

# Améliorer la communication interpersonnelle dans l'usine du futur grâce à la réalité virtuelle et la réalité augmentée

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet 5GMetaverse qui a l'ambition de préparer et promouvoir la 5G aux besoins du métavers.

Dans ce cadre, cette thèse aborde la représentation de l'état et des activités des différents acteurs humains présents dans l'usine du futur afin d'améliorer la compréhension mutuelle entre ces collaborateurs. Cette représentation se basera sur différentes métaphores visuelles, ou plus généralement multimodales, qui seront restituées aux utilisateurs grâce à la réalité virtuelle et la réalité augmentée. Les interactions collaboratives pourront ensuite être mises en place pour permettre à des experts distants d'assister les opérateurs présents dans l'usine.

Ces travaux font suite aux travaux de thèse de :

- Thi Thuong Huyen NGUYEN (soutenue en novembre 2014)
  - Proposition de nouvelles métaphores et techniques pour l'interaction 3D et la navigation préservant l'immersion et facilitant la collaboration entre utilisateurs distants
  - <https://hal.inria.fr/tel-01147673/>
- Morgan LE CHÉNÉCHAL (soutenue en juillet 2016)
  - Awareness Model for Asymmetric Remote Collaboration in Mixed Reality
  - <https://theses.hal.science/tel-01392708>
- Thomas RINNERT (soutenance prévue fin 2023)
  - Perception d'activités collaboratives distantes à l'aide de techniques de Réalité Mixte

Dans un premier temps, l'objectif de cette thèse sera d'améliorer la communication interpersonnelle entre différents opérateurs présents dans une usine réelle et, éventuellement, d'autres collaborateurs distants. Tous ces utilisateurs seront équipés de dispositifs de réalité augmentée ou de réalité virtuelle en fonction de la situation collaborative. Les collaborateurs distants pourront accéder à une reconstruction virtuelle de l'usine via le Jumeau Numérique qui sera fourni par les autres partenaires du projet 5GMetaverse. Il faudra choisir la meilleure façon de représenter les opérateurs présents dans l'usine dans cet environnement virtuel. Différentes solutions, comme une reconstruction 3D, un nuage de points ou des avatars animés, pourront être envisagées.

Dans un second temps, il faudra définir les informations relatives aux opérateurs qui sont pertinentes à transmettre pour améliorer la compréhension entre utilisateurs (mécanismes d'« awareness »). Ces informations seront à sélectionner parmi celles qui pourront être extraites du Jumeau Numérique et détectées dans l'usine à partir d'algorithmes d'IA fournis par les autres partenaires du projet 5GMetaverse. Il est notamment envisagé de s'appuyer, par exemple, sur une classification de gestes, d'actions et d'activités des opérateurs dans l'usine. Il faudra ensuite proposer des représentations visuelles et multimodales de l'état des opérateurs pour permettre à d'autres utilisateurs d'avoir une meilleure compréhension de leur activité, ainsi que de leur statut physique et psychologique. Cela pourra, par exemple, permettre à des managers de facilement détecter des opérateurs « en souffrance » sur leurs postes de travail pour pouvoir les soulager.

Enfin, dans un troisième temps, nous souhaitons proposer de nouvelles méthodes d'assistance à distance permettant à un expert qui serait immergé dans le Jumeau Numérique de l'usine de guider un opérateur et d'agir également avec lui grâce à des acteurs (objets connectés, cobots) accessibles également via le Jumeau Numérique (éléments qui seront fournis par d'autres travaux issus du projet 5GMetaverse). Cela sera rendu possible grâce à la bande passante et la faible latence fournies par la plateforme 5G. Pour cela, les interactions collaboratives développées pourront exploiter et étendre nos résultats antérieurs à propos de la collaboration asymétrique en environnements virtuels et augmentés.

Direction de thèse : Thierry Duval et Cédric Fleury (IMT Atlantique – Lab-STICC INUIT)

École Doctorale : ED SPIN (site de Brest)

## Compétences attendues du ou de la candidat-e :

- Compétences en Réalité Mixte (Réalité Virtuelle – Réalité Augmentée) exigées
- Compétences en développement logiciel nécessaires
- Des compétences en développement Unity 3D ou Unreal Engine seraient très appréciables
- Des compétences en SHS, telles qu’avoir été sensibilisé à l’ergonomie cognitive ou maîtriser les bases de l’expérimentation de systèmes interactifs et de l’exploitation statistique des résultats d’expérimentation, seraient également grandement appréciées
- Compétences rédactionnelles en français et (surtout) anglais absolument nécessaires

