

Titre de la thèse : Collaboration Humain/Machine pour la réalisation de tâches complexes

Laboratoire d'accueil : Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées (CIAD) – <http://www.ciad-lab.fr>

Spécialité du doctorat préparé : Informatique

Mots-clefs : Collaboration Humain/Machine, Intelligence Artificielle Explicable, Systèmes Multi-Agents Réactifs d'inspiration Physique, Simulation

Descriptif détaillé de la thèse :

Introduction / Contexte :

La collaboration Humain-Machine est un enjeu important des prochaines années que ce soit dans le cadre d'application industrielle (Cobotique) ou de transport en traitant de la problématique du partage d'autorité pour le contrôle de véhicules autonomes de niveaux 3 et au-delà soit pour un véhicule individuel ou une flotte de véhicule. Au-delà des aspects techniques et technologiques, les verrous scientifiques portent également sur des problématiques liées à l'Humain que ce soit d'ordre cognitif, perceptif, voire biologique dans le cadre de contexte opérationnel en milieux extrêmes.

Ce sujet de thèse a pour objectif de traiter de la problématique de la coopération au sein d'équipes mixtes d'Humains/Machine devant accomplir collectivement une tâche donnée. Dans les projets existants, le contrôle humain est fait soit en tant que superviseur (contrôle des paramètres des systèmes techniques d'un point de vue global), soit de manière transparente (c.-à-d. Le contrôle se fait directement sur l'un des éléments du système, les autres étant asservis à celui-ci). Cependant, le contrôle de systèmes techniques multiples est une tâche délicate, car il est nécessaire d'interagir avec des systèmes complexes qui possèdent une certaine autonomie de décision et d'action. De plus, il est possible d'envisager des changements de rôle de l'humain en cours de fonctionnement de façon à mieux s'adapter au contexte. Pour traiter ces problématiques, plusieurs aspects sont primordiaux pour spécifier les interactions entre les éléments du système Humain/Machine. Parmi ces aspects, nous pouvons citer la perception de l'état du système et de son environnement, le traitement et le partage de cette perception, la communication et l'explication entre les éléments du système, les actions de contrôle des entités autonomes, l'observation du comportement de l'être humain, la définition du comportement autonome de ces entités. Ceci implique donc des capacités d'analyse de grande quantité de données afin de pouvoir fournir à l'Humain une représentation synthétique de la situation.

Comprendre le comportement des machines devient essentiel pour garantir une collaboration fluide d'Humains/Machine. En effet, il n'est pas simple pour les humains de comprendre les processus qui ont amenés aux décisions des machines. De récentes études dans le domaine de

l'intelligence artificielle explicable (XAI) ont confirmé qu'expliquer le comportement d'une machine à un humain favorise la compréhensibilité de la machine par ce dernier et augmente son acceptabilité.

Le recours à des équipes hybrides peut s'avérer avantageuse selon les points de vue économique (équipes nécessitant moins de ressources humaines, optimisation des déplacements, utilisation de plusieurs systèmes légers à la place d'un seul système lourd...) et opérationnel (augmentation de la capacité opérationnelle des êtres humains, diminution de la charge cognitive, de la charge physique et de l'épuisement des intervenants humains...).

D'un point de vue conception des algorithmes de gestion et de contrôle des systèmes technologiques, l'étudiant.e s'appuiera sur les travaux réalisés au sein du CIAD sur le contrôle de flotte de véhicules reposant sur le paradigme des systèmes multi-agents réactifs d'inspiration physique.

L'objet est vaste et nécessite d'avoir recours à de nombreuses connaissances à la fois techniques et théoriques. Pour cela, l'étudiant.e bénéficiera de l'expérience du laboratoire CIAD sur les thématiques de l'interaction et de la coopération de robots/véhicules, sur le XAI, sur la simulation et la réalité virtuelle et sur la communication.

