



# Rapport d'activité 2024

# Sommaire

Edito .....	2
Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône .....	3
<b>Recherche</b> .....	4
<b>Formation</b> .....	5
Master Management des Technologies Interactives 3D (MTI3D) .....	5
Diplôme d'ingénieur Science de la Donnée et Intelligence Artificielle (BDIA).....	7
<b>Plateforme technologique</b> .....	7
<b>Transfert</b> .....	8
<b>Equipements remarquables</b> .....	9
<b>Rayonnement international</b> .....	10
L'institut dans son écosystème .....	11
Bilan 2024 .....	12
<b>Eléments clefs et faits marquants</b> .....	12
<b>Formation</b> .....	12
Thèses .....	17
Projets .....	27
Budget 2024 (estimé) .....	31
Développement de la plateforme technologique .....	32
Dissémination .....	33
Rayonnement international.....	36
Allemagne .....	36
Malaisie .....	36
Canada .....	36
Iran.....	36
Partenariats .....	37
Universitaires en France.....	37
Industriels.....	37
Institutionnels.....	38
Publications .....	39
Actions diverses .....	42
A venir .....	43

# Edito

Le développement des technologies immersives offre au milieu socio-économique des opportunités indéniables de développement et d'innovation, au service de la société.

**La réalité étendue (XR)** permet par exemple de former rapidement des opérateurs à des tâches complexes, de manière sécuritaire et répétable ; d'accélérer les processus de conception d'un produit tout en réduisant les coûts associés ; d'améliorer l'acquisition de connaissances par des apprenants ; ou encore de faciliter la rééducation fonctionnelle de membres défaillants.

Cependant, de nombreuses problématiques inhérentes à ces technologies subsistent : apparition de cybermalaise, perception déformée des environnements, inadéquation entre le besoin et l'existant.

**Depuis près de 30 ans, l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône**, rattaché au campus Arts et Métiers de Cluny, développe, à travers l'équipe XR du Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques, des travaux de recherche et d'innovation autour de l'appropriation et du déploiement des technologies immersives, avec un fort accent sur l'utilisateur final comme composant à part entière de la chaîne immersive.

L'Institut de Chalon forme également, à travers le **master MTI3D** et le **doctorat**, les futurs leaders des industries digitales. L'ensemble des activités de l'Institut de Chalon repose enfin sur une plateforme technologique intégrant d'importants moyens matériels, logiciels et humains. L'ensemble de ces activités permet, d'une part de se positionner à la pointe de la connaissance scientifique dans la réalité étendue, d'autre part de répondre rapidement à des problématiques industrielles complexes, avec des applications allant de l'industrie à la santé en passant par la formation et la mobilité.

Ce rapport présente l'ensemble des activités de l'Institut de Chalon pour l'année 2024. Je tiens à remercier tous les personnels de l'Institut de Chalon pour leur engagement au quotidien, ainsi que tous les partenaires pour leur confiance, partenaires académiques, partenaires industriels, partenaires de l'Usinerie au sein duquel l'Institut de Chalon est implanté, l'agglomération du Grand Chalon pour son soutien récurrent.

Les défis restent nombreux, mais c'est par la science, l'innovation, la formation que l'Institut de Chalon, ensemble avec ses partenaires, accompagnera les transitions nécessaires pour une société meilleure.



**Jean-Rémy Chardonnet, professeur,  
Directeur délégué de l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône**

# Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône

## Formation

Master Mention Génie Industriel,  
Spécialité Management des  
Technologies Interactives 3D  
(MTI3D), Parcours Ingénierie  
Numérique

## Recherche & valorisation

Equipe XR du Laboratoire d'Ingénierie  
des Systèmes Physiques et Numériques  
(LISPEN EA7515)

## Transfert & innovation

Plateforme technologique PeTRiiV



# Recherche

L'équipe de recherche de l'institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône est intégrée au sein du Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques (LISPEN - EA 7515) des Arts et Métiers. Le LISPEN regroupe environ 100 personnes (enseignants-chercheurs, ingénieurs, doctorants, administratifs et techniques) localisées sur les sites Arts et Métiers d'Aix-en-Provence, de Chalon et Lille. Les travaux de recherche du LISPEN se focalisent sur la maîtrise du développement et l'exploitation des systèmes dynamiques multi-physiques et virtuels pour l'Industrie du Futur.

L'équipe de recherche de l'institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône du laboratoire LISPEN développe ses activités sur le thème suivant :

## Immersion virtuelle et augmentée pour l'humain et l'industrie 4.0

Trois axes de recherche composent ce thème :

### Industrie augmentée : transition numérique pour l'industrie 4.0

Alors que de nombreuses études scientifiques montrent un impact positif significatif des techniques de réalité étendue sur les performances industrielles dans toutes les phases du cycle de vie du produit, la généralisation de leur déploiement reste limitée. Cet axe a pour ambition tout d'abord d'analyser les freins au déploiement des techniques de réalité étendue dans l'industrie puis de proposer des solutions pour y remédier.

Projets en lien : Living Lab, 1 thèse

### Interactions immersives adaptatives en réalité étendue (XR)

Les paradigmes actuels d'interaction en immersion virtuelle ne tiennent pas compte des spécificités de chacun et ne sont donc pas optimaux, ce qui peut entraîner une plus faible acceptabilité des technologies de réalité étendue. Cet axe a pour ambition de développer des paradigmes d'interactions immersives dites « intelligentes », pour lesquelles le système s'adapte à l'utilisateur et au contexte d'utilisation, et non l'inverse. L'intégration d'outils issus de l'intelligence artificielle, entre autres, permet de développer une réalité étendue de nouvelle génération, dite de confiance, véritablement centrée sur l'humain.

