

Ensemble d'oscillateurs à transfert de spin : un système dynamique non-linéaire d'oscillateurs couplés, non-isochrones et distribués

Contact : Ursula EBELS DRF//INAC/SPINTEC ursula.ebels@cea.fr 0438785344

Stage pouvant se poursuivre en thèse : Oui

Résumé :

Les oscillateurs à transfert de spin à base de jonctions tunnel sont caractérisés par un grand signal de sortie et des fréquences d'émission dans la gamme de GHz. La compensation de l'atténuation intrinsèque par le transfert de spin mène à des oscillations entretenues à large angle de précession. Ces oscillations sont converties en un signal électrique via la magnétorésistance. Une caractéristique spécifique de ces oscillateurs spintronique est leur dépendance non-linéaire de la fréquence de l'amplitude d'oscillation (oscillateurs non-isochrones). Nombre d'études ont été réalisées pour des dispositifs isolés afin d'établir une compréhension de la dynamique sous transfert de spin. Les efforts actuels se concentrent sur le couplage de plusieurs oscillateurs afin d'augmenter le signal de sortie, de réduire le bruit de phase ou de produire des champs magnétiques fortes pour réaliser une communication sans fil courte distance (inter- et intra-chip communication). Le couplage et la synchronisation des oscillateurs peuvent être établis via des interactions électriques ou dipolaires. Une question centrale concerne comment le processus de couplage, en particulier la phase, est influencée par ces différents mécanismes de couplage, par les modes excités ainsi que par les conditions d'excitation. Ceci est d'autant plus important quand le nombre d'oscillateur de l'ensemble augmente, et quand les oscillateurs diffèrent dans leurs propriétés dynamiques (ensemble distribué). Le défi est d'établir les conditions qui mènent à un couplage soit stable soit chaotique. Ce sont des questions générales d'un système non-linéaire couplé appliqué aux nano-oscillateurs spintroniques.

Expérimentalement le couplage par courant électrique et par interaction dipolaire a été démontré pour un ensemble de deux oscillateurs de type vortex émettant dans la gamme de fréquence

Sujet détaillé :

Les oscillateurs spintroniques représentent une solution alternative pour des composants microondes intégrés en particulier pour la génération d'un signal microonde. Des progrès importants ont été faits par notre group et nos collaborateurs pour démontrer l'opération stable des oscillateurs spintronique en une boucle à verrouillage de phase. Par contre le signal de sortie reste trop faible et le bruit de phase trop important. La stratégie principale consiste à coupler plusieurs oscillateurs. Si le couplage de deux oscillateurs a été démontré expérimentalement pour la gamme de fréquence 1GHz ainsi que le couplage cohérente de plusieurs oscillateurs reste un défi. Ceci est dû en partie à la difficulté de réaliser deux oscillateurs à des performances dynamique exactement identique ainsi qu'au fort couplage amplitude-fréquence.

Le but de ce stage de master, poursuivi par une thèse, est de réaliser une étude expérimentale et théorique afin de comprendre et établir les conditions qui mènent à un couplage stable d'un ensemble d'oscillateurs non-isochrones et distribués. Une question centrale sera d'établir le rôle et l'efficacité des différents mécanismes de couplage (électrique, dipolaire) qui peuvent agir soit en cohérence soit en compétition. Pour des oscillateurs non-identiques (en volume, en leur variation de fréquence avec champ et courant, leurs paramètres non-linéaires etc.) il sera à comprendre : (i) si l'interaction mène à un couplage mutuel ou si un oscillateur suit l'autre ; (ii) le rôle joué par le bruit thermique (induisant des fluctuations de la fréquence et de l'amplitude) sur la stabilité du couplage ; (iii) la transition entre un état cohérent et un état chaotique de l'ensemble. Ce sont des questions générales d'un système non-linéaire couplé appliqué aux nano-oscillateurs spintroniques.

Les études expérimentales et théoriques seront réalisées pour différentes configurations magnétique uniforme (orientation de l'aimantation et/ou de la polarisation dans le plan ou hors du plan). Ceci influence l'amplitude des oscillations ainsi que le champ dipolaire dynamique. Pour guider les études expérimentales, des simulations numériques vont être réalisées d'abord pour la synchronisation des oscillateurs à une source microondes (courant rf

ou champ rf) ainsi qu'à deux sources microondes, afin de comprendre la compétition entre différentes interactions, en variant l'amplitude des signaux microondes. L'influence du bruit thermique sur la robustesse du couplage sera considérée. Les résultats numériques seront confrontés aux modèles analytiques développés en une thèse précédente ainsi qu'aux résultats expérimentales pour les différentes configurations d'oscillateurs.

L'étape suivante adresse la synchronisation mutuelle entre deux et plusieurs oscillateurs. Pour la description théorique des modèles adéquates du couplage seront à établir. Le couplage d'un ensemble d'oscillateur sera étudié en fonction de l'amplitude du couplage, de la dispersion des performances dynamiques des oscillateurs et le rôle du bruit thermique sur la robustesse. Les simulations numériques vont servir comme guide pour la réalisation expérimentale. Les dispositifs vont être réalisés à la plateforme nanotechnologique (PTA) et l'étudiant.e (en cas de poursuite en thèse) sera formé à utiliser les outils de nanofabrication. L'étudiant.e caractérisera les réponses dynamiques des dispositifs (isolés et couplés) par nos équipements de magnéto-transport microondes. Les résultats expérimentaux seront comparés aux simulations numériques. Le projet offre ainsi une formation multidisciplinaire sur les concepts et phénomènes de la spintronique, la dynamique d'aimantation, la nanofabrication et les techniques de mesures microondes.

Compétences requises :

Master en Physique et/ou Nanosciences; Connaissances en programmation pour développer des protocoles d'analyse des données, seront le bienvenues