

## ***Offre de thèse aux Arts et Métiers - Recherche candidat.e de Profil scientifique***

-----

### **Méthodologie de Co-Conception de Mondes Virtuels Persistants (métavers) pour la Formation aux Technologies et à l'Ingénierie.**

#### **Application à la Co-conception d'un Campus Virtuel de Formation axé sur l'utilisation de Jumeaux Numériques dans le cadre du projet JENII**

Arts et Métiers - École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Laboratoires : LCPI et LAMPA

Directeurs de thèse : Pr Améziane AOUSSAT

Co-encadrant : Dr Vincent MEYRUEIS et Dr Sylvain FLEURY

Contact : [Vincent.meyrueis@ensam.eu](mailto:Vincent.meyrueis@ensam.eu)

*Thèse réalisée dans le cadre du projet JENII (Jumeaux numériques immersifs et interactifs pour l'éducation) lauréat de l'appel à manifestations d'intérêt (AMI) « Démonstrateurs Numériques dans l'Enseignement Supérieur » (DemoES) lancé dans le cadre du PIA4 (Programme d'Investissement d'Avenir 4).*

#### **Contexte de la thèse :**

Grand établissement technologique, Arts et Métiers compte 8 campus et 3 instituts. Arts et Métiers a pour missions principales la formation d'ingénieurs et cadres de l'industrie, et la recherche. Il forme chaque année plus de 6 000 étudiants du bac+3 jusqu'au bac+8. Par ses formations, ses 15 laboratoires et sa recherche partenariale, Arts et Métiers est un acteur socio-économique au service des territoires. En savoir plus : <https://artsetmetiers.fr>

JENII est un projet de 3 ans, piloté par Arts et Métiers, de formation à distance pour l'industrie du futur fondé sur des environnements immersifs et collaboratifs bâtis autour de jumeaux numériques de systèmes industriels réels. Ce projet a été sélectionné parmi les 17 lauréats de l'appel à manifestations d'intérêt (AMI) « Démonstrateurs Numériques dans l'Enseignement Supérieur » (DemoES) lancé dans le cadre du PIA4. À ce titre, il bénéficie du plus important budget de l'appel à projets, financé par l'ANR : 9,5 millions d'euros.

Les partenaires académiques de JENII sont : le CNAM, le CESI et ARTS et METIERS, ils représentent 24000 étudiants en France. Le CEA List, expert en recherche sur les systèmes numériques intelligents, est le quatrième partenaire du projet.

**Ce travail de recherche se fonde sur l'hypothèse selon laquelle les mondes virtuels persistants vont permettre l'émergence de nouvelles pratiques pédagogiques innovantes et performantes.**

#### **Encadrement:**

##### **Le LCPI :**

Le Laboratoire Conception de Produits et Innovation (LCPI, EA 3927) est un laboratoire de recherche d'Arts et Métiers ParisTech créé en 1978, dont les travaux s'inscrivent dans le domaine du Génie Industriel. Les trois missions du LCPI (Enseignement, Recherche et Valorisation Industrielle) sont étroitement intégrées et alimentent un thème unique et fédérateur : l'optimisation du Processus de Conception et d'Innovation. L'activités de recherche du laboratoire bénéficient à la fois de l'ancrage académique et d'un partenariat industriel fort, ce qui constitue un important vecteur de modernité et de compétitivité en termes de recherche.

L'équipe du LCPI est pluridisciplinaire ; sa composition fait appel principalement aux Sciences pour l'Ingénieur et aux Sciences Humaines et Sociales. Elle dispose de plateformes technologiques de premier ordre autour de plusieurs centres de compétences : Prototypage immersif et interactif, fabrication rapide, industrie 4.0, innovation / prospective / créativité, analyse de l'usage, ingénierie Kansei ainsi que l'éco-conception et cycle de vie du produit.

Dans le cadre du projet JENII, le LCPI apporte son expertise méthodologique dans la formalisation du besoin autour de l'utilisation de technologies émergentes comme les technologies immersives/interactives et les Jumeaux numériques pour la pédagogie. La recherche consiste dans l'identification, la classification et l'évaluation d'opportunités d'innovations pédagogiques permises par ces nouvelles technologies en amont et d'être capable de prendre en compte l'ensemble des informations et contraintes propres aux technologies et parties prenantes (acteurs métier et utilisateurs/étudiants), afin de garantir une pertinence dans les choix proposés dans la mise en place d'un écosystème sous la forme d'un campus virtuel de formation.

#### Le LAMPA et l'Institut Arts et Métiers de Laval :

Créé le 1er septembre 2005 par Simon Richir, nommé à cette date Professeur des Universités aux Arts et Métiers, l'Institut Arts et Métiers de Laval est un booster du développement économique de la Mayenne grâce aux actions qu'il mène et aux étudiants de haut niveau qu'il forme sur le territoire. L'équipe de recherche pluridisciplinaire de l'Institut Arts et Métiers de Laval est spécialisée dans l'étude des nouveaux usages des technologies immersives (Réalité Virtuelle, Augmentée, Mixte, Mondes Virtuels) et dans l'interaction humain-machine.

