



Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »

**AVIS DE PRESENTATION DE TRAVAUX
EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT**

Monsieur ANTOINE BITTARD DU CLUZEAU

soutiendra sa thèse le **30 septembre 2019** à

10h00 à CEA-Saclay 91191 Gif-sur-Yvette, salle INSTN, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité Physique.

TITRE DE LA THESE : Modélisation physique de la dynamique des écoulements à bulles par remontée d'échelle depuis simulations fines

RESUME : Le CEA aspire à la création d'un réacteur nucléaire numérique qui nécessite une grande connaissance des écoulements monophasiques et diphasiques. Dans le but d'améliorer notre compréhension des scénarios accidentels pour les réacteurs à eau pressurisée, cette thèse s'attache à étudier la dynamique complexe des écoulements à bulles dans le but de la modéliser. Les principaux enjeux de la thèse sont d'étudier et de modéliser les forces interfaciales responsables de la migration des bulles ainsi que de proposer un modèle de turbulence à la hauteur de la connaissance actuelle des phénomènes. Afin d'atteindre ces objectifs, une base de données statistique est réalisée à partir d'expériences numériques (simulations numériques directes) d'essaims et de canaux à bulles. Jusqu'à aujourd'hui, les forces interfaciales étaient étudiées sur des cas simplifiés, sur lesquels on pouvait mettre en évidence des phénomènes particuliers. En procédant ainsi, rien ne garantit que les forces soient bien définies ou qu'elles représentent l'ensemble des phénomènes ayant lieu dans des situations complexes. Dans cette thèse, une nouvelle méthode pour la modélisation des forces interfaciales est développée, non pas en se basant sur des modèles obtenus dans des cas particuliers, mais en utilisant les équations de Navier-Stokes directement. L'équation de trajectoire d'un élément fluide de la phase gazeuse obtenue donne alors une définition locale et générique aux forces. Elle révèle en outre une nouvelle force baptisée force de dispersion laminaire qui provient d'effet de tension de surface et de pression. Cette force a un rôle important dans la migration des bulles. Physiquement, elle représente des phénomènes connus comme l'alignement horizontal des bulles sphériques ou les trajectoires oscillantes des bulles déformables. Cette force est ensuite modélisée et validée sur cinq simulations de canaux à bulles. Concernant la turbulence dans les écoulements à bulles, elle est constituée de SPT (Single Phase Turbulence), de WIT (Wake Induced Turbulence) et de WIF (Wake Induced Fluctuations) qui caractérisent des phénomènes bien distincts. Le SPT est la turbulence issue du cisaillement moyen, le WIT représente les fluctuations temporelles turbulentes issue de la déstabilisation et des instabilités collectives des sillages, et le WIF est fait de fluctuations spatiales engendrées par le sillage moyen et l'écoulement potentiel autour des bulles. Dès lors, la modélisation en un bloc de la turbulence diphasique devient invisible, et aucun modèle actuel ne parvient à décrire fidèlement la turbulence dans les écoulements à bulles. Dans cette thèse, nous proposons une nouvelle forme de modélisation à trois équations, où chaque contribution de la turbulence possède sa propre fermeture. Des simulations d'essaims de bulles sont utilisées pour proposer un modèle de WIT. Les résultats du modèle sont très positifs et permettent de prédire des données numériques et expérimentales sur une large gamme de nombre sans dimension. L'interaction entre SPT et bulles est également étudiée via des simulations dans des conditions de faible gravité. Une nouvelle méthode de traitement des données basée sur une décomposition des phénomènes physiques permet de mettre en évidence une modulation de la redistribution et de la diffusion par les bulles. Une alternative à la modélisation du WIF est également proposée. Le modèle à trois équations tensorielles ainsi écrit est complet et peut être dès aujourd'hui utilisé dans un code de calcul moyenné.

Directeur de thèse :

Adrien TOUTANT, PROCédés, Matériaux et Energie Solaire - Université de Perpignan Via Domitia

Laboratoire où la thèse a été préparée : PROCédés, Matériaux et Energie Solaire

Le jury sera composé de :

- M. Adrien TOUTANT, MCF, Université de Perpignan Via Domitia (**Directeur de thèse**)
- M. Stéphane MIMOUNI, Ingénieur de Recherche, EDF R&D (**Examineur**)
- M. Frederic RISSO, Professeur, Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (**Examineur**)
- M. Zaleski STEPHANE, Professeur, Université Pierre et Marie Curie (**Examineur**)
- Mme Aurore NASO, Chargé de Recherche, École centrale de Lyon (**Examineur**)
- M. Mickaël BOURGOIN, Directeur de Recherche, LMFA (**Examineur**)
- M. Guillaume BOIS, Ingénieur de Recherche, CEA-Saclay (**CoDirecteur de these**)
- M. Jean-Michel MARTINEZ, Maître de Conférences, Université de Perpignan Via Domitia (**CoDirecteur de these**)