

Effet Faraday: fiche explicative

Antoine DEVUYST, Arthur DEVUYST et Raphaël WITTEBOL

Mars 2026

1 Qu'est ce que l'Effet Faraday magnéto-optique ?

L'effet Faraday utilisé dans notre expérience est différent de celui que l'on rencontre généralement dans les cours d'électromagnétisme (loi de Lenz-Faraday), qui décrit la force électromotrice induite dans une boucle conductrice par un champ magnétique variable.

Commençons par une brève explication de l'Effet Faraday (une explication plus détaillée est disponible plus loin). Lorsqu'une onde électro-magnétique polarisée linéairement pénètre dans un certain milieu présentant un champ magnétique. La composante du champ magnétique parallèle à la direction de propagation de l'onde induit une rotation du plan de polarisation de l'onde électromagnétique. En d'autres mots, une onde polarisée linéaire horizontale avant d'entrer dans le dit milieu, pourrait en sortir polarisée linéaire verticale. La formule nous donnant l'angle de rotation de la polarisation nous informe sous quelles conditions un tel cas est envisageable.

$$\theta = \nu B l$$

où :

- θ est l'angle de rotation de la polarisation
- ν est la constante de Verdet. Cette constante dépend de la nature du milieu, de la température de celui-ci mais aussi de la longueur d'onde de la lumière utilisée.
- B est la valeur de la composante parallèle du champ magnétique
- l est la longueur de parcours de l'onde dans le milieu

2 Quelles sont les applications ?

2.1 Isolateur optique

La première application est celle des isolateurs optiques. Un isolateur optique est un mécanisme utilisant l'Effet Faraday pour faire en sorte que la lumière puisse passer dans un sens mais pas dans l'autre. On peut donc faire une analogie avec une vanne anti-retour dans le cas des canalisations, mais dans ce cas-ci pour un réseau de fibre optique tel que le réseau Ethernet actuel.

2.2 Mesure du champ magnétique de corps célestes

Une seconde application est liée à l'astrophysique, ce phénomène est particulièrement utile pour étudier les champs magnétiques dans le milieu interstellaire. En effet, de nombreuses sources astrophysiques (comme les pulsars ou les radiogalaxies) émettent des ondes radio polarisées. Lorsque ces ondes traversent le plasma interstellaire, leur polarisation subit une rotation de Faraday due au champ magnétique présent dans ce plasma. L'angle de rotation dépend de la longueur d'onde et de la densité d'électrons libres dans le milieu. Si l'on connaît la densité d'électrons intégrée le long du trajet, appelée dispersion measure (DM), on peut en déduire la valeur moyenne du champ magnétique le long de la ligne de visée. Chez les pulsars, cette dispersion provoque un retard des impulsions radio selon la longueur d'onde, ce qui permet de mesurer précisément la DM.

En combinant la rotation measure et la dispersion measure, les astrophysiciens peuvent estimer le champ magnétique moyen dans le milieu interstellaire.

Cette technique est également utilisée pour étudier d'autres plasmas astrophysiques, par exemple la couronne solaire, où la rotation de Faraday de signaux radio polarisés provenant de sources extragalactiques permet de déterminer la densité d'électrons et la structure du champ magnétique solaire.

3 Notre expérience

3.1 Le but ?

Le but de notre expérience est de déterminer la valeur de la constante de Verdet $\nu[\text{rad/Tm}]$ dans l'eau mais aussi dans d'autres types de liquide. Car pour rappel, cette constante dépend du milieu mais aussi de la longueur d'onde de la lumière passant dans le milieu.

3.2 Montage expérimental

Notre montage est le suivant : Un laser monochromatique (532nm) émet un rayon lumineux. Ce rayon lumineux passe ensuite au travers d'un premier polariseur, ensuite, ce rayon entre dans un tube en PVC (1m) rempli d'eau. Ce tube est entouré de 2000 spires de fil de cuivre, aussi appelé solénoïde. Lorsqu'un courant est injecté dans ce solénoïde, celui-ci produit un champ magnétique qui est (à bonne approximation près) uniforme et parallèle au rayon lumineux. A la sortie de ce tube, le rayon lumineux passe au travers d'un second polariseur avant d'entrer en contact avec une photodiode (capteur d'intensité lumineuse).

3.3 Description des événements dans notre expérience

Suivons ici le trajet du rayon lumineux, et de l'effet de chaque composant sur celui-ci. Premièrement, le rayon lumineux émit (laser) possède une polarisation élliptique, qui se voit transformée en polarisation linéaire verticale lors du passage à travers le premier polariseur. Ce rayon passe alors dans le tube, où le champ magnétique du solénoïde rend l'eau circulairement biréfringente, ce qui fait que l'angle de polarisation de du rayon va légèrement changé en se décalant de la verticale, ce changement est traduit dans la formule suivante :

$$\theta = \nu \int \mathbf{B}_{||} \cdot d\mathbf{l}.$$

En sortant du tube, le rayon rencontre le seconde polariseur, celui-ci est placé de manière perpendiculaire au premier, de telle sorte à totalement annuler le rayon si celui-ci était parfaitement polarisé verticalement. Or dans notre cas, le rayon arrivant est légèrement décalé de la polarisation verticale, ce qui fait que nous mesurons une intensité lumineuse non nul sur la photodiode suivant le second polariseur.