

# Technologies for Future Distributed Engine Control Systems

(STO-MP-AVT-357)

## Executive Summary

Advanced Vehicle Technology (AVT) effort, AVT 357 was a workshop undertaken to explore the technologies and concepts necessary to bridge technological advances in gas turbine test cell instrumentation and support infrastructure to distributed engine control systems (DECS). The work originated from the completed activities on gas turbine instrumentation (AVT-180, AVT-229, AT-306), but it was the first one focused on engine controls since 2009 when AVT-128 on More Intelligent Gas Turbine Engines was completed. Outcomes were sought for standardization, contributions to cyber-security, network-enabled management and operation, engine environment resistant instrumentation, innovative control and networking instrumentation, the introduction of artificial intelligence, augmented reality and neural network-enabled analysis and functionality. It was a broad mandate culminating in a three-day conference held virtually in May 2021. The introduction focused on the opportunities and challenges presented by the incorporation of consumer-grade, high-power, multi-core computing components into the traditionally conservative, meticulously documented, certified, standardized and supported approaches employed in allied airforces' aircraft engine operation, control and management. Innovation presented included demonstrations of neural network applications, innovative instrumentation, power generation schemes, network architecture, dynamic modelling and system monitoring using creative means.

Some themes emerged including the concept of leveraging existing systems and instrumentation to conduct other tasks, including distributed control the attraction of a simple DECS achieved through efficient programming for example. The power and economy of COTS processors however, was explored by balancing advantages with cyber-security demands and complexity of certification, validation, verification, and configuration management. The advantages of DECS are attractive however, considering the potential contributions of modelling and simulation, digital twins, health, condition, performance, usage and life monitoring, all fed from the same instrumentation, delivered on perhaps the same or parallel networks, feeding not simply the maintenance, logistics and fleet management functions, but perhaps even operations. It is observed that DECS potential can be achieved with sustained emphasis on establishing broadly accepted methodologies for standardization of systems-of-systems, test, evaluation and certification and an increased understanding of commercial computing components and architectures. The more-composite aircraft also presents a challenge to the incorporation of DECS, with increased general electrical resistance to grounding, making electromagnetic compatibility more difficult, with commensurate increased challenge to design resistance to electromagnetic pulse, lightning or cyber-attack. With the emergence of the more-electric aircraft, hybrid propulsion and distributed power generation, there is a physical de-modularization of the traditional powerplant. Assuming gas turbines to remain key components, the concurrent introduction of DECS is inevitable.

# Technologies pour les futurs systèmes distribués de contrôle de moteur

## (STO-MP-AVT-357)

### Synthèse

L'AVT-357 de la Commission sur la technologie appliquée aux véhicules (AVT) était un séminaire visant à explorer les technologies et concepts nécessaires pour rapprocher, d'une part, les progrès technologiques d'instrumentation du banc d'essai des turbines à gaz et, d'autre part, les infrastructures de soutien des systèmes distribués de contrôle de moteur (DECS). Les travaux trouvent leur origine dans les activités sur l'instrumentation des turbines à gaz (AVT-180, AVT-229, AVT-306), mais il s'agit du premier séminaire sur le contrôle des moteurs depuis 2009 et l'AVT-218 intitulé «Des turbomoteurs plus intelligents». Les résultats recherchés portaient sur la normalisation, les contributions à la cybersécurité, la gestion et le fonctionnement compatibles avec les réseaux, l'instrumentation résistante à l'environnement du moteur, l'instrumentation innovante de contrôle et de mise en réseau, l'introduction de l'intelligence artificielle, la réalité augmentée, ainsi que l'analyse et la fonctionnalité compatibles avec les réseaux neuronaux. La mission était vaste et a trouvé son apogée lors d'une conférence de trois jours qui s'est tenue virtuellement en mai 2021. L'introduction s'est concentrée sur les opportunités et défis présentés par l'incorporation de composants de calcul grand public, très puissants, à plusieurs cœurs, dans les démarches traditionnellement prudentes, méticuleusement documentées, certifiées, normalisées et étayées qui sont employées dans les opérations, le contrôle et la gestion des moteurs d'aéronef des forces alliées. L'innovation présentée a inclus des démonstrations d'application de réseaux neuronaux, d'instrumentation innovante, de schémas de production d'énergie, d'architecture en réseau, de modélisation dynamique et de suivi de système à l'aide de moyens créatifs.

Certains thèmes ont émergé, parmi lesquels le concept d'exploitation des systèmes et instruments existants pour mener d'autres tâches, incluant le contrôle distribué, et l'intérêt d'un DECS simple obtenu par une programmation efficace, par exemple. Cependant, la puissance et le caractère économique des processeurs commerciaux ont été étudiés en s'appesantissant sur les avantages au regard des demandes de cybersécurité et de la complexité de certification, validation, vérification et gestion de la configuration. Les avantages des DECS sont néanmoins attrayants, étant donné les contributions potentielles de la modélisation et simulation, des jumeaux numériques et du suivi de la santé, de l'état, des performances, de l'utilisation et de la durée de vie et sachant que toutes ces contributions proviennent de la même instrumentation et peuvent être fournies sur le même réseau ou sur des réseaux parallèles, non seulement aux fonctions de maintenance, logistique et gestion de flotte, mais éventuellement aussi aux opérations. On observe que le potentiel des DECS peut être concrétisé en mettant l'accent de manière soutenue sur l'établissement de méthodologies largement admises pour la normalisation de systèmes de systèmes, sur les essais, l'évaluation et la certification et sur une compréhension approfondie des composants et architectures commerciaux de calcul. L'aéronef plus composite présente également un défi d'intégration des DECS, avec une résistance électrique à la mise à la masse généralement accrue, qui rend la compatibilité électromagnétique plus difficile et augmente proportionnellement la difficulté à concevoir la résistance aux impulsions électromagnétiques, au foudroiement ou aux cyberattaques. Avec l'émergence de l'aéronef plus électrique, de la propulsion hybride et de la production d'énergie répartie, le groupe motopropulseur traditionnel est physiquement démodularisé. À supposer que les turbines à gaz demeurent des composants essentiels, l'introduction concomitante des DECS est inévitable.