

Sujet de Stage

Master ou Ingénieur Informatique

Projet ARTUISIS

Réalité Augmentée et Interface Tangible pour Superviser et Contrôler des Essaims de Robots

L'équipe INUIT du Lab-STICC propose un sujet de stage « Master ou Ingénieur Informatique » dans le cadre du [projet ANR ARTUISIS](#), dans le domaine de l'Interaction Humain-Machine (IHM) et des essaims de robots. **En fonction des préférences du candidat / de la candidate et de son profil, le sujet pourra porter sur un des deux aspects du projet :** 1) la conception d'un prototype d'objet tangible (interacteur) visant à contrôler efficacement un essaim de robots, ou 2) la conception de visualisations augmentées en Réalité Virtuelle pour améliorer la compréhension des opérateurs supervisant un essaim de robots.

Contacts : [Sébastien Kubicki](#), [Etienne Peillard](#), [Jérémy Rivière](#)

Les candidatures sont à envoyer aux 3 contacts ci-dessus avec votre CV et une lettre de motivation précisant l'aspect du projet (sujet 1 ou sujet 2) qui vous intéresse.

Dates et durée du stage : 5 à 6 mois à partir de février/mars 2025

Lieu du stage : CERV ou IMT-Atlantique à Plouzané

Financement : acquis

Le montant suit la législation dans les laboratoires de recherche publics, soit environ 700 € net / mois

Contexte du stage : projet ARTUISIS

Historiquement basés sur des modèles inspirés par les phénomènes naturels (nuées d'oiseaux, physique des particules, insectes sociaux ...), les essaims de robots sont un ensemble de robots autonomes qui s'auto-organisent localement, capables d'accomplir certaines tâches plus efficacement qu'un robot seul. Parmi les systèmes multi-robots, les essaims se distinguent par la manière dont leurs individus collaborent en autonomie, par le biais d'interactions locales et sans connaissance de la situation ni de la tâche globale de l'essaim. Les essaims de robots sont des systèmes dits *complexes*, composés d'un grand nombre d'entités autonomes partageant un même environnement, et interagissant entre elles localement sans aucun contrôle centralisé. Ce fonctionnement favorise l'émergence de propriétés macroscopiques comme la robustesse, l'adaptabilité et l'évolutivité, rendant les essaims particulièrement utiles pour des applications critiques. Par exemple, ils sont adaptés pour être déployés dans des situations permettant aux robots d'agir en parallèle, mais aussi dans des zones vastes, inaccessibles ou dangereuses, où la perte de quelques robots peu coûteux est préférable à celle de vies humaines.

Le projet ARTUISIS vise à faciliter l'interaction entre humains et essaims, en concevant 1) un **interacteur tangible (objet physique « connecté »)** spécifique pour contrôler et influencer l'essaim de façon intuitive, et 2) **des visualisations augmentées en Réalité Virtuelle** pour améliorer la compréhension des opérateurs.

Sujets du stage :

Dans le stage, le modèle de comportement de l'essaim de robots est déjà implémenté. Il se base sur des forces virtuelles d'Attraction, de Répulsion et d'Alignement, et permet d'obtenir principalement 4 comportements, comme sur la Figure 1 ci-dessous : a) Expansion, b) Densification, c) Déplacement coordonné et d) Mouvement désordonné (pour faciliter la compréhension, les robots sont ici remplacés par des flèches directionnelles montrant leur direction). Il fonctionne avec de vrais robots Mona ou avec des robots simulés, sur Unity ou en Réalité Augmentée (voir [demos](#)).

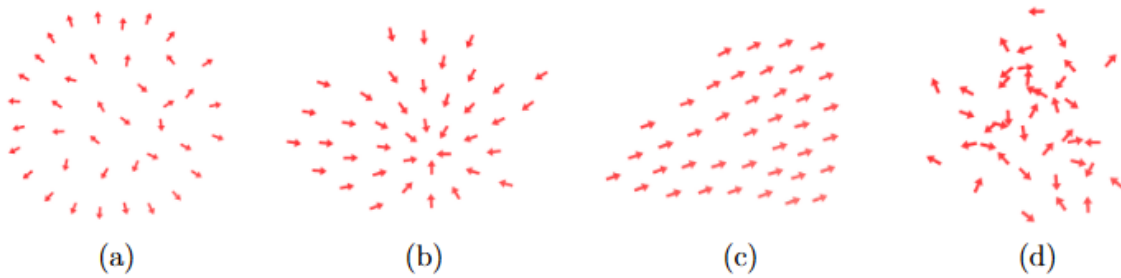


Figure 1: les 4 comportements atteignables par l'essaim de robots. Tirée du manuscrit de thèse d'Aymeric Hénard

Sujet 1) Contrôle de l'essaim

Les interfaces tangibles (TUI : Tangible User Interface, en anglais) 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 à 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.

L'objectif général de ce sujet de stage est d'obtenir un prototype d'objet tangible (interacteur) éventuellement déformable visant à contrôler 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

Le profil recherché pour ce sujet est un profil d’assistant ingénieur ou ingénieur généraliste, nécessitant à la fois des compétences en informatique mais aussi en électronique et mécanique.

Sujet 2) Visualisations augmentées

Quand les perceptions de l'humain sur l'essaim ne lui permettent pas de comprendre ce qu'il se passe, une solution est de lui transmettre les informations manquantes qui lui sont nécessaires, par le biais de visualisations de données par exemple. Une information peut prendre la forme de différentes visualisations, et certaines formes peuvent être plus adaptées que d'autres en fonction de la situation. Dans ce projet, nous avons fait le choix d'étudier des visualisations adaptées pour être communiquées à l'aide d'un dispositif de réalité augmentée, et plus précisément des visualisations localisées spatialement sur l'essaim et ses robots.

