

Effet magnéto-optique et optique des couches minces à base de ferrite de cobalt

**N. LAMAÏ^{1,2*}, F. ROYER², J. P. CHATELON², D. JAMON², S. NEVEU³,
M. F. BLANC-MIGNON² et J. J. ROUSSEAU²**

¹ *Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché, BP 130 Abéché, Tchad*

² *Université de Lyon, F-42023 Saint-Etienne, France et Université de Saint-Etienne, Jean Monnet,
F- 42000 Saint-Etienne, France LaHC UMR CNRS 5516*

³ *Laboratoire PHENIX, Université Pierre et Marie Curie, UMR 8234, 4 place Jussieu,
75252 Paris Cedex 05, France*

* Correspondance, courriel : lamaïhubert@yahoo.fr

Résumé

Cette étude a pour but la mesure des effets magnéto-optiques (rotation Faraday) en fonction du champ magnétique appliqué et en fonction de la longueur d'onde, ainsi que la mesure de la transmittance (effet optique) des couches minces à base de ferrite de cobalt. Les résultats montrent une forte rotation Faraday spécifique avec des cycles d'hystérésis et des spectres de transmittance d'une bonne transparence dans la gamme Télécom (≈ 1550 nm).

Mots-clés : *ferrite de cobalt, sol-gel, couches minces, rotation Faraday, transmittance.*

Abstract

Magneto-optical effect and optical thin films cobalt ferrite

This study was designed to measure the magneto-optical effect (Faraday rotation) according to the applied magnetic field and a function of the wavelength and the transmittance measurement (optical effect) thin film based on cobalt ferrite. The results show a high specific Faraday rotation with hysteresis cycles and transmittance spectra of a good transparency in the range Telecom (≈ 1550 nm).

Keywords : *cobalt ferrite, sol-gel thin films, Faraday rotation, transmittance.*

1. Introduction

Le ferrite de cobalt (S437A) utilisé est un liquide magnétique constitué d'un fluide contenant des suspensions stables de petits grains d'un matériau magnétique. Ces grains de taille de l'ordre du nanométrique se comportent dans un liquide porteur comme de petits aimants, d'où l'appellation "ferrofluides" pour ces liquides magnétiques. Notre travail a pour objectif, la mesure de l'effet magnéto-optique et optique de ces matériaux composites obtenus par dopage du sol-gel par ce liquide magnétique, pour des applications.

2. Matériel et méthodes

2-1. Méthodes

L'obtention des couches minces à base de ferrite de cobalt s'est faite en utilisant un substrat de verre, une solution sol-gel dopée par le ferrite de cobalt et une technique de trempage-retrait [1]. Le ferrite de cobalt utilisé est obtenu par voie de co-précipitation [2- 6] au laboratoire PHENIX en suivant le protocole établi par [3]. La solution apte à subir une transition sol-gel a été préparée au Laboratoire selon le protocole de [4, 5] à température ambiante. En respectant ce protocole, nous avons élaborés plusieurs échantillons dont nous présentons deux ici dans le cadre de cette étude. Leurs caractéristiques sont présentées dans le **Tableau** suivant:

Echantillons	Sol10.3.3	Dopé S437A	Filtré	Vitesse de tirage	TT(90°)/1h	UV/ λ (/20mn)	Epaisseur (μm)
HV10	X	1mL	0.45 μL	5	X	X	5,4
HV11	X	1mL	0.45 μL	8	X	X	7,2

Pour effectuer ces mesures, un dispositif polarimétrique expérimental au sein du laboratoire LT2C a été utilisé.

