

Titre : Jumeaux numériques et réalités virtuelles ou augmentées : interactions et usages dans l'industrie 4.0.

Mots-clés : Industrie 4.0, jumeau numérique, réalité virtuelle, réalité augmentée, Interactions Humain Machine

Stage de fin d'étude pouvant ouvrir sur une thèse en fonction des résultats obtenus.

Contexte et problématique scientifique

Dans le contexte de l'industrie 4.0 et de l'usine numérique, les jumeaux numériques, la réalité virtuelle et la réalité augmentée représentent des technologies clés pour concevoir, simuler et optimiser les systèmes cyber-physiques industriels et pour interagir avec ce dernier que ce soit directement, à distance ou de manière collaborative (Uhlemann, Lehmann and Steinhilper, 2017; Ke *et al.*, 2019; Vincent Havard *et al.*, 2019; Sjarov *et al.*, 2020). Ces technologies permettent par exemple d'ouvrir de nouvelles possibilités dans la conception, l'étude ou la mise en œuvre de systèmes industriels et poste de travail intégrant des composants de l'industrie 4.0 et nécessitant d'interagir avec le système physique et le système virtuel. La réalité virtuelle va permettre d'interagir à travers le jumeau numérique avec les maquettes numériques et des simulations du système industriel, afin de travailler sur sa conception ou son optimisation (Rückert, Wohlfromm and Tracht, 2018; Vincent Havard *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2019). Les interactions homme-machine entre l'opérateur et le système industriel peuvent être basées sur des dispositifs de réalité augmentée interfacés avec le jumeau numérique et permettant de visualiser des informations ou instructions sur les opérations à réaliser (Rabah *et al.*, 2018; V Havard *et al.*, 2019). Enfin ces technologies sont également utiles pour former les opérateurs à ces situations professionnelles (Matsas and Vosniakos, 2017; Fratzczak *et al.*, 2019; Vincent Havard *et al.*, 2019; Badets *et al.*, 2020).

Les questions de recherche portent sur l'architecture, les processus d'échanges d'informations et de co-simulation entre le système réel et le jumeau numérique couplé à des interfaces en réalité virtuelle ou en réalité augmentée et sur les usages de ces modes d'interactions pour concevoir ou exploiter des systèmes industriels. Des problématiques de co-simulation ou d'interactions couplant par exemple la simulation du process industriel (robotique, flux, ...) réalisée au sein du jumeau numérique (Malik and Bilberg, 2018; Kousi *et al.*, 2019; Al-Geddawy, 2020; Pérez *et al.*, 2020) et les interactions en environnements virtuel ou augmenté font partie d'études et de travaux de recherche au sein du laboratoire LINEACT CESI.

Afin d'appuyer ses activités de recherche et de formation, LINEACT CESI dispose de démonstrateurs Industrie du Futur comprenant une unité de fabrication additive métallique, un système de production flexible, des postes manuels et cobotiques ou encore des robots mobiles et des équipements de prototypage ou d'usinage. Un premier jumeau numérique associé à des interfaces homme-machine basées sur la réalité virtuelle ou augmentée a été initié. Il permet par exemple d'effectuer des simulations en environnement immersif de

postes de travail manuels intégrant un poste cobotique pour des opérations d'assemblage. Ces équipements et cette base de jumeau numérique pourront être exploités dans le cadre des développements des preuves de concept de ce stage.

Objectif et travaux à réaliser

L'objectif de stage est de développer une preuve de concept d'un Jumeau Numérique associé à des interfaces en RA ou RV et d'évaluer les usages de ces technologies dans des applications d'industrie 4.0. Les travaux porteront notamment sur la mise en place d'opérations en RA (Casque hololens) sur le système réel ou en RV (casque HTC Vive) sur le système virtuel à travers le jumeau numérique. Le système technique considéré sera l'un des équipements des démonstrateurs industrie du futur.

Les étapes de ce travail de recherche seront :

- 1) Réalisation d'un état de l'art sur les jumeaux numériques et la RA/RV dans le contexte de l'industrie 4.0.
- 2) Définition du cahier des charges du cas d'usages (ex : opérations de maintenance, poste robotique).
- 3) Développement d'une preuve de concept et mise en application pour en étudier les usages, performances et limites.
- 4) Rédaction du rapport et soutenance de stage.
- 5) Valorisation des travaux à travers la rédaction d'une communication scientifique.

Ces travaux s'inscrivent dans les thématiques de recherche du laboratoire LINEACT CESI. LINEACT CESI est organisé autour de deux thèmes scientifiques interdisciplinaires et deux domaines applicatifs. Les thèmes « Apprendre et Innover » et « Ingénierie et Outils Numériques » développent et croisent leurs recherches dans les domaines applicatifs de l'Industrie du Futur et de la Ville du Futur.

Dans le cadre de ce projet de recherche, le stagiaire pourra s'appuyer sur l'expertise du laboratoire sur la modélisation et l'évaluation des usages des environnements augmentés ou des environnements virtuels dynamiques et collaboratifs appliqués dans le domaine de l'industrie 4.0. Il pourra également s'appuyer sur des compétences et travaux du laboratoire sur les systèmes cyber physiques industriels et plus spécifiquement sur les jumeaux numériques et leurs architectures.

