

## Cellule mémoire magnétique (MRAM): écriture par courant polarisé en spin assisté thermiquement

**Contact :** Ricardo SOUSA DRF//INAC/SPINTEC [ricardo.sousa@cea.fr](mailto:ricardo.sousa@cea.fr) 0438784895

**Stage pouvant se poursuivre en thèse :** Oui

### Résumé :

Les mémoires magnétiques MRAM associent la non-volatilité à une écriture de quelques nanosecondes. Les concepts MRAM les plus avancés utilisent des impulsions de courant pour réaliser la commutation entre deux états de résistance. Une approche brevetée d'écriture assistée thermiquement, permet la réalisation de cellules mémoire à plus grande stabilité. La stabilité de la cellule est temporairement réduite pendant l'écriture par le chauffage électrique produit par le courant d'écriture, ce qui permet l'obtention d'un meilleur rapport stabilité/consommation.

Le travail de stage consistera à caractériser et évaluer l'utilisation simultanée d'un courant polarisé en spin et d'un chauffage contrôlé pour orienter l'aimantation de la couche de stockage d'un élément mémoire MRAM. L'objectif est d'obtenir une variation thermique de l'anisotropie magnétique la plus abrupte possible vers la température d'écriture. En même temps, il faut assurer que lors de l'écriture, la configuration magnétique est stable pendant et après l'impulsion d'écriture pendant la phase de refroidissement du point mémoire. Le travail consistera dans l'identification des conditions évitant d'avoir des erreurs d'écriture pendant le refroidissement de la jonction. Cette analyse pourra être faite à l'aide de mesures électriques des dispositifs, et aussi par une modélisation macrospin prenant en compte les variations thermiques des paramètres matériaux. Ce stage pourra être poursuivi en thèse (CIFRE).

### Sujet détaillé :

Les mémoires magnétiques MRAM non-volatiles sont une technologie en développement à Spintec en partenariat avec la start-up Crocus Technology. Ce type de mémoire a comme caractéristique d'associer la non-volatilité à des commutations rapides de l'ordre de la ns. La commutation de la direction de l'aimantation de la couche de stockage résulte en une variation de résistance de la cellule qui peut être supérieure à 100%, à des densités de courant de 106A/cm<sup>2</sup> par effet de transfert de spin. Ceci permet d'écrire un bit '1' ou '0' en fonction de la polarité du courant appliqué. Une approche brevetée d'écriture assistée thermiquement, permet la réalisation de cellules mémoire à plus grande stabilité. La stabilité de la cellule est temporairement réduite lors de l'écriture par le chauffage électrique produit par le courant d'écriture, ce qui permet l'obtention d'un meilleur rapport stabilité/consommation.

Le travail de stage est de caractériser et évaluer l'utilisation simultanée d'un courant polarisé en spin et d'un chauffage contrôlé pour orienter l'aimantation de la couche de stockage d'un élément mémoire MRAM. La structure de l'élément mémoire, une jonction tunnel magnétique, peut être optimisée par le choix des matériaux magnétiques, et aussi par la conductivité des barrières tunnel utilisées. L'objectif est d'obtenir une variation thermique de l'anisotropie magnétique la plus abrupte possible vers la température d'écriture. Au même temps, il faut assurer que la configuration magnétique pendant l'écriture est stable pendant et après l'impulsion d'écriture. Le travail consistera dans l'identification des conditions évitant d'avoir des erreurs d'écriture pendant le refroidissement de la jonction. Cette analyse pourra être faite à l'aide de mesures électriques des dispositifs, et aussi par une modélisation macrospin prenant en compte les variations thermiques des paramètres matériaux. La caractérisation électrique se fera sur des testeurs automatiques existants à Spintec. Il s'agira aussi de créer des procédures de test, permettant l'observation des commutations de résistance. Ces mesures permettent ensuite de calculer la probabilité de retournement associée à une condition d'écriture.

La mise en place des tests électriques sera réalisée en utilisant des programmes codés en MATLAB. Il est souhaitable que le(a) candidat(e) possède

des connaissances élémentaires d'informatique et/ou instrumentation électrique. L'analyse des résultats nécessitera ensuite une compréhension des phénomènes physiques mis en jeu et une confrontation des résultats électriques avec les modèles.

Le stage sera réalisé en utilisant les moyens de test du laboratoire sur des échantillons réalisés par Spintec ou CROCUS Technology. Ce stage pourra être poursuivi en thèse (CIFRE)

Pour plus d'informations sur nos récents résultats :

[1] S. Bandiera, R.C. Sousa et al., Appl. Phys. Lett., 99, 202507 (2011)

[2] A. A. Timopheev, R. Sousa, M. Chshiev, L. D. Buda-Prejbeanu, and B. Dieny, Phys. Rev. B 92, 104430 (2015)

**Compétences requises :**

Connaissances élémentaires d'informatique et/ou instrumentation électrique