2-2 Dispositif polarimétrique

Le dispositif utilisé pour la mesure de la rotation Faraday et de la transmittance est schématisé sur la **Figure 1** suivante :

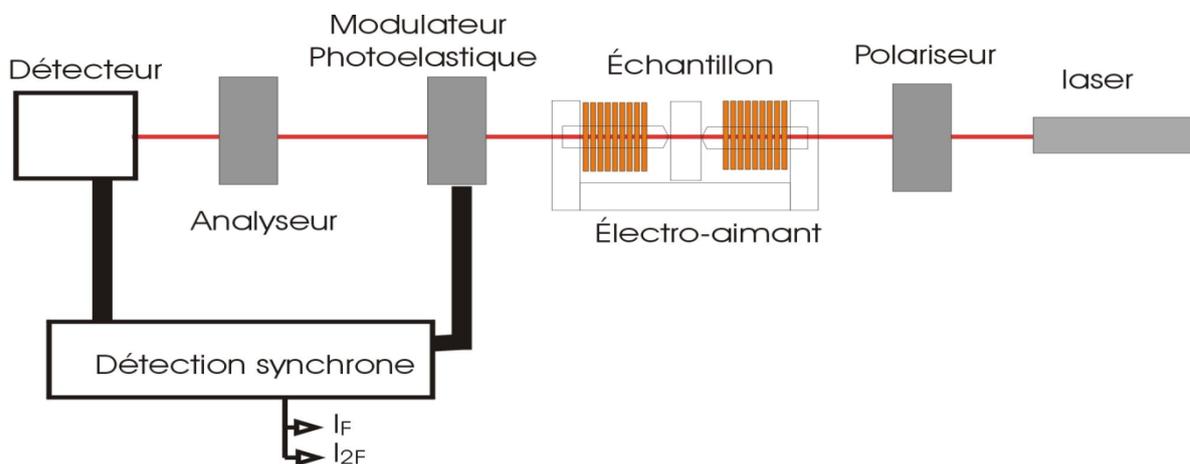


Figure 1 : Dispositif polarimétrique

Il est constitué d'une lampe (ou laser) qui envoie une source de lumière aléatoire qui passe par le polariseur P, et traverse l'échantillon qui est placé entre l'entrefer d'un électroaimant. Après traversé de l'échantillon, la lumière tombe sur l'Analyseur et enfin sur un détecteur. La détection synchrone référencée à la fréquence du modulateur photo élastique $f = 50\text{KHz}$ permet l'acquisition des intensités $I_F \approx \epsilon_F$ (éllipticité Faraday) et $I_{2F} \approx \Theta_F$ (rotation Faraday) [1].

3. Résultats et discussion

Sur les **Figures 2 et 3**, sont portées la rotation Faraday mesurée à la longueur d'onde de 820 nm à température ambiante en fonction du champ magnétique appliqué. Les courbes obtenues présentent des cycles d'hystérésis avec une rotation Faraday à saturation de $393^\circ/\text{cm}$ pour l'échantillon HV10 et de $399^\circ/\text{cm}$ pour l'échantillon HV11.

