

The logo for GEMaC features a series of thin, curved lines that sweep from the left side towards the right, arching over the letters 'GEMaC'.

# **GEMaC**

**Groupe de  
de la Matière Condensée**

## **MAGNÉTISME DE COUCHES MINCES D'OXYDES FERRIMAGNÉTIQUES ET SA RELATION AVEC LA STRUCTURE, LA STOËCHIOMÉTRIE ET L'INTERDIFFUSION**

**Présentée par Niels Keller**

**Spécialité : physique**

**Laboratoire : GEMaC**

UFR des Sciences

Bâtiment Buffon - amphi Daniel Bertin

45, avenue des États-Unis – 78035

Versailles

L'influence des modifications de la structure et de la composition chimique d'une couche mince et d'une multicouche d'oxydes, les phénomènes d'interdiffusion et les effets de réduction d'une dimension ont été observés pour trois systèmes modèles. Ces trois groupes de systèmes, les matériaux spinelles à l'exemple de  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dans les multicouches  $\text{NiO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ , les grenat à l'exemple du  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  et les orthoferrites à l'exemple plus particulièrement de  $\text{SmFeO}_3$  et d' $\text{YFeO}_3$ , montrent l'influence de l'interdiffusion plus au moins prononcée, des transitions de réorientation de leurs moments magnétiques à la fois intrinsèque (orthoferrites) et extrinsèques en conséquence de la réduction de l'épaisseur des couches et surtout une sensibilité particulière aux conditions de croissance comme le maintien de la stœchiométrie.

Deux cas d'interdiffusion peuvent être différenciés : /1/ l'interdiffusion aux interfaces d'une multicouche et /2/ l'interdiffusion à l'interface entre film mince et substrat. Dans le premier cas, l'étude d'un système  $\text{NiO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  a permis de démontrer que les matériaux de type spinelle sont très assujettis aux phénomènes d'interdiffusion à cause de leur structure cristalline, dont la maille n'est que partiellement remplie. La température a été cruciale pour l'étendue de cette interdiffusion. Le deuxième cas d'interdiffusion entre substrat et couche d'oxyde peut induire des phénomènes inattendus, comme l'anisotropie d'échange dans le cas des monocouches de YIG épitaxiées sur un substrat de YAG. Cette étude modèle démontre à la fois les effets néfastes et les effets favorables de cette interdiffusion, parce qu'elle crée un nouveau matériau à l'interface. L'observation des phénomènes d'interdiffusion est étroitement liée à l'étude des effets de la réduction de la dimension des films magnétiques. Plusieurs effets de "basse dimensionnalité" ont pu être décelés pour des films de grenat d'Yttrium avec la réduction d'épaisseur: une réorientation de l'aimantation, une diminution de la température de Curie et une augmentation significative de l'intégrale d'échange. Mais l'analyse plus détaillée démontre qu'il est indispensable de prendre en compte le couplage magnéto-élastique qui pilote à la fois la réorientation magnétique induite et la réduction de l'aimantation pour les très faibles épaisseurs.

L'autre groupe de matériaux à l'étude pour un changement de ces propriétés avec la réduction de l'épaisseur sont les orthoferrites. Le cas particulier d' $\text{YFeO}_3$  présente une disparition inattendue de la rotation de Faraday dans une plage de température de 450 K à 520 K. Ce phénomène n'est manifestement pas à attribuer à un artefact de mesure

mais plutôt à une transition de phase, soit de nature structurale, soit de nature magnétique ou une combinaison des deux. Par diffraction neutronique, on peut éliminer la possibilité d'une transition structurale qui change le groupe de symétrie du cristal en fonction de la température. L'autre possibilité, celle de la présence d'une transition de réorientation des moments, n'est pas validé à présent, mais elle est toujours possible. Dans la dernière partie il est démontré qu'une croissance hors stœchiométrie permet entrevoir un domaine de recherche qui s'ouvre sur la conception à mesure de nouveaux matériaux à volonté si on est capable de finement contrôler et maîtriser la synthèse de ces oxydes. De nouveau, l'utilisation du grenat d'Yttrium comme système modèle nous a permis de démontrer que dans ce cas la pression partielle d'oxygène est un véritable paramètre de contrôle in-situ qui permet de modifier à volonté le couplage par super-échange. Ces possibilités sont démontrées d'une manière univoque par la variation de l'aimantation et de la température de Curie qui montrent une augmentation conséquente d'environ 30% pour l'aimantation et d'environ 15% pour TC selon une pression supérieure à la valeur critique,  $p_{crit}$ . Ces études laissent entrevoir une possibilité de contrôler directement aussi les propriétés de transport pour ce matériau.