

Non-Equilibrium Gas Dynamics From Physical Models to Hypersonic Flights

(RTO-EN-AVT-162)

Executive Summary

Development of hypersonic flights for aerospace transport industry, space agencies, and defense programs requires in-depth knowledge of non-equilibrium gas dynamics effects for accurate design and safe operation of spacecraft, planetary probes, and rockets. The transport of mass, momentum, and energy in flows in thermo-chemical non-equilibrium involves kinetic processes at a microscopic level and relies on the set-up of fine experimental apparatus and development of physical models built and elaborated along with the demand of aerospace activities.

Objectives of this special course are to review the up-to-date theoretical models describing non-equilibrium effects, the experimental techniques, as well as the numerical simulation strategies specific to aerothermochemistry, in particular, aiming at better predicting the thermal loads on atmospheric entry bodies.

The course is organised to expose thermo-chemical non-equilibrium models for gas dynamics and databases for kinetic mechanism and radiation phenomenon. Theoretical basis are given and microscopic mechanisms are discussed in details, it allows to have a wide view on the collection of phenomena to integrate for an efficient energy transfer modelling. Advanced modelling are also proposed including kinetics and radiation in simple application cases. Experimental techniques for the validation of the theoretical models are presented in a following section devoted to high enthalpy facilities operation for simulating planetary re-entry conditions and the optical measurements associated for the diagnostic of these non-equilibrium flows. The course is concluded by a very comprehensive presentation of numerical capabilities applied to atmospheric entries. The interaction with the physical modelling is focus in particular as the potentialities and the limits are underlined for the current aerospace applications.

In overall the lectures give a complete perspective from the basic research to the applied studies in the context of hypersonic flights.

Dynamique des gaz non-équilibrés Des modèles physiques jusqu'au vol hypersonique (RTO-EN-AVT-162)

Synthèse

Le développement des vols hypersoniques au profit de l'industrie du transport aérospatial, des agences spatiales et des programmes de défense exige une connaissance détaillée des effets de la dynamique de gaz non équilibrés pour la conception précise et l'exploitation sûre des vaisseaux spatiaux, des sondes planétaires et des fusées. Les transferts de masses, leur moment, et l'énergie dans les flux en non équilibre thermo-chimique impliquent des processus cinétiques à un niveau microscopique et reposent sur l'installation d'un appareillage expérimental fin et sur le développement de modèles physiques construits et élaborés en accompagnement des activités aérospatiales.

Les objectifs de cette session spéciale sont de passer en revue les derniers modèles théoriques en vigueur décrivant les effets du non-équilibre, les techniques expérimentales, aussi bien que les stratégies de simulation numérique spécifiques à la chimie aéro-thermique. Elle vise, en particulier, à mieux prévoir les charges thermiques qui s'appliquent sur les corps en rentrée atmosphérique.

La session est organisée de façon à présenter les modèles thermo-chimiques de non-équilibre pour la dynamique des gaz et les bases de données pour les mécanismes cinétiques et les phénomènes de rayonnement. Les bases théoriques en sont données, et les mécanismes microscopiques sont discutés dans le détail. Cela permet d'avoir une large vue sur l'accumulation des phénomènes à intégrer pour obtenir une modélisation efficace du transfert d'énergie. Il est également proposé une modélisation avancée incluant la cinétique et le rayonnement dans des cas simples d'application. Des techniques expérimentales de validation des modèles théoriques sont présentées dans une section suivante dédiée à l'utilisation de laboratoires pour les hautes enthalpies en vue de simuler des conditions de rentrée planétaire et de donner les mesures optiques associées nécessaires au diagnostic de ces écoulements en non-équilibre. La session s'est terminée par une présentation très compréhensible des possibilités numériques appliquées aux rentrées atmosphériques. L'accent fut mis sur l'interaction avec la modélisation physique en particulier car les potentialités et les limites furent soulignées pour ce qui concerne les applications aérospatiales courantes.

Dans leur ensemble les conférences donnent une perspective complète allant de la recherche fondamentale aux études appliquées dans le contexte des vols hypersoniques.