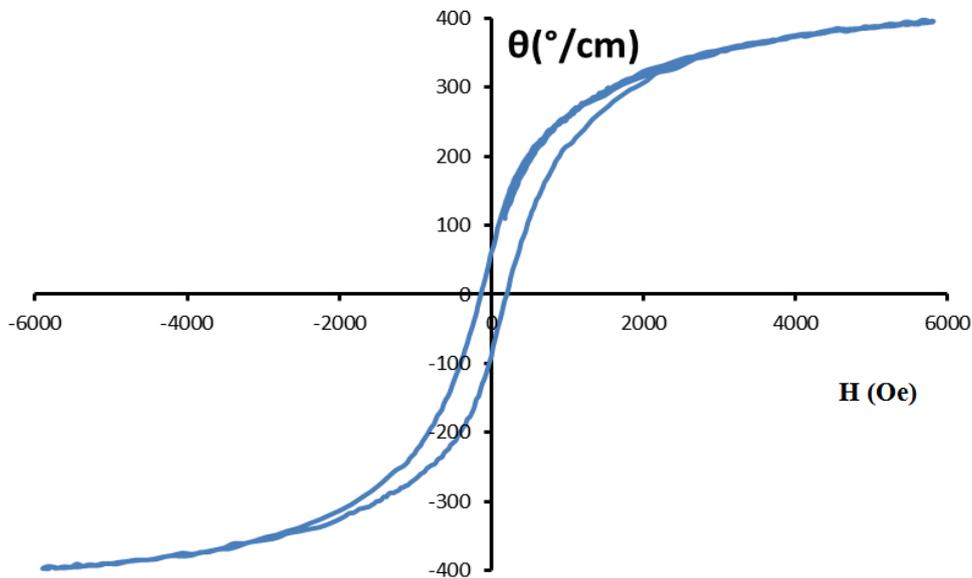


Figure 2 : Rotation Faraday en fonction du champ magnétique appliqué de l'échantillon HV10 mesurée à la longueur d'onde de 820 nm

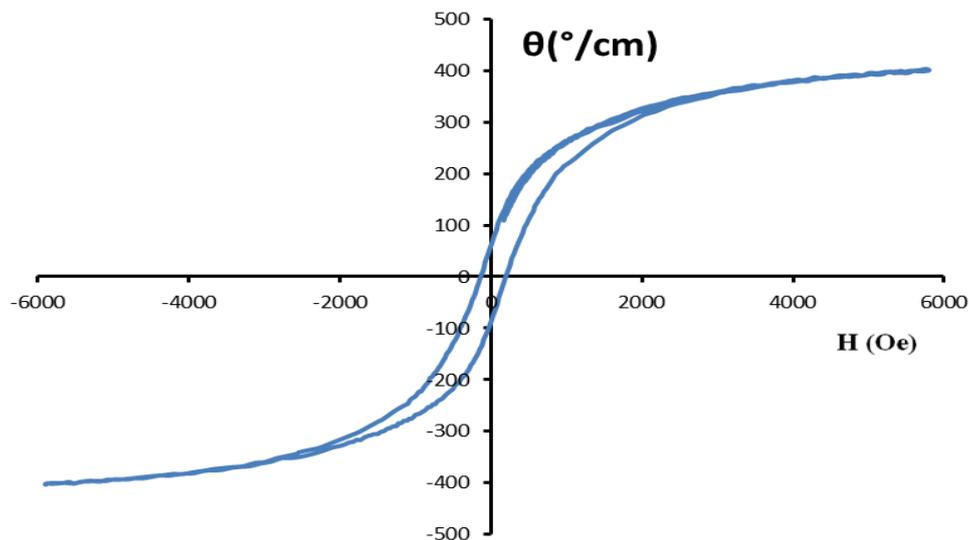


Figure 3 : Rotation Faraday en fonction du champ magnétique appliqué de l'échantillon HV11 mesurée à la longueur d'onde de 820 nm

Afin d'illustrer les applications potentielles, nous avons également mesuré la rotation Faraday en fonction de la longueur d'onde dans la gamme (400-900 nm) [7, 8].

On peut constater ainsi sur la **Figure** suivante que la rotation Faraday à saturation présente d'autres valeurs à d'autres longueurs d'ondes. Les spectres obtenus montrent un changement de signe (du positif au négatif) de la rotation Faraday avec un large pic à 750 nm.

