

Institut Image – LISPEN (Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques)

Sujet de thèse

Aide aux opérations de maintenance par la réalité augmentée

1 - Contexte

La réalité augmentée connaît un intérêt croissant pour une utilisation dans l'usine. Elle permet l'affichage d'informations diverses à un opérateur sur le monde réel, afin par exemple d'assister l'opérateur dans des tâches telles que la maintenance d'une machine.

La thèse a pour contexte l'apport des technologies de la réalité virtuelle/augmentée pour améliorer la performance des personnels en usine, en particulier pour des opérations de maintenance. Les travaux seront réalisés en collaboration entre les Arts et Métiers et le groupe SUEZ.

2 - Etat de l'art et problématiques

Avant de développer des interactions avec les données virtuelles, il est important de définir les scénarios d'usage et les besoins associés. En fonction de ce ceux-ci, les interactions peuvent plus ou moins être complexes. Aussi, lors de la définition des scénarios d'usage, est-il important de distinguer ce qui relève de la procédure ou du geste. Dans une procédure, le geste à réaliser – et donc les interactions – peuvent être simples car ce qui compte est de suivre une succession d'étapes dans un ordre défini, indépendamment du geste associé à chacune des étapes. Néanmoins, une étape particulière peut nécessiter la réalisation de gestes précis, par exemple pour réaliser une opération délicate ou dangereuse.

Une problématique consiste donc à déterminer le niveau de complexité des interactions avec les éléments virtuels répondant au mieux aux critères définis par les scénarios d'usage.

Par ailleurs, les modalités d'interaction avec les données en réalité augmentée restent embryonnaires. Si de nombreux travaux ont été effectués en réalité virtuelle pour faciliter l'interaction avec l'environnement virtuel, ceux-ci restent limités en réalité augmentée en raison des contraintes liées au monde physique : dispositifs d'interaction intrusifs, faible adéquation en termes de perception entre le monde réel et les données virtuelles, contexte d'utilisation des outils, absence de retours multi-sensoriels, performance de la tâche et impact sur les utilisateurs.

Les problématiques consistent donc à déterminer les modalités d'interaction permettant d'assister un opérateur et lui permettre une exécution optimale des tâches.

Enfin, l'assistance à l'opérateur ne se limite pas à afficher des informations virtuelles avec lesquelles celui-ci peut interagir. Elle peut concerner également la collaboration à distance avec d'autres opérateurs pour laquelle la problématique dépasse le simple cadre de l'interaction avec des données.

Les problématiques consistent à déterminer les modalités d'interaction les plus efficaces avec l'(les) autre(s) en termes de moyens de communication, de représentation éventuelle de l'(des) autre(s) collaborateurs.

3 - Verrous scientifiques

Les verrous identifiés de ce projet de recherche sont les suivants :

- Identification des modalités d'interaction adaptées au contexte et au profil de l'utilisateur
- Utilisation de la multi-sensorialité pour améliorer l'interaction en termes de perception et de performance
- Identification des meilleures modalités de représentation d'un collaborateur
- Identification des meilleures modalités d'interaction avec le(s) collaborateur(s) en termes de communication et de partage d'informations (comment et quels éléments partager)
- Définition de métriques de performance de la tâche et d'impact sur les utilisateurs, quantification du gain de l'utilisation des technologies de réalité augmentée pour l'exécution d'une tâche

4 - Démarche proposée

Dans le cadre de cette thèse, il sera prévu de développer et d'évaluer des modalités d'interaction innovantes permettant d'optimiser la performance de la tâche et l'impact sur les utilisateurs selon le contexte d'usage et leur profil. Il s'agira en particulier d'étudier des techniques dites naturelles qui doivent permettre d'éviter l'utilisation de dispositifs intrusifs pour l'utilisateur.

La multi-sensorialité sera également étudiée afin de déterminer les sens humains les plus pertinents à exploiter dans le cadre d'une interaction en réalité augmentée (haptique, son, odorat).

Concernant la télé-collaboration, il est prévu de développer et d'évaluer des modalités d'interaction avec d'autres collaborateurs. Pour cela, une étude des moyens de communication optimaux sera réalisée. Des paramètres tels que la latence de communication seront pris en compte.

La représentation de l'autre sera également considérée ; il s'agira de développer et d'évaluer diverses métaphores de représentation du collaborateur distant et de déterminer la plus appropriée permettant un engagement optimal de l'utilisateur.

Pour évaluer la pertinence de modalités d'interaction, des métriques de mesures de la performance des utilisateurs seront définis et évalués.

Les cas d'application seront liés à la maintenance de systèmes complexes à travers deux scénarios définis conjointement avec SUEZ.