Projets en lien : VIMACO, 9 thèses

### Humain augmenté : analyse de l'expérience en immersion virtuelle

Afin d'optimiser son immersion virtuelle et d'adapter les modalités sensorielles d'interaction du sujet immergé avec son environnement virtuel, il est nécessaire d'approfondir la compréhension du couplage perception – action en environnement virtuel. Cet axe se focalise sur la définition et l'extraction de profils immersifs singuliers à partir de critères objectifs et le développement de méthodes d'analyse de données (mesures physiologiques, mesures de performances, mesures de mouvements) combinant une approche topologique et des outils d'intelligence artificielle. Une des applications principales de cet axe concerne la prédiction et la diminution des occurrences du cybermalaise induit par l'expérience immersive.

Projets en lien : 3 thèses



## Formation

### Master Management des Technologies Interactives 3D (MTI3D)

<https://artsetmetiers.fr/fr/ingenierie-numerique>

#### Présentation

Le **Master orienté Recherche© Management des Technologies Interactives 3D (MTI3D)** – parcours Ingénierie Numérique forme sur 2 années les leaders des industries numériques.

Il forme à maîtriser l'ensemble des méthodes et outils de la transformation numérique (maquette 3D, réalité étendue, intelligence artificielle) et les enjeux numériques de l'industrie de demain.

Avec un programme pédagogique en partie commun avec le parcours **Ingénierie du Virtuel et de l'Innovation de l'Institut Arts et Métiers de Laval** et un adossement aux activités de recherche de l'équipe de recherche de l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône, le master propose deux modalités de formation : en formation initiale ou en alternance (contrat de professionnalisation ou d'apprentissage).

La pédagogie dans le master repose en grande partie sur le développement de projets (près de la moitié des heures de la maquette pédagogique) et les stages.

# Promotion 2022 / 2023

# Promotion 2023 / 2024

15



Nombre  
d'étudiants\*

2  
13 filles  
garçons



Parité étudiants\*

16

3  
13 filles  
garçons

17%

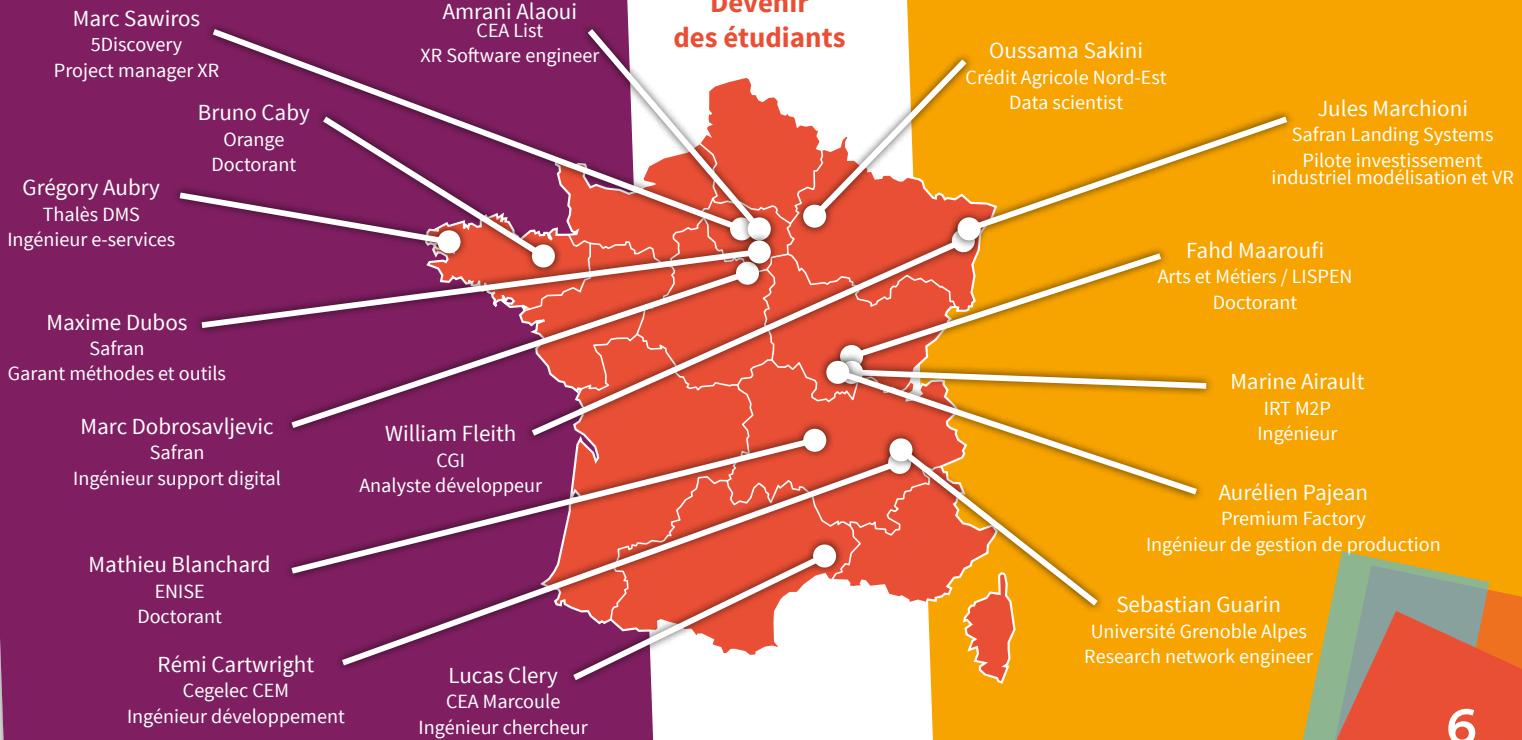


Taux de poursuite  
en Thèse

11%

Devenir  
des étudiants

\*répartis sur les 2 années de master



## Diplôme d'ingénieur Science de la Donnée et Intelligence Artificielle (BDIA)

L' Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône est partenaire du diplôme d'ingénieur **Science de la Donnée et Intelligence Artificielle** porté par le **CNAM BFC**, en partenariat avec le pôle formation **UIMM 21-71**.