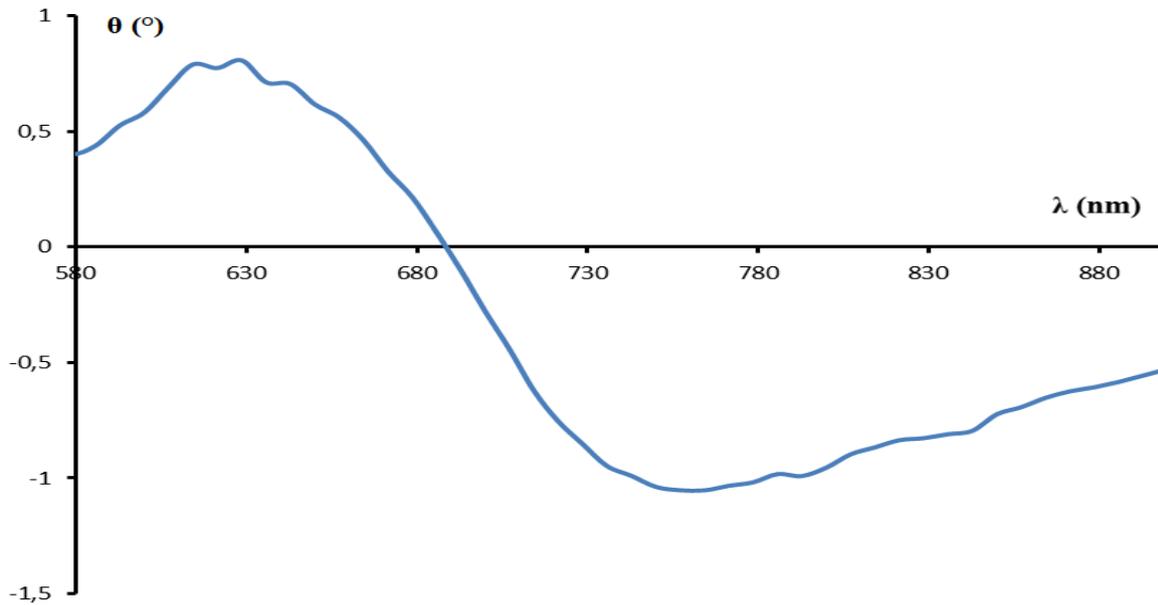


Figure 4 : *Rotation Faraday en fonction de la longueur d'onde de l'échantillon HV10*

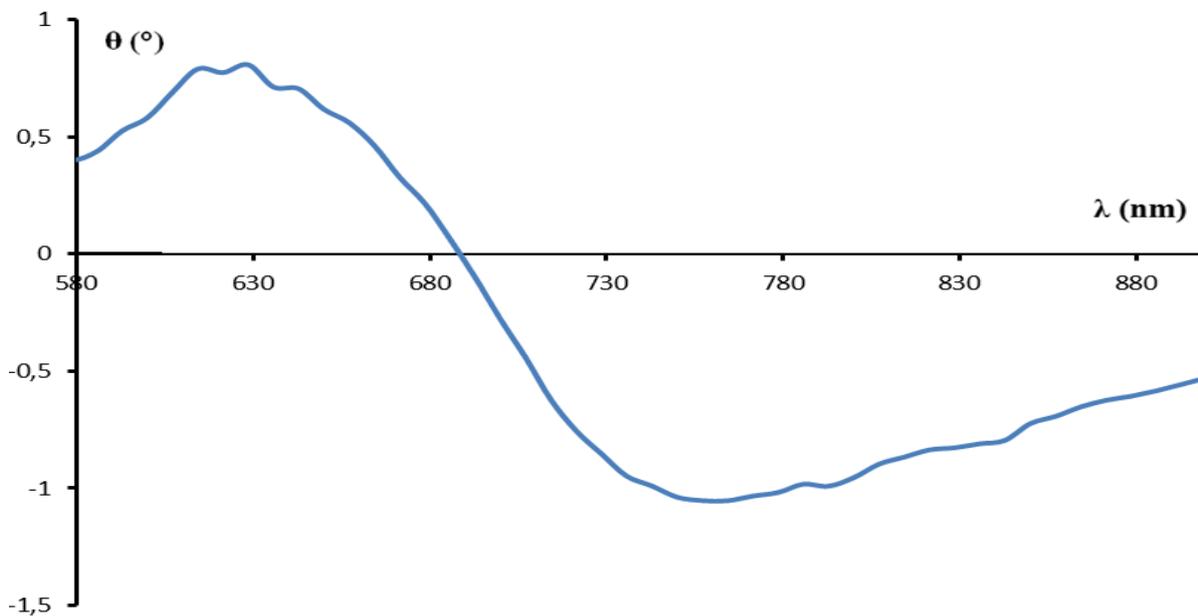


Figure 5 : *Rotation Faraday en fonction de la longueur d'onde de l'échantillon HV11*

3-1. Transmittance

L'un des paramètres importants pour l'étude et l'application optique est la transmittance. Cette transmittance a été mesurée en utilisant le même dispositif dans la gamme spectrale (400-1600nm).