Travaux envisagés :

Les objectifs du travail de thèse sont les suivants

- Sur les bases des simulateurs existants au sein du CIAD, il faudra mettre en place un simulateur intégrant du matériel de Réalité Virtuelle et devant permettre la simulation d'équipes mixtes Humains/Machines dans un monde virtuel 3D selon des scénarii liés aux tâches envisagées. Ces scénarii seront définis en collaboration avec le.a doctorant.e en fonction des besoins liés aux projets du laboratoire. Même si plusieurs modifications/améliorations seront nécessaires tout au long du projet, cette tâche devrait être principalement réalisée lors de la première année de la thèse.
- Élaborer et mettre en place des stratégies de partage d'autorité, de prise de décision, d'explication et de collaborations permettant de répondre à différents contextes. Ces contextes seront liés à un ensemble de scénarios typiques des tâches envisagées. Il sera également mis en place des scénarios critiques permettant de tester les limites des solutions proposées.
- À partir de la plateforme de simulation et des tâches envisagées, il faudra construire des métriques permettant de rendre compte de la performance de l'équipe mixte pour des tâches particulières. Ces indicateurs permettront de comparer les performances des différentes stratégies développées.
- Enfin, il s'agira de mettre en place les stratégies élaborées et testées en simulation dans des cas réels avec des participants humains en s'appuyant sur les plateformes physiques disponibles au sein du laboratoire telles que les véhicules autonomisés/autonomes par exemple. Ces expérimentations auront lieu principalement lors de la dernière année du projet.

Références bibliographiques :

1. Franck Gechter et al. "Platoon Control Algorithm Evaluation : Metrics, Configurations,

Perturbations and Scenarios". Journal of Testing and Evaluation 48 Published electronically in 2018 to be published in Volume 48 Issue 2 in march 2020, ranked Q2 (Scimago), 2020. issn : ISSN 0090-3973. doi : 10.1520/JTE20170347.

2. Didier Fass et Franck Gechter. "Towards a theory for Bio-Cyber Physical Systems Modeling". In : Lecture Notes in Computer Science LNCS 9184-9185 - Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management : Ergonomics and Health - the 17th International Conference on Human-Computer Interaction HCI 2015. Springer, août 2015. P. 245-255. doi : 10.1007/978-3-319-21073-5_25.
3. R. Baruffa, Jacques Pereira, Pierre Romet, Franck Gechter et Tobias Weiss. "Mixed Reality Autonomous Vehicle Simulation : Implementation of a Hardware-In-the- Loop Architecture at a Miniature Scale". In : SIMUL2020. 2020.
4. Franck Gechter, Pierre Romet et Didier Fass. "Human factors : the real issues of autonomous vehicles ?" In : Workshop on Explainable AI in Automated Driving : a User-Centered Interaction Approach - 11th International ACM Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. 2019.
5. Didier Fass, Christian Bastien et Franck Gechter. "Human Systems Design : Towards An Integrative Conceptual framework". In : 11th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2020). 2020.
6. Ferdinand Schaefer, Daniela Chrenko, Franck Gechter, Alexandre Ravey et Reiner Kristen. "No need to learn from each other? - Potentials of Knowledge Modeling in Autonomous Vehicle Systems Engineering". Anglais. In : International Conference on Engineering, Technology and Innovation ICE Conference 2017. Juin 2017.
7. Yazan Mualla, Igor Tchappi Haman, Timotheus Kampik, Amro Najjar, Davide Calvaresi, Abdeljalil Abbas-Turki, Stéphane Galland, and Christophe Nicolle. The Quest of Parsimonious XAI: a Human-Agent Architecture for Explanation Formulation. Artificial Intelligence (SJQ Quartile: Q1, Clarivate Analytics Impact Factor 2021: 9.088). 2022. DOI: 10.1016/j.artint.2021.103573
8. Yazan Mualla, Igor Tchappi Haman, Amro Najjar, Timotheus Kampik, Stéphane Galland, and Christophe Nicolle. Human-Agent Explainability: An Experimental Case Study on the Filtering of Explanations. 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2020), Volume 1: HAMT, ISBN 978-989-758-395-7, ISSN 2184-433X, pages 378-385. DOI: 10.5220/0009382903780385

Profil demandé :

- Le.a candidat.e devra avoir une formation solide en informatique (niveau master) avec si possible, une expérience en simulation, Interactions Homme-Machine et en Intelligence Artificielle distribuée.
- Une maîtrise des outils liés à la Réalité Virtuelle/Augmentée (Unity, casques immersifs) ainsi qu'une expérience en contrôle/commande de robot serait un plus indéniable.
- Une bonne maîtrise de l'anglais (oral et écrit) est exigée.

