

Soutenance de thèse

Shahrzad HOSSEINI soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA CSDV et intitulée «*Human-robotic performance quantification under time-delay for lunar mission control scenarios*»

Le 20 juillet 2020 à 10h00 (en visio conférence)

devant le jury composé de

M. Frédéric DEHAIS	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
Mme Stéphanie LIZY-DESTREZ	Professeur Associé ISAE-SUPAERO	Co-directrice de thèse
M. Markus LANDGRAF	Architecte missions spatiales European Space Agency	
M. Ian CRAWFORD	Professeur Birkbeck University of London	Rapporteur
M. Jacco HOEKSTRA	Professeur Delft University of Technology	Rapporteur
M. Peter WEISS	Chef département Espace COMEX	

Résumé : Les futures missions humaines d'exploration spatiale vers la Lune et au-delà vont devoir considérer l'intégration d'opérations mixtes homme-robot. L'Agence Spatiale Européenne (ESA) se concentre sur la préparation de telles opérations, en collaboration avec des agences partenaires internationales. Actuellement, les opérations homme-robot se focalisent sur le développement et sur des preuves de concept de ces technologies, mais des questions essentielles restent sans réponse : Comment peut-on mesurer les performances homme-robot et quelles en sont les métriques? La téléopération est essentielle dans l'exploration de la Lune et permet de contrôler des éléments robotiques depuis d'autres corps célestes comme la Terre. Les futures missions vont conduire à l'utilisation de rovers, entre autres, pour des opérations de pilotage et de collecte d'échantillons, depuis plusieurs sites qui imposeront des délais dans les tâches de téléopération tels que la Terre (délai : 3s), la Gateway (délai : 0,5s) et la Lune (délai : 0s). Afin de mieux comprendre l'impact de ces délais, tant pour la conception de la mission que pour les préparatifs opérationnels, il est nécessaire d'en étudier l'impact par des études de laboratoire réalistes. C'est dans cette perspective de recherches que s'inscrit cette thèse qui vise à quantifier les performances de l'interaction homme-robot dans ces conditions de délais de la téléopération lunaire. Ce point est important dans la mesure où la littérature scientifique a démontré que l'augmentation du temps de délai affecte les performances comportementales, cognitives et la charge de travail. Afin d'atteindre cet objectif, une première étude pilote a tout d'abord été réalisée avec trois sujets. Les enseignements tirés de cette première expérimentation ont permis d'élaborer un protocole de base multi-usage qui est utilisé pour les campagnes suivantes. La première partie s'est concentrée sur une expérience de conduite robotique avec un total de 36 participants. Les sujets ont été chargés de conduire un rover à travers un terrain dans les trois conditions délai représentatives. La deuxième partie consistait en une expérience d'échantillonnage robotique qui a lieu sur la surface lunaire. Cette expérience a été menée avec un total de 18 participants. Dans ces expériences, les participants ont été chargés de faire fonctionner l'élément robotique désigné dans trois conditions de délai, représentant les trois emplacements de contrôle susmentionnés, tandis qu'une tâche secondaire leur était présentée en parallèle. Cinq paramètres ont été dérivés des mesures cardiaques, oculaires, comportementales et subjectives. Les analyses des deux expériences ont révélé des résultats très similaires, c'est-à-dire que la condition de délai la plus importante a statistiquement augmenté la charge de travail perçue,

le temps nécessaire pour terminer la mission et a diminué la variabilité du rythme cardiaque en comparaison des autres conditions expérimentales. Toutefois, aucun effet n'a été constaté sur les capacités d'attention et le fonctionnement exécutif (ie. mémoire de travail) des participants. Les mesures se sont avérées efficaces dans l'étude de la quantification des performances dans l'interaction homme-robot pour les télé-opérations dans les scénarios de contrôle lunaire. La différence significative entre le plus petit délai, le contrôle à partir de la surface lunaire, et le plus grand délai, le contrôle à partir de la Terre, montre que le vol spatial humain est d'une grande valeur dans le sens où une meilleure performance des opérations est observée dans le scénario lorsque l'opérateur est dans l'espace.

Mots-clés : Interaction Homme-Robot, Espace, Exploration, Délai, Facteurs humains, Neuroergonomie

Summary: The Space Exploration Strategy of the Agency requires an affordable and efficient approach to operating and controlling space systems. In the exploration programme an optimum approach to integrate human decision makers in orbit and on the ground must be found. In the proposed activity the next logical step is taken: a systematic analysis of existing experimental data and execution of new experiments to find the most efficient and affordable approach to human-robotic integrated technology and operations. In a first phase, existing experimental data from METERON, but also large datasets from non- space operations will be processed to provide a clear metric of operations performance with respect to quantitative parameters of communication link properties, robotic asset capabilities, level of automation, and operator environment. The second phase of the study will define and implement affordable ground-based experiments with robotic assets deployed in analogue environments and operators hosted in a simulation environment. The third and final phase of the activity will culminate in the drafting of three documents in addition to the PhD thesis: 1) Crew-training manual for operating human-robotic technology on ESA exploration missions 2) Guideline for assessing human performance for human-robotic operations in the frame of astronaut selection 3) Human-robotic technology assessment document

Keywords: Human-Robot Interaction, Space, Exploration, Time-Delay, Human factors, Neuroergonomics