Promos : 17 étudiants répartis sur les 3 années du diplôme

## Plateforme technologique



Les activités de formation, recherche et transfert s'appuient sur une **plateforme technologique (PFT)** hébergée par l'Institut de Chalon-sur-Saône et labellisée par la **région Bourgogne-Franche-Comté** :  
**la Plateforme Technologique de Recherche et Innovation pour l'Immersion Virtuelle (PeTRiiV).**

La plateforme PeTRiiV est constituée d'une équipe d'ingénieurs, infographiste et techniciens qui développent et maintiennent les technologies d'immersion virtuelle de l'équipe.

Ces technologies sont constituées principalement d'équipements et de logiciels.

L'équipe réalise en outre régulièrement une veille technologique.

Les **missions** de la PFT PETRiiV sont :

- Support aux activités de formation Masters MTI3D
- Support aux activités de recherche sur les 3 axes de recherche de l'institut
- Veille et développement d'outils pour l'immersion virtuelle et la réalité augmentée
- Développement et maintien en service de démonstrateurs technologiques
- Animation et présentation autour des démonstrateurs

Les **moyens humains** mis à disposition de la PFT sont :

- 3 ingénieurs AMVALOR CDI
- 1 ingénieur ENSAM
- 1 technicien ENSAM (50%)
- 1 responsable administrative (30%)
- 7 enseignants-chercheurs

La gouvernance de la PFT est assurée par un responsable scientifique (Enseignant-Chercheur) et un responsable technique (Ingénieur AMVALOR).

L'ensemble des activités de l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône est par ailleurs en cohérence avec l'Institut Carnot ARTS, label d'excellence au service du tissu socio-économique porté par Arts et Métiers et géré par AMValor.



## Transfert

Les activités de transfert et d'innovation de l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône sont portées par **AMValor**, filiale de valorisation d'Arts et Métiers. Les missions concernent le transfert des activités de recherche vers des applicatifs, le développement de projets d'innovation avec le milieu socio-économique et le développement de démonstrateurs technologiques.

Projets en lien : TEAM Sports, Weldia, APTIIIC, Suez, Continuum, JENII, Silva Numerica



## Equipements remarquables

L'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône possède deux plateaux techniques de 350 m<sup>2</sup> et 70 m<sup>2</sup>, ainsi que d'un Living Lab de 150 m<sup>2</sup>, permettant de déployer les activités de recherche et d'innovation, mais aussi d'initier les étudiants de la formation MTI3D à des situations concrètes d'utilisation des technologies immersives.

### BlueLemon

Cube immersif de visualisation et d'interaction



## SiVersAM

Simulateur de conduite dynamique versatile



Plateforme dynamique 6 degrés de liberté, écran de visualisation cylindrique 220° 4K, cockpit sur plateforme interchangeable pour simulations variées de mobilité.

## Rayonnement international

L'équipe de recherche de l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône est impliquée dans plusieurs relations avec des institutions à l'international de renom.



### Allemagne :

L'Institut de Chalon-sur-Saône est un des principaux contributeurs de **l'[Institut Franco-Allemand pour l'Industrie du Futur](#)**, une collaboration stratégique entre Arts et Métiers et [Karlsruhe Institute of Technology](#).

Jean-Rémy Chardonnet, directeur délégué de l'Institut de Chalon-sur-Saône, est également responsable de cet Institut Franco-Allemand qui a pour objectif de fédérer les activités de formation, de recherche et d'innovation, à travers un double-diplôme d'ingénieur, le développement de projets collaboratifs de recherche sur les thématiques de la réalité virtuelle/réalité augmentée, les systèmes de production, la robotique et la fabrication avancée, un collège doctoral franco-allemand permettant des cotutelles et des mobilités de thèses de doctorat, une chaire franco-allemande, et l'organisation de manifestations scientifiques, le tout soutenu par l'Université Franco-Allemande.





## Malaisie :

L’Institut de Chalon-sur-Saône est un des principaux contributeurs de **CoESIUM** (Center of Excellence for a Sustainable Industry UTP-Arts et Métiers), une collaboration stratégique entre Arts et Métiers et l’**Universiti Teknologi Petronas** (UTP).

Frédéric Merienne, professeur à l’Institut de Chalon, est également co-directeur de CoESIUM qui a pour objectif d’accompagner la transformation industrielle en Malaisie et dans les pays d’Asie du Sud-Est en développant des solutions technologiques durables, à travers la recherche, la formation et les relations avec l’industrie.



## Canada :

L’Institut de Chalon-sur-Saône développe une relation de longue date avec le Canada, en particulier l’**Université de Calgary** et l’**Ecole Polytechnique de Montréal** (Génie Industriel), **HEC Montréal** (UX) et l’**UQAM** (Département de Psychologie) se traduisant par des échanges d’enseignants-chercheurs et de doctorants, et des publications communes.

## L’institut dans son écosystème



Arts et Métiers, à travers l’Institut de Chalon-sur-Saône, fait partie du projet de l’**Usinerie** à Chalon-sur-Saône, lieu totem de la transformation numérique du territoire.

Soutenu par l’agglomération du **Grand Chalon**, l’Usinerie fédère, en plus d’Arts et Métiers, le Cnam Bourgogne-Franche-Comté, l’Usinerie Partners et l’UIMM 71. L’Usinerie est un lieu de formation, de recherche, d’innovation, de prototypage des technologies de l’Industrie 4.0 au service des entreprises industrielles du territoire.

L’Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône est par ailleurs fortement soutenu par l’agglomération du **Grand Chalon** pour la formation, la recherche et le développement. Intégré dans le Schéma Local d’Enseignement Supérieur, Recherche, Innovation et Vie Etudiante du Grand Chalon, il participe au développement du territoire, labellisé **Territoire d’Industrie**, en matière de formation et recherche.