Financement : MESRI établissement UTBM (3 ans)

Dossier à envoyer pour le : 15 Juin 2022

Début estimée du contrat : Octobre 2022

Les candidatures doivent être envoyées à Dr. Yazan Mualla (yazan.mualla@utbm.fr) et Prof Franck Gechter (franck.gechter@utbm.fr) par email.

Le dossier de candidature doit contenir : un CV détaillé, une copie du diplôme de Master ou tout

document attestant du niveau de Master, une copie des bulletins de notes de Master, références et/ou une à deux lettres de recommandation.

Direction / codirection de la thèse :

Directeur de thèse : Pr. Franck Gechter

Co-encadrement de thèse : Dr. Yazan Mualla

PhD title: Human/Machine collaboration for complex tasks realization

Host laboratory: Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées (CIAD) –
<http://www.ciad-lab.fr>

Specialty of PhD: Computer Science

Keywords: Human/machine collaboration, Human System Integration, eXplainable Artificial Intelligence, Reactive Multi-agent systems, Simulation

Detailed description of the thesis:

Introduction / Context:

Human-machine collaboration is one of the main issues for future industrial applications (cobotics) and transportation applications related to autonomous vehicle context, where sharing the decision during complex operations is mandatory. Beyond the obvious technical and technological problems, the main scientific issues are tied to Human concerns including cognitive, perceptive, or even biological aspects especially in extreme environment operational contexts.

The goal of this Ph.D. subject is to study the Human/machine cooperation issue applied to hybrid teams, with a low human/machine ratio, that must perform complex tasks.

In the already existing projects, human control is performed either using a supervisor role or by performing modifications on a limited section of the whole system while the other aspects are autonomously managed. However, the control of multi-physical complex systems which are partially autonomous is a difficult task because the role of the human, relative to the system, can change in run time going from supervisor of the whole system to controller of one subsystem. This is the case, for instance, in autonomous vehicle control where the human must change quickly from the supervisor role to the driver role in case of failure of the autonomous system. Thus, several elements must be considered to design and conceive Human-Machine systems in this context. Among them, one can cite synthetic system state perception, system data management and processing, subsystem and human-system communication and explanations, autonomous system behavior design. This implies then the need to process and analyze a large amount of data.

Understanding the behavior of machine is crucial to guarantee smooth human-machine collaboration since it is not straightforward for humans to understand the machine's state of mind. Recent studies in the eXplainable Artificial Intelligence (XAI) domain have confirmed that explaining the machine's behavior to humans fosters the latter's understandability of the machine and increases its acceptability.

Hybrid human-machine teaming can be used in a wide range of applications and can have huge potential interest in economical (fewer human resources required in the teaming, use of light system instead of heavy system...) and operational (an increase of the human operational capacity, reduction of the cognitive load...) levels.

On the conception level, the student will take inspiration from the experience of previous CIAD research based on the multi-agent paradigm, that has been applied to vehicle fleet control.

The subject is wide and will require vast knowledge on technical and theoretical levels. For that purpose, the student will benefit from the experience of the CIAD in the fields of human-machine interaction and cooperation, XAI, mixed-reality simulation, and virtual reality.

Planned work:

The objectives of the thesis work are the following

- Based on the existing simulators within CIAD, it will be necessary to set up a simulator integrating Virtual Reality material and having the simulation of mixed Human/Machine teams in a 3D virtual world according to scenarios related to the envisaged tasks. These scenarios will be defined in collaboration with the Ph.D. student according to the needs related to the laboratory projects. Even if several modifications/improvements are necessary throughout the project, this task should be mainly realized during the first year of the thesis.
- Develop and implement strategies for shared authority, decision-making, explanation and collaboration to address different contexts. These contexts will be linked to a set of scenarios typical of the envisaged tasks. Critical scenarios will also be set up to test the limits of the proposed solutions.
- From the simulation platform and the envisaged tasks, it will be necessary to build metrics to report on the performance of the mixed team for specified tasks. These indicators will allow comparing the performance of the different strategies developed.
- Finally, it will be necessary to implement the strategies developed and tested in simulation in real cases with human participants using the physical platforms available in the laboratory, such as autonomous vehicles for example. These experiments will take place mainly during the last year of the project.

