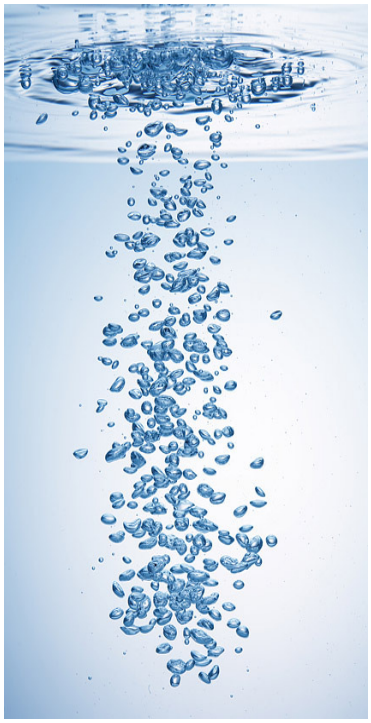
POSTDOC 2024-2025 **EDF R&D / IMFT**

Amélioration de modèles de fermetures pour les processus de condensation et de fragmentation/coalescence de bulles dans une approche de simulation diphasique



Durée : 12 mois

Lieu : EDF R&D Chatou

Rémunération : ~ 3000 euros bruts par mois

Equipe : Stéphane Mimouni (stephane.mimouni@edf.fr),
William Benguigui (william.benguigui@edf.fr),
Thomas Bonometti (thomas.bonometti@imft.fr),
Catherine Colin (catherine.colin@imft.fr),
Pascal Fede (pascal.fede@imft.fr).

Sujet :

La connaissance de l'aire interfaciale dans un écoulement diphasique liquide – bulles de vapeur est cruciale dans un grand nombre de situations industrielles et particulièrement dans l'industrie nucléaire.

L'objectif du postdoc est d'améliorer la prise en compte de l'aire interfaciale dans un écoulement à bulles.

Pour cela, on peut se concentrer sur la simulation numérique d'une expérience à effets séparés, l'expérience TOPFLOW, qui consiste à injecter des bulles de vapeur dans de l'eau sous-saturée dans un tube et à mesurer la fraction volumique de gaz, ainsi que la vitesse gaz, la taille des bulles et la température liquide de façon locale à différentes hauteurs. Le phénomène physique investigué est la condensation des bulles de vapeur à cœur de l'écoulement.

Une particularité remarquable de ces essais TOPFLOW est une pression entre 4 et 65 bar en fonction des tests.

Le code CFD multiphasique neptune_cfd, co-développé par EDF, CEA, FRAMATOME et IRSN a été utilisé pour simuler TOPFLOW. Ce code résout les équations de bilan de masse, quantité de mouvement et énergie pour les phases liquides (fluide continu) et vapeur (phase dispersée) avec une approche bi-fluide eulérienne 3D à l'échelle CFD.

Des équations supplémentaires sont résolues pour modéliser la turbulence (modèle du second ordre EBRSM), et pour modéliser l'aire interfaciale bulle-liquide (IATE).

Les simulations avec le modèle standard du code diphasique neptune_cfd ne donnait pas de résultats satisfaisants. Les différents termes de modélisation font l'hypothèse d'un diamètre de bulle constant par cellule de calcul dans la formulation standard du code. Ces simulations ont été réalisées dans le cadre de la thèse de Tanguy Herry (2024).

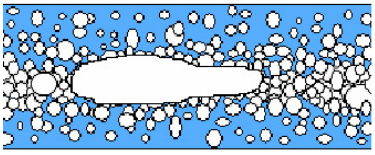
La méthode standard des moments, implémentée dans le code neptune_cfd, est formulée à l'aide de fonctions de distribution de taille de bulle de Dirac ou quadratiques. Par conséquent, différents modèles de transferts interfaciaux de masse et d'énergie, de forces interfaciales et de termes sources pour l'équation de transport de zone interfaciale (IATE) sont développés en utilisant les deux fonctions. Dans le cas standard, la formulation Dirac est utilisée. Bien que des différences limitées soient perceptibles pour les transferts de masse et d'énergie obtenus par les deux fonctions, les résultats sont

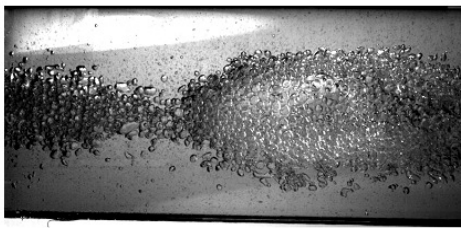
largement améliorés en utilisant la fonction quadratique pour la force de traînée et pour les termes sources IATE. Par la suite, un modèle a été introduit pour prendre en compte l'effet de l'effondrement des bulles par condensation dans l'IATE. Les résultats numériques obtenus avec l'IATE utilisant la fonction quadratique et ce modèle sont comparables à ceux obtenus avec l'approche inhomogène MUltiple Size Group (iMUSIG), tout en étant beaucoup moins chronophages.
Les fonctions de distribution expérimentales sur l'expérience TOPFLOW montrent un profil de type gaussien pour les diamètres de bulle et non pas quadratique. La formulation quadratique permet d'obtenir une formulation algébrique facile à implémenter pour les différents termes de fermeture mais représentent moins fidèlement la réalité physique.
Le premier objectif du postdoc est donc de reprendre la même méthodologie que celle déjà développée dans la thèse de Tanguy Herry mais d'utiliser une fonction de distribution gaussienne.

La détermination de l'aire interfaciale est entachée d'une erreur importante due à la modélisation de la coalescence/fractionnement des bulles. Le second objectif du postdoc sera donc d'implémenter 1 ou 2 modèles issus de la littérature et de proposer une critique de ces modèles.

Applications industrielles

Les applications industrielles sont nombreuses dans le secteur nucléaire mais aussi dans l'automobile, la sidérurgie, les équipements fluviaux et maritimes, … Une des questions centrales dans les process faisant intervenir des écoulements diphasiques est de savoir à partir de quel moment l'on doit considérer des bulles ou des poches. En effet, les modèles physiques à appliquer diffèrent notablement entre ces deux structures diphasiques. Les bulles coalescent ou au contraire se fragmentent. On peut ainsi voir apparaitre des films vapeur le long d'une paroi chauffée menant à sa dégradation mécanique. On peut citer aussi des poches de vapeur passant à travers un réseau de tube (échangeur de chaleur) provocant des phénomènes vibratoires jusqu'à la rupture des tubes.





Profil :
Le/La candidat.e est titulaire d'un doctorat en mécanique des fluides, énergétique ou équivalent et possède des compétences solides en écoulements diphasiques et simulation numérique

Références :

1. Ruyer Pierre, Seiler Nathalie, Beyer Matthias and Weiss Frank-Peter, "A bubble size distribution model for the numerical simulation of bubbly flows", ICMF 2007, Leipzig, Germany, July 9 . 13, 2007

2. Herry, B. Raverdy, S. Mimouni, S. Vincent, "Modeling and simulation of bubble condensation using polydisperse approach with bubble collapse model", preprint IJ Multiphase Flow