

---

# Influence d'un dispositif de réalité augmentée dans l'apprentissage d'une tâche collaborative humain-cobot sur les performances et des facteurs humains

Kévin Bouillet<sup>\*1</sup>, Muriel Lombard<sup>2</sup>, Alex Gabriel<sup>3</sup>, Alaa Hassan<sup>3</sup>, and Sophie Lemonnier<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Développement, Adaptation et Handicap – Université de Lorraine – France

<sup>2</sup>AIP-Priméca Lorraine – Université de Lorraine – France

<sup>3</sup>Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs – Université de Lorraine, Université de Lorraine : EA3767 – France

<sup>4</sup>Psychologie Ergonomique et Sociale pour l'Expérience utilisateurs – Université de Lorraine – France

## Résumé

L'Industrie du Futur place les facteurs humains au centre des enjeux, notamment à travers l'usage de robots collaboratifs (cobots) permettant à l'opérateur humain d'interagir avec eux dans un espace partagé (Shravani & Rao, 2018). L'intégration de ces systèmes modifie la relation entre l'opérateur, sa tâche et son environnement, nécessitant une adaptation aux nouvelles formes d'interaction (Bouillet et al., 2023). Parmi les outils d'apprentissage, la réalité augmentée (RA) pourrait offrir des solutions pertinentes pour faciliter la compréhension des tâches et des interactions avec les cobots (de Moura Costa et al., 2022). **Cette étude évalue l'effet d'un dispositif de RA sur les performances à une tâche d'assemblage collaborative, les interactions humain-cobot et les sollicitations physiques et mentales lors de l'apprentissage.**

Vingt et un participants ont appris une tâche collaborative avec un dispositif de RA (Hololens 2) et dix-neuf avec un poster papier. Ils devaient assembler des produits avec un cobot (UR5e) tout en désassemblant simultanément d'autres éléments. Après deux essais d'apprentissage sur deux plaques chacun, une phase test sur trois plaques évaluait leur capacité à assembler rapidement et sans erreur, tout en désassemblant un maximum de produits. Les performances (temps, erreurs, produits désassemblés) ont été mesurées. Les essais, filmés et codés, ont permis d'analyser l'activité du cobot (inactivité, activité, attente) et de l'humain (activité/inactivité selon les zones). Onze centrales inertielles ont permis une évaluation continue de la posture (RULA complet et pour les articulations du dos, de la nuque, des épaules, des coudes et des poignets), un cardiofréquence-mètre mesurait la fréquence cardiaque moyenne et la variabilité (RMSSD), et le NASA-TLX a été utilisé après la phase test pour évaluer la charge mentale.

L'apprentissage avec le dispositif RA a conduit à de meilleures performances d'assemblage : temps d'assemblage 20% plus long et trois fois plus d'erreurs mineures que sans la RA. Toutefois, le désassemblage était 40% plus efficace après apprentissage avec la RA. L'activité

---

\*Intervenant

des participants représentait environ 65% de son temps de travail, quel que soit le mode d'apprentissage, mais les interactions avec le cobot différaient avec un temps d'attente pour le cobot 27% plus long après apprentissage avec la RA. Les mesures de posture (RULA complet et pour chaque articulation étudiée), de fréquence cardiaque (FC, RMSSD) et de charge de travail (NASA-TLX) n'ont pas montré de différences significatives entre les deux modes d'apprentissage.

L'apprentissage avec la RA n'a pas amélioré l'assemblage, mais a favorisé de meilleures performances en désassemblage, suggérant une meilleure organisation multitâche. Les interactions avec le cobot différaient sans impact sur la charge mentale ou physique, soulignant un usage plus stratégique du dispositif. Cette étude suggère que l'utilisation d'un dispositif de réalité augmentée lors de l'apprentissage d'une situation de travail pourrait favoriser une meilleure compréhension globale des tâches, sans pour autant améliorer immédiatement les performances ni accroître la charge mentale du travailleur humain (Sanna et al., 2015). Toutefois, exploiter pleinement le potentiel de la réalité augmentée nécessiterait d'optimiser les scénarios pédagogiques et les modalités d'utilisation du dispositif, ainsi que de concevoir des interfaces plus fluides afin d'améliorer les performances sur les différentes tâches tout en limitant les risques pour la santé de l'opérateur (Weerasinghe et al., 2022).

Bouillet, K., Lemonnier, S., Clanche, F., & Gauchard, G. (2023). Does the introduction of a cobot change the productivity and posture of the operators in a collaborative task? *PLOS ONE*, 18(8), e0289787. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289787>

de Moura Costa, G., Petry, M. R., & Moreira, A. P. (2022). Augmented Reality for Human-Robot Collaboration and Cooperation in Industrial Applications: A Systematic Literature Review. *Sensors*, 22(7), 2725. <https://doi.org/10.3390/s22072725>

Sanna, A., Manuri, F., Piumatti, G., Paravati, G., Lamberti, F., & Pezzolla, P. (2015). A Flexible AR-based Training System for Industrial Maintenance. In L. T. De Paolis & A. Mongelli (Eds.), *Augmented and Virtual Reality* (Vol. 9254, pp. 314-331). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-22888-4\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-319-22888-4_23)

Shravani, N. K., & Rao, S. (2018). Introducing robots without creating fear of unemployment and high cost in industries. *International Journal of Engineering Technology Science and Research*, 5(1), Article 1.

Weerasinghe, M., Quigley, A., Pucihar, K. C., Toniolo, A., Miguel, A., & Kljun, M. (2022). Arigatō: Effects of Adaptive Guidance on Engagement and Performance in Augmented Reality Learning Environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(11), 3737-3747. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2022.3203088>