La démarche proposée suivra les étapes suivantes :

- L1 : Etat de l'art lié à la problématique,
- L2 : Définition des besoins et des scénarios d'usage
- L3 : Définition, développement et évaluation de techniques d'interaction avec des données
- L4 : Définition, développement et évaluation de techniques d'interaction dans un cas de télé-collaboration
- L5 : Définition de métriques pour mesurer la performance de la tâche et d'impact sur les opérateurs
- L6 : Validation sur les cas d'usage définis en L2
- L7 : Publications et rédaction du mémoire ; rédaction d'un guide de recommandations

5 - Résultats attendus

- Démonstrateurs technologiques sous forme de preuves de concept
- Evaluations
- Guide de recommandations de techniques d'interaction à mettre en place pour l'aide à la maintenance
- Publication dans des conférences internationales et dans des journaux à comité de lecture,

6 - Profil du candidat

Formation universitaire (dans le domaine de l'informatique graphique ou des mathématiques appliquées) ou Ingénieur (généraliste) avec un Master 2 recherche.

Domaines de compétences recherchées :

- Interactions multi-sensorielles
- Réalité augmentée

Autonomie, capacité de rédaction (anglais et français), rigueur scientifique.

7 - Lieu de la thèse

La thèse sera effectuée à temps partagé à l'Institut Image Arts et Métiers et chez Suez.

8 - Contacts

Frédéric Merienne – Lispen
frederic.merienne@ensam.eu

Jean-Rémy Chardonnet – Lispen
jean-remy.chardonnet@ensam.eu

Jérémy Plouzeau – Lispen
jeremy.plouzeau@ensam.eu

9 - Bibliographie

- Feng Zhou, H. B. Duh and M. Billinghurst, "Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR," 2008 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Cambridge, 2008, pp. 193-202. doi: 10.1109/ISMAR.
- Josef Wolfartsberger, Jan Zenisek, Norbert Wild, Data-Driven Maintenance: Combining Predictive Maintenance and Mixed Reality-supported Remote Assistance, *Procedia Manufacturing*, Volume 45, 2020, 307-312, doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.022.
- Kyeong-Beom Park, Minseok Kim, Sung Ho Choi, Jae Yeol Lee, Deep learning-based smart task assistance in wearable augmented reality, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 63, 2020, doi: 10.1016/j.rcim.2019.101887.
- Q. Loizeau, F. Danglade, F. Ababsa, et F. Merienne, « Evaluating added value of augmented reality to assist aeronautical maintenance workers - Experimentation on on-field use case », in *EuroVR*, Tallinn, Estonia, oct. 2019, vol. 11883, p. 151-169, doi: 10.1007/978-3-030-31908-3_10.
- F. Ababsa, J. He, et J.-R. Chardonnet, « Free Hand-Based 3D Interaction in Optical See-Through Augmented Reality Using Leap Motion », in *EuroVR*, London, UK, 2018.
- S. K. Janani, P. Swarnalatha, Study of Human-Computer Interaction in Augmented Reality. In: Das K., Bansal J., Deep K., Nagar A., Pathipooranam P., Naidu R. (eds) *Soft Computing for Problem Solving. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1057, Springer, 2020.
- Huidong Bai, Prasanth Sasikumar, Jing Yang, and Mark Billinghurst, A User Study on Mixed Reality Remote Collaboration with Eye Gaze and Hand Gesture Sharing. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '20)*, 1–13. doi: 10.1145/3313831.3376550.
- Carroll, John M., Dennis C. Neale, Philip L. Isenhour, Mary Beth Rosson, and D.Scott McCrickard. "Notification and Awareness: Synchronizing Task-Oriented Collaborative Activity." *International Journal of Human-Computer Studies* 58, no. 5 (May 2003): 605–632. doi:10.1016/S1071-5819(03)00024-7.
- Duarte Filho, Nelson, Costa Botelho, Silvia, Tyska Carvalho, Jonata, Botelho Marcos, Pedro, Queiroz Maffei, Renan, Remor Oliveira, Rodrigo, Ruas Oliveira, Rodrigo and Alves Hax, Vinicius, "An immersive and collaborative visualization system for digital manufacturing". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 50:9-12, 1253-1261, Springer-Verlag, 2010
- Garau, Maia, Mel Slater, Vinoba Vinayagamoorthy, Andrea Brogni, Anthony Steed, and M. Angela Sasse. "The Impact of Avatar Realism and Eye Gaze Control on Perceived Quality of Communication in a Shared Immersive Virtual Environment." In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 529–536. ACM, 2003. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=642703>