Au sein de l'Institut, l'équipe de recherche Présence & innovation du LAMPA compte 15 permanents – chercheurs, ingénieurs et administratifs – et 40 étudiants de Master. Hébergé dans le cadre prestigieux du Laval Virtual Center, qui bénéficie de plusieurs plateformes technologiques partagées, l'Institut pilote une Chaire d'enseignement et de recherche et un projet européen. L'Institut Arts et Métiers de Laval bénéficie d'une équipe de 5 ingénieurs AMVALOR qui lui permettent de transférer de façon agile et rapide aux entreprises les résultats des recherches de son laboratoire.

Fortement impliqué dans le montage et le pilotage technique du projet JENII (Jumeaux d'Enseignement Numériques), l'Institut Arts et Métiers de Laval participe au développement de 10 jumeaux numériques répartis sur le territoire français (Usinage, Fonderie, Forge, Cobotique, Turbomachine, Fabrication Additive Composite...) et pilote la conception du Monde Virtuel Persistant qui permettra de rassembler les étudiants et de leur donner accès aux Jumeaux Numériques (JN) tout en développant des pédagogies innovantes. L'équipe de recherche Présence & innovation du LAMPA apporte à cette thèse ses connaissances des technologies immersives et des mondes virtuels et son expertise dans le développement d'applications immersives et collaboratives.

#### Objectifs :

L'objectif de la thèse est de formaliser une méthode prescriptive de conception de mondes virtuels persistants (métavers) pour la formation. Cette méthode permettra aux entreprises et aux organismes de formation de spécifier puis de réaliser (ou de sous-traiter, le cas échéant) des mondes virtuels persistants (métavers) dédiés à la formation.

Ces mondes virtuels persistants (métavers) répondront aux besoins et aux contraintes de leurs utilisateurs finals (instructeurs et étudiants). Ils permettront la préparation et la mise en œuvre de séquences pédagogiques suivant plusieurs modalités (En présentiel, en distanciel ou en mode comodal) suivant des phases synchrones et asynchrones.

Ce travail de recherche abordera des aspects :

- Pédagogiques : (en lien avec le WP1 du projet JENII) méthodes, évaluation, supports, comodalité, interactivité, personnalisation des enseignements, ...
- Technologiques : (en lien avec le WP2 du projet JENII) outils, matériels, logiciels, backoffice, robustesse, interfaces, persistance, hébergement, avatars, ...
- Ergonomique : (en lien avec le WP3 du projet JENII) utilisabilité, intégration, inclusivité, accessibilité, expérience utilisateur, navigation, interactions, incarnation, agentivité...



### **Hypothèses de recherche (à affiner dans le cadre du travail de recherche) :**

- Une méthode de co-conception centrée utilisateur itérative et agile favorise la réalisation de mondes virtuels persistants pour la formation ;
- La spécification puis la mesure de l'expérience utilisateur lors de la conception facilite la prise de décision des concepteurs de mondes virtuels persistants ;
- Il est possible d'outiller la méthode de co-conception pour aider ses utilisateurs finals à innover en matière d'approches pédagogiques (favoriser l'émergence de pratiques pédagogiques innovantes lors de la conception du monde virtuel persistant).

### **Organisation des travaux de recherche :**

Le doctorant sera intégré à l'équipe du LCPI sur le campus des Arts et Métiers de Paris. et au sein de l'Institut Arts et Métiers de Laval hébergé au [Laval Virtual Center](#).

Dans le cadre du projet, il participera à la co-conception du Campus Virtuel de Formation axé sur l'utilisation de Jumeaux Numériques en lien avec les ingénieurs chargés des développements informatiques.

Le travail de thèse sera articulé autour des étapes suivantes :

- Mise en place d'une étude des solutions existantes et réalisation d'un état de l'art ;
- Première expérimentation autour de l'utilisation d'un Monde Virtuel Persistant en pédagogie et analyse des résultats en vue d'une première publication ;
- Formalisation d'une première version de la méthode de co-conception de Mondes Virtuels Persistants favorisant l'innovation pédagogique ;
- Application de la méthode à la co-conception du Campus Virtuel de Formation axé sur l'utilisation de Jumeaux Numériques dans le cadre du projet JENII ;
- Seconde expérimentation autour de l'utilisation de la première version du Campus Virtuel JENII et analyse des résultats en vue d'une seconde publication (en partenariat avec le doctorant "WP3 JENII" qui travaille sur l'acceptabilité et l'efficacité des Jumeaux Numériques dans le cadre du projet JENII) ;
- Formalisation de la version 2 de la méthode de co-conception de Mondes Virtuels Persistants favorisant l'innovation pédagogique ;
- Rédaction du mémoire de thèse et soutenance.

