

# **Supervisory Control of Multiple Uninhabited Systems – Methodologies and Enabling Human-Robot Interface Technologies**

## **(RTO-TR-HFM-170)**

### **Executive Summary**

Uninhabited Vehicles (UVs) are at the forefront of current operations and future thinking. With increasingly automated UVs, the operator's role will become more supervisory in nature, overseeing the automated activation of planned events and managing unexpected changes that impact the automated mission plans. Future vehicles will also have the capability to make certain decisions independent of operator input and pre-defined mission plans. This capability of the UVs to 'decide' (i.e., be autonomous) constitutes a whole new set of challenges for UV operators, as they will be required to rapidly judge the appropriateness of certain UV decisions and assess their impact on overall mission objectives, priorities, rules of engagement, etc. Moreover, there is a vision for a new control paradigm whereby a single operator will simultaneously supervise multiple autonomous UVs. Unfortunately, there is a dearth of information as to how best to support the coupling of this intelligent autonomy with the unique capabilities and decision-making responsibilities of the operator so as to maximize mission effectiveness across a wide range of mission contexts. New interfaces are required that take into account issues associated with this automation management as well as potential negative automation-induced impacts on the operator.

Given the possibility that future operators may likely control many UVs simultaneously, additional human factors challenges will include how best to maintain situation awareness, a reasonable workload level, and high system performance and safety across several managed assets. New principles for supporting the operator in such scenarios, which focus on supervisory control design methodologies, adaptive automation, and novel situation assessment/decision support aids, need to be developed and evaluated. Additionally, standard operator interface design guidelines associated with UV supervisory control need to be identified so as to facilitate interoperability across unmanned platforms.

HFM-170 developed and demonstrated pertinent supervisory control human-system interface design practices and concepts for UV network-centric operations through 15 specific technology demonstrations. These demonstrations focused on many critical issues including multi-vehicle control, manned-unmanned teaming, human-automation interaction, telepresence interfaces, delegation interfaces, vehicle hand-offs, operator workload adaptive systems, variable levels of autonomy, authority sharing, situation awareness aids, cognitive workload assessment, swarming interfaces, and dynamic mission management. HFM-170 concentrated on the identification and demonstration of successful supervisory control methodologies and interface design practices for enabling single operator control of multiple UVs. The applications addressed varied in degree of autonomy from manual robotic control to highly autonomous, swarming UVs.

This report summarizes in alphabetical order these 15 Technology Demonstrations, including a summary description of the activity, human factors issues involved, results and lessons learned. This report also provides a discussion on the development of a supervisory control framework by which to characterize and communicate research and technology development occurring within the supervisory control domain.

# Commande et surveillance de multiples systèmes sans pilote – Méthodologies et technologies habilitantes d’interfaces homme-machine

(RTO-TR-HFM-170)

## Synthèse

Les véhicules sans pilote (UV, *Uninhabited Vehicle*) occupent une place de premier plan dans les opérations actuelles et dans les études de prospective. Avec la généralisation des véhicules automatisés sans pilote, l’opérateur aura de plus en plus un rôle de surveillance, qui consistera à superviser l’activation automatisée d’événements planifiés et à gérer les changements imprévus susceptibles d’avoir une incidence sur les plans de mission générés automatiquement. Les véhicules futurs seront également capables de prendre certaines décisions indépendamment de toute intervention de l’opérateur et du plan de mission prédéfini. Cette capacité de décision (autrement dit, cette autonomie) des véhicules sans pilote pose des défis d’un type entièrement nouveau aux opérateurs de véhicules sans pilote : ils seront, en effet, appelés à évaluer rapidement l’adéquation de certaines décisions prises au niveau du véhicule sans pilote et à en apprécier l’impact sur les objectifs généraux de la mission, les priorités, les règles d’engagement, etc. Qui plus est, un nouveau paradigme de commande émerge, dans lequel un opérateur unique aura à surveiller simultanément de multiples véhicules sans pilote et autonomes. Malheureusement, on manque d’informations sur les meilleurs moyens d’assurer le couplage entre cette autonomie intelligente et les capacités et responsabilités décisionnelles uniques de l’opérateur en vue d’optimiser l’efficacité de la mission dans une grande diversité de contextes de mission. De nouvelles interfaces sont nécessaires pour prendre en compte les questions liées à cette gestion de l’automatisation et les effets négatifs sur l’opérateur potentiellement induits par l’automatisation.

Etant donné que les futurs opérateurs risquent de devoir contrôler simultanément un grand nombre de véhicules sans pilote, d’autres problèmes relatifs aux facteurs humains se posent, en particulier la meilleure façon de garantir une connaissance adaptée de la situation, une charge de travail raisonnable, et un niveau élevé de sécurité et de performance du système sur un ensemble gérant plusieurs engins. De nouveaux principes pour soutenir l’opérateur dans de tels scénarios, axés sur les méthodologies de conception de systèmes de commande avec dispositif de surveillance, l’automatisation adaptative et sur les aides à l’évaluation d’une situation nouvelle et à la décision, doivent être développés et évalués. De plus, des lignes directrices pour la conception d’interfaces opérateurs standard associées à un système de commande avec dispositif de surveillance de véhicules sans pilote doivent être définies de manière à faciliter l’interopérabilité entre des plates-formes non habitées.

HFM-170 a mis au point et démontré des pratiques pertinentes pour la conception d’interfaces homme-machine avec dispositif de surveillance et des concepts pour des véhicules sans pilote opérant dans un contexte d’opérations réseautiques dans le cadre de 15 démonstrations des technologies spécifiques. Ces démonstrations ont mis l’accent sur plusieurs points cruciaux, parmi lesquels la commande de véhicules multiples, le travail d’équipe homme-machine, l’interaction homme-automatisation, les interfaces de téléprésence, les interfaces de délégation, les véhicules automatisés sans intervention manuelle (*hand-offs*), les systèmes adaptatifs de charge de travail de l’opérateur, les niveaux variables d’autonomie, le partage d’autorité, les aides à la connaissance de la situation, l’évaluation de la charge de travail cognitive, les interfaces de systèmes en essaim (*swarming*), et la gestion dynamique de missions. HFM-170 a concentré son attention sur l’identification et la démonstration de méthodologies de commande avec dispositif de

surveillance et de pratiques de conception d'interfaces efficaces pour permettre à un opérateur unique de commander de multiples véhicules sans pilote. Les applications concernées correspondaient à un niveau d'autonomie variable allant de la commande robotisée manuelle à des véhicules sans pilote très autonomes et opérant en essaim.

Ce rapport présente un résumé par ordre alphabétique de ces 15 Démonstrations des technologies, notamment une description sommaire de l'activité, les questions relatives aux facteurs humains s'y rapportant, les résultats obtenus et les enseignements qui en sont tirés. Le rapport discute également de l'évolution d'un cadre de commande avec dispositif de surveillance adapté pour caractériser l'évolution des recherches et des technologies dans le domaine du contrôle et de la surveillance et en assurer la diffusion.

