

**Proposition de sujet de thèse**  
***Co-développement d'applications de réalité virtuelle pour l'industrie***

### **1 - Contexte**

L'équipe de Chalon sur Saône du Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques (Lispén) développe des activités de recherche dans les domaines des interactions immersives pour l'industrie du futur. Des travaux de recherche précédents du LISPEN ([1], [2]) ont pu démontrer les impacts positifs des techniques de réalité virtuelle ou de réalité augmentée (XR) dans l'industrie. [3] montre que les usages des techniques XR couvrent un large panel des activités industrielles. Ces techniques promettent une accélération de l'innovation et de meilleures performances en matière de conception, production et maintenance. Pendant la phase de conception, les revues de projet immersives peuvent contribuer à réduire le temps de développement, à faciliter la prise de décision et à améliorer la qualité des produits. En production, l'assistance augmentée de l'opérateur production réduit la durée des tâches de fabrication et facilite la visualisation des informations de production. C'est dans le domaine de la maintenance que les techniques de XR ont le plus d'impacts positifs ([1], [2], [3], [4], [5]). En donnant accès à la bonne information au bon moment, elles réduisent le temps d'exécution des tâches, le taux d'erreur, le temps d'apprentissage et l'écart entre les compétences des novices et des experts [1]. Cependant, les outils XR ne sont pas mûrs pour l'industrie du futur. Le déploiement des techniques XR tarde à se généraliser. Il a été noté un manque de retour sur investissement à cause de besoins mal définis, du coût de création des contenus, et du manque de confiance en comparaison avec les outils métier.

### **2 - Description du sujet**

Dans ce contexte, l'ambition de ce projet de thèse sera de déployer les techniques XR dans l'industrie en proposant une méthode pour guider les développeurs d'applications de XR, en tenant compte des besoins des utilisateurs.

Certaines études ([5], [6], [7], [8]) proposent des guides pour la mise en œuvre d'outils virtuels qui pourraient améliorer la satisfaction des utilisateurs. Cependant, elles ne prennent pas en compte tous les critères qui conduisent les industriels à utiliser des dispositifs de XR. Plus précisément, ces travaux se concentrent sur des cas d'applications spécifiques, ne prennent pas en compte les contraintes métier, ou bien se limitent à quelques critères précis (performances de l'utilisateur, charge cognitive, présence, ...). Dans le cadre de la thèse, les critères d'évaluation devront être élargis à tous ceux qui conduisent les utilisateurs à acquérir et à utiliser fréquemment des dispositifs de XR. Il sera alors nécessaire de proposer une nouvelle méthode pour définir une stratégie de conception d'application de XR en tenant de l'ensemble des besoins des utilisateurs.

Pour cela, les verrous scientifiques suivants devront être levés.

- i) Quelles sont les exigences des utilisateurs vis-à-vis des applications de XR ?
- ii) Comment évaluer ces exigences ?
- iii) Quelle modélisation globale des applications de XR basée sur ces exigences pourra aider les développeurs à proposer de meilleures solutions de XR pour l'industrie ?

La thèse s'articulera autour de 3 phases principales.

- Phase 1 : identification des exigences. Il s'agira tout d'abord d'étudier des travaux scientifiques antérieurs et de proposer des sondages auprès d'un panel d'industriels pour identifier les critères d'évaluation potentiels d'une application de XR. Puis, une méthode devra être proposée pour pondérer ces critères. Des solutions

existantes seront évaluées à partir de ces critères.

- Phase 2 : architecture globale d'une application de XR. Il s'agira de proposer une modélisation des applications de XR en se basant sur les critères définis dans la phase 1 et de fournir un guide destiné aux développeurs.
- Phase 3 : évaluation de la méthode. Il s'agira de proposer une méthode pour démontrer que i) l'innovation autour de la création d'applications de XR est facilitée, ii) le niveau de satisfaction des utilisateurs est amélioré, iii) l'utilisation des techniques de XR dans l'industrie est favorisée.

Les applications testées couvriront un large éventail d'utilisations des techniques XR (formation, visualisation, assistance, revues) pour des activités industrielles de conception, de fabrication et de maintenance dans des domaines variés (aéronautique, industriel, automobile, biens de consommation...).

### **3 - Résultats attendus**

- Cahier des charges générique d'application de XR
- Guide pour les développeurs
- Publications dans des conférences internationales et dans des revues à comité de lecture

### **4 - Lieu de réalisation**

Les travaux de thèse se feront sur le site du laboratoire LISPEN à Chalon-sur-Saône (71).

### **5 - Profil de la candidature**

Le candidat devra être titulaire d'un master en génie mécanique, génie industriel ou numérique. Le profil attendu du candidat devra couvrir un ou plusieurs des champs énoncés ci-dessous.

- Conception de produits innovants
- Réalité virtuelle, réalité augmentée
- Industrie du futur

### **6 - Contacts**

La candidature doit être adressée aux contacts suivants par courrier électronique.

- Florence Danglade ([Florence.danglade@ensam.eu](mailto:Florence.danglade@ensam.eu))
- Jean-Remy Chardonnet ([jean-remy.chardonnet@ensam.eu](mailto:jean-remy.chardonnet@ensam.eu))

### **7 - Bibliographie**

[1] Quentin Loizeau. Méthodologie de mise en œuvre d'un dispositif de réalité augmentée en milieu industriel : application à la maintenance. Arts et Métiers, 2021. <https://pastel.hal.science/tel-03678641>

[2] Gregoire Mompeu. Manuel de maintenance intelligent en Réalité Augmentée : Application à l'inspection de pièces de structure. Arts et Métiers, 2023. <https://pastel.hal.science/tel-04503249>

[3] Leonor Adriana Cárdenas-Robledo, Óscar Hernández-Uribe, Carolina Reta, Jose Antonio Cantoral-Ceballos, Extended reality applications in industry 4.0. – A systematic literature review, Telematics and Informatics, Volume 73, 2022, 101863, ISSN 0736-5853, <https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101863>

[4] A. Burova, « Asynchronous industrial collaboration: How virtual reality and virtual tools aid the process of maintenance method development and documentation creation », *Computers in Industry*, vol. 140, p. 103663, sept. 2022, doi: 10.1016/j.compind.2022.103663

[5] J. M. Runji, Y.-J. Lee, et C.-H. Chu, « User Requirements Analysis on Augmented Reality-Based Maintenance in Manufacturing », *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, vol. 22, no 5, p. 050901, oct. 2022, doi: 10.1115/1.4053410

[6] Steven Vi, Tiago Silva, Frank Maurer. User Experience Guidelines for Designing HMD Extended Reality Applications. 17th IFIP Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT), Sep 2019, Paphos, Cyprus. pp.319-341

[7] Vauchez J., Bailly C., Castet J., UXR-kit: An Ideation Method for Collaborative and User-Centered Design about eXtended Reality solutions, (2023) ACM International Conference Proceeding Series, art. no. 5, DOI: 10.1145/3577590.3589605

[8] Hillmann, C. (2021). UX and Experience Design: From Screen to 3D Space. In: UX for XR. Design Thinking. Apress, Berkeley, CA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7020-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7020-2_4)