

# OFFRE DE THESE CIFRE :

OPTIMISATION DES RETOURS  
SENSORIELS ET DE L'EFFICIENCE DE  
L'INTERACTION MANUELLE DANS UNE  
EXPERIENCE DE XR

-

APPLICATION A LA TRANSMISSION DES  
SAVOIR-FAIRE


## 1 DIRECTION DE THESE :


Thierry Duval, Guillaume Moreau

## 2 ENCADREMENT :

Lionel Dominjon (CLARTE) 

Thierry Duval (IMT-Atlantique) 

Guillaume Moreau (IMT-Atlantique) 

Étienne Peillard (IMT-Atlantique) 

## 3 RESUME

Il s'agira dans ce travail de thèse de développer un cadre méthodologique pour le développement d'applications d'eXtended Reality (XR) par composants permettant d'améliorer la perception et l'efficacité des tâches en XR via l'ajustement des retours sensoriels mis en œuvre lors de l'interaction.

## 4 CONTEXTE INDUSTRIEL ET ECONOMIQUE DE LA THESE :

Contribuer à la montée en compétences des PME des Pays de la Loire dans le domaine de l'eXtended Reality : Réalité Virtuelle, Augmentée et Mixte (continuum allant de la Réalité Virtuelle à la Réalité Augmentée) en leur facilitant le développement d'applications capables d'intégrer les caractéristiques métiers de leurs clients pour faciliter l'utilisation et l'appropriation de ces applications 3D. Un focus particulier sera fait sur l'usage de la XR pour le transfert de connaissances.

## 5 PRESENTATION DETAILLEE DU SUJET :

Le volet scientifique de cette thèse consistera à étudier et proposer des modèles pour faciliter la prise en compte des environnements métiers des usagers dans la création d'applications de XR liées à l'apprentissage et plus particulièrement au transfert de connaissances. Des travaux récents ont mis en évidence que la question de la représentation de la main pour la formation en chirurgie laparoscopique était un facteur

influent [1] sur la qualité de l'interaction. A l'inverse, d'autres travaux [2] ont montré qu'il était possible de créer un catalogue d'interactions pour une ontologie de tâches. Enfin, des approches basées sur la représentation de gestes et/ou de comportements d'experts semblent prometteuses pour pouvoir également guider efficacement les utilisateurs dans les tâches qu'ils ont à réaliser [5,6].

Le premier objectif de cette thèse est de proposer un cadre conceptuel facilitant la conception et la réalisation d'applications où les utilisateurs n'aient pas à s'adapter aux contraintes imposées par les nouveaux systèmes de XR mais au contraire où il est possible d'adapter ces systèmes aux besoins des utilisateurs. Par exemple, pour l'usage d'applications 3D que l'on déploie en utilisant des casques de Réalité Virtuelle, cela peut consister à permettre aux utilisateurs d'interagir autrement qu'au travers des contrôleurs habituellement associés à ces casques (les manettes fournies avec les casques) en leur permettant d'utiliser plutôt des objets tangibles qui sont aussi ceux qu'ils utilisent dans les tâches réelles de leurs activités habituelles. Un autre exemple pourrait être de travailler sur les meilleurs moyens de modéliser les environnements virtuels métiers en s'assurant qu'ils seront perçus (visuellement, de façon sonore, de façon haptique, ...) de la manière la plus réaliste possible par les utilisateurs (ou du moins d'une façon la plus efficace possible aux besoins des utilisateurs, ce qui peut parfois amener à s'écarter volontairement de la recherche du réalisme).

Le second objectif est d'étudier quelle serait la meilleure façon de guider un utilisateur en se basant sur des connaissances acquises à partir d'interactions préalablement enregistrées qui auraient été effectuées par des experts des tâches à réaliser. En fonction de la connaissance acquises lors de ces enregistrements (trajectoires des mouvements et leur vitesse d'exécution, forces appliquées, ...), il s'agirait par exemple de déterminer quand restituer cette connaissance de l'interaction : toujours, sur demande explicite de l'utilisateur, ou bien encore seulement lorsque l'utilisateur s'éloigne de ce qui a pu être déterminé comme l'interaction nominale avec le système. Des travaux similaires ont été réalisés dans ce domaine au travers d'un guidage en temps réel par un expert [4] et semblent prometteurs, il s'agira ici d'aller plus loin en se passant de la présence d'un expert en temps réel et en le remplaçant par la modélisation qu'on aura pu réaliser à partir de la captation de son interaction. On pourra ici également aller au-delà de ces travaux et s'appuyer sur des restitutions multimodales (associant des retours visuels, sonores, haptiques, par exemple au travers de l'usage d'objets tangibles).



Pour cela, il conviendra tout d'abord de mener en parallèle à la fois une étude bibliographique pour recenser les moyens de l'état de l'art pour prendre en compte ces caractéristiques métiers lors de la réalisation d'applications de XR et pour restituer de façon multi-modale des connaissances sur l'interaction acquises grâce à des captations d'expertises. Cet état de l'art devra être complété par une étude de terrain auprès des industriels des Pays de la Loire pour préciser leurs champs d'applications habituels.

On pourra alors faire un croisement entre les résultats de ces deux études pour obtenir des premières pistes d'améliorations des pratiques existantes dans les domaines potentiellement les plus utiles à nos industriels. Pour cela, il faudra commencer par produire de premières briques logicielles et étudier à travers ces réalisations, par le biais d'expérimentations auprès d'utilisateurs finaux potentiels, les limitations des pratiques actuelles. Il sera alors nécessaire de proposer et réaliser des améliorations de techniques d'interactions ou de représentations métiers.