La mesure a été faite en plaçant l'échantillon entre l'entrefer. De cette manière, et conformément à la loi de Beer-Lambert donnée par l'expression :

$$I = I_0 e^{-\alpha_e} \tag{1}$$

avec

$$T = I/I_0. \tag{2}$$

I : Intensité lumineuse transmise ; I_0 : Intensité lumineuse incidente.

Les résultats de mesure sont présentés à la **Figure 3**.

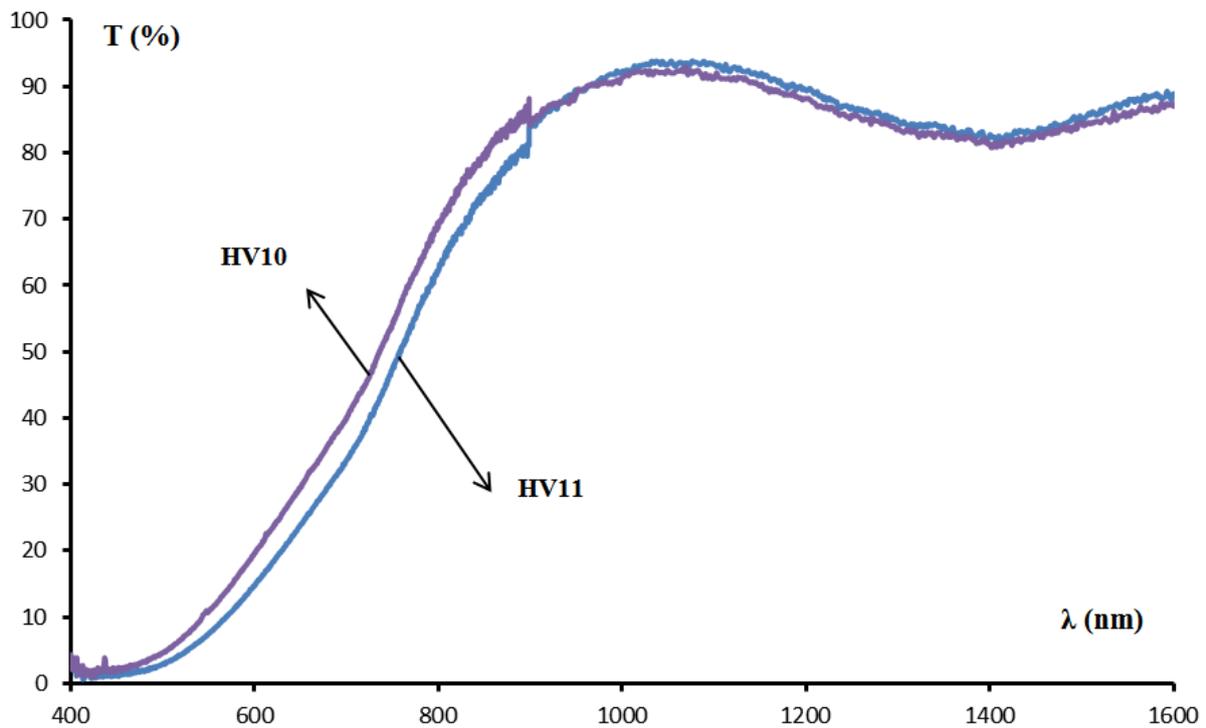


Figure 6 : Transmittance en fonction de la longueur d'onde des échantillons HV10, HV11

Les courbes illustrées sur la **Figure** précédente présentent la transmittance des deux échantillons. Elles montrent que la bande de transparence se situe dans le domaine infrarouge. On peut constater que la fenêtre de transparence se situe dans la gamme Télécom ou la transmittance oscille entre 80 à 95% [9-15].

