

Ultra-fast light-induced (magnetic) skyrmion nucleation in ultrathin films

Auteur : Mignolet, Maxime

Promoteur(s) : Dupé, Bertrand; Verstraete, Matthieu

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil physicien, à finalité approfondie

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/16289>

Avertissement à l'attention des usagers :

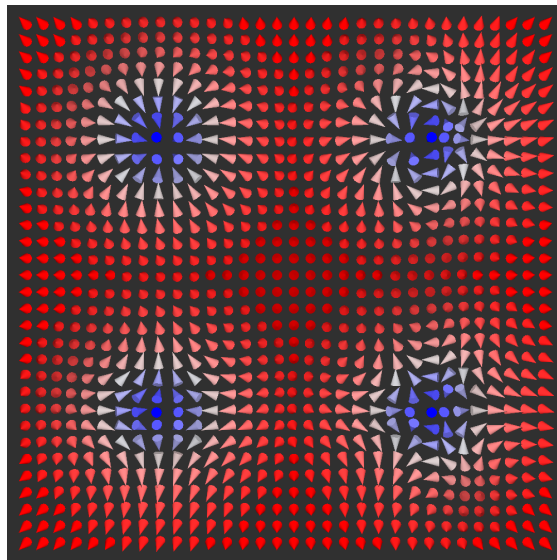
Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



UNIVERSITY OF LIÈGE - FACULTY OF APPLIED
SCIENCES

ULTRA-FAST LIGHT-INDUCED
(MAGNETIC) SKYRMION NUCLEATION
IN ULTRATHIN FILMS



Master's thesis completed in order to obtain the degree of
Master of Science in Physics Engineering,

by Maxime MIGNOLET.

Supervisors: Bertrand DUPÉ

Matthieu VERSTRAETE

Advisor: Louise DESPLAT

ACADEMIC YEAR 2021-2022

Abstract

Magnetic skyrmions are topologically non-trivial particle-like magnetic textures. Possible applications encompass ultradense magnetic memories and low power computing. Skyrmions are therefore of great interest. In this work, we focus on the nucleation of individual skyrmions in a controllable manner as this still represents a challenge to be tackled to enable the realization of the possible applications.

We explore two nucleation routes. The first is an electric field driven nucleation. The application of a pulsed out-of-plane electric field induces a modification of the Dzyaloshinskii-Moriya interaction which permits the nucleation of a single skyrmion on the 100-fs timescale.

The second route to nucleation considered is the use of Laguerre-Gauss light beams, which carry orbital angular momentum (OAM). The nucleation occurs through the interaction with the electromagnetic field of the beam. We succeed to nucleate a single skyrmion as well as a skyrmionium, target skyrmion and two skyrmions. We show that the OAM helps reduce the nucleation threshold.

During this work, we also developed and implemented a generic algorithm for the automatic identification of skyrmionic textures in order to treat simulation results.

Résumé

Les skyrmions sont des textures magnétiques topologiquement non triviales et localisées dans l'espace. Les skyrmions sont de grand intérêt de par leur possibles applications, tels que des mémoires magnétiques ultra-dense et le calcul à basse puissance. Dans ce travail, nous nous concentrons sur la nucléation contrôlée de skyrmions individuels étant donné que cela représente encore un défi à résoudre pour permettre la réalisation des possibles applications.

Nous explorons deux voies pour la nucléation. La première voie est la nucléation via un champ électrique. L'application d'un champ électrique hors-plan pulsé induit une modification de l'interaction de Dzyaloshinskii-Moriya. Cette modification permet la nucléation d'un skyrmion isolé à l'échelle de 100 fs.

Le deuxième procédé de nucléation considéré est l'utilisation de faisceaux de Laguerre-Gauss, ceux-ci possédant du moment angulaire orbital. La nucléation a lieu via l'interaction avec le champ électromagnétique du faisceau. Nous arrivons à nucléer un skyrmion isolé ainsi que un skyrmionium, target skyrmion et deux skyrmions ensembles. Nous montrons que le moment angulaire orbital aide à réduire le seuil de nucléation.

Pendant ce travail, nous avons également développé et implémenté un algorithme pour identification automatique de textures skyrmionique dans le but de traiter automatiquement les résultats de simulations obtenus.