

Benchmark pour la modélisation des supraconducteurs en 3D et validation expérimentale

Responsable du projet : Kévin Berger (MCF, Université de Lorraine, GREEN).

1^{ère} demande de projet du GT SEEDS « Modélisation et caractérisation de supraconducteurs à haute température critique en vue d'applications en génie électrique », responsable du GT : Bruno Douine.

1. Contexte scientifique et pertinence

Pour pouvoir dimensionner des dispositifs supraconducteurs, en particulier le système cryogénique associé, il est nécessaire d'estimer avec précision les pertes dans les supraconducteurs. Les méthodes de détermination analytiques ou expérimentales sont souvent difficiles à mettre en place, de sorte que ces pertes ne peuvent souvent être estimées que de manière numérique. Il existe dans la communauté supra un réel besoin d'informations sur les méthodes numériques, leur validité et leur pertinence pour la modélisation des systèmes supraconducteurs pour le Génie Electrique.

Dans l'impulsion du GT SEEDS « supra », nous avons créé la Communauté des Modélisateurs Francophones en Supraconductivité (CMFS). Elle regroupe différents acteurs du :

- GREEN, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France
- Génie électrique et électronique de Paris (GeePs), CNRS UMR 8507, CentraleSupélec, UPSud, UPMC, Gif-sur-Yvette, France
- Laboratoire de Modélisation des Systèmes Energétiques LMSE, Université de Biskra, Biskra, Algérie
- G2Elab, Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble, France
- Instituto de Ingenieria, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico, Mexique.
- University of Houston, Houston, TX, Etats-Unis.

Ce groupe a vocation à prendre une place importante dans la modélisation des supraconducteurs sur le plan international. Les travaux initiés en 2016 ont donné lieu à une première communication dans conférence internationale et un article soumis à IEEE Transactions on Magnetics:

[1] K. Berger, G. Escamez, L. Quéval, A. Kameni, L. Alloui, B. Ramdane, F. Trillaud, L. Makong Hell, G. Meunier, P. Masson, and J. Lévêque. Benchmark on the 3D Numerical Modeling of a Superconducting Bulk. *21st International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (Compumag 2017)*, Jun 2017, Daejeon, South Korea. ID 110, 2017.

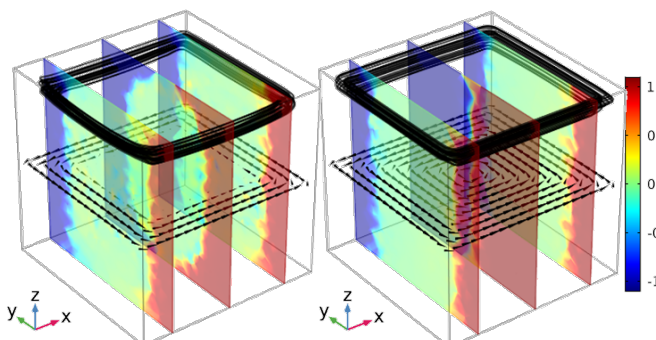


Fig. 1. Densité de courant normalisée J_x/J_c dans un cube supraconducteur de côté $d = 10$ mm soumis à champ magnétique d'amplitude $B_{\max} = 5$ mT (à gauche) et 20 mT (à droite). Le courant circule en suivant la forme des bords, i.e. en carré, comme indiqué par les cônes dans le plan x - y à $z = 0$.

2. Programme de travail

Le programme de travail se décompose en deux parties. Dans une 1^{ère} partie, il s'agit de comparer différents modèles numériques tout en présentant les spécificités de chacun d'eux et en indiquant lequel serait le plus pertinent pour un problème spécifique. Une première comparaison de 6 modèles différents a donné lieu à une communication lors de la conférence Compumag 2017. Mais la comparaison n'est pas une fin en soi, car seuls les résultats expérimentaux sont juges. Dans un 2^{ème} temps, il s'agit donc de confronter les résultats numériques à des données expérimentales. La conception d'un banc de mesures est donc envisagée. On s'appuiera sur les moyens déjà disponibles au laboratoire GREEN. Les échantillons massifs BiSCCO à mesurer devront avoir des caractéristiques particulières, connues et maîtrisées. Ce point nous conduit naturellement à travailler en collaboration avec nos collègues des matériaux Pr. Jacques Noudem et Pierre Bernstein du CRISMAT qui synthétiseront les échantillons et participeront aux échanges sur la caractérisation.

3. Partenariats et complémentarités

Les chercheurs impliqués dans le projet proposé ont une forte expérience dans le domaine des supraconducteurs. Certains sont plus experts dans la modélisation, d'autres dans la partie expérimentale, et enfin d'autres dans la synthèse des matériaux. Cette complémentarité matériaux-mesures-simulation devrait permettre de mener à bien ce projet et d'établir un benchmark de référence.

4. Coût et durée du projet

Afin de comparer les différents modèles numériques, en particulier leur temps de calcul, il est important de faire tourner l'ensemble des modèles sur une même station de calcul. Ceci n'a pas pu être réalisé dans [1] et constitue une priorité du GT. Les participants étant distants, cette machine devra être accessible 24/24 via VPN. Un devis pour une station de calcul DELL PRECISION 7910 d'un montant de 2 500 € HT a été réalisé. Le GREEN prendra en charge l'installation de la machine et sa configuration.

Pour la synthèse des échantillons en BiSCCO, le CRISMAT estime à 3 000 € le coût des matières premières et du consommable.

Pour le montage du banc de mesure, 1 500 € est prévu pour le matériel nécessaire: actionneur linéaire + matières premières + usinages + capteurs. Ce banc expérimental sera mis à disposition de façon pérenne à l'ensemble des membres du GT Supra.

Pour calibrer le banc de mesure et réaliser la caractérisation des cubes en BiSCCO, nous prévoyons de prendre un stagiaire niveau master. Ce stagiaire serait financé 3 mois par le laboratoire GREEN sur fond propre et 3 mois par SEEDS soit 1 600 €. Ce stagiaire sera co-encadré par K. Berger au GREEN et L. Quéval au GeePs.

Pour les frais de mission, une demande de 1 400 € est faite. Cette somme permettra de financer les déplacements autour du stage de master (réunion de travail) et de participer à une conférence internationale pour présenter le benchmark.

Etant donné les nombreux partenaires, le temps nécessaire à la synthèse des matériaux et la réalisation du banc expérimental, la durée du projet est estimée à 2 ans.

Demande SEEDS : 10 000 €, Durée du projet : 2 ans

Participants: tous les membres du GT Supra sont impliqués.

Suite à la dernière réunion du GT Supra du 22 mars 2017, les membres ont été informés de la demande de projet et la soutiennent.