4. Conclusion

Ce travail a permis de mettre en évidence les effets magnéto-optiques et optiques des couches minces. L'étude optique de ces couches minces montre une bonne transparence dans la gamme Télécom (1550 nm). Cela apporte une contribution aux travaux déjà réalisés dans la littérature avec une transmittance qui oscille entre 80 à 95%. Nous obtenons aussi une forte rotation Faraday entre 393°/cm et 399°/cm.

Références

- [1] - N. LAMAI, F. ROYER, J. P. CHATELON, D. JAMON, S. NEVEU, M. F. BLANC-MIGNON, J. J. ROUSSEAU « Étude des propriétés magnéto-optiques des couches minces à base de ferrite de cobalt obtenues par voie sol-gel », Afrique SCIENCE 11(1) (2015), 96-101.
- [2] - S. NEVEU, « Size-Selective Chemical Synthesis of Tartrate Stabilized Cobalt Ferrite Ionic Magnetic Fluid », *J. Coll. Int. Sc.*, Vol.255, N° 2 (2002), 293-298.
- [3] - R. MASSART, « Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acidic media » IEEE Trans. Magn. 17(1981), 1247.
- [4] - C. J. BRINKER and G. W. SCHERER, Sol-Gel Science: «The Physics and Chemistry of Sol-Gel» Processing. Academic Press, San Diego, 1990.
- [5] - ALAIN C. PIERRE, «Introduction to Sol-Gel Processing ». Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998.
- [6] - J. P. JOLIVET, E. TRONC et C. CHANEAC, «Synthesis of iron oxide-and metal-based nanomaterials », *Eur. Phys. J. AP*10(2000), 167.
- [7] - F. CHOUËIKANI, F. ROYER, S. DOUADI, A. SKORA, D. JAMON, D. BLANC and A. SIBLINI «Low birefringent magneto-optical waveguides fabricated via organic-inorganic sol-gel process» The European Physical Journal Applied Physics, 2009.
- [8] - F. ROYER, A. DZAROVA , M. TIMKO , D. JAMON , P. KOPCANSKY , J. KOVAC , F. CHOUËIKANI , H. GOJZEWSKI , J. J. ROUSSEAU, «Magneto-optical study of magnetite nanoparticles prepared by chemical and biomineralization process» Journal of Magnetism and Magnetic Materials 323 (2011), 1453-1459.
- [9] - F. DONATINI, D. JAMON, J. MONIN et S. NEVEU. IEEE Trans Magn, 35 (1999), 4311-4317.
- [10] - K. ZHANG et al. JMMM, 323, (2011), 1616.
- [11] - SAMAILA BAWA WAJE et al., Appl. Surf, Sci, 256(2010), 3122.
- [12] - S. PAULINE and A. PERSIS AMALIYA, Archives of Applied Science Research, 3(5) (2011), 213-223.
- [13] - D. JAMON, F. DONATINI, A. SIBLINI, F. ROYER, R. PERZYNSKI, V. CABUIL, S. NEVEU « Experimental investigation on the magneto-optic effects of ferrofluids via dynamic measurements », Journal of Magnetism and Magnetic Materials 321(2009) 1148-1154.
- [14] - MIKIO KISHIMOTO, DAIKI ISAKA, AKARI HORIUCHI, HIDETO YANAGIHARA, EIJI KITA «Magnetic properties in oriented platelet Fe₃O₄ particles prepared by the polyol method using α-FeOOH as precursors», Journal of Magnetism and Magnetic Materials 352 (2014) 13-16.
- [15] - J. H. MOKKATH and G. PASTOR, Physical Review B, Vol 85, N°5 (2012) p054407.