Laboratoire : LINEACT Laboratoire d'Innovation Numérique pour les Entreprises et les Apprentissages au service de l'Entreprise et de la Compétitivité des Territoires, <https://lineact.cesi.fr>

Encadrants :

- Ahlem ASSILA (aassila@cesi.fr), Enseignant-Chercheur CESI – Laboratoire LINEACT

- David BAUDRY (dbaudry@cesi.fr), Directeur de recherche CESI – Laboratoire LINEACT
- Mourad ZGHAL (mzghal@cesi.fr), Responsable Régional Recherche Innovation, Région EST.

Lieu de travail : CESI Reims.

Date de démarrage : janvier 2022

Durée : 4 à 6 mois

Modalités de recrutement: sur dossier et entretien.

Merci d'adresser votre candidature à Ahlem Assila (aassila@cesi.fr), David Baudry (dbaudry@cesi.fr) et Mourad Zghal (mzghal@cesi.fr) avec pour objet de mail :

« [Candidature] stage Jumeau numérique industrie et RA/RV »

Votre candidature devra comporter :

- **un Curriculum-Vitae détaillé du candidat.** En cas de rupture dans le cursus universitaire, merci de donner une explication ;
- **les résultats** du MASTER 1 et 2 et les bulletins de notes correspondant ;
- toute autre pièce que vous jugerez utile.

*Merci de transmettre l'ensemble des documents au sein d'un fichier zip intitulé **NOM prénom.zip**.*

Profil recherché:

Compétences:

- Master 2 ou ingénieur en informatique orienté RA/RV et Interactions Homme Machine
- Compétences en développement informatique et notamment en C# et Unity
- Des connaissances en robotique ou génie industriel seraient un plus
- Avoir des capacités de rédaction
- Maîtrise de l'anglais

Compétences relationnelles :

- être autonome, avoir un esprit d'initiative et de curiosité,
- savoir travailler en équipe et avoir un bon relationnel,
- être rigoureux

Bibliographie

Al-Geddawy, T. (2020) 'A Digital Twin Creation Method for an Opensource Low-cost Changeable Learning Factory', *Procedia Manufacturing*, 51, pp. 1799–1805. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.250.

Badets, A. *et al.* (2020) 'Using collaborative VR technology for Lean Manufacturing Training: a case study', in: *VRIC ConVRgence 2020: 22nd Virtual Reality International Conference - Laval Virtual*, Laval, France.

Fratczak, P. *et al.* (2019) 'Understanding Human Behaviour in Industrial Human-Robot Interaction by Means of Virtual Reality', in *Proceedings of the Halfway to the Future Symposium 2019. HTTF 2019: Halfway to the Future*, Nottingham United Kingdom: ACM, pp. 1–7. doi: 10.1145/3363384.3363403.

Havard, V *et al.* (2019) 'An architecture for data management, visualisation and supervision of Cyber- Physical Production Systems', in *Proceedings of the 17th International Conference on Manufacturing Research. ICMR 2019*, Belfast, p. 6. doi: 10.3233/ATDE190015.

Havard, Vincent *et al.* (2019) 'Digital twin and virtual reality: a co-simulation environment for design and assessment of industrial workstations', *Production & Manufacturing Research*, 7(1), pp. 472–489. doi: 10.1080/21693277.2019.1660283.

Ke, S. *et al.* (2019) 'A enhanced interaction framework based on VR, AR and MR in digital twin', *Procedia CIRP*, 83, pp. 753–758. doi: 10.1016/j.procir.2019.04.103.

Kousi, N. *et al.* (2019) 'Digital twin for adaptation of robots' behavior in flexible robotic assembly lines', *Procedia Manufacturing*, 28, pp. 121–126. doi: 10.1016/j.promfg.2018.12.020.

Malik, A. A. and Bilberg, A. (2018) 'Digital twins of human robot collaboration in a production setting', *Procedia Manufacturing*, 17, pp. 278–285. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.047.

Matsas, E. and Vosniakos, G.-C. (2017) 'Design of a virtual reality training system for human–robot collaboration in manufacturing tasks', *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 11(2), pp. 139–153. doi: 10.1007/s12008-015-0259-2.

Pérez, L. *et al.* (2019) 'Industrial robot control and operator training using virtual reality interfaces', *Computers in Industry*, 109, pp. 114–120. doi: 10.1016/j.compind.2019.05.001.

Pérez, L. *et al.* (2020) 'Digital Twin and Virtual Reality Based Methodology for Multi-Robot Manufacturing Cell Commissioning', *Applied Sciences*, 10(10), p. 3633. doi: 10.3390/app10103633.

Rabah, S. *et al.* (2018) 'Towards improving the future of manufacturing through digital twin and augmented reality technologies', *Procedia Manufacturing*, 17, pp. 460–467. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.070.

Rückert, P., Wohlfrohm, L. and Tracht, K. (2018) 'Implementation of virtual reality systems for simulation of human-robot collaboration', *Procedia Manufacturing*, 19, pp. 164–170. doi: 10.1016/j.promfg.2018.01.023.

Sjarov, M. *et al.* (2020) 'The Digital Twin Concept in Industry – A Review and Systematization', p. 8.

Uhlemann, T. H.-J., Lehmann, C. and Steinhilper, R. (2017) 'The digital twin: Realizing the cyber-physical production system for industry 4.0', *Procedia Cirp*, 61, pp. 335–340.