

Verrouillage de phase et modulation dans des nano-oscillateurs à vortex

Jérémy Létang *¹, Myoung-Woo Yoo¹, Thibaut Devolder¹, Jean-Paul Adam¹, Sébastien Petit-Watelot², Karim Bouzehouane³, Vincent Cros³, Joo-Von Kim¹

¹ Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies, CNRS, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau, France

² Institut Jean Lamour, CNRS, Université de Lorraine, 54506 Vandœuvre Lés Nancy, France

³ Unité Mixte de Physique, CNRS, Thales, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, 91767 Palaiseau, France

Les oscillateurs à transfert de spin (SNTO) ont un fort potentiel pour des applications telles que les communications radiofréquences, la génération d'ondes, les capteurs de champ ou encore l'informatique neuro-inspirée. Un aspect important est le verrouillage de phase¹ et la modulation² des STNO par des signaux externes, ce qui a été étudié dans des STNO basés sur les vortex. Cependant, le rôle du renversement de cœur³ dans ces systèmes est encore peu connu. En effet, dans les STNO basés sur les nano-contacts, le renversement de cœur peut donner lieu à des états plus complexes, tels que le chaos⁴. À cause d'une sensibilité aux conditions initiales, le chaos peut être intéressant pour le traitement de l'information car une grande complexité peut être atteinte rapidement⁵.

Nous avons conduit des expériences pour sonder comment les oscillateurs à vortex à nano-contact peuvent être modulés dans leur état chaotique par le signal externe. Ces états sont obtenus en balayant le courant continu appliqué. Ces différents régimes, visibles en (a), correspondent à comment sont reliées la périodicité du renversement de cœur à la fréquence de giration autour du nano-contact⁴ ; un état chaotique apparaît quand leur rapport est irrationnel.

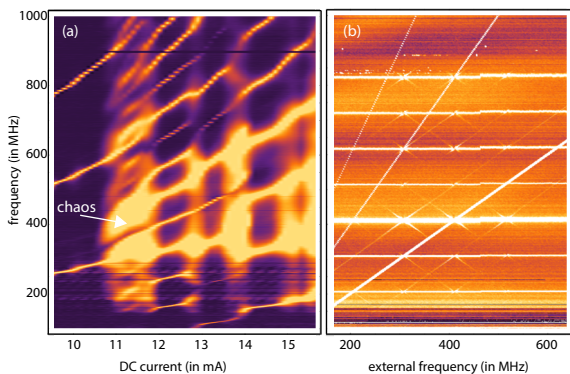


Fig. 1 : Cartes de la densité spectrale de puissance (PSD) en fonction de la fréquence et du courant DC (a) et de la fréquence externe (b).

Un exemple de modulation externe est donné en (b), où la densité de puissance spectrale exhibe un comportement riche due à la modulation entre les fréquences externe, de giration et de renversement de cœur. Nous pouvons expliquer ces différentes caractéristiques par une modulation de premier ou de second ordre entre ces fréquences. Le verrouillage de phase est aussi visible entre la fréquence externe et les modes internes du vortex. Nous avons exploré les propriétés des régimes commensurables et incommensurables, où le chaos semble empêcher le verrouillage de phase alors qu'un comportement plus standard est visible pour les phases commensurables.

Nous avons aussi conduit des simulations micromagnétiques avec Mumax⁶, où la plupart des éléments marquants ont été reproduits. Nous avons ainsi regardé lorsque la force de couplage entre le signal externe et le NCVO est plus élevée, où différents régimes fractionnaires peuvent être identifiés dans des diagrammes de langue d'Arnold⁷. Cela nous permet de quantifier le rôle de la force de couplage sur le verrouillage de phase et les transitions vers le chaos. En effet, une augmentation de la force de couplage entraîne un élargissement de la plage de verrouillage de phase.

* Intervenant

1 W. H. Rippard et al. *Physics Review Letters* 95, 067203 (2005)

2 M. R. Pufall et al. *Applied Physics Letters* 86, 082506 (2005)

3 B. Van Waeyenberge et al. *Nature* 444, 461-464 (2006)

4 S. Petit-Watelot et al. *Nature Physics* 8, 682-687 (2012)

5 M. Sciamanna and K. A. Shore, *Nat. Photon.* 9, 151 (2015)

6 A. Vansteenkiste et al. *AIP Advances* 4, 107133 (2014)

7. A. Pikovsky et al. *Synchronization : A universal concept in nonlinear science*, Cambridge University Press