# Bilan 2024

## Eléments clefs et faits marquants

**6** thèses soutenues

Projet **APTIIC**

Arrivée du simulateur dynamique

**SiVerSAM**

**1** professeure invitée

## Formation

### Chal'enge



<http://chalenge.am-chalon.fr/>

Le master MTI3D organise tous les ans le défi **Chal'enge AM**, en partenariat avec l'**Usinerie Partners**, l'agglomération du **Grand Chalon** et le pôle formation de l'**UIMM 21-71**, destiné à promouvoir les technologies de réalité virtuelle/réalité augmentée auprès du milieu socioéconomique de la région Bourgogne-Franche-Comté.

Le défi implique également d'autres formations supérieures présentes sur le territoire chalonnais : la **licence Informatique du CNAM** Bourgogne-Franche-Comté, et depuis 2024 le **diplôme d'ingénieur IA&Big Data du CNAM** Bourgogne-Franche-Comté.

Les étudiants ont présenté les preuves de concept réalisées en 2 semaines le 2 février 2024 à l'Usinerie.

### 54 étudiants participants :

17 étudiants du master MTI3D, 8 étudiants du diplôme d'ingénieur IA&Big Data du CNAM BFC, 29 étudiants de la licence Informatique du CNAM BFC.

## **Exemples de projets :**

Développement d'une application pour sensibiliser et informer sur le don du sang et le don du plasma, de manière éducative et ludique (avec EFS).

Développement d'un modèle d'intelligence artificielle permettant de faire le tri de modèles 3D et de prédire le prix correspondant, afin d'optimiser les process et les coûts (avec Alstom).

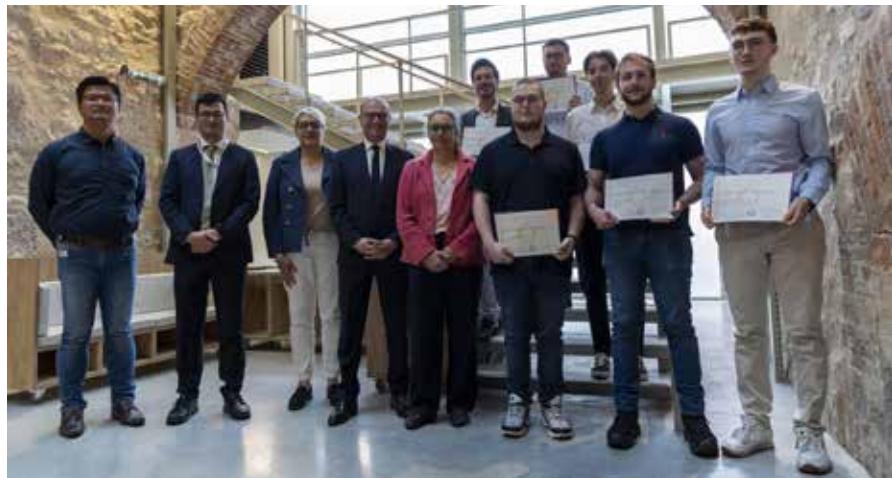
**Entreprises participantes :** Etablissement Français du Sang, Château de Germolles, Ville de Talant, Alstom, Escoffier, Centre Hospitalier de Chalon-sur-Saône, Essilor, TSL Outdoor





## Première remise des diplômes

L'Institut de Chalon-sur-Saône a organisé le 23 mai 2024 la première remise des diplômes du **master MTI3D** pour la promotion 2022-2023. Plusieurs anciens étudiants de la formation sont venus témoigner de leur parcours et de leur vision de la réalité étendue, avant la remise officielle des diplômes.



## Hackathon franco-allemand

Le master MTI3D est tourné vers l'international. Une action marquante a été l'organisation d'un **hackathon** franco-allemand avec des étudiants de **HAW Hamburg** à Hambourg.

10 étudiants de chaque formation se sont rencontrés les 7-8 octobre 2024 à Paris pour développer une application de réalité virtuelle collaborative sur le thème du dérèglement climatique et la préservation de la Terre.

L'équipe franco-allemande gagnante a continué à travailler sur son projet et l'a finalisé à Hambourg les 9-10 janvier 2025, avant de le présenter à l'événement **3DUI Contest** de la conférence internationale **IEEE VR 2025** (conférence scientifique de premier plan sur la réalité virtuelle) à Saint-Malo du 10 au 12 mars 2025.

L'équipe a remporté le prix « Best 3DUI Contest Honorable Mention Award ».

Avec le soutien financier de l'OFAJ



## XR Days

Le master MTI3D est tourné vers l'industrie. Les étudiants ont participé aux journées XR Days, organisées les 15-16 octobre 2024 par la **Ruche Industrielle à Lyon** pour promouvoir les usages de la XR dans l'industrie.

Ils ont pris part à un hackathon avec des étudiants d'**ECAM Lyon** pour proposer des solutions mixant XR et IA pour l'industrie.



# Thèses

## 6 Thèses soutenues



**Valérian Faure**

### « Méthodologie de validation de la simulation immersive de gestes complexes en environnement industriel »

**Financement :** CIFRE

**Partenaires :** Cegelec CEM, CEA Cadarache, CEA List, Aix-Marseille Université

**Encadrement :** Jean-Rémy Chardonnet, Laurent Joblot, Daniel Mestre (Aix-Marseille Université)

**Disponible sur :** <https://theses.hal.science/tel-04968099v1/document>



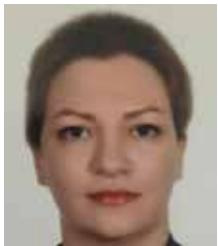
**Mini-résumé :** Cette thèse examine l'utilisation des technologies immersives, telles que la réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA), pour améliorer la formation dans le domaine de la maintenance nucléaire.

