



Ampère

Unité Mixte de Recherche du CNRS - UMR 5005

Génie Electrique, Automatique, Bio-ingénierie

Dans le cas d'une thèse partenariale (entre le laboratoire d'accueil associé à l'école doctorale EEA et un ou plusieurs autres partenaires académiques, industriels, etc.) :

laboratoire MATEIS de l'INSA de Lyon

Thématique de la thèse (à impérativement choisir dans la liste suivante :

1. Automatique (priorités M1 et M3, T1)
2. Electronique, Micro et Nanoélectronique, Optique et Laser (priorités E2, voire T2 et projet phare)
3. **Génie Electrique** (priorités E1, **E2, T1** voire T2)
4. Ingénierie pour le vivant (priorités B1, T2)

Un choix différent (par exemple Electronique pour la priorité M1 ou Génie Electrique pour la priorité B1) doit être succinctement argumenté.

Établissement d'inscription : Université Claude Bernard Lyon 1

Titre de la thèse

Etude du comportement dans le temps de matériaux magnétiques nanocristallins sous contraintes sévères

Domaine et contexte scientifiques

Le sujet est au cœur de la problématique liée aux contraintes sévères due à un accroissement de l'efficacité énergétique. Dans ce contexte, les matériaux magnétiques, point clef de la conversion d'énergie, doivent montrer de grandes performances et notamment posséder une bonne fiabilité dans le temps. L'activité de thèse concerne l'étude de la tenue dans le temps de matériaux nanocristallins en considérant les contraintes (thermique, électrique, technologique) liées à leur fonctionnement.

Mots-clefs

Matériaux nanocristallins ; caractérisations aux échelles macroscopique, microscopique, nanométrique ; vieillissement sous contraintes thermique et électrique ; modélisation ; énergies d'anisotropie.

Objectifs de la thèse

Ces objectifs sont à plusieurs niveaux. Il s'agit en premier lieu, de comprendre les mécanismes conduisant au vieillissement des matériaux nanocristallins. Puis, une fois ces mécanismes identifiés, l'élaboration de modèles de comportement magnétique incluant le vieillissement sera menée.

Verrous scientifiques

Le vieillissement des matériaux nanocristallins est avéré mais les phénomènes qui conduisent à ce vieillissement ne sont pas clairement identifiés. Le 1^{er} verrou est de dégager l'origine du vieillissement des nanocristallins soumis aux contraintes thermiques, électriques ou liées à leur enrobage. Le 2^{ième} verrou constitue l'élaboration de modèles réalistes (vieillissement inclus) du comportement des matériaux nanocristallins.

Contributions originales attendues

Ce travail permettra en 1^{er} lieu d'enrichir la base de données sur le comportement des matériaux magnétiques déjà amorcée au laboratoire, puis, dans un 2nd temps, de fournir des modèles de comportement de matériaux incluant leur vieillissement dû à leurs conditions réelles de fonctionnement. Enfin, ce travail permettra la connaissance des mécanismes à l'origine du vieillissement des nanocristallins.

Programme de recherche et démarche scientifique proposée

Il y a trois ans, une nouvelle thématique de recherche a émergé au laboratoire, il s'agit du vieillissement des matériaux magnétiques. Des travaux de doctorat ont permis de dégager de sérieuses pistes de réflexion et une base de données riches en résultats uniques. Le sujet de thèse proposé profite de cet héritage et permettra une montée en puissance de la thématique avec une reconnaissance dans la communauté internationale. Après une appropriation des résultats déjà obtenus, le candidat pourra mettre en place des premiers modèles de comportement de matériaux incluant leur vieillissement. Parallèlement à ce travail, des campagnes de caractérisations supplémentaires (et complémentaires) prenant en compte à la fois les contraintes thermiques mais aussi électriques et technologique (enrobage) seront mises en place. Selon les résultats obtenus, des caractérisations aux échelles micrométrique ou nanométrique seront aussi effectuées grâce au partenariat avec le laboratoire MATEIS. Des ces résultats, le doctorant pourra proposer des réflexions sur les mécanismes de vieillissement. Une autre génération de modèles considérant ces contraintes supplémentaires verra le jour.

