

SUJET DE STAGE et D'ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

MASTER ou INGENIEUR INFORMATIQUE

Conception d'un interacteur et proposition d'interactions tangibles pour le contrôle d'un essaim de robots

Le Lab-STICC UMR-CNRS 6285, IMT Atlantique, l'UBO et le Centre Européen de Réalité Virtuelle (CERV) de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest (ENIB) proposent un sujet de stage « MASTER ou Ingénieur Informatique » dans le domaine de l'Interaction Humain-Machine (IHM), de la Réalité Virtuelle (RV) et des Essaims de robots.

Type de financement : UBO, projet [ARTUISIS](#)

Encadrants de stage : Sébastien Kubicki, MdC (ENIB, Lab-STICC) ; Jérémy Rivière (UBO, Lab-STICC) et Aymeric Hénard (UBO, Lab-STICC) et plus globalement l'ensemble des membres du projet ARTUISIS

Durée estimée du stage : 5 à 6 mois

Lieu du stage : CERV ou IMT-Atlantique (29280) à Plouzané

Spécialité : Informatique (IHM, RV et Robotique)

Mots Clés : Réalité Virtuelle, Interaction Humain-Machine, Objets Tangibles, Métaphores d'interactions, essaim de robots

Keywords: Virtual Reality, Human-Computer Interaction, Tangible objects, Robot Swarm

Contexte :

Ce stage s'intègre dans le projet [ARTUISIS](#), dont l'objectif est d'améliorer la compréhension et le contrôle d'un essaim de robots pour un opérateur. Les essaims de robots sont des systèmes décentralisés, composés d'un grand nombre de robots de petite taille et autonomes, capables de s'auto-organiser spatialement de façon dynamique (e.g. couvrir le plus d'espace possible, se déplacer de manière coordonnée, s'agréger à un endroit). Ces capacités proviennent d'algorithmes inspirés de la biologie ou de la physique qui définissent le comportement d'un robot selon son état à l'instant t et ses capacités de perceptions et d'actions, le comportement global de l'essaim émergeant des interactions locales entre ces robots.

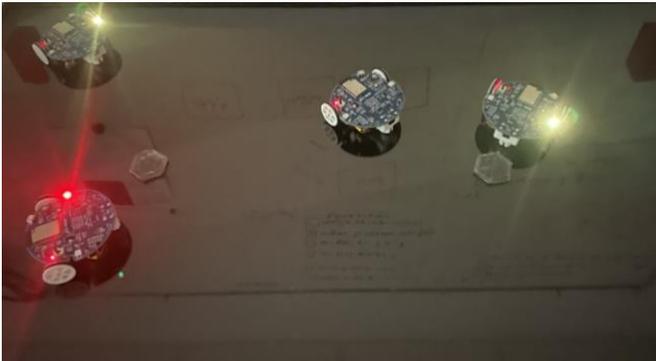


Figure 1. Exemple d'un petit essaim de 4 robots Mona cherchant à atteindre des cibles.

Pour (tenter de) contrôler les essaims de robots, de nombreux travaux s'appuient sur le paradigme WIMP (*Windows, Icons, Menus, Pointing Device*). La plupart de ces travaux proposent des interfaces en 2D affichées sur écrans pour évaluer les moyens de contrôle d'un opérateur sur un essaim de robots simulé ou à distance. Selon ce paradigme, l'opérateur transmet ses ordres par l'intermédiaire d'interactions via une souris (boutons, sélection, etc.), un clavier ou encore un joystick. D'autres travaux évaluent de nouvelles modalités d'interactions (e.g. gestuelles, nouveaux périphériques physiques, Mid-Air en Réalité Augmentée) pour un opérateur qui est souvent colocalisé avec l'essaim. L'objectif de ces nouvelles modalités Post-WIMP est de rendre les interactions plus efficaces et naturelles pour les utilisateurs.

Les interfaces tangibles (TUI : *Tangible User Interface*, en anglais) s'inscrivent dans le paradigme Post-WIMP. Elles désignent des IHM qui permettent à un (ou plusieurs) utilisateur(s) d'interagir avec un dispositif informatique en utilisant un (ou plusieurs) objet(s) physique(s). En nous appuyant sur ce concept, nous émettons l'hypothèse que l'incarnation de l'expert (ex. un opérateur) manipulant un interacteur tangible et immergée dans une situation en Réalité Augmentée (RA) devrait favoriser sa compréhension de l'essaim de robots et améliorer ses capacités contrôler cet essaim.

