

Soutenance de thèse

Loïc VAN GHELE soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Analyse aérothermodynamique de la rentrée atmosphérique d'un véhicule réutilisable depuis une orbite basse terrestre*»

Le 21 septembre 2020 à 10h00, Auditorium de l'ONERA

devant le jury composé de

M. Pierre MILLAN	Directeur de recherche ONERA	Directeur de thèse
M. Christophe LE NILIOT	Professeur Université Aix-Marseille	Rapporteur
M. Thierry MAGIN	Professeur Von Karman Institute	Rapporteur
M. Benjamin RÉMY	Professeur Université de Lorraine	
Mme Céline BARANGER	Ingénieure de recherche CEA-CESTA	
M. Jean-Luc BATTAGLIA	Professeur Université de Bordeaux	Co-directeur de thèse
M. Philippe REULET	Ingénieur de recherche ONERA	
M. Jean-Pierre TRIBOT	Ingénieur Dassault Aviation	

Résumé : Les modèles développés pour l'étude des rentrées atmosphériques sont essentiellement basés sur des mesures en soufflerie. Bien que ces dernières soient riches en enseignements, elles ne sont pas représentatives de l'ensemble des conditions rencontrées lors d'une rentrée atmosphérique. Pour combler ce manque de données il est nécessaire de traiter des mesures réalisées en vol. Les présents travaux de thèse s'inscrivent dans ce contexte et proposent une analyse aérothermodynamique de la rentrée atmosphérique d'un véhicule réutilisable, de type corps portant, depuis une orbite basse terrestre. Plus précisément cette analyse traite du flux de chaleur convecto-diffusif à l'intrados du véhicule. Pour remplir cet objectif l'étude s'appuie principalement sur les mesures de température effectuées au cours de la rentrée atmosphérique de l'IXV (Intermediate eXperimental Vehicle), le premier véhicule autonome de l'Agence Spatiale Européenne piloté sur une trajectoire planante. Les mesures de température ont été réalisées dans les protections thermiques de l'intrados et à la surface extrados des gouvernes à l'aide de thermocouples et d'une caméra infrarouge. L'analyse aérothermodynamique s'articule autour de deux approches complémentaires. La première est une estimation par méthodes inverses 1D et 3D du flux de chaleur convecto-diffusif à la surface intrados de l'IXV à partir des mesures de température. Cependant ces estimations ne permettent pas à elles seules de remonter jusqu'à l'historique des phénomènes physico-chimiques dans la couche de choc. Ce point justifie la présence de la deuxième approche basée sur des simulations Navier-Stokes 1D et 3D de l'écoulement. Ces simulations ont été menées afin d'identifier et d'analyser de possibles scénarios des phénomènes physico-chimiques permettant de reproduire les niveaux du flux de chaleur estimés par méthode inverse. Cette méthode, basée sur les résultats d'une approche par méthode inverse et d'une approche par simulations de l'écoulement, a préalablement été testée sur les données des premiers vols de la navette spatiale américaine Columbia. Finalement, ces travaux de thèse présentent une lecture approfondie des mesures réalisées au cours du vol de l'IXV. Sur le long terme ces données permettront de compléter les bases de données aérothermodynamiques et d'améliorer les outils de dimensionnement des véhicules de rentrée atmosphérique.

Mots-clés : aérothermodynamique, méthode inverse, thermique, rentrée, atmosphérique, IXV

Summary:

Models used for studies of atmospheric reentry vehicles are mainly developed with data from wind tunnel test campaigns. Despite such data are highly instructive, they do not reflect all the conditions encountered during reentry. Measurements carried out during atmospheric flights can be used to deal with this lack of data. Within this context, the present work consisted in an aerothermodynamic analysis of the atmospheric reentry of a reusable lifting body from a low Earth orbit. This study used thermocouple and infrared thermographic temperature measurements carried out during the atmospheric reentry of the IXV (Intermediate eXperimental Vehicle) spaceplane. This vehicle was an automatic lifting body designed and launched by the European Space Agency. The aerothermodynamic analysis involved two approaches. The first one is based on inverse heat conduction problems: the purpose was to estimate the unknown convecto-diffusive heat flux at the windward surface of IXV using temperature measurements on the leeward surface of a flap or inside the thermal protection systems. However, estimates from inverse analyses do not bring information about physical phenomena in the shock layer which could generate convecto-diffusive heat flux at the surface. This point justifies the work from the second approach, based on 1D and 3D Navier-Stokes simulations of the hypersonic flow around IXV. The purposes of these simulations were to analyse and identify the physical phenomena which allowed the convecto-diffusive heat flux from inverse problems to be reproduced. This association between inverse methods and Navier-Stokes simulations was previously tested on data from the orbiter Columbia during the STS-2 atmospheric reentry. The long-term objective is to improve aerothermodynamic databases and tools for the preparation of Europe's future automated reentry systems.

Keywords: aerothermodynamics, inverse method, heat transfer, reentry, atmospheric, IXV