

Afin d'assurer l'intégrité des tuyères des moteurs-fusées à propergol solide, des calculs précis de flux thermiques pariétaux s'avèrent nécessaires. Ils permettent d'optimiser le dimensionnement thermo-ablatif des matériaux isolants et protecteurs dont sont revêtues les parois des tuyères. Cette étude vise à améliorer la prédiction des flux pariétaux au niveau de telles tuyères, par l'approche de type haut-Reynolds. Cela nécessite la définition de nouvelles lois de paroi intégrant les spécificités de ces écoulements : forts gradients de température, nombre de Mach potentiellement élevé, composition chimique variable et transfert de masse à la paroi dû à l'ablation. Cette thèse est consacrée aux deux derniers points.

Des simulations numériques directes d'écoulements turbulents, gazeux, multi-espèces, réactifs, compressibles, en canal plan tridimensionnel avec parois inertes, puis parois ablatées, sont effectuées. Des bases de données précises et détaillées, non accessibles par des mesures expérimentales du fait de l'extrême minceur de la couche limite et des niveaux élevés de pression et température, sont ainsi générées. Elles permettent de développer des lois de paroi tenant compte de tous les phénomènes importants se produisant dans la zone pariétale. Il s'agit de lois de paroi couplées vitesse-température à bas Mach, qui intègrent les effets de l'hétérogénéité du mélange gazeux et des variations du nombre de Prandtl moléculaire. Une extension de ces modèles à des nombres de Mach élevés est également proposée.

---

**Titre en Anglais :** Steady heat fluxes modeling with mass addition at the wall for a multi-species mixture

---

To ensure the integrity of solid propulsion rocket nozzles, accurate computations of parietal thermal fluxes are necessary. They permit to optimize the design of insulating and protective materials that cover the nozzles walls. The aim of this study is to improve the prediction of parietal fluxes for such nozzles, with a high-Reynolds number approach. This requires to define new laws of the wall integrating the distinctivenesses of such flows : high temperature gradients, potentially high Mach number, varying chemical composition and mass transfer to the wall due to ablation. This thesis is devoted to both last points.

Direct numerical simulations of compressible, reactive, multi-species, gaseous, turbulent flows in three-dimensional plane channel with inert walls, then with ablative walls, are performed. That is how accurate and detailed data bases, not available by experimental measurements because of extreme thinness of the boundary layer and of the high levels of pressure and temperature, are generated. They permit to develop laws of the wall that take into account all the important phenomena occurring in the parietal zone. It deals with velocity-temperature coupled laws of the wall, at low Mach number, that integrate the effects of mixture heterogeneity and molecular Prandtl number fluctuations. An extent of these models to high Mach numbers is proposed too.

---

**Mots-clés :** Transferts pariétaux, Simulation Numérique Directe, Ablation, Lois de paroi, Cinétique chimique.

---