### **Profil du candidat recherché :**

Diplômé ingénieur ou master, niveau Bac+5.

Compétences et/ou expériences appréciées en informatique, Réalité Virtuelle-Augmentée-Mixte et en conception/développement d'applications 3D

### **Webographie :**

- <https://www.technologyreview.com/2022/01/20/1043843/safe-metaverse-oasis-consortium-roblox-meta/>
- <https://www.augmented-reality.fr/2022/01/la-gouvernance-du-metaverse-quelle-place-pour-la-france-avec-nicolas-dupain-de-france-immersive-learning/>
- <https://www.enseigner.ulaval.ca/ressources-pedagogiques/la-formation-comodale>
- <https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/transformer-lenseignement-et-la-formation-mission-hybridation/>
- <https://www.govtech.com/education/k-12/ed-tech-startup-launches-global-online-hybrid-stem-school>
- <https://www.microsoft.com/en-us/mesh>
- <https://engagevr.io/>.

## **Bibliographie :**

- Gestes et cognition : caractérisation de l'activité de co-conception multimodale dans un environnement de Réalité Augmentée Spatialisée <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03389476>
- « Vers une révolution de l'apprendre » <https://www.g9plus.org/publications/13-livre-vers-une-revolution-de-l-apprendre>
- Guegan, Jérôme, Stéphanie Buisine, et Julie Collange. « Effet Proteus et amorçage : ces avatars qui nous influencent ». *Bulletin de psychologie* Numéro547 (1 janvier 2017): 3. <https://doi.org/10.3917/bupsy.547.0003>.
- Gorisse, Geoffrey. « Impact du point de vue et de la fidélité des avatars sur les sentiments de présence et d'incarnation en environnement virtuel immersif. », s. d. <http://www.theses.fr/2019ENAM0004>.
- Richir, Simon, Philippe Fuchs, Domitile Lourdeaux, Dominique Millet, Cédric Buche, et Ronan Querrec. « How to design compelling Virtual Reality or Augmented Reality experience? » *International Journal of Virtual Reality* 15, n° 1 (2015) : 35- 47.
- Buisine, S., J. Guegan, J. Barré, F. Segonds, et A. Aoussat. « Using Avatars to Tailor Ideation Process to Innovation Strategy ». *Cognition, Technology and Work* 18, n° 3 (2016): 583- 94. <https://doi.org/10.1007/s10111-016-0378-y>.
- Buxton, Bill. *Sketching User Experiences: Getting the Design Right and the Right Design*. Elsevier/Morgan Kaufmann, 2007.
- Marquié, Gérard. « Physique/numérique, réel/virtuel : des oppositions à dépasser », s. d.
- Hansen, Lærke IN, Niklas Vinther, Lukas Stranovsky, Mark P. Philipsen, Haiyan Wu, et Thomas B. Moeslund. « Collaborative meat processing in virtual reality ». In *Proceedings of the 1st International Workshop on Virtual, Augmented, and Mixed Reality for HRI (VAM-HRI)*, 2018.
- Lin, Mike Tz-Yauw, Jau-Shyong Wang, Hui-Ming Kuo, et Yuzhou Luo. « A Study on the Effect of Virtual Reality 3D Exploratory Education on Students' Creativity and Leadership ». *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 13, n° 7 (15 juin 2017): 3151- 61. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00709a>.
- Sagnier, Camille, Emilie Loup-Escande, Domitile Lourdeaux, Indira Thouvenin, et Gérard Valléry. « User Acceptance of Virtual Reality : An Extended Technology Acceptance Model ». *International Journal of Human-Computer Interaction*, janvier 2020, 1- 15. <https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1708612>.
- Bargoné-Fisette, Thomas. « Transformation de l'organisation du travail et espace de travail collaboratif : analyse d'espaces de coworking avec la perspective de la théorie des configurations organisationnelles », 2017.
- Julien, Nathalie, et Éric Martin. *Le jumeau numérique : De l'intelligence artificielle à l'industrie agile*. Dunod, 2020.
- Elboudali, A., A. Aoussat, F. Mantelet, J. Bethomier, et F. Leray. « A Customised Virtual Reality Shopping Experience Framework Based on Consumer Behaviour: 3DR3CO ». *International Journal on Interactive Design and Manufacturing* 14, n° 2 (2020): 551- 63. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00645-0>.
- Elboudali, Alaa. « Le développement d'un outil de conception d'un magasin virtuel en se basant sur l'expérience comportementale du consommateur ». Thèse de doctorat, Paris, HESAM, 2020. <http://www.theses.fr/2020HESAE035>.
- Hoguet, Benjamin. *La grammaire de la réalité virtuelle : Des histoires qui se racontent aux histoires qui se vivent*. Paris : DIXIT, 2018.