



Conseil National de la Recherche Scientifique



Conseil National de la Recherche Scientifique



Proposition de sujet de thèse CNRS-L/UPPA 2019-2020

II. Fiche de Renseignements sur le laboratoire d'accueil au Liban

Université ou centre de recherche : Université Libanaise

Laboratoire d'accueil : LaMA-Liban

Nom du Directeur du laboratoire : Mustapha Jazar

Adresse : Centre Azm de recherche, EDST, Université Libanaise

Ville : Tripoli

Tél./Fax/Mél : +9613 658 632, Fax : + 961 6 44 60 56, mjazar@laser-lb.org

Faculté ou organisme auquel est affilié le laboratoire d'accueil : Ecole Doctorale en Sciences et Technologie

Nom du Directeur de thèse : Mustapha Jazar

Le Directeur de thèse fait-il partie du laboratoire d'accueil : Oui / Non

Si non, précisez son rattachement et ses coordonnées :

- Principaux thèmes de recherche de l'équipe où sera effectué le travail de thèse :

EDP elliptiques et d'évolution, Equations de Navier–Stokes, Intrusion marine sur les villes côtières

- Liste des publications récentes de l'équipe (pertinentes au sujet proposé- 3 dernières années) :

1. G. Chmaycem, **M. Jazar** and R. Monneau, New Contraction Family for Porous Medium and Fast Diffusion Equations, Arch. Rational Mech. Anal. 2016, DOI 10.1007/s00205-016-0986-y
2. J. Alkhayal, **M. Jazar** and R. Monneau, Existence result for degenerate cross-diffusion system with application to seawater intrusion, ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations, (2017).
3. J. Alkhayal, **M. Jazar** and R. Monneau, Existence result for degenerate cross-diffusion system with constraint: application to seawater intrusion in confined aquifer, Applicable Analysis, (2018).

La thèse sera-t-elle effectuée en co-tutelle ou co-direction: co-tutelle

III. Fiche de Renseignements sur le laboratoire d'accueil à l'UPPA

Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications

Nom du Directeur du laboratoire : Gilles Carbou

Adresse :

LMAP, Bâtiment IPRA - Université de Pau et des Pays de l'Adour, Avenue de l'Université - BP 1155

Code postale-Ville : 64013, PAU CEDEX

Tél./Fax/Mél : Tél : 05 59 40 75 13 ou 05 59 40 74 3, Fax : 05 59 40 75 55

Ecole doctorale auquel est affilié le laboratoire d'accueil : ED 211

Nom du Directeur de thèse : Gilles Carbou

Le Directeur de thèse fait-il partie du laboratoire d'accueil : Oui / Non

Si non, précisez son rattachement et ses coordonnées :

Nombre de thèses dirigées (ou co-dirigées) actuellement : 1

Pour les cinq dernières années, précisez les thèses soutenues, la durée en mois pour chacune d'entre elle, la liste des publications et la situation actuelle de chaque diplômé.

Thèse d'Abdelkader Al Sayed, soutenue le 22 décembre 2017, Modélisation des nano-fils ferromagnétiques (sur 37 mois). Abdelkader est actuellement ATER à l'Ecole des Mines de Nancy.

Principaux thèmes de recherche de l'équipe où sera effectué le travail de thèse :

Analyse des EDP, modélisation mathématique, analyse numérique et simulation, HPC

Applications : ferromagnétisme

Liste des publications récentes de l'équipe (pertinentes au sujet proposé) :

G. Carbou, Walker Regime for Walls in Ferromagnetic Nanotubes, *Nonlinear Anal. Real World Appl.* 41 (2018), 642–664.

A. AlSayed, G. Carbou, Walls in infinite bent ferromagnetic nanowires, accepté aux *Annales de la Faculté des sciences de Toulouse*

G. Carbou, R. Jizzini, Domain walls dynamics in a nanowire subject to an electric current, *J. Differential Equations* 258 (2015), no. 8, 2941–2965.

G. Carbou, Metastability of Walls Congurations in Ferromagnetic Nanowires, *SIAM J. Math. Anal.* 46 (2014), no. 1, 45–95.

IV. Sujet de thèse

A faire signer obligatoirement par tous les co-directeurs

IV.1. Titre

Modélisation de la magnétostriction en ferromagnétisme

*La thèse fait-elle partie d'un projet de recherche financé par le CNRS-L : Oui / Non

Si oui, précisez :

*La thématique sous laquelle s'inscrit la thèse fait-elle partie des priorités de cet appel pour l'année 2019-2020 (voir annonce): Oui / Non

Si oui, précisez (possibilité de choisir plus qu'une) :

- Informatique
- Matériaux

Autre thématique : Modélisation mathématique

IV.2. Résumé (ne pas dépasser 200 mots)

Les nanofils ferromagnétiques ont des applications prometteuses pour l'enregistrement des données numériques sous la forme de domaines (zones de magnétisation quasi constante) séparés par des murs (zones de renversement de l'aimantation). Le but de la thèse est d'incorporer les effets magnétostrictifs aux modèles mono-dimensionnels de nanofils. Ces effets permettent d'influer par une action mécanique sur la position des murs. Leur modélisation, obtenue dans cette thèse, permettra de mettre au point des dispositifs de contrôle de l'aimantation par action mécanique, et inversement des méthodes pour détecter les contraintes mécaniques sur les dispositifs par analyse de leurs propriétés magnétiques.

IV.3. Contexte et problématique (ne pas dépasser 200 mots)

Les structures minces de matériaux ferromagnétiques ont des applications prometteuses pour l'enregistrement des données numériques et pour la microélectronique (spintronique) et sont une des solutions pour un stockage non volatile, économique en énergie et assurant un accès rapide à l'information. C'est un point clé de l'informatique verte. Le contrôle de la magnétisation, important pour les applications sus citées, peut être obtenu par un champ magnétique, un courant électrique ou une action mécanique en utilisant la magnétostriction. Ce dernier effet n'a été que très peu étudié dans le cas des nanofils et plaques minces ferromagnétiques.

