



**École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes**  
Centre d'études doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

## **AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT**

**Madame Hind BENAKRACH**

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Sciences de l'ingénieur

**Spécialité** : Génie Mécanique

**Le Mardi 03 Décembre 2024 à 10h30 au Grand Amphi à l'ENSAM de Rabat**

**Intitulé de la thèse**

### **MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES ÉCOULEMENTS MULTIPHASIQUES ET MULTIDIMENSIONNELS AVEC PRISE EN COMPTE DE LA TENSION SUPERFICIELLE**

**Président :**

Pr. Mohammed BENNANI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Mourad TAHA JANAN, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Rapporteurs :**

Pr. Sébastien PONCET, Professeur, Faculté de Génie, Université de Sherbrooke

Pr. Mohammed Amine MOUSSAOUI, PES, FS, Université Mohamed Premier, Oujda

Pr. Toufik BOUSHAKI, Maitre de Conférences HDR, Université d'Orléans, France

**Examineurs :**

Pr. Mohamed Zeriab ES-SADEK, MCH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Soufiane DERFOUFI, MCH, FST-Tanger, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan

**Résumé:** La simulation numérique des écoulements fluides tridimensionnels constitue un défi de taille en ingénierie et en sciences appliquées, en raison de la diversité des conditions et des phénomènes impliqués. Cette thèse présente une approche qui aborde cette complexité. L'objectif principal est de fournir un outil robuste et précis pour l'analyse d'une large variété de configurations d'écoulements, allant des fluides compressibles aux fluides faiblement compressibles, incluant les écoulements mono-espèces et multi-espèces. La méthode proposée repose sur les équations de Navier-Stokes enrichies par une équation d'état généralisée et le modèle de tension de surface CSF (Continuum Surface Force). L'utilisation efficace de la technique de séparation des flux de Roe en variables primitives permet de traiter de manière rigoureuse les discontinuités et les chocs, garantissant ainsi la stabilité et la précision des simulations dans des conditions variées. Les simulations couvrent une large gamme de configurations, des écoulements unidimensionnels simples aux configurations tridimensionnelles complexes. Les résultats obtenus démontrent la capacité du modèle à capturer avec précision les ondes de choc et les discontinuités, tout en gérant efficacement les interactions complexes entre différentes densités de fluides et les effets de la tension de surface dans les écoulements multi-espèces. Ces avancées représentent une contribution significative à l'analyse et à l'optimisation des systèmes fluides, ouvrant de nouvelles perspectives pour des applications variées en industrie et en recherche scientifique.

**Mots-clés:** Chocs; discontinuités ; dynamique des fluides numériques; écoulements multi-espèces; équations de Navier-Stokes; méthode des volumes finis; tension de surface.

**Abstract:**

The numerical simulation of three-dimensional fluid flows is a major challenge in engineering and applied sciences due to the diversity of conditions and phenomena involved. This thesis presents an approach that addresses this complexity. The primary objective is to develop a robust and accurate tool for analyzing various flow configurations, from compressible to weakly compressible fluids, including single-species and multi-species flows. The proposed method is based on the Navier-Stokes equations enriched with a generalized equation of state and the Continuum Surface Force (CSF) model for surface tension. The effective use of the Roe flux splitting technique in primitive variables allows for rigorous handling of discontinuities and shocks, ensuring the stability and accuracy of simulations under various conditions. The simulations encompass various configurations, from simple one-dimensional flows to complex three-dimensional setups. The results demonstrate the model's capability to accurately capture shock waves and discontinuities while efficiently managing complex interactions between different fluid densities and surface tension effects in multi-species flows. These advancements significantly contribute to the analysis and optimization of fluid systems, opening new perspectives for various applications in industry and scientific research.

**Keywords:** Computational fluid dynamics; Discontinuities; Finite volume method; Navier-Stokes equations; Multi-species flows; Shocks, Surface tension