

## ÉTUDE MAGNÉTO-OPTIQUE DES COUCHES MINCES DE $\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2$ DOPÉES PAR LE FERRITE DE COBALT

**N. LAMAÏ<sup>1,2\*</sup>, F. ROYER<sup>2</sup>, J. P. CHATELON<sup>2</sup>, D. JAMON<sup>2</sup>,  
S. NEVEU<sup>3</sup>, M. F. BLANC-MIGNON<sup>2</sup> et J. J. ROUSSEAU<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché,  
BP 130 Abéché, Tchad*

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

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

---

\* Correspondance, e-mail : *lamaihubert@yahoo.fr*

### RÉSUMÉ

Dans cette étude, l'objectif est la détermination des propriétés magnéto-optiques (rotation Faraday) des couches minces de  $\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2$  dopées par de ferrite de cobalt en fonction du champ magnétique appliqué et en fonction de la longueur d'onde dans la gamme (400-900 nm). Les résultats obtenus montrent une rotation Faraday spécifique variable en fonction de la longueur d'onde.

**Mots-clés :** *sol-gel, ferrite de cobalt, couches minces, rotation Faraday, longueur d'onde.*

### ABSTRACT

**Magneto-optical study of thin films of  $\text{SiO}_2 / \text{ZrO}_2$  doped cobalt ferrite**

In this study, the objective is the determination of the magneto-optical properties (Faraday rotation) of the thin film of  $\text{SiO}_2 / \text{ZrO}_2$  doped cobalt ferrite according to the applied magnetic field and a function of the wavelength in the range (400-900 nm). The results obtained show a specific Faraday rotation may vary depending on the wavelength.

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

## I - INTRODUCTION

Pour ce travail, le dispositif expérimental utilisé est représenté. Après avoir décrit la méthode d'obtention des couches minces de  $\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2$  dopées par de ferrite de cobalt, les résultats sont présentés. Le but de ce travail se situe dans la recherche des matériaux composites ayant une bonne qualité optique pour des applications technologiques par l'étude de leurs propriétés magnéto-optiques [1, 2].

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

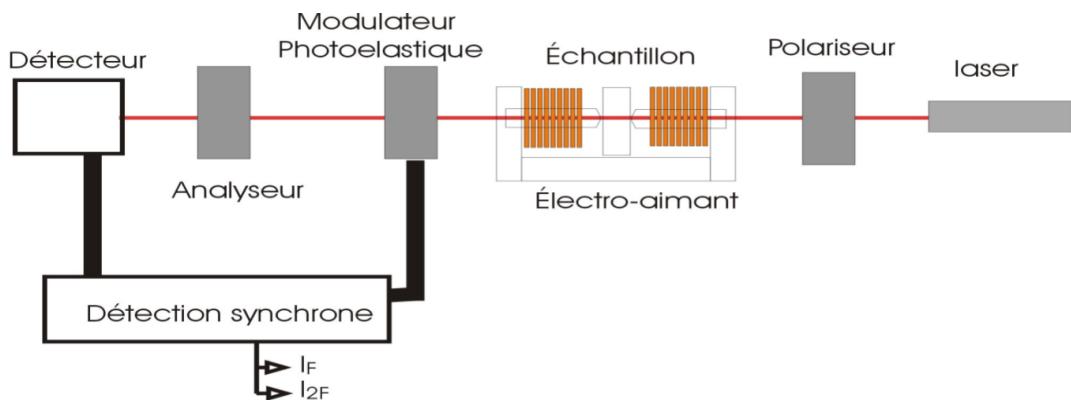
### II-1. Méthodes

Les couches minces de  $\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2$  dopées par de ferrite de cobalt ont été élaborées en respectant le protocole établit par [3, 4] au laboratoire LT2C avec la technique de trempage-retrait [5] et un substrat de verre. Le liquide magnétique (ferrite de cobalt) utilisé a été obtenu par voie de co-précipitation [6] au laboratoire PHENIX selon le protocole de [7]. Plusieurs échantillons ont été ainsi obtenus après recuit. Nous présentons ici deux échantillons dans le cadre de notre étude.

Echantillons	Sol10.3.3	Dopé S437A	Filtré	Vitesse de tirage	TT(90°)/1h	UV/ $\lambda/(20\text{mn})$	Epaisseur ( $\mu\text{m}$ )
<b>HV4</b>	X	0.5mL	NON	5	X	X	4,33
<b>HV5</b>	X	0.5mL	NON	8	X	X	5,5

### II-2. Matériel

Comme cela est représenté dans la *Figure 1*, la mesure de la rotation Faraday s'obtient par l'envoie d'une source de lumière aléatoire.