Prévention et sécurité

Les bancs de caractérisations magnétiques et électriques de grandeurs macroscopiques existent au laboratoire Ampère et nécessitent de posséder l'habilitation électrique B1.

Encadrement scientifique :

Directeur de thèse : Laurent MOREL, MCF nouvellement HDR (Juin 2016), laboratoire Ampère, Département EE/ Priorité E2, 50% pour cette thèse.

Marie Ange RAULET, MCF HDR, laboratoire Ampère, Département EE/ Priorités E2 et T1, 40% pour cette thèse.

Damien FABREGUE, PU, laboratoire MATEIS (INSA Lyon), 10% pour cette thèse, temps passé à MATEIS.

L'équipe d'encadrement est composée de trois chercheurs dont les compétences sont complémentaires : expérimentations en milieu sévère (L. Morel), modélisation (MA Raulet), microstructure et nanostructure (D. Fabrègue).

Financement de la thèse (origine, employeur, montant, durée du financement, etc.)

1. Contrat unique d'une durée de 3 ans
2. Si l'employeur est externe aux tutelles du laboratoire et des cellules de valorisation : voire section prévention/sécurité.
3. Si connu, indiquer l'éventuel souhait du candidat pour faire des vacances d'enseignement ou contrat de monitorat.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche :

1. Publications dans des revues internationales de physique des matériaux (JMMM, ...)
2. Conférences internationales SMM, AIM, ISEM, COMPUMAG, ...
3. Contraintes de confidentialité éventuelle : pour l'instant pas précisée
4. Calendrier prévisionnel (même très prospectif) : quoi en année 1, quoi en année 2, quoi en année 3

Profil du candidat recherché (prérequis)

Le candidat devra avoir une formation en master GE ou équivalent et avoir si possible suivi le module « Matériaux Magnétiques ». Il devra d'une part avoir un goût pour l'expérimentation, et d'autre part, avoir une

bonne motivation pour la compréhension de la physique des matériaux magnétiques. Posséder des bases sur la métallurgie des matériaux nanocristallins constituerait un plus.

Compétences qui seront développées au cours du doctorat

Le travail de thèse amènera le candidat à un niveau d'expert dans la connaissance de la tenue dans le temps et la température des matériaux nanocristallins. Voués à un avenir certain, les matériaux nanocristallins voient leur domaine d'application s'étendre de jour en jour. Dans ces conditions, le candidat n'aura aucun mal à faire valoir ses compétences dans un centre de recherche ou industriel de type R&D.

Perspectives professionnelles après le doctorat

Le doctorant pourra prétendre à un poste d'enseignant-chercheur ou de chercheur dans le domaine des matériaux magnétiques ou bien, selon son projet professionnel mettre ses compétences au service d'un centre industriel de type R&D.

Références bibliographiques sur le sujet de thèse

- G. Herzer, « Anisotropies in soft magnetic nanocrystalline alloys », *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 294, n° 2, p. 99-106, juill. 2005.
- T. Waeckerlé, A. Demier, and S. Camus, « Effect of aging on FeCuNbSiB nanocrystalline magnetic properties », *Soft Magnetic Materials Conference*, São Paulo, Brasil, p. 4, 2015.
- Lekdim, L. Morel, and M.-A. Raulet, "Influence of coating on nanocrystalline magnetic properties during high temperature thermal ageing," *Advanced In Magnetic Conference*, Bormio, Italy, p. 8, 2016.
- G. Herzer, "Modern soft magnets: Amorphous and nanocrystalline materials," *Acta Materialia*, vol. 61, no. 3, pp. 718–734, Feb. 2013.

Dans le cas d'une thèse partenariale, le sujet de thèse déposé sous SIGED doit porter la mention ci-dessous et doit être cosignée par le doctorant et le directeur de thèse :

« Le doctorant et le directeur de thèse s'engagent à ce que le doctorant passe au moins 25% de son temps consacré à l'activité de recherche au sein du (ou des) laboratoire(s) d'accueil associé(s) à l'école doctorale EEA ».