## Planning prévisionnel

- **M1-M6** : Étude de l’état de l’art du domaine, prise en main des outils de développement (Unity 3D, C#), identification avec les partenaires du projet 5G Metaverse des besoins collaboratifs du système.
- **M7-M10** : Définition des moyens de capter et de visualiser l’état des opérateurs
- **M11-M18** : Réalisation et évaluation de représentations visuelles et multimodales de l’état des opérateurs des usines du futur
- **M19-M22** : Définition des informations de guidage pertinentes à mettre en évidence pour améliorer la compréhension mutuelle entre utilisateurs du système (comme des démonstrations de gestes techniques faites par un expert à un opérateur)
- **M23-M30** : Réalisation et évaluation d’un prototype collaboratif immersif asymétrique en RV/RA permettant à des experts (en RV) de venir en aide à des opérateurs (en RA)
- **M30-M36** : Rédaction du manuscrit de thèse et préparation de la soutenance

## Liste de publications antérieures relatives à la problématique :

- [Duval 2014] Improving Awareness for 3D Virtual Collaboration by Embedding the Features of Users' Physical Environments and by Augmenting Interaction Tools with Cognitive Feedback Cues. T. Duval, T. T. H. Nguyen, C. Fleury, A. Chauffaut, G. Dumont, V. Gouranton. in JMUI (Journal on Multimodal User Interfaces), Volume 8, Issue 2, pp 187-197, June 2014
- [Nguyen 2014] A Survey on Communication and Awareness in Collaborative Virtual Environments. T.T.H. Nguyen, T. Duval. in Proceedings of 3DCVE 2014 (IEEE VR 2014 International Workshop on 3D Collaborative Virtual Environments), p 1-8, IEEE, Minneapolis, USA, March 30, 2014
- [Le Chénéchal 2015-1] Toward an Enhanced Mutual Awareness in Asymmetric CVE. M. Le Chénéchal, S. Chalmé, T. Duval, J. Royan, V. Gouranton, B. Arnaldi. in Proceedings of CTS 2015, 233-240, Atlanta, USA, June 1-5, 2015
- [Le Chénéchal 2015-2] The Stretchable Arms for Collaborative Remote Guiding. M. Le Chénéchal, T. Duval, V. Gouranton, J. Royan, B. Arnaldi. in Proceedings of ICAT-EGVE 2015, Eurographics, p. 147-150, Kyoto, Japan, October 28-30, 2015
- [Le Chénéchal 2016-1] Vishnu: Virtual Immersive Support for HelpiNg Users - An Interaction Paradigm for Remote Collaborative Maintenance in Mixed Reality. M. le Chénéchal, T. Duval, J. Royan, V. Gouranton, B. Arnaldi. in Proceedings of 3DCVE 2016 (IEEE VR 2016 International Workshop on 3D Collaborative Virtual Environments), 5 pages, Greenville, South Carolina, USA, March 20, 2016
- [Le Chénéchal 2016-1] Vishnu: Virtual Immersive Support for HelpiNg Users - An Interaction Paradigm for Remote Collaborative Maintenance in Mixed Reality. M. le Chénéchal, T. Duval, J. Royan, V. Gouranton, B. Arnaldi. in Proceedings of 3DCVE 2016 (IEEE VR 2016 International Workshop on 3D Collaborative Virtual Environments), 5 pages, Greenville, South Carolina, USA, March 20, 2016
- [Nguyen 2017] VR-based Operating Modes and Metaphors for Collaborative Ergonomic Design of Industrial Workstations. T. T. H. Nguyen, C. Pontonnier, S. Hilt, T. Duval, G. Dumont. in JMUI (Journal on Multimodal User Interfaces), Volume 11, Issue 1, pp 97-111, March 2017
- [Le Chénéchal 2019] Help! I Need a Remote Guide in my Mixed Reality Collaborative Environment. M. Le Chénéchal, T. Duval, V. Gouranton, J. Royan, B. Arnaldi. in the research topic Collaboration in Mixed-Reality of the Virtual Env. section of Frontiers in ICT journal and Frontiers in Robotics and AI journal, Oct. 2019
- [Fages 2022] Arthur Fages, Cédric Fleury, and Theophanis Tsandilas. 2022. Understanding Multi-View Collaboration between Augmented Reality and Remote Desktop Users. Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 6, CSCW2, Article 549 (November 2022), 27 pages.
- [Rinnert 2023] How Can One Share a User’s Activity during VR Synchronous Augmentative Cooperation? T. Rinnert, J. Walsh, C. Fleury, G. Coppin, T. Duval, B. Thomas. Multimodal Technologies and Interaction, 2023.