



Ecole Doctorale 534 MIPEGE

Modélisation et Instrumentation en Physique, Energies,
Géosciences et Environnement

Université Paris-Sud 11

Bâtiment 100 / 504, 91405 ORSAY Cedex (France)

Projet doctoral 2014 (3 pages maximum)

Titre: Modélisation de l'expérience de von Kármán Sodium (VKS) par méthode de pénalisation

Laboratoire : Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur (LIMSI-CNRS, bâtiment 508, Orsay)

Equipe d'accueil : CORO (Convection-Rotation), Caroline Nore, responsable de l'équipe

Directeur de thèse: Caroline Nore (professeur de physique, Université Paris-Sud, HdR)

Nombre de thèses encadrées en 2014/2015: 1

E-mail : norefac@limsi.fr; Téléphone : 01 69 85 80 90

Co-encadrant de thèse : Jean-Luc Guermond (full professor of applied maths, TAMU, USA ; HdR)

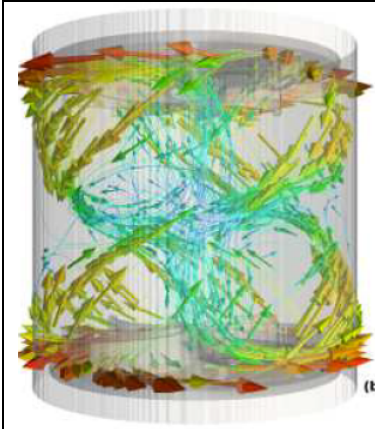
Nombre de thèses encadrées en 2014/2015: 2

E-mail : guermond@math.tamu.edu

Description du projet : Une expérience classique de turbulence en cavité fermée a été déclinée sous différentes tailles (du mètre au cm) et avec différents fluides (eau, air, hélium gazeux et hélium superfluide) dans de nombreux laboratoires français, d'où sa dénomination de 'machine à laver française' (ou expérience de von Kármán). Elle consiste en un conteneur cylindrique fermé par deux turbines inférieure et supérieure qui tournent en sens opposé. Chaque turbine est composée d'un disque et de pales dont le nombre et la courbure peuvent varier. La configuration en contra-rotation permet de générer un écoulement hautement turbulent (nombre de Reynolds $Re \sim 10^7 - 10^8$). Une version utilisant du sodium liquide (chauffé à $140^\circ C$) a permis de générer du champ magnétique par effet dynamo en 2006 après de nombreuses années d'efforts (voir von Kármán Sodium experiment, VKS, <http://perso.ens-lyon.fr/nicolas.plihon/VKS>). Nous nous proposons d'implémenter dans un code 3D intégrant les équations de Navier-Stokes et de Maxwell (équations de la magnétohydrodynamique, MHD) ces turbines par une méthode de pénalisation. Cela revient à ajouter une force volumique pour modéliser les turbines tournantes. Une méthode similaire a été implémentée dans un code périodique dans les 3 directions (voir figure ci-dessous) et a donné des résultats très encourageants, en bon accord avec les mesures expérimentales. Le but de la thèse est de reproduire numériquement l'expérience VKS.

Contacts:

talbot@ipno.in2p3.fr, thi-kim-ngan.ho@u-psud.fr
www.ed-mipege.u-psud.fr



Simulation Numérique Directe : Champ moyen de vitesse dans un écoulement de von Kármán ou de la 'machine à laver française', d'après S. Kreuzahler et al., 2013. Les vecteurs sont colorés par leur norme. On peut voir les turbines (inférieure et supérieure) en gris.

Contexte national et international : Cette méthode est prometteuse et est actuellement implémentée dans différents codes, aussi bien de recherche (cf Y. Ponty, Laboratoire Lagrange, Nice ; R. Pasquetti, Laboratoire Dieudonné, Nice ; F. Godefert, LMFA, Lyon ; J.-L. Guermond, TAMU, USA) que commerciaux (COMSOL Multiphysics).

Eventuelles collaborations nationales ou internationales : C. Nore a des contacts avec les personnes travaillant sur l'expérience VKSodium et Y. Ponty. J.-L. Guermond collabore depuis longtemps avec R. Pasquetti. Le doctorant sera amené à passer des séjours nombreux dans le département de maths de TAMU avec J.-L. Guermond et éventuellement un séjour d'un an.

Déroulement du travail et approche envisagée : Le doctorant devra prendre en main le code que nous développons depuis 2001, dénommé SFEMaNS. C'est l'unique code au niveau international qui peut intégrer les équations de la magnétohydrodynamique dans toute géométrie axisymétrique. Il a été validé sur de nombreux cas de référence et permet d'envisager des études dans des sujets aussi divers que la stabilité des batteries à métaux liquides ou la génération de champ magnétique au sein de la Terre. Le doctorant implémentera la méthode de pénalisation et validera les résultats obtenus avec les résultats récents de Kreuzahler et al., 2013. Les calculs tourneront sur des calculateurs massivement parallèles. La formation obtenue à la fin du contrat doctoral sera à la fois théorique et appliquée et donnera un socle de connaissances en mathématiques appliquées et calculs haute performance ainsi qu'en mécanique des fluides, magnétohydrodynamique, géophysique et electrical engineering.

Profil du candidat recherché : Le candidat doit être intéressé par les méthodes numériques et les applications physiques ayant trait à la mécanique des fluides, la magnétohydrodynamique, la géophysique et l'electrical engineering. Il sera amené à passer des séjours à l'Université TAMU (USA).

Contacts:

talbot@ipno.in2p3.fr, thi-kim-ngan.ho@u-psud.fr
www.ed-mipege.u-psud.fr