

Exploration collaborative d'approches alternatives de résolution de problèmes à l'aide de la réalité virtuelle et augmentée pour l'usine du futur

Direction: Thierry Duval and Cédric Fleury (IMT Atlantique – Lab-STICC INUIT)

Ce doctorat s'inscrit dans le cadre du projet GORAFI (Gestion Optimisée de la Réalité Augmentée pour le Futur de l'Industrie), qui vise à déployer et exploiter une plateforme collaborative de réalité augmentée afin de développer les usages des jumeaux numériques dans l'industrie via une approche centrée sur l'humain. Il s'inscrit dans le cadre du méta-projet RéCLasSIF (Réseau de Campus Labélisés Solutions pour l'Industrie du Futur).

Le projet consiste à mettre en place une plateforme de coopération asymétrique et distribuée entre des environnements immersifs (XR), situés respectivement sur les sites de Brest et de Châlon-Sur-Saône. La coopération repose sur :

- 1) la capture en temps réel d'un environnement de travail sur le site A, y compris des données multisensorielles,
- 2) la segmentation de l'environnement capturé en objets distincts et non simplement en un grand maillage,
- 3) la reconstruction 3D et multisensorielle dans un environnement virtuel sur le site B, adaptée aux compétences et aux connaissances de l'utilisateur distant,
- 4) **l'utilisation de la flexibilité de l'environnement virtuel sur le site B pour faciliter l'exploration d'approches alternatives de résolution de problèmes,**
- 5) **la projection de la solution en réalité augmentée vers le site A,**
- 6) **l'ajustement par analyse du problème réel sur le site A, conduisant à l'adaptation de l'environnement virtuel et des contraintes prises en compte sur le site B.**

Ces procédures concernent des opérations telles que la recommandation de gestes, l'indication d'éléments clés d'un dispositif ou le guidage d'un opérateur à travers des procédures. L'objectif du projet est de s'éloigner du paradigme tuteur/étudiant unique et d'aborder celui de la résolution collaborative de problèmes. L'avantage de la composante virtuelle est qu'elle permet de tester des solutions en mode non destructif, évitant ainsi les dangers et les impacts de manipulations intempestives sur des systèmes critiques. La partie réalité (augmentée) permet de dépasser les limites d'un jumeau numérique d'un processus et/ou d'un système et d'obtenir des données réelles et des avis plus détaillés. Elle apporte également une solution au moins partielle au problème de la mise à jour des jumeaux numériques, qui reste une question ouverte.

Cette approche est particulièrement pertinente pour l'industrie du futur et la manipulation de composants complexes, risqués ou sensibles. À titre d'exemple, on peut imaginer l'insertion d'un composant 3D dans une fente précise, nécessitant une série de manipulations (rotations 3D successives, insertions sans frottement, etc.).

L'environnement réel peut être capturé (emplacement et pièce 3D), reproduit sur le site distant pour un expert, avec une adaptation spéciale aux compétences et aux connaissances de cet expert. Il est possible d'envisager que la reconstruction soit adaptée au contexte de la collaboration avec l'expert sur le site B. Cela peut être utile lorsque la collaboration se fait entre deux personnes de professions différentes, ou lorsqu'il faut éviter les problèmes de cinétose, ou s'adapter aux tâches à effectuer, au contexte de collaboration, etc.

Après plusieurs essais, une séquence de manipulation peut alors être « communiquée » en réalité augmentée à l'opérateur du site A.

Ce dernier peut alors constater que le geste recommandé par son coéquipier ne peut être effectué, en raison de contraintes de poids (par exemple), et itérer sur une solution au problème. L'expert pourrait également suggérer certains réaménagements de l'environnement réel, et de même, ceux-ci pourraient ne pas être applicables tels quels et une collaboration entre les utilisateurs pourrait être nécessaire pour déterminer le meilleur agencement réel dans l'usine.

L'étude porte également sur le confort et le bien-être des utilisateurs de réalité mixte. Nous prévoyons notamment d'utiliser des équipements de réalité augmentée dans des situations « écologiques » (debout, en mouvement, etc.), contrairement aux conditions plus habituelles en laboratoire. Cet aspect du projet nous permettra d'étudier des phénomènes tels que la fatigue, les biais perceptifs, la cinétose, etc. Il permettra également de produire des modèles scientifiques relatifs à la perception dans les environnements XR et à l'acceptabilité de ces dispositifs.

Sur le plan technique, il a déjà été identifié que les solutions devront impliquer un suivi synchronisé des utilisateurs à distance et une surveillance de leur état (mesure de l'effort, par exemple).

D'un point de vue plus général, le projet s'inscrit dans la dynamique et la perspective des jumeaux numériques et de la réalité mixte pour l'industrie du futur.

Cette thèse de doctorat portera sur les points 4), 5) et 6) : l'exploration d'approches alternatives de résolution de problèmes sur le site B, la projection de la solution en réalité augmentée vers le site A, et l'ajustement par l'analyse du problème réel sur le site A, conduisant à l'adaptation de l'environnement virtuel et des contraintes prises en compte sur le site B.

Cette thèse qui se propose d'étudier comment permettre à deux utilisateurs de collaborer à distance, de façon doublement asymétrique (asymétrie de rôles opérateur/expert et de dispositifs techniques devant le jumeau physique en RA / en immersion en RV dans une représentation 3D du jumeau numérique) nous paraît parfaitement coller aux thématiques du PC1 du PEPR eNSEMBLE : CATS – Espaces de Collaboration, puisque nous ciblons justement une collaboration double ment asymétrique comme indiqué précédemment, avec plusieurs catégories d'utilisateurs impliqués (opérateurs et experts), une hétérogénéité des dispositifs utilisés par les collaborateurs (Réalité Augmentée d'un côté, Réalité Virtuelle de l'autre), et un environnement complexe à partager entre les collaborateurs, qu'il sera possible de raffiner dynamiquement grâce à la collaboration entre utilisateurs et la complémentarité apportée par leurs contextes différents (opérateur en RA qui peut rappeler les contraintes réelles, expert en RV qui peut explorer plus librement des espaces de solutions).