References:

1. Franck Gechter et al. "Platoon Control Algorithm Evaluation : Metrics, Configurations, Perturbations and Scenarios". Journal of Testing and Evaluation 48 Published electronically in 2018 to be published in Volume 48 Issue 2 in march 2020, ranked Q2 (Scimago), 2020. issn : ISSN 0090-3973. doi : 10.1520/JTE20170347.
2. Didier Fass et Franck Gechter. "Towards a theory for Bio-Cyber Physical Systems Modeling". In : Lecture Notes in Computer Science LNCS 9184-9185 - Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management : Ergonomics and Health - the 17th International Conference on Human-Computer Interaction HCI 2015. Springer, août 2015. P. 245-255. doi : 10.1007/978-3-319-21073-5_25.
3. R. Baruffa, Jacques Pereira, Pierre Romet, Franck Gechter et Tobias Weiss. "Mixed Reality Autonomous Vehicle Simulation : Implementation of a Hardware-In-the- Loop Architecture at a Miniature Scale". In : SIMUL2020. 2020.
4. Franck Gechter, Pierre Romet et Didier Fass. "Human factors : the real issues of autonomous vehicles ?" In : Workshop on Explainable AI in Automated Driving : a User-Centered Interaction Approach - 11th International ACM Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. 2019.
5. Didier Fass, Christian Bastien et Franck Gechter. "Human Systems Design : Towards An Integrative Conceptual framework". In : 11th International Conference on Applied Human

Factors and Ergonomics (AHFE 2020). 2020.

6. Ferdinand Schaefer, Daniela Chrenko, Franck Gechter, Alexandre Ravey et Reiner Kristen. "No need to learn from each other? - Potentials of Knowledge Modeling in Autonomous Vehicle Systems Engineering". Anglais. In : International Conference on Engineering, Technology and Innovation ICE Conference 2017. Juin 2017.
7. Yazan Mualla, Igor Tchappi Haman, Timotheus Kampik, Amro Najjar, Davide Calvaresi, Abdeljalil Abbas-Turki, Stéphane Galland, and Christophe Nicolle. The Quest of Parsimonious XAI: a Human-Agent Architecture for Explanation Formulation. Artificial Intelligence (SJR Quartile: Q1, Clarivate Analytics Impact Factor 2021: 9.088). 2022. DOI: 10.1016/j.artint.2021.103573
8. Yazan Mualla, Igor Tchappi Haman, Amro Najjar, Timotheus Kampik, Stéphane Galland, and Christophe Nicolle. Human-Agent Explainability: An Experimental Case Study on the Filtering of Explanations. 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2020), Volume 1: HAMT, ISBN 978-989-758-395-7, ISSN 2184-433X, pages 378-385. DOI: 10.5220/0009382903780385

Candidate Profile:

- The candidate should have a strong background in computer science (Master level) with, if possible, experience in simulation, Human-Machine Interaction and Distributed Artificial Intelligence.
- A mastery of tools related to Virtual Reality/Augmented Reality (Unity, immersive headsets) as well as experience in robot control would be an undeniable plus.
- An advanced level in English (writing and speaking) is required.

Financing Institution: French Ministry / UTBM (3 years)

Application deadline: June, 15th 2022

Expected Start of contract: October 2022

Applications must be sent to Dr. Yazan Mualla (yazan.mualla@utbm.fr) et Prof Franck Gechter (franck.gechter@utbm.fr) by email.

The application must include: a detailed CV, a copy of the Master degree or any document attesting the Master level, a copy of the Master transcripts, references and/or one to two recommendation letters.

Supervisor(s):

Main Supervisor: Pr. Franck Gechter

Co-supervisor: Dr. Yazan Mualla