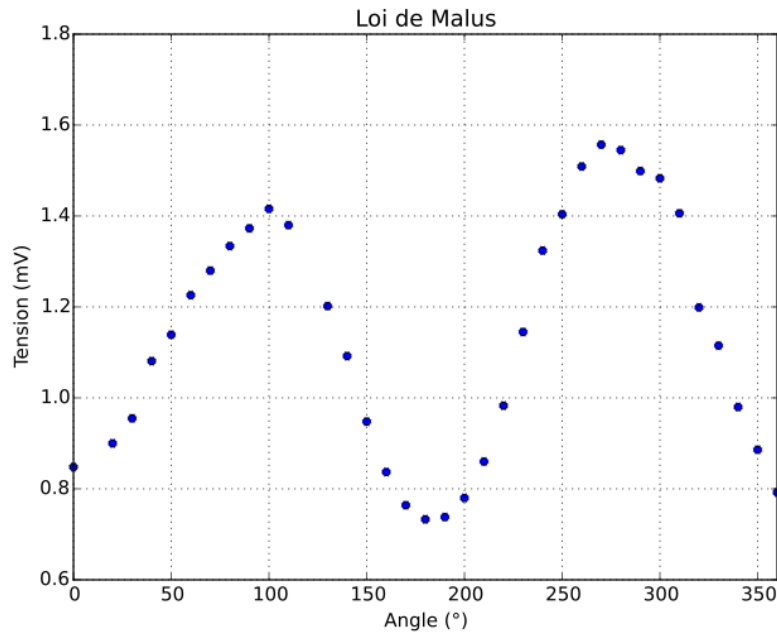


FIGURE 3: *Analyse de la polarisation elliptique*

$$\frac{B}{A} = 0,47 \pm 0,07$$

$$\psi = 25 \pm 2^\circ$$

Nous avons alors effectivement obtenu une polarisation elliptique du fait de la modification de la polarisation rectiligne par la lame biréfringente. Cet angle est directement lié à l'indice du matériau.

## C Étude de la réflexion vitreuse

### C.1 Mesure de l'angle de Brewster

La réflexion vitreuse est une manière de polariser la lumière. A un angle particulier, la lumière réfléchie est totalement polarisée dans le plan perpendiculaire au plan d'incidence, l'angle formé entre le rayon réfléchi étant en quadrature avec le rayon réfracté.

A l'aide d'un goniomètre et d'un LASER faiblement polarisé, nous cherchons à éteindre le rayon réfléchi sur une surface en plexiglas. Nous avons donc, dans cette configuration :

$$n = \tan i_B$$

$$i_B = 56 \pm 1^\circ$$

$$n = 1,48 \pm 0,06$$

Nous avons donc une bonne adéquation entre la valeur expérimentale et la valeur t'aboulée à 1,51.

### C.2 Mesure du coefficient en réflexion dans le plan d'incidence<sup>1</sup>

Avec ce même dispositif, nous pouvons tracer l'évolution du coefficient en éclaircissement en réflexion dans le plan d'incidence. Ayant trouvé l'indice dans la partie précédente et connaissant la loi de Snell-Descartes, nous pouvons comparer le coefficient calculé à celui mesuré :

$$R^{mes} = \frac{U(i)}{U(i=90^\circ)}, R^{calc} = \left( \frac{\tan(i-r)}{\tan(i+r)} \right)^2$$

Nous voyons sur le graphique de l'allure est globalement respectée, si on omet la saturation de la photodiode pour des angles supérieurs à 80°.

1. Il serait intéressant de mesurer le même coefficient pour la polarisation perpendiculaire au plan d'incidence, car sa mesure à 45° donne une mesure de l'indice du matériau.

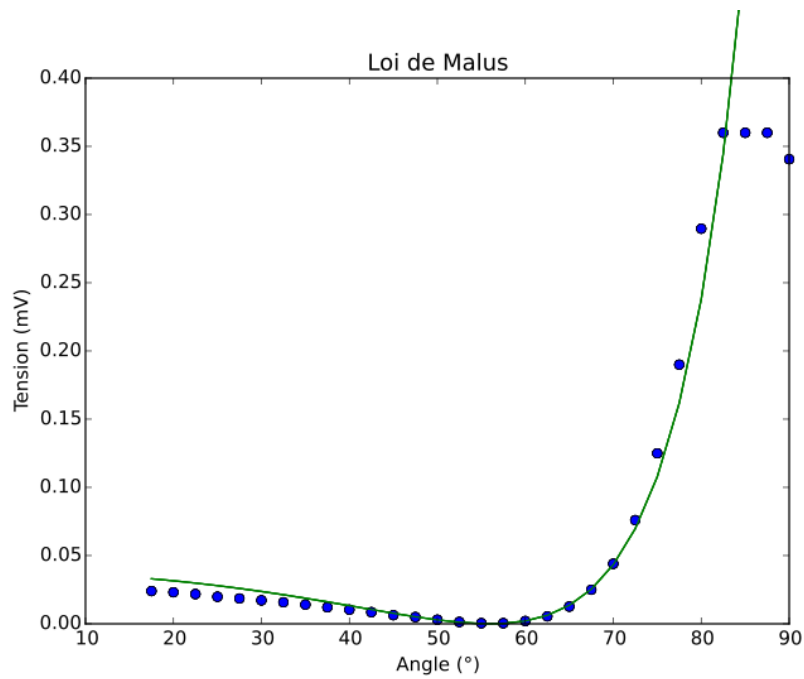


FIGURE 4: *Coefficient en réflexion dans le plan d'incidence*

## Conclusion

Au cours de ce montage, nous avons vu la production et l'analyse de lumière polarisée. Une application remarquable de celle-ci étant le cinéma en 3D.

## Bibliographie

- [1] Optique expérimentale, Sextant, Herman
- [2] Expériences d'optique : agrégation de sciences physiques, R. Duffait, Bréal