



## Résumé:

Dans le cadre des secteurs aérospatial et militaire, les moteurs-fusées à propergol solide ou à ergols liquides sont largement utilisés pour propulser des engins à une altitude supérieure à 80 km. Le fonctionnement de ces moteurs génère des jets caractérisés par des écoulements compressibles et éventuellement diphasiques. Ces jets présentent un aspect raréfié dans certaines régions et sont composés de gaz de combustion, et de particules d'alumine pour des propergols solides aluminisés. En sortie de tuyère, l'écoulement subit une forte détente due à la différence de pression entre la chambre de combustion et le milieu extérieur. Les différents degrés internes de liberté des molécules gazeuses peuvent de ce fait se retrouver en déséquilibre par rapport à la translation. On parle alors de déséquilibre thermique. Ce déséquilibre peut influencer fortement le rayonnement du jet. Il convient alors de le prendre en compte dans la modélisation de la signature infrarouge de ce type de jets hors équilibre, par exemple pour des problématiques d'alerte avancée. Par ailleurs, la modélisation des conséquences du déséquilibre thermique sur l'écoulement représente actuellement un défi scientifique, car cette problématique n'est pas encore parfaitement maîtrisée.

Afin de modéliser numériquement le déséquilibre de ce type de jet ainsi que son rayonnement, un modèle de cinétique vibrationnelle détaillée comprenant la relaxation des espèces  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  et  $\text{N}_2$  a été complété en y ajoutant l'espèce  $\text{HCl}$ , également en déséquilibre vibrationnel. Le rayonnement de ces espèces est calculé à l'aide de modèles statistiques à bandes étroites hors équilibre, développés au cours de ces travaux. La cinétique détaillée ainsi que les modèles statistiques à bandes étroites de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  et  $\text{HCl}$  ont été implémentés dans la plateforme numérique CEDRE de l'ONERA, qui contient, entre autres, un solveur fluide multi-température utilisant une approche Navier-Stokes, et un solveur radiatif basé sur une méthode de Monte Carlo. Des simulations du 2ème étage de la fusée TITAN-IIIC ont été réalisées avec cette plateforme, permettant de quantifier l'effet du déséquilibre vibrationnel sur les champs aérothermiques, ainsi que l'influence du couplage du rayonnement avec le jet sur les champs des températures de vibration. La signature infrarouge du jet dans les différentes configurations est obtenue par post-traitement de ces champs, et montre un effet important du déséquilibre vibrationnel couplé au rayonnement sur cette signature.