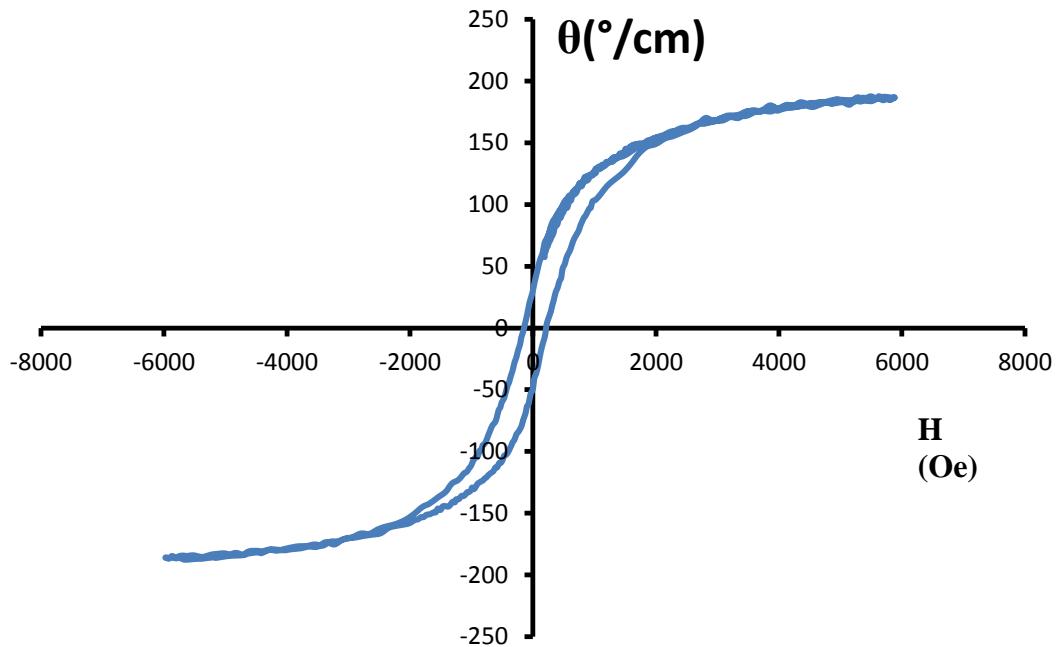


**Figure 1 : Dispositif polarimétrique (LT2C)**

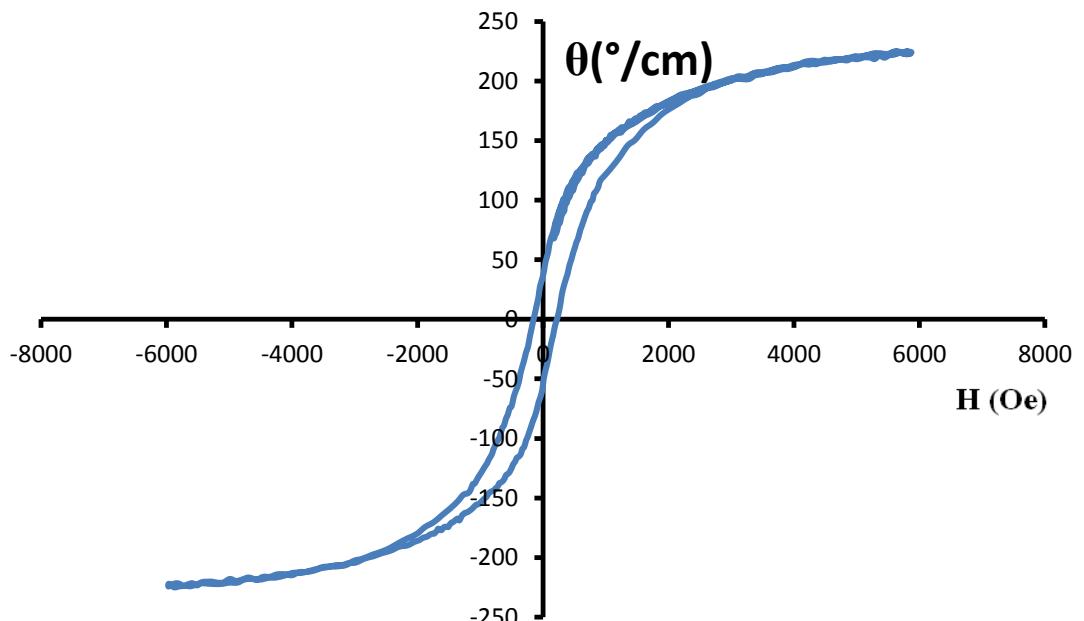
On l'expliquer ainsi : une vibration lumineuse issue de la lumière est envoyée sur l'échantillon via un polariseur. Le champ magnétique appliqué à l'échantillon induit une anisotropie au milieu. Celle-ci transforme l'état rectiligne incident en état elliptique. Le modulateur fait penduler à la fréquence  $f_F = 50$  kHz l'ellipse d'un angle  $\Theta_F$  [5]. Le principe de la mesure consiste d'une part à extraire, grâce au filtre à détection synchrone, les composantes fondamentales [5]

