

Etude du comportement multi-physique de couches minces nanométriques : couplage des propriétés mécaniques et magnétiques.

Laboratoire : Laboratoire des Propriétés Mécaniques et Thermodynamiques des Matériaux (LPMTM)

Directeur de thèse : S.M. Chérif (Professeur, LPMTM, Université Paris13)

Co-encadrant : D. Faurie (Maître de Conférences, LPMTM, Université Paris13)

Les couches minces magnétiques peuvent avoir des propriétés très différentes de celles des matériaux massifs. La compréhension des propriétés de ces systèmes nécessite une caractérisation précise de leur structure et de leur morphologie afin d'évaluer les effets dus aux contraintes mécaniques et aux dimensions réduites. Afin d'étudier finement les propriétés élastiques de films minces, nous développons des tests mécaniques couplés à la diffraction, méthode encore peu exploitée pour l'étude de tels systèmes. Son principe consiste à appliquer une contrainte connue au film mince pendant que les déformations intra-granulaires sont mesurées in-situ par diffraction des rayons X (Figure 1). Dans le cas d'échantillons magnétostrictifs tels que le Nickel, lorsqu'un film est soumis à une déformation élastique, sa direction d'aimantation spontanée peut varier, il s'agit de la magnétostriction inverse. Dans la plupart des études réalisées jusqu'à maintenant, le réseau cristallin d'une couche magnétique est déformé lors de son élaboration (contrainte thermique ou d'épitaxie). Ces déformations étant directement reliées aux paramètres structuraux (texture, épaisseur), il est difficile de distinguer la contribution de la déformation seule à l'anisotropie magnétique. Nous avons comme objectif au LPMTM de mettre en place une méthode tout à fait originale : combiner in-situ des tests de traction de films minces à la diffusion Brillouin sous champ magnétique. A l'aide d'une micro-machine de traction, il est possible de connaître l'état de contrainte appliquée dans une couche mince. En diffusion Brillouin, nous analysons aussi bien les ondes de spin, pour déduire les caractéristiques magnétiques des couches minces étudiées (unique au niveau national), que les ondes acoustiques pour déduire leurs caractéristiques élastiques.

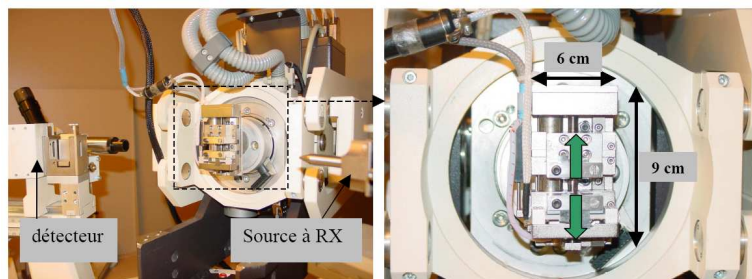


Figure 1 : Platine de traction DebenTM 200N. A gauche, vue globale du diffractomètre X avec la machine située en son centre. A droite, un zoom sur la machine ; le sens de traction est indiqué par les flèches pleines.

Ce projet multi-physique original porte sur un développement du couplage de tests mécaniques à des mesures physiques telles que la diffraction des rayons X et la diffusion Brillouin. Il a pour objectif l'analyse simultanée des propriétés élastiques et magnétiques de couches minces magnétiques déposées sur substrat souple (Kapton), ainsi que de l'effet de leurs tailles (épaisseurs) nanométriques sur ces propriétés. Il se base sur un développement méthodologique novateur sur des équipements propres au LPMTM (diffractomètres X, diffusion Brillouin) en vue de mener des études fines visant à mettre en évidence les relations, sous contrainte imposée, entre la microstructure des films minces, leurs propriétés mécaniques, magnétiques et le couplage magnéto-élastique. Pour des films ultraminces (quelques nm d'épaisseur), nous envisageons d'utiliser le rayonnement X au synchrotron SOLEIL (Gif sur Yvette) sur la ligne de lumière DiffAbs ainsi qu'à l'ESRF (Grenoble). Une modélisation numérique des propriétés mécaniques des films minces est également prévue, en collaboration avec O. Castelnau (LPMTM, Université Paris13).