

THÈSE

Le 13 octobre 2009 à 9h30

INSTN, Amphithéâtre Jules Horowitz, CEA-Saclay

ÉTUDE DES TRANSFERTS THERMIQUES EN HELIUM SUPERFLUIDE DANS LES MILIEUX POREUX

Hervé Allain

Irfu SACM

Pour la future génération d'aimants supraconducteurs à hauts champs magnétiques refroidis à l'hélium superfluide, comme les prochains aimants développés pour l'amélioration des performances du Large Hadron Collider (LHC) au CERN, les ingénieurs prennent en considération l'utilisation de supraconducteurs en niobium-étain. Dans leur environnement, ces aimants supraconducteurs vont être soumis à des pertes thermiques bien plus importantes que celles des aimants du LHC. Alors que la résistance thermique due aux isolations électriques des câbles supraconducteurs constitue la principale résistance thermique au refroidissement, un nouveau type d'isolation, à base de céramique poreuse, est en développement. Pour caractériser la capacité de refroidissement de telle isolation afin de déterminer la stabilité thermique de ces aimants, il est nécessaire de comprendre les transferts thermiques en hélium superfluide dans les milieux poreux.

Dans ce but, plusieurs dispositifs expérimentaux ont été mis au point afin de tester des milieux poreux « modèles » dont les caractéristiques géométriques sont connues. De plus, une étude théorique utilisant une méthode de changement d'échelle de type prise de moyenne volumique a permis d'obtenir une modélisation macroscopique des phénomènes étudiés. Et à l'aide de simulations numériques directes, la validité de la loi de Darcy en hélium superfluide sous certaines hypothèses a été démontrée dans le régime de Landau. Les résultats expérimentaux ont permis de montrer que le régime d'écoulement est fonction de la taille des pores. Pour des tailles de pore de 10^{-6} à 10^{-7} m, le régime d'écoulement est le régime de Landau et ceci a permis de déterminer la perméabilité du milieu en He II. Pour des tailles de pore supérieures (10^{-5} m), le régime d'écoulement est le régime de Gorter-Mellink et les transferts de chaleur ont pu être modélisés en introduisant la notion de tortuosité.

Mots clefs : hélium superfluide, milieu poreux, transfert de chaleur, isolation électrique, aimant supraconducteur, changement d'échelle