### III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

La mesure de la rotation Faraday est faite grâce au banc ci-dessous [1,2, 8]. Les **Figures 2 et 3** suivantes montrent l'allure de la rotation Faraday spécifique des deux échantillons en fonction du champ magnétique appliqué.

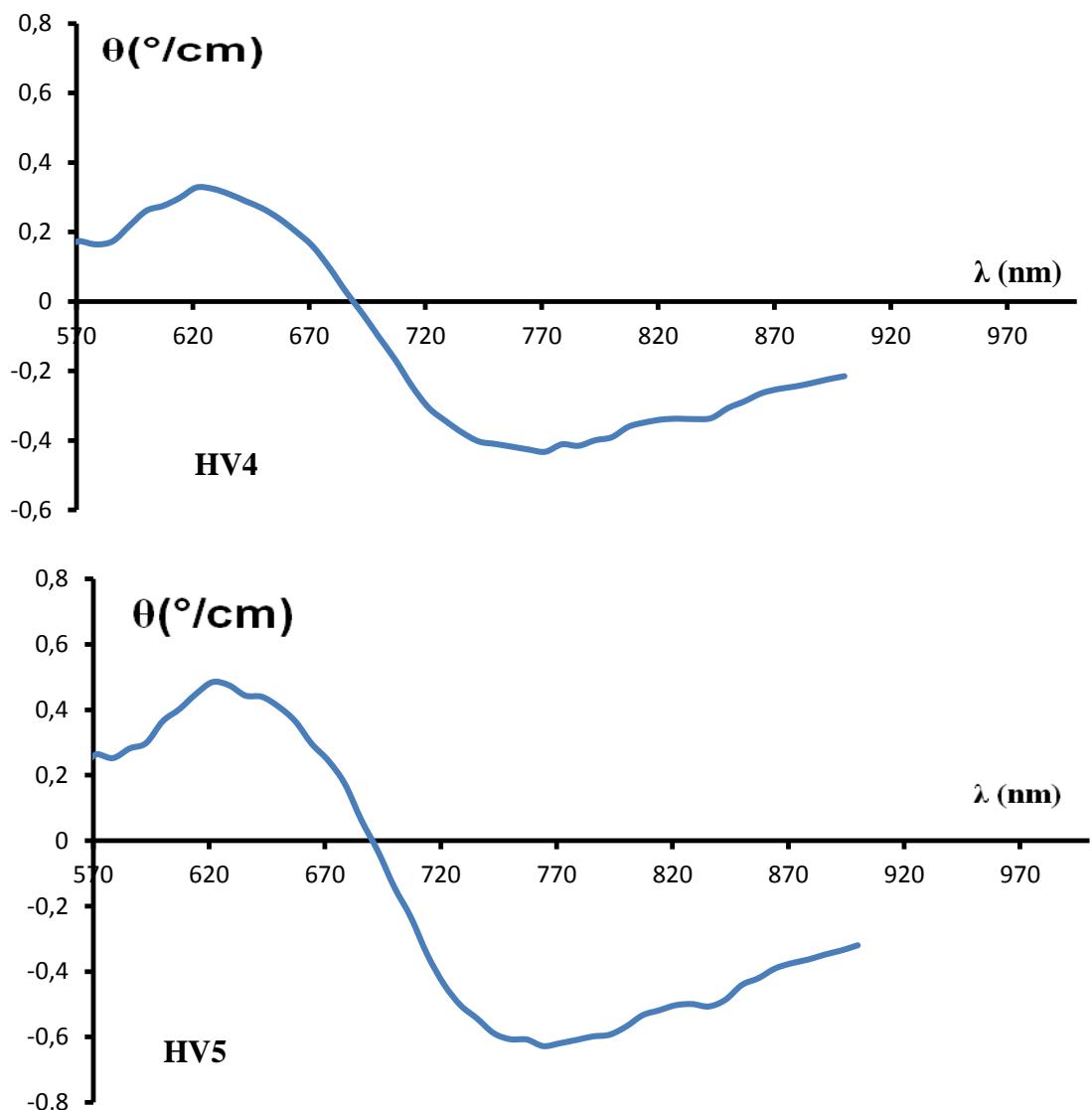


**Figure 2 :** Rotation Faraday spécifique  $\theta$  ( $^{\circ}$ /cm) de l'échantillon HV4 en fonction du champ appliqué .La mesure est faite à 820nm



**Figure 3 :** Rotation Faraday spécifique  $\theta$  ( $^{\circ}$ /cm) de l'échantillon HV5 en fonction du champ appliqué .La mesure est faite à 820nm

Les courbes de ces couches minces présentent des cycles d'hystérésis avec une rotation rémanente de  $35^\circ/\text{cm}$  pour le HV4 et de  $40^\circ/\text{cm}$  pour le HV5 avec respectivement des champs coercitifs de 200 Oe et 190 Oe. Ce qui amène à constater qu'il existe une rotation même si aucun champ n'est appliqué. Nous avons également mesuré la rotation Faraday en fonction de la longueur d'onde dans la gamme (400-900 nm) [1,2, 8]. Les spectres montrent que la rotation Faraday change de signe avec un large pic à 750 nm.



**Figures 4 :** Variation de la rotation Faraday en fonction de la longueur d'onde des échantillons HV4 et HV5 respectivement

Cette étude de la variation est faite pour voir les valeurs de rotation Faraday à saturation à d'autres longueurs d'onde pour renseigner sur la compréhension des propriétés physiques des nanoparticules. Il faut noter ici que dans la littérature, plusieurs valeurs de rotation Faraday en fonction de la longueur d'onde ont été enregistrées pour des couches minces ayant une contribution en ferrite de cobalt de 1 mL à 1,5 mL [1, 12]