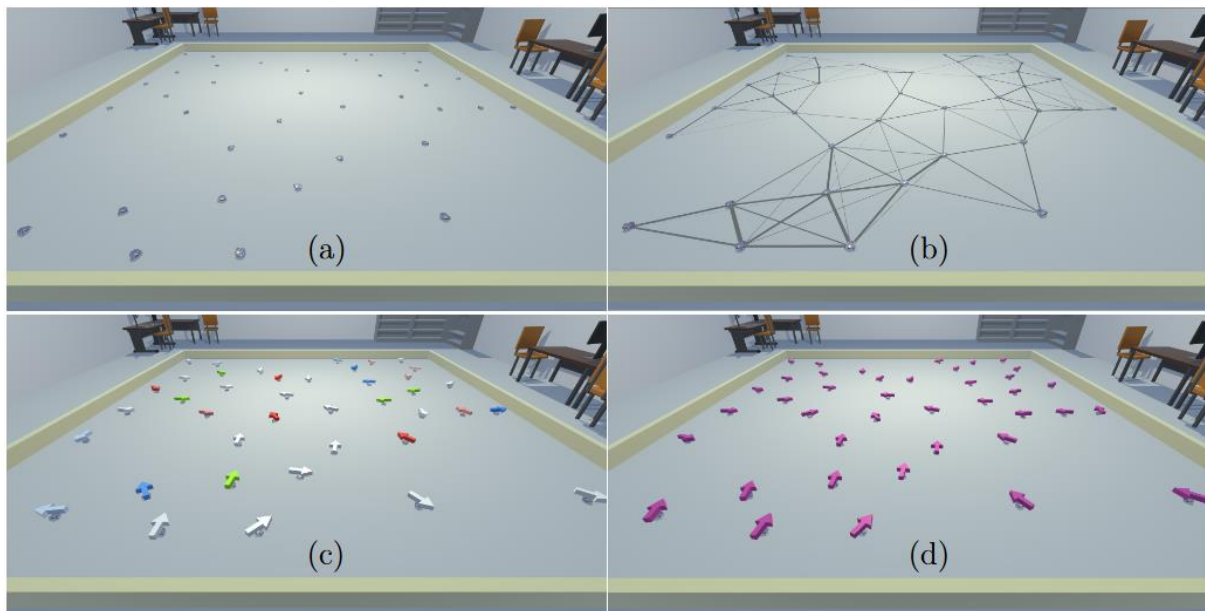


Figure 2 : Schéma montrant les différentes visualisations présentées : (a) La condition de référence de l’étude, où seuls les robots sont visibles (b) Les robots et les liens entre les robots qui interagissent, en utilisant des lignes grises dont l’épaisseur varie (c) Les robots et leur force dominante en utilisant une flèche directionnelle colorée (d) Les robots et leur direction en utilisant une flèche directionnelle rose. Tiré du manuscrit de thèse d’Aymeric Hénard

Un premier travail proposé par Aymeric Hénard, doctorant sur le projet, a permis d’évaluer, dans un environnement en Réalité Virtuelle, la capacité de 4 visualisations localisées à améliorer l’anticipation

humaine des fragmentations d'essaim (lorsque l'essaim perd sa cohésion et que des robots s'en séparent) et à choisir le contrôle adapté pour empêcher leur apparition (voir Figure 2).

Les résultats de cette première évaluation n'ayant pas permis d'identifier une visualisation plus adaptée que les autres, **l'objectif général de ce sujet de stage est de faire de nouvelles propositions, de les implémenter et de les évaluer.**

De manière plus fine, il s'agira de :

- Identifier les informations à transmettre à un opérateur à partir des comportements des robots et de la perception humaine
- Proposer et implémenter des métaphores de visualisation localisées et augmentées de ces informations
- Définir un protocole d'expérimentation de ces visualisations
- Evaluer auprès d'utilisateurs potentiels ces visualisations

Le profil recherché pour ce sujet est un profil master informatique ou ingénieur.

Références :

[1] Aymeric Hénard, Jérémy Rivière, Étienne Peillard, Sébastien Kubicki, and Gilles Coppin. «*A unifying method-based classification of robot swarm spatial self-organisation behaviours*», 2023, *Adaptive Behavior*, 31(6), p.577-599

[2] Aymeric Hénard, Étienne Peillard, Jérémy Rivière, Sébastien Kubicki, and Gilles Coppin. «*Human perception of swarm fragmentation*», 2024, In *Proceedings of the 2024 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '24)*, Boulder, CO, USA, p.250–258

[3] Jérémy Rivière, Aymeric Hénard, Étienne Peillard, Sébastien Kubicki, and Gilles Coppin. «*How to Grasp the Complexity of Self-Organised Robot Swarms?*», In *Proceedings of the 2023 French Regional Conference on Complex Systems (FRCCS 2023)*, Le Havre, France, p.119-130.

[4] Aymeric Hénard, Étienne Peillard, Jérémy Rivière, Sébastien Kubicki, and Gilles Coppin. «*Evaluation of augmented visualisations to prevent the fragmentation of robot swarm*», 2024, <https://hal.science/hal-04541882>

[5] Kent Libby, L Zhong et NM Van Stralen, « *Diagnosing Robotic Swarms 2 (Dr. Swarm2)* », in : Retrieved December 13 (2020), p. 2020.

[6] Dany Naser Addin et Benoit Ozell, « *Design and Test of an adaptive augmented reality interface to manage systems to assist critical missions* », in : arXiv :2103.14160 (2021)

[7] 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.