

CEA - Saclay 91191 Gif-sur-yvette Cedex
Service de Physique de l'Etat Condensé
SÉMINAIRE

Lundi 7 février 14h00

Orme des Merisiers ;a href=" ;Amphi Bloch, Bât.774 ;/a ;

Electronic transport and magnetization dynamics in
magnetic systems

Simone Borlenghi-Garoia

L'objectif de ce travail de thèse est de comprendre l'influence mutuelle entre le transport électronique et la dynamique de l'aimantation dans des nanostructures hybrides magnétiques métalliques. Dans une première partie on a développé un modèle théorique, basé sur la théorie des matrices aléatoires, pour décrire au niveau microscopique le transport dépendant du spin dans une nanostructure hétérogène. Ce modèle, appelé CRMT (pour Continuous Random Matrix Theory) a ensuite été traduit dans un code de simulation qui permet de calculer les propriétés locales (couple de transfert de spin, accumulation de spin et courant de spin) et macroscopiques (résistance) du transport dans des conducteurs ohmiques. Le modèle a été validé en le comparant avec une théorie du transport quantique basée sur le calcul des fonctions de Green hors équilibre. Le couplage des ce deux modèles a permis d'effectuer une description multi-échelle du transport dans des nanostructures métalliques hybrides, où les parties ohmiques sont décrites par CRMT et les parties purement quantiques par le formalisme des fonctions de Green. CRMT a ensuite été incorporé dans un code de simulation micromagnétique, pour décrire de façon réaliste la texture spatiale de la dynamique de l'aimantation induite par le transfert de spin. L'originalité de cette approche réside dans la modélisation des mesures spectroscopiques utilisant une détection mécanique de la résonance ferromagnétique, conduites sur des oscillateurs à transport de spin. Ce travail a permis d'obtenir le diagramme de phase dynamique de l'aimantation, ainsi que les règles de sélection des ondes de spin et la compétition entre les modes propres du système lors du passage d'un courant continu à travers la multicouche, en accord partiel avec les données expérimentales.

Mots-clés: multicouches magnétiques ; couple de transfert de spin ; approche multi-échelle ; résonance ferromagnétique ; ondes de spin ; règles de sélection.

ABSTRACT Electronic transport and magnetization dynamics in magnetic systems. The aim of this thesis is to understand the mutual influence between electronic transport and magnetization dynamics in magnetic hybrid metallic nanostructures. At first, we have developed a theoretical model, based on random matrix theory, to describe at microscopic level spin dependent transport in a heterogeneous nanostructure. This model, called Continuous Random Matrix Theory (CRMT), has been implemented in a simulation code that allows one to compute local (spin torque, spin accumulation and spin current) and macroscopic (resistance) transport

properties of spin valves. To validate this model, we have compared it with a quantum theory of transport based on the non equilibrium Green's functions formalism. Coupling the two models has allowed to perform a multiscale description of metallic hybrid nanostructures, where ohmic parts are described using CRMT, while purely quantum parts are described using Green's functions. Then, we have coupled CRMT to a micromagnetic simulation code, in order to describe the complex dynamics of the magnetization induced by spin transfer effect. The originality of this approach consists in modelizing a spectroscopic experiment based on a mechanical detection of the of ferromagnetic resonance, and performed on a spin torque nano oscillator. This work has allowed us obtain the dynamical phase diagram of the magnetization, and to detect the selection rules for spin waves induced by spin torque, as well as the competition between the eigenmodes of the system when a dc current flows through the multilayer, in partial agreement with experimental data. Keywords: magnetic multilayers; spin torque/spin transfer effect; multiscale approach; ferromagnetic resonance; spin waves; selection rules.