

Modélisation moyennée des écoulements diphasiques en canal rectangulaire à partir de simulations numériques CFD : mise-en-œuvre d'une remontée d'échelle et application aux réacteurs à plaques.

Laboratoire d'accueil : DEN/DM2S/STMF/LMSF

Encadrant : Guillaume BOIS

Mail : guillaume.bois@cea.fr

Tél : 01.69.08.69.86

Pour évaluer la sûreté des installations nucléaires, le CEA développe, valide et utilise des outils de simulation en thermohydraulique. Il s'intéresse en particulier à la modélisation des écoulements diphasiques eau-vapeur par différentes approches de la plus fine à la plus intégrale. Afin de mieux comprendre les écoulements diphasiques, le laboratoire travaille à la mise en place d'une démarche multi-échelles où la simulation fine (DNS, Simulation Numérique Directe diphasique) est utilisée comme base solide pour le développement de modèles de CFD diphasique moyennée (statistique). A partir de ces travaux, nous construisons un modèle moyenné de type RANS et nous évaluons celui implémenté dans le code quadripartite Neptune_CFD (CEA, EDF, Framatome, IRSN). Les simulations CFD (simulation numérique d'écoulements turbulents monophasiques ou diphasiques) restent chères et elles ne sont pas employées directement pour les études de sûretés des réacteurs nucléaires. Pour réaliser un grand nombre de simulations paramétriques, des codes de thermohydraulique moyennée, dédiés aux applications (par ex. le code cœur FLICA), sont utilisés. Ils permettent de simuler le comportement thermohydraulique d'un cœur de réacteur à l'échelle « composant » ou « sous-canal » au moyen de modèles qui prédisent l'évolution de grandeurs physiques moyennées en espace et en temps. Une partie de ces modèles est validée par des données expérimentales, mais pour ceux qui impliquent des mécanismes très multi-dimensionnels, turbulents, et parfois diphasiques, les données disponibles pour leur qualification sont peu nombreuses et leur interprétation est difficile.

Or, une formulation explicite de ces modèles peut être obtenue théoriquement par une analyse dite de remontée d'échelle. Elle implique alors la solution locale obtenue à l'échelle CFD. Par conséquent, des travaux analytiques s'appuyant sur des études CFD, sur de l'analyse théorique et sur des post-traitements peuvent être engagés. Ils ont débuté pour calibrer ces modèles dans le cadre monophasique et étudier leur validité afin de satisfaire les exigences croissantes de sûreté et de performances des codes de calculs. L'extension théorique au cadre diphasique a fourni les premiers éléments exploitables.

L'objectif du stage proposé est de mettre en œuvre cette méthode pour évaluer les modèles macroscopiques à partir de simulations CFD. Le candidat devra effectuer et post-traiter des simulations CFD diphasiques. Il s'agit de simulations HPC (Calcul Haute Performance) sur cluster avec le code Neptune_CFD. A partir de considérations théoriques et de ces données CFD de référence, il devra accéder aux valeurs des termes à modéliser pour l'écoulement étudié. La comparaison de ces données aux modèles classiques utilisés à l'échelle poreuse permettra d'évaluer ou de valider la modélisation et de juger la calibration de certains paramètres. C'est ce que l'on appelle une démarche multi-échelle puisque des données locales de CFD sont utilisées pour renseigner des modèles à une échelle moyennée en espace (dite « poreuse »).

Cette démarche a permis de calibrer avec succès le modèle de mélange turbulent de l'énergie dans le cadre des écoulements monophasiques. Ce projet a pour objectif d'étendre la méthode en en proposant une première application aux modèles diphasiques.

Description du déroulement du stage :

1. Simulations HPC diphasiques.
2. Analyse des résultats, construction des termes macroscopiques, hiérarchisation.
3. Evaluation des modèles existants.

Compétences : Mécanique des fluides, simulation numérique, modélisation, thermohydraulique.

Qualités requises : Intérêt pour la simulation numérique, esprit d'analyse et de synthèse, regard critique.

La nationalité française est requise.