Cela va conduire à proposer des métriques pour évaluer la qualité de ces interactions et représentations, qui pourront conduire à l'établissement de recommandations de conception et de réalisation d'applications XR. Si on considère l'exemple de l'usage d'un simulateur possédant des éléments physiques tangibles destinés à l'apprentissage d'une procédure d'assemblage industriel, de façon à fournir à la fois un modèle 3D numérique et une maquette réelle qui sont superposables à l'échelle 1:1, soit en RV ou en RA, il faudrait tout d'abord étudier comment bien représenter les informations de guidages visuels qu'il est possible de fournir suite aux captations des interactions des experts, et à quel moment les utiliser et/ou interagir avec. Il faudrait ensuite déterminer que degré minimal de réalisme il est nécessaire d'atteindre pour obtenir un apprentissage satisfaisant, quel est le degré de réalisme à atteindre pour obtenir un apprentissage optimal, et quel est le degré de réalisme au-delà duquel il est inutile d'aller car cela n'améliore plus en rien la qualité de l'apprentissage. Les caractéristiques de la maquette permettant d'influer sur ce réalisme peuvent être par exemple le poids des éléments physiques, leur forme, leur aspect visuel, leur toucher, leur odeur. Il serait également nécessaire d'étudier les différentes interactions possibles dans des environnements virtuels, et notamment des actions impossibles dans le monde réel mais physiquement possibles (comme passer à travers un mur virtuel par exemple). Dans ce cas, des méthodes de représentation permettant de proposer un feedback adapté à l'utilisateur (impliquant par exemple des retours pseudo-haptiques [3]) pourront être proposés. Ainsi, il serait important, par le biais de plusieurs études, d'aboutir à



des recommandations génériques, et/ou adaptées quand c'est nécessaire à des domaines applicatifs particuliers, lors de l'élaboration des applications XR visées.

Idéalement, ces métriques et les moyens de les exploiter devraient être intégrés dans les modules informatiques développés durant la thèse de façon à en faciliter par la suite un usage optimal. Par exemple, si l'on est amené à développer des briques d'interaction basées sur l'usage des mains des utilisateurs et qui fournissent une représentation visuelle de ces mains, il faut pouvoir déterminer à quel point il est important de respecter la taille et la forme des mains des utilisateurs pour que les interactions soient possible/efficaces/optimales, et fournir un outil permettant de calculer cette correspondance sans que les développeurs utilisant cette brique n'aient besoin de mener de nouvelles expérimentations pour s'assurer de l'efficacité du système obtenu.

Enfin, il s'agira de s'appuyer sur l'expertise de CLARTE en termes de transfert de technologie, et sur la collaboration avec l'ingénieur de recherche associé à la thèse, pour packager les modules réalisés (sous forme par exemple de packages Unity) afin de pouvoir les diffuser aux industriels des Pays de la Loire, et pour fournir un accompagnement à ces entreprises pour les aider à prendre en main ces modules.

## 6 PROFIL ET COMPETENCES RECHERCHES

Les compétences requises sont celles attendues par un niveau master/école d'ingénieur en informatique. Une expérience notable dans un ou plusieurs des domaines ci-dessous sera grandement appréciée :

- Réalité virtuelle / augmentée : connaissances pratiques et théoriques du rendu 3D temps-réel, des interactions 3D et naturelles, IHM et périphériques d'interaction, ...
- Moteurs 3D : Unity3D, Unreal Engine, ...
- Conception et évaluation de l'expérience utilisateur (UX).

Des compétences en programmation sont absolument nécessaires. La réalisation de projets et/ou de stages liés aux compétences ci-dessus seront fortement appréciés.

Le ou la candidat-e devra faire preuve de curiosité et d'autonomie. Il devra avoir une bonne maîtrise de l'anglais (écrit et oral).

## 7 A PROPOS DE CLARTE

[www.clarte-lab.fr](http://www.clarte-lab.fr)

<https://www.linkedin.com/company/clarte>

<https://www.youtube.com/user/clarteassoifr/featured>

## 8 REFERENCES :

- [1] Ricca, A., Chellali, A., & Otmane, S. (2021). The influence of hand visualization in tool-based motor-skills training, a longitudinal study. 2021 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). <https://doi.org/10.1109/VR50410.2021.00031>
- [2] Raimbaud, P. (2020). Virtual reality for building industry needs: guiding the design of user interactions through a task-centred methodology [HESAM Université ; Universidad de los Andes (Bogotá)]. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-03132678>
- [3] Lecuyer, A., Coquillart, S., Kheddar, A., Richard, P., & Coiffet, P. (2000). Pseudo-haptic feedback: Can isometric input devices simulate force feedback? Virtual Reality Annual International Symposium, 83–90. <https://doi.org/10.1109/vr.2000.840369>
- [4] Le Chénéchal, M., Duval T., Gouranton V., Royan J., Arnaldi B., in the research topic Collaboration in Mixed-Reality of the Virtual Environments section of Frontiers in ICT journal and Frontiers in Robotics and AI journal, October, 2019
- [5] Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. In Educational Psychology Review (pp. 1–22). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- [6] Slater, M. (2017). Implicit Learning Through Embodiment in Immersive Virtual Reality (pp. 19–33). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_2)