Le travail propose une méthodologie de classification des tâches opérationnelles basée sur trois dimensions principales : la famille de tâches (procédurales, psychomotrices), le type d'interaction (physique, virtuelle) et les compétences requises.

Deux expérimentations principales ont été menées. D'une part pour évaluer l'efficacité de l'utilisation d'interfaces de commande tangibles en RV pour le transfert de compétences vers des tâches réelles, avec des résultats indiquant que, pour des tâches procédurales avec interactions physiques modérées, l'utilisation d'interfaces virtuelles sans supports tangibles peut être tout aussi efficace, voire supérieure, en termes de transfert d'apprentissage. D'autre part pour explorer comment l'apprentissage en environnement virtuel non immersif, enrichi par un assistant conversationnel intelligent, affecte le transfert de compétences psychomotrices vers le réel, avec des résultats suggérant que cette approche peut améliorer significativement le transfert de compétences par rapport à l'apprentissage en RV immersive.

Cette thèse démontre que les technologies immersives, lorsqu'elles sont judicieusement intégrées et adaptées aux spécificités des tâches, peuvent offrir des avantages significatifs en termes de sécurité, d'efficacité et de qualité de l'apprentissage.





Azadeh Hadadi

## « Development of trustworthy intelligent avatars in virtual immersion »

**Financement :** Collège Doctoral Franco-Allemand (UFA/DFH)

**Partenaires :** Cotutelle Arts et Métiers/KIT (Allemagne)

**Encadrement :** Jean-Rémy Chardonnet, Christophe Guillet, Jivka Ovtcharova (KIT)

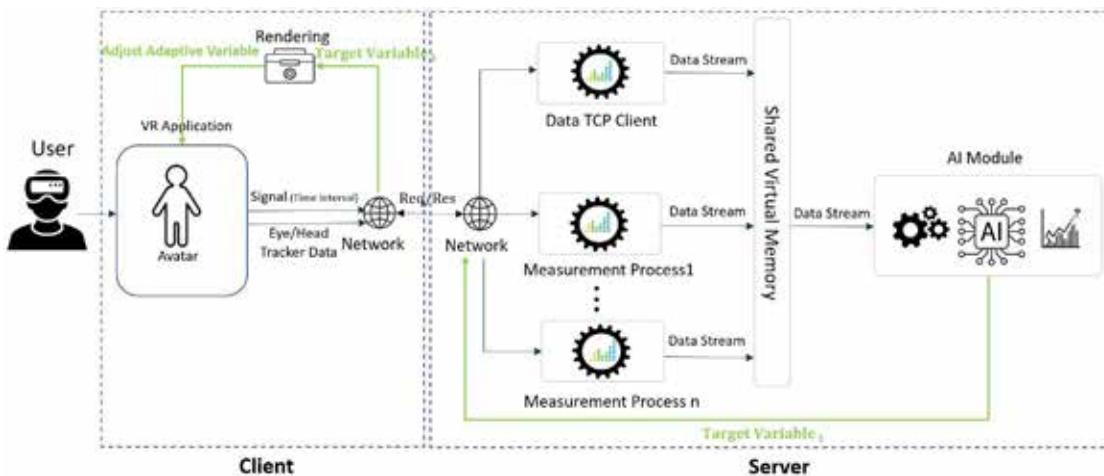
**Disponible sur :** <https://pastel.hal.science/tel-05037048v1/document>



**Mini-résumé :** Cette thèse présente un avatar intelligent et fiable conçu pour améliorer l'immersion virtuelle en tenant compte des états physiologiques et des réponses émotionnelles des utilisateurs. Elle introduit "SmartSimVR", un cadre flexible utilisant l'intelligence artificielle et la fusion de capteurs pour créer des avatars auto-adaptatifs.

Mis en œuvre dans un simulateur de conduite où la voiture agit comme un avatar non humanoïde, SmartSimVR vise à minimiser le cybermalaise en apprenant continuellement des données utilisateur et en ajustant son comportement en conséquence.

Les expériences ont démontré que l'avatar intelligent réduisait significativement les symptômes de cybermalaise, avec des effets positifs observés dans les mesures physiologiques, y compris la vitesse oculaire et l'activité électrodermale. L'analyse de corrélation a également validé l'efficacité de l'avatar intelligent, fournissant des preuves solides qu'il améliore l'expérience utilisateur en RV en atténuant l'inconfort.





**Guillaume Klein**

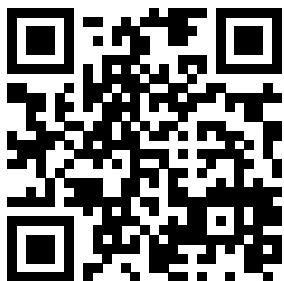
**« Télécollaboration pour assistance à la maintenance »**

**Financement :** contrat direct

**Partenaires :** SUEZ

**Encadrement :** Frédéric Merienne, Jean-Rémy Chardonnet, Jérémy Plouzeau

**Disponible sur :** <https://pastel.hal.science/tel-05037048v1/document>



**Mini-résumé :** Cette thèse propose une analyse de l'applicabilité de la télécollaboration comme moyen d'assistance à distance pour la maintenance, afin de compléter la bibliographie actuelle sur les possibilités, les limites et les conditions d'utilisation associées.

Une attention particulière est accordée aux contraintes propres à la maintenance industrielle ainsi qu'aux conditions défavorables de connectivité.

La première expérimentation démontre la pertinence de l'assistance à distance pour la maintenance industrielle sur le format opérateur assistant, en analysant les modalités de communication et d'interaction. La deuxième étude, basée sur les premiers résultats qui soulignent la nécessité de disposer d'un chat audio, définit un modèle d'évaluation de la qualité d'un tel système en conditions dégradées.





