Soutenance de thèse

Marc SCHOULER soutiendra sa thèse de doctorat préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Modélisation des écoulements en régime hypersonique raréfié : application aux satellites à très basse orbite et aux objets en phase de rentrée atmosphérique*»

Le 7 décembre 2021 à 10h00, Auditorium de l'ONERA-centre de Toulouse

devant le jury composé de

M. Luc MIEUSSENS	Professeur Bordeaux INP	Directeur de thèse
Mme Ysolde PRéVEREAUD	Ingénieure de Recherche ONERA	Co-directrice de thèse
M. Arnaud BULTEL	Maître de conférences Université de Rouen	
M. Thierry MAGIN	Professeur Von Karman Institute for Fluid Dynamics	
M. Pietro CONGEDO	Directeur de recherche INRIA	Rapporteur
Mme Irina GRAUR MARTIN	Professeure Aix-Marseille Université	Rapporteure

Résumé : Pour le développement d'une nouvelle génération de satellites très basse orbite, il est fondamental de minimiser la traînée et les contraintes aérothermodynamiques afin de pouvoir se déplacer sur des orbites les plus basses possibles tout en garantissant l'intégrité de la charge utile. En parallèle, la loi d'opération spatiale de 2008 impose aux opérateurs français de limiter les risques liés aux débris spatiaux lors de leur désorbitation. De même, la conception de nouveaux véhicules de rentrée réutilisables nécessite un connaissance toujours plus aboutie des conditions de vol propres à une rentrée atmosphérique. L'atteinte de ces objectifs passe donc par la maîtrise de l'ensemble des contraintes aérodynamiques (coefficients de forces et de moments) et aérothermodynamiques (flux de chaleur pariétal) notamment à haute altitude. Les écoulements rencontrés en orbite basse et durant la première phase de rentrée atmosphérique sont des écoulements hypersoniques raréfiés en déséquilibre fort, de sorte que les méthodes de CFD traditionnelles basées sur l'hypothèse des milieux continus ne sont pas applicables. Dans ce cas, il convient d'utiliser des méthodes de résolution de l'équation de Boltzmann de type DSMC (Direct Simulation Monte-Carlo). Cependant, en raison du couplage fort existant entre la trajectographie, la forme de l'objet et l'écoulement, il est impossible d'élaborer une géométrie optimisée ou de simuler la rentrée atmosphérique complète avec des outils dits de «haute fidélité». L'objectif de cette thèse est donc de développer des modèles réduits en régime hypersonique raréfié capables de déterminer les coefficients aérodynamiques et le flux de chaleur pariétal d'une géométrie quelconque en des temps de calcul très faibles. Dans un premier temps, les phénomènes propres aux écoulements hypersoniques raréfiés ont été étudiés en considérant plusieurs rentrées véhiculaires pour lesquelles des données de vol ont été obtenues. Un ensemble de simulations DSMC avec le code SPARTA, a ainsi permis d'établir une stratégie pour le développement d'une nouvelle forme de modèles réduits. Deux modèles de krigeage ont d'abord été développés pour estimer les coefficients de pression et de flux de chaleur au point d'arrêt en fonction des conditions de vol. Ensuite, des réseaux de neurones profonds ont été entraînés pour calculer les distributions de pression, de frottement et du flux de chaleur en tout point d'un véhicule. Enfin, l'évaluation de ces modèles par comparaison aux méthodes par panneaux actuellement utilisés dans la majorité des codes de rentrée a mis en avant le meilleur niveau de précision des méthodes d'apprentissage. Un certain nombre de perspectives ont également été ouvertes quant à des voies d'améliorations futures.

Mots-clés : Hypersonique, très basse orbite, Modélisation, Rentrée Atmosphérique, Métamodèles