

Plasma Based Flow Control for Performance and Control of Military Vehicles

(STO-TR-AVT-190)

Executive Summary

Flow Control Technologies are of interest to the general military and NATO community because of their potential to improve aerodynamic efficiency and air-sea stability and control. The basic concept in Flow Control Technologies is to effect a large change in an aerodynamic flow by a focused, carefully modulated means and with, preferably, a minimum amount of energy. Traditional flow control uses include applications such as bleed in inlets, span wise flap blowing, bumps, vortex generator devices, and spoilers for weapon bay. However, historically, most of these methods were cost and complexity expensive. Innovations changing this situation are: miniaturization of sensors and actuators, improvements in automatic controls, a host of new effectors such as synthetic jets, requiring no air supply, plasmas, new materials and integration of devices. New design options are also evolving such as electrification of the airframe, eliminating the need to duct engine bleed around the aircraft and better understanding of underlying flow phenomena physics through computation and advanced experiments. A promising option in this category uses ionized gas and electrical charge to produce momentum flux and force changes without moving parts and without changing a flight vehicles outer mold lines. It leverages the advantages of electronic/mechanical systems to affect flow control without the weight penalties and complexity of these systems. For these reasons, Task Group AVT-190 was established to conduct a research effort focused on the development and validation of theoretical models for predicting the interaction of plasma with generic aerodynamics bodies-configurations in fluid flows of interest to NATO including the effect on aerodynamic forces and moments. Specifically, discharge techniques were to be explored using Dielectric Barrier Discharges, Microwave discharges, and combined microwave-laser discharges. The specific goals to investigate were:

- Establish a common experimental database including surface pressure, forces and moments, and flow-field visualization;
- Define a matrix of test cases within the experimental database for validation of theoretical models;
- Compute the test cases;
- Evaluate the results of the computations and identify modelling strengths and weakness; and
- Recommend modifications to the theoretical models.

This report contains assessments conducted by team members from ten countries: Belgium, Canada, France, Germany, Italy, Russia Federation, Switzerland, Turkey, United Kingdom, and the United States. The contributions span academia, industry, and government laboratories. The result of the Task Group are presented in this report.

Contrôle du flux à partir de plasma pour la performance et le contrôle des véhicules militaires

(STO-TR-AVT-190)

Synthèse

Les technologies de contrôle de flux présentent un intérêt pour les forces armées et l'OTAN du fait de leur potentiel d'amélioration de l'efficacité aérodynamique, de la stabilité dans l'air ou à la mer et, du contrôle. Le concept de base des technologies de contrôle de flux consiste à effectuer un changement important dans un flux aérodynamique par des moyens concentrés, soigneusement modulés et, de préférence, avec une quantité minimale d'énergie. Les applications traditionnelles de contrôle de flux incluent notamment le prélèvement d'air dans les entrées d'air, le soufflage des volets sur l'ensemble de l'envergure, les turbulences, les générateurs de vortex et les déflecteurs pour les baies d'armement. Toutefois, historiquement, la plupart de ces méthodes étaient complexes et coûteuses. Cependant des innovations sont intervenues : miniaturisation des capteurs et des actionneurs, améliorations des commandes automatiques, une multitude de nouveaux effecteurs tels que les jets synthétiques, ne nécessitant aucune alimentation en air, les plasmas, de nouveaux matériaux et l'intégration de dispositifs. De nouvelles options de conception évoluent également, telles que l'électrification de la cellule, éliminant ainsi le besoin de canaliser le prélèvement d'air moteur autour de l'aéronef et une meilleure compréhension de la physique des phénomènes de flux sous-jacents par le biais de calculs et d'expériences avancées. Une option prometteuse dans cette catégorie utilise les gaz ionisés et la charge électrique pour produire un flux de mouvement et forcer les changements sans pièces mobiles ni modifications du profil aérodynamique des aéronefs. Elle exploite les avantages des systèmes électroniques / mécaniques pour affecter le contrôle du flux sans les inconvénients dus au poids et à la complexité de ces systèmes. Pour ces raisons, le groupe de travail AVT-190 (Technologie appliquée aux véhicules) (Applied Vehicle Technology) a été mis sur pied pour mener un effort de recherche. Celui-ci est orienté sur le développement et la validation de modèles théoriques pour prédire l'interaction du plasma avec les configurations aérodynamiques génériques dans les écoulements de fluides intéressant l'OTAN, y compris l'effet sur les forces et moments aérodynamiques. Plus précisément, des techniques de décharge devaient être explorées en utilisant des décharges de barrière diélectrique, des décharges de micro-ondes et des décharges combinées de laser et micro-ondes. Les objectifs spécifiques à étudier étaient :

- L'établissement d'une base de données expérimentale commune qui inclut la pression de surface, les forces et les moments, et la visualisation du champ d'écoulement ;
- La définition d'une matrice de tests dans la base de données expérimentale pour la validation des modèles théoriques ;
- Les calculs des tests ;
- L'évaluation des résultats des calculs et l'identification des forces et faiblesses de la modélisation ; et
- La recommandation de modifications à apporter aux modèles théoriques.

Le présent rapport contient les évaluations des membres de l'équipe provenant de dix pays : Belgique, Canada, France, Allemagne, Italie, Fédération de Russie, Suisse, Turquie, Royaume-Uni et Etats-Unis. Les contributions proviennent de l'industrie, du monde universitaire et des laboratoires nationaux. Les résultats du groupe de travail sont présentés dans ce rapport.