**Déborah Lebert**

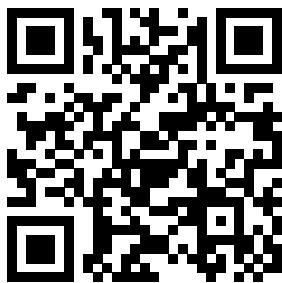
**« Réalité augmentée pour l'aide à la rénovation de cabines d'avion »**

**Financement :** CIFRE

**Partenaires :** SAFRAN Seats

**Encadrement :** Frédéric Merienne, Florence Danglade, Jean-Philippe Farrugia (LIRIS)

**Lien :** <https://theses.fr/2024HESAE028>

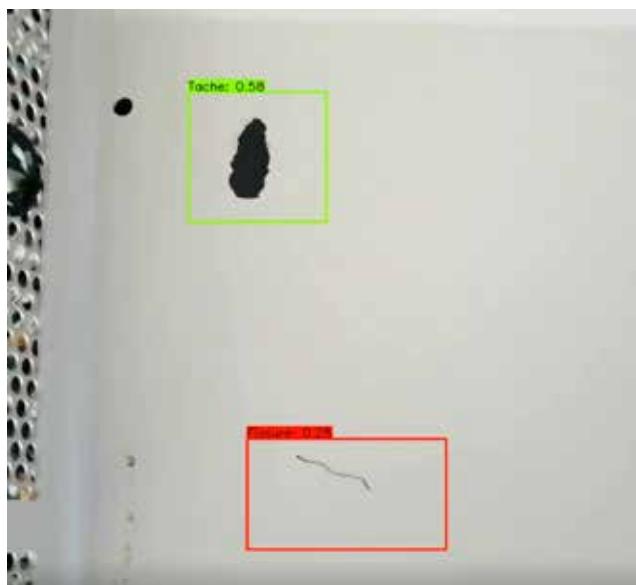


**Mini-résumé :** Cette thèse se concentre sur les 2 premières étapes de l'opération de rénovation : l'étape d'inspection, durant laquelle un expert relève les pièces en défaut, et l'étape de validation, durant laquelle le propriétaire du produit valide les pièces à commander à partir des observations de l'inspecteur.

Les travaux de recherche s'articulent donc autour de la problématique : Comment caractériser la qualité perçue dans un contexte métier ? Les premiers travaux, visant à caractériser la qualité perçue dans un contexte de maintenance pour une simulation en réalité augmentée, ont permis de définir une méthode permettant d'adapter les principaux paramètres de rendu de contenu en réalité augmentée aux compétences de l'utilisateur.

Cette méthode a par la suite permis de définir un procédé pour le développement d'un outil d'aide à la décision en réalité augmentée, s'adressant principalement aux propriétaires du produit, permettant d'apprécier l'impact de l'opération de rénovation : la rénovation augmentée. Mais a aussi permis de mettre au point un processus de création de données synthétiques pour l'entraînement d'un réseau de neurones dédié à la détection de défauts, outil d'aide à la décision s'adressant aux inspecteurs.

Par ailleurs, l'intégration des experts à ces travaux a permis de définir une méthode permettant d'adapter la décomposition de la qualité perçue à un contexte métier pour une application dans le cadre de la maintenance.





**Ali Olayan**

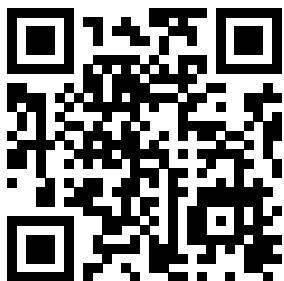
**« Human-machine interaction studies of occupants in level 3 autonomous vehicles using virtual and dynamic environments »**

**Financement :** Ministère

**Partenaires :** laboratoire IBHGC

**Encadrement :** Jean-Rémy Chardonnet, Baptiste Sandoz (IBHGC)

**Disponible sur :** <https://pastel.hal.science/tel-04952664v1/document>



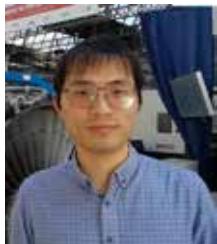
**Mini-résumé :** Cette thèse s'intéresse à l'impact des activités des occupants et de leur engagement cognitif sur la dynamique tête-cou lors de manœuvres d'urgence dans un véhicule autonome de niveau 3.

Cette recherche émet l'hypothèse que les activités non liées à la conduite et les modalités sensorielles influencent de manière significative les réponses physiologiques des occupants, en particulier lors des freinages brusques. Afin d'étudier cette hypothèse, des expériences ont été menées en utilisant un simulateur de conduite et un système SLED dynamique, pour reproduire des scénarios de freinage d'urgence et évaluer les réponses des occupants dans des conditions cognitives et physiques variées.

Les résultats ont montré que d'une part, les alertes auditives jouaient un rôle essentiel dans la préparation des occupants à la décélération, facilitant les ajustements posturaux anticipatoires et réduisant l'accélération de la tête, d'autre part que les distractions cognitives liées à des tâches

non conduites augmentaient l'accélération de la tête et retardait les réponses musculaires, notamment dans les scénarios de freinage intense décomposition de la qualité perçue à un contexte métier pour une application dans le cadre de la maintenance.