Pour permettre ces interactions tangibles, les objets sont généralement équipés de dispositifs appropriés permettant de capter ou d'interpréter les événements produits dans le monde physique, de les traduire dans les termes du système numérique et de rendre perceptibles à l'utilisateur, dans le monde physique, les résultats des traitements numériques. Un autre axe des TUI vise à proposer des interfaces physiques déformables. L'interface physique pouvant alors s'adapter aux besoins de l'utilisateur ou au contexte métier par exemple. Ce sujet de stage rentre dans l'ensemble de ces concepts.

Objectifs du stage :

L'objectif général du stage serait d'obtenir un prototype d'objet tangible (interacteur) éventuellement déformable visant à contrôler un robot voire un essaim de robots.

De manière plus fine, il s'agira de :

- Définir et lister un ensemble de fonctionnalités permettant de contrôler un essaim de robots (en menant un atelier de co-conception par exemple)
- Définir un ensemble d'interacteurs et d'interactions associés aux fonctionnalités
 - Brainstorming puis Prototypage basse fidélité
 - Pour rappel, un INTERACTEUR propose des INTERACTIONS qui déclenchent des ACTIONS
- Définir le meilleur "prototype" parmi l'ensemble des prototypes proposés
 - Définir les critères permettant d'identifier le meilleur prototype (ex : utilisabilité, ingénierie)
- Implémenter le prototype (ingénierie et informatique)
 - Modèle 3D, Gamme de montage, communication, Électronique / mécanique
- Évaluer l'interacteur auprès d'utilisateurs potentiels avec de vrais robots ou des robots simulés en RV/RA

Objectif de l'étude bibliographique :

Le contrôle des essaims de robots ou des systèmes multi-robots est très différent du contrôle d'un seul robot en raison du nombre de robots et de la nature distribuée de l'essaim. D'une manière générale, nous pouvons identifier deux niveaux de contrôle :

1. un haut-niveau, dans lequel un opérateur donne des ordres à l'essaim lié aux missions à effectuer (e.g. patrouiller, explorer, trouver une cible)
2. un bas-niveau, dans lequel l'opérateur agit sur la spatialité de l'essaim (sa forme, sa vitesse, sa direction).

Ce travail de bibliographie, en préalable du stage, s'intéresse en particulier **au contrôle bas-niveau**.

Il est demandé dans ce travail de faire un état de l'art des différentes modalités de contrôle existantes WIMP et post-WIMP (vocale, gestuelle, tangible, ...) et des moyens de contrôle qu'elles mettent en œuvre (modifications de paramètres, balises dans l'environnement ...). Le travail attendu doit être le plus exhaustif possible, et proposer une classification de ces modalités selon les critères les plus appropriés. Quelques premières pistes de références à lire sont données ci-dessous :

Références :

- Ryo Suzuki, Adnan Karim, Tian Xia, Hooman Hedayati, and Nicolai Marquardt. 2022. Augmented Reality and Robotics: A Survey and Taxonomy for AR-enhanced Human-Robot Interaction and Robotic Interfaces. In Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '22). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 553, 1–33.
- Lawrence H. Kim, Daniel S. Drew, Veronika Domova, and Sean Follmer. 2020. User-defined Swarm Robot Control. In Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376814>
- Daniel S. Brown, Sean C. Kerman, and Michael A. Goodrich. 2014. Human-swarm interactions based on managing attractors. In Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction (HRI '14). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 90–97. <https://doi.org/10.1145/2559636.2559661>
- Suresh, A., Martínez, S. Human-swarm Interactions for Formation Control Using Interpreters. Int. J. Control Autom. Syst. 18, 2131–2144 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12555-019-0497-3>
- A. Kolling, P. Walker, N. Chakraborty, K. Sycara and M. Lewis, "Human Interaction With Robot Swarms: A Survey," in IEEE Transactions on Human-Machine Systems, vol. 46, no. 1, pp. 9-26, Feb. 2016, doi: 10.1109/THMS.2015.2480801.
- Nunnally, S., Walker, P., Lewis, M., Chakraborty, N., & Sycara, K. (2013). Using Haptic Feedback in Human Robotic Swarms Interaction. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 57(1), 1047–1051. <https://doi.org/10.1177/1541931213571233>

CERV - Centre Européen de Réalité Virtuelle :

Le CERV est une plateforme technologique qui héberge une partie du LAB-STICC (UMR-CNRS). Il comprend environ 40 chercheurs/ingénieurs spécialisés en informatique, mathématiques, sciences cognitives et psychologie. Les principaux sujets d'étude sont la réalité mixte, les comportements artificiels autonomes, les interactions naturelles et les sciences cognitives.

Contacts : sebastien.kubicki@enib.fr ; jeremy.riviere@univ-brest.fr ; aymeric.henard@imt-atlantique.fr