

CEA/CADARACHE

DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE (DSM)

INSTITUT DE RECHERCHE SUR LA FUSION PAR CONFINEMENT MAGNETIQUE (IRFM)

CEA/Cadarache - 13108 St Paul-lez-Durance Cedex

Visitez notre site Web : <http://www-fusion-magnetique.cea.fr>

SUJET DE THÈSE 2014

Nom du Responsable de thèse : Louis ZANI	e-mail : louis.zani@cea.fr
	téléphone : 04 42 25 49 67
	secrétariat : 04 42 25 42 95

Équipe de Recherche : STEP / GCRY

Titre du sujet de thèse : Effet Joule et instabilités dans les aimants supraconducteurs pour la fusion thermonucléaire : modélisation physique et analyses de données expérimentales.

Résumé du sujet :

Les aimants supraconducteurs des tokamaks sont des bobinages de taille multi-métrique constitués de câbles multibrins dont la structure filamentaire est contrôlée à l'échelle du micron, logés dans des structures d'acier pour en confiner la thermalisation à 4 K et en reprendre les contraintes mécaniques. Ils constituent un élément majeur des projets de fusion actuellement en construction (JT-60SA, ITER) ou à venir (DEMO) car, énergétiquement sobres, ils sont indispensables à la filière électrogène. Or les composants supraconducteurs peuvent se révéler instables et basculer dans des régimes pénalisants dont les frontières sont encore difficiles à prédire. Ces instabilités sont en particulier imputées à des inhomogénéités de répartition des courants dans le volume supraconducteur, qui génèrent localement des sources de puissance, pouvant conduire à une perte brutale des propriétés supraconductrices. La prédictibilité de ces phénomènes reste approximative car elle doit traiter d'une géométrie très complexe et sur laquelle les modèles actuellement appliqués sont largement perfectibles. Le diagnostic même est rendu difficile et s'adosse souvent à des mesures indirectes qui résistent à une approche trop intuitive.

Le projet de thèse propose de sophistication la modélisation du câble en développant une prise en compte plus avancée des modèles physiques mis en jeu dans l'élaboration d'un code de modélisation dédié. Enfin la confrontation avec les tests expérimentaux servira l'objectif final: établir la validité de l'outil interprétatif qui sera mis à disposition de la communauté scientifique.

En pratique, le doctorant se consacrera d'abord à l'approche théorique avec une revue des méthodes développées pour déterminer les courants induits dans un volume de câble supraconducteur multicomposite. La physique particulière des supraconducteurs en champ magnétique pulsé ainsi que celle des contacts intermatériaux seront sollicitées pour élaborer une approche originale des représentations de réseaux résistifs et inductifs. Le doctorant développera le code de simulation en partant des plateformes multi-physiques utilisées au CEA (électromagnétique, thermo-hydraulique, thermique, mécanique...) et en les améliorant graduellement (substance scientifique mais aussi si possible architecture et ergonomie). Ceci sera parachevé en s'accordant avec une base de données expérimentale référente issue de tests à différentes échelles:

- Des reconstructions tomographiques fidèles de la géométrie interne de câbles JT-60SA ainsi que leurs tests cryogéniques en régimes continu et pulsé dans une large gamme d'opération. Le caractère prédictif du code pourra être renforcé en y ajoutant des tests similaires sur des câbles ITER dont l'étude du comportement électromécanique est déjà fortement avancée.
- Des résultats expérimentaux de tests cryogéniques de nombreux conducteurs et bobines prototypes pour le projet ITER.
- Les tests cryogéniques à venir des 19 bobines toroïdales qui seront mises en fonction dans le tokamak JT-60SA, campagne qui constitue une opportunité unique de tests en vraie grandeur.

Dans ce cadre le doctorant sera aussi amené à s'immerger dans l'environnement expérimental pour en saisir les problématiques et singularités utiles à son travail. Ceci pourra faire l'objet de séjours sur les sites de tests partenaires (Saclay FR, Villigen CH, Bucarest RO) et d'une participation active à certaines campagnes.

Enfin, et selon la maturité du code, des analyses spécifiques de configurations opérationnelles des tokamaks JT-60SA, ITER ou DEMO pourront être menées.

Compétences souhaitées : niveau Master (Physique ou Sciences de l'Ingénieur) ou grandes Ecoles.

Intitulé du master préconisé : Energie nucléaire, Sciences des matériaux, Physique du solide