

# Flow Characterization and Modeling of Hypersonic Wind Tunnels

(STO-EN-AVT-325)

## Executive Summary

The AVT-235 on "Flow Characterization and Modeling of Hypersonic Wind Tunnels" was held at the von Karman institute for Fluid Dynamics in Belgium from December 3 to 5, 2018. The lecture series director was Prof. Olivier Chazot, Head of the Aeronautics and Aerospace Department at the von Karman Institute for Fluid Dynamics.

Experiments in hypersonic ground facilities represent a key pillar, alongside theoretical models and numerical computations, for all space application programs. Successful investigations in these high-speed wind tunnels strongly depend on the quality of the flow testing conditions and on their characterization.

This lecture series supported by STO gathered and presented the different types of hypersonic wind tunnels explaining their operating principles as well as their capabilities and limitations addressing the flow physics specific to such ground testing facilities (flow establishment, pollution, condensation, real gas effects...).

The lectures focused on flow characterization methodologies covering intrusive and non-intrusive measurement techniques dedicated to low and high enthalpy facilities. The lecturers exposed how specific flow conditions, such as dense gas and high temperature effects, can be accounted for during the rebuilding of free-stream flow conditions. It was shown how flow diagnostics with appropriated data processing need to be combined with numerical modeling to better understand high-speed flow phenomena. It also showed how numerical modeling can improve the understanding of ground facilities and led to examine non-equilibrium flow expansions as well as the main challenges in hypersonic testing for today's aerospace research and applications.

The lectures series was organized in 3 days, it was designed to be a meeting between specialists involved in aerospace engineering, hypersonic testing, flow diagnostics and high-speed flows modeling. The lecture notes will benefit to the AVT-ST-008 Specialist Team on Hypersonic Operational Threats to assess the current NATO, as well as national, capabilities and activities related to hypersonics.

The course was followed by 18 participants and 7 lecturers from 12 countries (Australia, France, Germany, Hungary, Italy, Japan, New Zealand, Republic of Korea, Spain, Turkey, United Kingdom, The United States of America).

# Caractérisation Des Écoulements et Modélisation des Souffleries Hypersoniques

## (STO-EN-AVT-325)

### Synthèse

L'AVT-235 intitulé « Caractérisation des écoulements et modélisation des souffleries hypersoniques » s'est tenu à l'Institut von Karman de dynamique des fluides, en Belgique, du 3 au 5 décembre 2018. Le directeur de la série de conférences était le professeur Olivier Chazot, directeur du service aéronautique et aérospatiale à l'Institut von Karman de dynamique des fluides.

Les expériences dans les installations terrestres hypersoniques constituent un pilier essentiel, au même titre que les modèles théoriques et des calculs numériques, de tous les programmes d'application spatiale. La réussite des investigations dans ces souffleries à grande vitesse dépend fortement de la qualité des conditions d'essai d'écoulement et de leur caractérisation.

Cette série de conférences soutenues par la STO réunissait et présentait les différents types de souffleries hypersoniques, en expliquant leurs principes de fonctionnement, leurs capacités et les limites concernant la physique des écoulements propres à ces installations d'essai terrestres (établissement de l'écoulement, pollution, condensation, effets du gaz réel, etc.).

Les conférences se sont concentrées sur les méthodologies de caractérisation de l'écoulement et ont évoqué les techniques de mesure intrusives et non intrusives dédiées aux installations à faible et forte enthalpie. Les conférenciers ont exposé comment tenir compte de conditions d'écoulement spécifiques, telles que les gaz denses et la haute température, pendant la reconstitution de conditions d'écoulement libre. Il a été montré comment un diagnostic d'écoulement avec traitement approprié des données devait être associé à une modélisation numérique pour mieux comprendre les phénomènes d'écoulement à grande vitesse. Les intervenants ont également montré en quoi la modélisation numérique pouvait améliorer la compréhension des installations terrestres, ce qui a entraîné l'examen de dilatations de l'écoulement hors d'équilibre, ainsi que les principaux défis des essais hypersoniques dans les applications et la recherche aérospatiales actuelles.

La série de conférences durait trois jours. Elle était conçue comme une réunion entre spécialistes de l'ingénierie aérospatiale, des essais hypersoniques, du diagnostic de l'écoulement et de la modélisation des écoulements à grande vitesse. Les résumés des conférences bénéficieront à l'équipe spécialisée AVT-ST-008 sur les menaces opérationnelles hypersoniques, pour évaluer les capacités et activités actuelles de l'OTAN et des pays liées à l'aérodynamique hypersonique.

Le cours a été suivi par 18 participants et sept conférenciers de douze pays (Australie, France, Allemagne, Hongrie, Italie, Japon, Nouvelle-Zélande, Corée du Sud, Espagne, Turquie, Royaume-Uni, États-Unis d'Amérique).