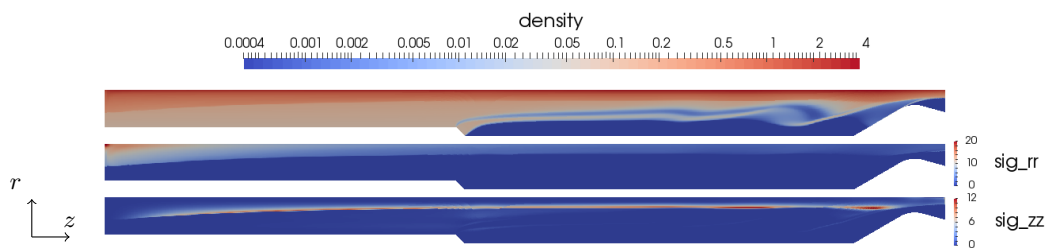


Avis de Soutenance

Valentin DUPIF

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés:

Modélisation et simulation de l'écoulement diphasique dans les moteurs-fusées à propergol solide par une approche eulérienne polydispersée en taille et en vitesse



Soutenance prévue le **vendredi 22 juin 2018** à 10h30

Lieu : CentraleSupélec Bâtiment Bouygues 3 rue Joliot-Curie 91190 Gif-sur-Yvette
Théâtre Rousseau

Composition du jury :

CHRISTOPHE BERTHON	(Université de Nantes)	Rapporteur
STÉPHANE CLAIN	(Universidade do Minho)	Examineur
JOËL DUPAYS	(Onera/DMPE)	Co-directeur de thèse
CLINTON P.T. GROTH	(University of Toronto)	Examineur
FRÉDÉRIQUE LAURENT	(CentraleSupélec - CNRS/EM2C)	Co-directrice de thèse
MARC MASSOT	(École polytechnique - CMAP)	Directeur de thèse
OLIVIER SIMONIN	(INP Toulouse)	Rapporteur
JEAN-MICHEL DUPAYS	(CentraleSupélec - CNRS/EM2C)	Invité

Titre : Modélisation et simulation de l'écoulement diphasique dans les moteurs-fusées à propergol solide par une approche eulérienne polydispersée en taille et en vitesse

Mots Clefs : Modélisation mathématique, méthodes numériques, écoulements diphasiques polydispersés, moteurs-fusées à propergol solide, croisement de trajectoires, HPC.

Résumé :

Les gouttes d'oxyde d'aluminium présentes en masse dans l'écoulement interne des moteurs-fusées à propergol solide ont tendance à influencer de façon importante sur l'écoulement et sur le fonctionnement du moteur quel que soit le régime. L'objectif de la thèse est d'améliorer les modèles diphasiques eulériens présents dans le code de calcul semi-industriel pour l'énergétique de l'ONERA, CEDRE, en y incluant la possibilité d'une dispersion locale des particules en vitesse en plus de la dispersion en taille déjà présente dans le code, tout en gardant une structure mathématique bien posée du système d'équations à résoudre. Cette nouvelle caractéristique rend le modèle capable de traiter les croisements de trajectoires anisotropes, principale difficulté des modèles eulériens classiques pour les gouttes d'inertie modérément grande.

En plus de la conception et de l'analyse détaillée d'une classe de modèles basés sur des méthodes de moments, le travail se concentre sur la résolution des systèmes d'équations obtenus en configurations industrielles. Pour cela, de nouvelles classes de schémas précis et réalisables pour le transport des particules dans l'espace physique et l'espace des phases sont développées. Ces schémas assurent la robustesse de la simulation malgré différentes singularités (dont des chocs, δ -chocs, zones de pression nulle et zones de vide...) tout en gardant une convergence d'ordre deux pour les solutions régulières. Ces développements sont conduits en deux et trois dimensions, en plus d'un référentiel bidimensionnel axisymétrique, dans le cadre de maillages non structurés.

La capacité des schémas numériques à maintenir un niveau de précision élevé tout en restant robuste dans toutes les conditions est un point clé pour les simulations industrielles de l'écoulement interne des moteurs à propergol solide. Pour illustrer cela, le code de recherche SIERRA, originellement conçu durant les années 90 pour les problématiques d'instabilités de fonctionnement en propulsion solide, a été réécrit afin de pouvoir comparer deux générations de modèles et de méthodes numériques et servir de banc d'essais avant une intégration dans CEDRE. Les résultats obtenus confirment l'efficacité de la stratégie numérique choisie ainsi que le besoin d'introduire, pour les simulations axisymétriques, une condition à la limite spécifique, développée dans le cadre de cette thèse. En particulier, les effets à la fois du modèle et de la méthode numérique dans le contexte d'une simulation de l'écoulement interne instationnaire dans les moteurs-fusées à propergol solide sont détaillés. Par cette approche, les liens entre des aspects fondamentaux de modélisation et de schémas numériques ainsi que leurs conséquences pour les applications sont mis en avant.

Title : Eulerian modeling and simulation of two-phase flows in solid rocket motors taking into account size polydispersion and droplet trajectory crossing

Keys words : Mathematical modeling, numerical methods, polydisperse two-phase flow, solid rocket motors, particle trajectory crossing, high performance computing.

Abstract :

The massive amount of aluminum oxide particles carried in the internal flow of solid rocket motors significantly influences their behavior. The objective of this PhD thesis is to improve the two-phase flow Eulerian models available in the semi-industrial CFD code for energetics CEDRE at ONERA by introducing the possibility of a local velocity dispersion in addition to the size dispersion already taken into account in the code, while keeping the well-posed characteristics of the system of equations. Such a new feature enables the model to treat anisotropic particle trajectory crossings, which is a key issue of Eulerian models for droplets of moderately large inertia.

In addition to the design and detailed analysis of a class of models based on moment methods, the conducted work focuses on the resolution of the system of equations for industrial configurations. To do so, a new class of accurate and realizable numerical schemes for the transport of the particles in both the physical and the phase space is proposed. It ensures the robustness of the simulation despite the presence of various singularities (including shocks, δ -shocks, zero pressure area and vacuum...), while keeping a second order accuracy for regular solutions. These developments are conducted in two and three dimensions, including the two dimensional axisymmetric framework, in the context of general unstructured meshes.

The ability of the numerical schemes to maintain a high level of accuracy in any condition is a key aspect in an industrial simulation of the internal flow of solid rocket motors. In order to assess this, the in-house code SIERRA, originally designed at ONERA in the 90's for solid rocket simulation purpose, has been rewritten, restructured and augmented in order to compare two generations of models and numerical schemes, to provide a basis for the integration of the features developed in CEDRE. The obtained results assess the efficiency of the chosen numerical strategy and confirm the need to introduce a new specific boundary condition in the context of axisymmetric simulations. In particular, it is shown that the model and numerical scheme can have an impact in the context of the simulation of the internal flow of solid rocket motors and their instabilities. Through our approach, the shed light on the links between fundamental aspects of modeling and numerical schemes and their consequences on the applications.