#### **IV - CONCLUSION**

Nous avons étudié les propriétés magnéto-optiques (rotation Faraday) des couches minces dopées par de ferrite de cobalt. Les courbes obtenues ont présenté des cycles d'hystérésis. Ceci montre l'apport du sol-gel pour le blocage des liquides magnétiques. Nous nous sommes également intéressés au comportement spectral de la rotation Faraday, dont les courbes apportent un intérêt particulier sur une large bande de longueur d'onde. Les propriétés magnéto-optiques obtenues montrent une nette différence due à l'influence de la vitesse de retrait et l'épaisseur des couches minces.

#### **RÉFÉRENCES**

- [1] - F. CHOUEKANI, 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.
- [2] - F. ROYER, A. DZAROVA , M.TIMKO , D.JAMON , P.KOPCANSKY , J.KOVAC , F.CHOUEKANI , H. GOJZEWSKI , J.J.ROUSSEAU, «Magneto-optical study of magnetite nanoparticles prepared by chemical and biomimetic process» Journal of Magnetism and Magnetic Materials 323 (2011)1453-1459.
- [3] - C. J. BRINKER and G.W. SCHERER, Sol-Gel Science: «The Physics and Chemistry of Sol-Gel» Processing. Academic Press, San Diego, 1990.
- [4] - ALAIN C. PIERRE, «Introduction to Sol-Gel Processing ». Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998.
- [5] - N. LAMAÏ, F. ROYER, JP. CHATELON, D. JAMON, S. NEVEU, M. F. B. MIGNON, J. J. ROUSSEAU « Etude 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.

- [6] - 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.
- [7] - R. MASSART, « Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acidic media» *IEEE Trans. Magn.* 17(1981):1247.
- [8] - J. P. JOLIVET, E. TRONC, et C. CHANEAC, «Synthesis of iron oxide- and metal-based nanomaterials », *Eur. Phys. J. AP* 10(2000):167.
- [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] - N. LAMAI, F. ROYER, JP. CHATELON, D. JAMON, S. NEVEU, M. F. B. MIGNON, J. J. ROUSSEAU « Effet magnéto-optique et optique des couches minces à base de ferrite de cobalt », *Afrique Science* 11(3) (2015) 21-26.
- [13] - S. PAULINE and A. Persis Amaliya, *Archives of Applied Science Research*, 3(5) (2011) : 213-223.