IV.4. Descriptif des objectifs et de l'impact (ne pas dépasser 200 mots)

L'objectif de la thèse est de justifier des modèles de nanofils ou de plaques minces de matériaux ferromagnétique tenant compte des effets de magnétostriction. Il s'agira ensuite d'observer sur ces modèles les effets des contraintes mécaniques sur la magnétisation et de comparer avec la littérature physique pour valider les modèles obtenus. Une fois ces modèles validés, on les utilisera pour mettre au point des outils de contrôle d'aimantation via des actions mécaniques, et

réciroquement, des outils permettant de caractériser les contraintes connaissant les propriétés magnétiques des échantillons (problème inverse).

IV.5. Aspect appliqué et/ou aspect innovateur (ne pas dépasser 200 mots)

Il s'agit d'un travail de recherche amont dont les applications potentielles sont nombreuses et novatrices. En effet, la mise au point de nouveaux procédés performants de contrôle de l'aimantation nécessite des outils numériques de simulation se basant sur des modèles fiables et calculables, d'où la nécessité de réduire la dimension des modèles (1d ou 2d), les modèles 3d étant très difficiles à résoudre numériquement.

IV.6. Etat des recherches dans le domaine avant la thèse (ne pas dépasser 200 mots) + Ref. Bibliographiques

Du fait de leurs applications prometteuses pour l'enregistrement des données numériques et en microélectronique (spintronique), les nanofils ferromagnétiques sont l'objet d'une littérature abondante en physique comme en mathématique. Les modèles mono-dimensionnels sans magnétostriction sont obtenus dans [CL, SIS]. La dynamique des murs est décrite par exemple dans [CL, CS, PSK, TNM]. L'existence de solutions pour des modèles 3d de magnétostriction est abordée dans [CEF]. Les effets de la magnétostriction sur la dynamique des murs sont étudiés expérimentalement dans [CV, MMK]. Comme déjà dit, il n'y a pas encore de modèles mathématiques pour les effets de la magnétostriction sur les structures minces ferromagnétiques utilisées pour l'enregistrement des données ou la spintronique.

[CEF] G. Carbou, M. Efendiev, P. Fabrie, Global weak solutions for the Landau-Lifschitz Equation with Magnetostriction, *Math. Methods Appl. Sci.* **34** (2011), no. 10, 1274-1288.

[CL] G. Carbou and S. Labbé, Stabilization of Walls for Nano-Wires of Finite Length, *ESAIM Control Optim. Calc. Var.* **18** (2012), no. 1, 1-21.

[CS] G. Carbou, D. Sanchez, Stabilization of walls in notched ferromagnetic nanowires, preprint hal-01810144v1. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01810144/file/Article-pincement.pdf>.

[CV] G. Consolo and G. Valenti, Analytical solution of the strain-controlled magnetic domain wall motion in bilayer piezoelectric/magnetostrictive nanostructures, *Journal of Applied Physics* **121**, 043903 (2017).

[MMK] R. Moubah et al, Anisotropic Magnetostriction and Domain Wall Motion in Sm₁₀Co₉₀ Amorphous Films, *Applied Physics Express* **6** (2013) 053004.

[SIS] V. Slatiskov, C. Sonnenberg, Reduced models for ferromagnetic nanowires. *IMA Journal of applied Mathematics* **77** (2012), 220-235.

[PSK] O. V. Pylypovskiy et al, Rashba Torque Driven Domain Wall Motion in Magnetic Helices, *Sci. Rep.* **6**, 23316; doi:10.1038.srep23316 (2016).

[TNM] A. Thiaville, Y. Nakatani, J. Miltat and Y. Suzuki, Micromagnetic understanding of current-driven domain wall motion in patterned nanowires, *Europhysics Letters* **69**, Number 6 (2005).

IV.7. Programme de recherche prévu pour la thèse et contribution des différents partenaires (ne pas dépasser 200 mots)

Tâche 1- Incorporation de la magnétostriction dans les modèles 1d de nanofils ferromagnétiques par méthodes asymptotiques.

Tâche 2- Etude de la dynamique des murs dans le cas des nanofils soumis à une contrainte mécanique : existence et calcul de solutions analytique, stabilité (observabilité) de ces solutions.

Tâche 3- Contrôle de la position des murs dans les nanofils ferromagnétiques par des effets mécaniques.

Tâche 4- Problème inverse

Tâche 5- Simulation numérique.

Les tâches 1, 2, 3, 4 seront supervisées par M. Jazar et G. Carbou. Pour la tâche 5, le ou la doctorante sera encadrée par G. Carbou et par les ingénieurs en calcul scientifique du LMAP pour l'implémentation numérique (C. Pierre, IR)

IV.8. Calendrier prévisionnel des mobilités

Chaque année, le/la doctorante sera au Liban du 1er septembre à mi février et à l'UPPA de mi février au 30 juillet.

IV.9. Diffusion/valorisation des résultats

Les résultats seront diffusés par des publications dans des journaux à comité de lecture, et via des communications dans des conférences internationales, aussi bien dans la communauté mathématique que dans la communauté du ferromagnétisme en physique du solide.

IV.10. Compétences requises

Le ou la candidate devra avoir des compétences en analyse des équations aux dérivées partielles et en analyse numérique. Une connaissance des modèles en ferromagnétisme et/ou en élasticité sera appréciée.

Date 19 avril 2019

Noms et signatures (directeurs de thèse)

M. Jazar



G. Carbou

