

Straintronique Hamiltonienne

Pascal Thibaudeau^{1*}, Thomas Nussle², et Stam Nicolis²

¹CEA DAM Le Ripault, BP 16, F-37260, Monts, FRANCE

²CNRS-Institut Denis Poisson, UMR CNRS 7013, Université de Tours,
Université d'Orléans, Parc de Grandmont 37200, Tours, FRANCE

* email : pascal.thibaudeau@cea.fr

Avec l'émergence de phénomènes ultrarapides dans le domaine du magnétisme [1], de nouvelles possibilités pour la conception et l'optimisation des systèmes d'information ont vu le jour, ne manipulant non plus des objets magnétiques simples, mais plutôt des structures composites liées à la propagation des ondes de spins dans les milieux magnétiques : les magnons. Ces objets physiques ont d'ailleurs conduits à des révolutions dans le domaine l'électronique, donnant naissance à la spintronique et plus récemment la magnonique [2]. Bien qu'il existe des matériaux où il est nécessaire de tenir compte du couplage entre les interactions électriques et mécaniques, tels que les matériaux piézo-électriques [3], ceux-ci n'étaient jusqu'alors pas primordiaux dans cette industrie. Or pour les matériaux magnétiques, les phénomènes de magnétostriction sont plus courants, et prennent davantage d'importance lorsque les échelles diminuent. Ce couplage fut d'abord introduit dans une approche énergétique pour la magnétostriction des solides [4]. Or en dynamique ultrarapide et puisque les échelles des échanges d'énergies entre les spins et les phonons sont comparables, il a été nécessaire de développer une approche dynamique du couplage qui puisse rendre compte de l'évolution temporelle et simultanée, du spin et de la structure mécanique d'un nano-objet dont les bilans énergétiques sont conservés [5][6].

Nous nous proposons de revisiter ces couplages mais cette fois-ci dans l'approximation de la dynamique de réseau pour y formuler une approche Hamiltonienne cohérente maintenant au même niveau des ondes collectives formées par les déplacements atomiques (phonons) et les moments magnétiques (magnons). Nous analyserons quelques conséquences d'un tel couplage et les mettrons en perspective avec la Dynamique Moléculaire Magnétique [7] qui s'occupe de suivre le mouvement de chaque atome magnétique dans un espace de phase étendu, sans nécessairement être contraint de ne se mouvoir qu'autour des positions d'un réseau cristallin.

- [1] Beaurepaire, E., J-C. Merle, A. Daunois, et J-Y. Bigot. 1996. *Physical Review Letters* **76** (22): 4250. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.76.4250>.
- [2] Lenk, B., Ulrichs, H., Garbs F., et Münzenberg M. 2011. *Physics Reports* **507** (4): 10736. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2011.06.003>.
- [3] Curie, Jacques, et Curie Pierre. 1880. *Bulletin de Minéralogie* **3** (4): 9093. <https://doi.org/10.3406/bulmi.1880.1564>.
- [4] Du Trémolet de Lacheisserie, E. 1993. *Magnetostriction: Theory and Applications of Magnetoelasticity*. Boca Raton: CRC Press.
- [5] Nussle, Th., Thibaudeau P., et Nicolis S. 2019. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **469**: 633637. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2018.09.030>.
- [6] Nussle, Th., Thibaudeau P., et Nicolis S. 2019. *Physical Review B* **100**, 214428, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.214428>
- [7] Beaujouan D., Thibaudeau P. et Barreteau C. 2012. *Physical Review B* **86**, 174409, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.86.174409>