Tingchen Li

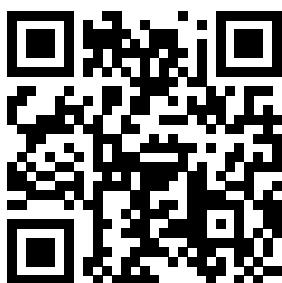
## « Machine learning-based 3D scan coverage estimation for smart control applications »

**Financement :** CIFRE

**Partenaires :** laboratoire LISPEN-site d'Aix-en-Provence, I-MC

**Encadrement :** Jean-Philippe Pernot (LISPEN Aix), Arnaud Polette (LISPEN Aix), Ruding Lou

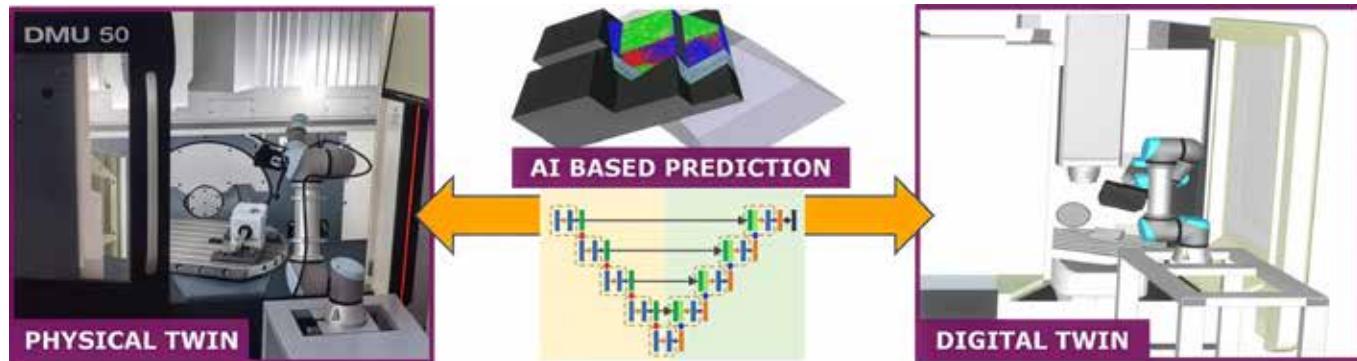
**Disponible sur :** [https://pastel.hal.science/tel-05140412v1/file/ENSAM\\_LI\\_2025\\_archivage.pdf](https://pastel.hal.science/tel-05140412v1/file/ENSAM_LI_2025_archivage.pdf)



**Mini-résumé :** Cette thèse vise à proposer une méthodologie pour prédire a priori la qualité des scans avec des configurations données, afin d'optimiser la planification des points de vue.

Une nouvelle approche basée sur l'apprentissage automatique, 3DSCP-Net, a été proposée pour prédire la couverture a priori. Cela a permis la génération des nuages de points tels que scannés et l'identification de l'ensemble optimal de points de vue afin d'obtenir des acquisitions de haute qualité.

Ce travail a pu répondre aux besoins du partenaire industriel Innovative Manufacturing and Control (I-MC).





### Bruno Caby

#### « Télécollaboration en réalité mixte »

**Financement :** CIFRE

**Partenaire :** Orange

**Encadrement :** Jean-Rémy Chardonnet, Florence Danglade, Guillaume Bataille (Orange)

**Mini-résumé :** L'objectif de cette thèse est de démontrer une intervention technicien augmentée et collaborative (telecom, métavers) sur les réseaux d'accès optique et 5G. Typiquement, un technicien sur site est guidé par un expert distant. La réalité augmentée collaborative permettra à l'expert de percevoir à distance le jumeau virtuel de l'environnement réel du technicien, et de le guider en étant incarné dans l'environnement du technicien sous forme d'avatar. Il s'agit de proposer des modèles et approches améliorant ce type de scénario, et de l'étendre à de multiples collaborateurs, colocalisés ou distants



### Jinxue Cui

#### « Réalité augmentée pour la fabrication additive »

**Financement :** bourse CSC

**Partenaires :** laboratoire LCPI

**Encadrement :** Frédéric Segonds (LCPI), Ruding Lou, Fabrice Mantelet (LCPI)

**Mini-résumé :** L'objectif de cette thèse est de mettre en place et d'expérimenter les applications de la fabrication additive (FA) et de la RA dans les activités de créativité de conception de produits afin de répondre à la question de recherche suivante : l'expérience des technologies de FA et de RA peut-elle favoriser la créativité et l'innovation ?



### Axel Foltyn

#### « Compagnon virtuel de maintenance »

**Financement :** ANR VIMACO

**Encadrement :** Frédéric Merienne, Florence Danglade, Christophe Guillet

**Mini-résumé :** Au sein du projet VIMACO, cette thèse s'attache plus particulièrement à la recherche de méthodes et outils permettant de capitaliser les connaissances et savoir-faire des opérations de maintenance industrielle en vue d'apporter les informations nécessaires adaptées à l'opérateur dans le système de guidage par réalité augmentée. Les problématiques sont ainsi liées à l'extraction du niveau d'expertise et des singularités motrices de l'opérateur ainsi que les retours sensoriels justes nécessaires à apporter à l'opérateur en réalité augmentée en fonction de l'information manquante.



## Eloïse Minder

### « Optimisation des interactions sociales en réalité virtuelle »

**Financement :** région Bourgogne-Franche-Comté (bourse ICE)

**Encadrement :** Jean-Rémy Chardonnet, Christophe Guillet, Sylvain Fleury (LAMPA)

**Mini-résumé :** L'objectif de ce travail de thèse et son originalité par rapport à l'existant est d'optimiser les interactions sociales entre les utilisateurs tout en conservant une qualité des interactions réelles entre les personnes (ressentis, aux émotions ou encore aux sensations liées à l'expérience réelle vécue lors d'interactions sociales).



## Sébastien Gerin

### « Optimisation opérationnelle des performances d'un bâtiment connecté. Apport des techniques de jumeau numérique et de prise de décision intelligente »

**Financement :** CIFRE

**Partenaires :** VINCI Facilities, ESTP

**Encadrement :** Frédéric Merienne, Laurent Joblot, Nisrine Makhoul (ESTP)

**Mini-résumé :** L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier les meilleures pratiques d'intégration des jumeaux numériques dans les bâtiments connectés en vue d'optimiser leur exploitation. L'accent est mis sur l'amélioration de la gestion et de l'efficacité opérationnelle de ces bâtiments.



## Thomas Drouet

### « Réalité mixte pour maquette de synthèse phygital »

**Financement :** CIFRE

**Partenaires :** Renault Group

**Encadrement :** Jean-Rémy Chardonnet, Javier Posselt (Renault)

**Mini-résumé :** Cette thèse propose d'accompagner un concept en rupture, fort, décrit comme « la maquette de synthèse » phygital, qui offrira aux projets véhicule un support de maquettage hybride, combinant une part de « réalité » physique sur les éléments les plus représentatifs, mais complétée par le reste du véhicule en virtuel, continuellement à jour via la mise en situation de la maquette numérique recalée sur le physique. L'enjeu pour l'entreprise est d'amener des outils de simulation permettant des boucles de conception courtes et robustes, une détection des problèmes au plus tôt, et la suppression de certains prototypes partiels en phase de développement.



### Romain Guillaume

**« Détection d'intention dans un environnement de conception en réalité virtuelle »**

**Financement :** CIFRE

**Partenaires :** I2M, Airbus

**Encadrement :** Jérôme Pailhès (I2M), Elise Gruhier (I2M), Ruding Lou

**Mini-résumé :** L'objectif principal de ce projet est de démontrer qu'il est possible de concevoir une amélioration majeure des fonctionnalités actuelles de conception en réalité virtuelle, à savoir combler les lacunes définies par les utilisateurs actuels du système. De même, l'objectif du projet est de démontrer que, malgré le haut niveau de performance requis par un système de réalité virtuelle, une intégration suffisamment rapide d'un système de CAO professionnel peut être envisagée, ce qui offrira les capacités de conception tout en maintenant la qualité de la réalité virtuelle.



### Nicolas Visbecq

**« Aides visuelles par réalité augmentée pour améliorer la perception péri-véhicule du conducteur »**

**Financement :** CIFRE

**Partenaires :** Renault Trucks

**Encadrement :** Frédéric Merienne, Mahdiyeh Moosavi, Jean-Philippe Farrugia (LIRIS)

**Mini-résumé :** Ces travaux de recherche visent à étudier les modalités de visualisation par dispositifs de réalité augmentée pour permettre à un conducteur de véhicule lourd une meilleure perception de son environnement extérieur.



### Abdualrhman Daw Mohammad Abdalhadi

**« Environnement virtuel adaptatif pour améliorer l'expérience utilisateur en réalité virtuelle par l'utilisation de mesures physiologique »**

**Partenaires :** UTP (Malaisie) – cotutelle

**Encadrement :** Frédéric Merienne, Ruding Lou, Mahidyeh Moosavi, Naufal Saad (UTP), Z. Yusoff (UTP)

**Mini-résumé :** Ce travail de recherche explore la manière dont les mesures physiologiques, combinées à des techniques de simplification géométrique, peuvent être exploitées pour adapter dynamiquement les environnements virtuels afin d'optimiser l'expérience de l'utilisateur, en particulier vis à vis du mal de simulateur en navigation.



### Nitin Koundal

« Etude de l'état mental d'un sujet basé sur des mesures neurophysiologiques pour adapter les conditions d'interaction en environnement virtuel pour faciliter les actions motrices »

**Partenaires :** UTP (Malaisie) – cotutelle

**Encadrement :** Frédéric Merienne, Christophe Guillet, Mahdiyeh Moosavi, Naufal Saad (UTP), I. Elamvazuthi (UTP)

**Mini-résumé :** Ce projet de recherche étudie comment les signaux neurophysiologiques, en particulier l'électroencéphalographie (EEG), peuvent être utilisés pour évaluer les états mentaux pendant les tâches motrices dans la réalité virtuelle immersive.



### Mohamad Sohbi

« Methods and tools of deep reinforcement learning for optimizing interaction with an empathic virtual environment for rehabilitation »

**Partenaires :** Université d'AmirKebir (Iran)

**Encadrement :** Frédéric Merienne, Mahdiyeh Moosavi, Mehdi Ebadzadeh (Université d'AmirKebir)

**Mini-résumé :** Le contexte de ce projet est la mise en œuvre d'algorithmes d'apprentissage par renforcement profond pour soutenir l'interaction entre un humain et un environnement virtuel pour la réhabilitation fonctionnelle des patients victimes d'accidents vasculaires cérébraux.

# Projets



## TEAM Sports

**Financement :** ANR Sport de Très Haute Performance

**Durée :** 4 ans (2021-2024)

**Objectif du projet :** Développement d'une application de réalité virtuelle pour l'induction de niveaux identitaires dans le sport de très haut niveau.

**Partenaires :** Université de Bourgogne (porteur), Arts et Métiers, Université de Rouen Normandie, CEA List, Fédérations Françaises de Rugby, de Basket-Ball, de Football, de Handball et de Volleyball

**Budget :** 1119k€ dont 153k€ pour l'Institut de Chalon-sur-Saône



## VIMACO

**Financement :** ANR

**Durée :** 4 ans (2022-2026)

**Objectif du projet :** Recherche de méthodes et outils de la réalité augmentée et l'intelligence artificielle pour le compagnon virtuel de maintenance

**Partenaires :** Arts et Métiers (porteur), Université de Bourgogne, Diota, Safran SLS

**Budget :** 1100k€ dont 625k€ financés par ANR et 330k€ pour l'Institut de Chalon-sur-Saône



## APTIIC

**Financement :** contrat direct

**Durée :** 1 an

**Objectif du projet :** Développement d'une application de réalité virtuelle pour la formation des pompiers en caisson.

**Partenaires :** SDIS 71, Efectis, l'Usinerie Partners

**Budget :** 31,5k€ pour l'Institut de Chalon-sur-Saône



## Lab LEAN 5.0

**Financement :** ELF / RITM UBFC

**Durée :** 3 ans (2024-2027)

**Objectif du projet :** Création sur le campus de Cluny d'un laboratoire innovant d'expérimentation, d'observation et d'enseignement centré sur l'opérateur et les nouvelles technologies industrielles. Ce projet combinant l'étude et l'intégration des avancées de l'Industrie 5.0 sur les performances industrielles mettra l'humain au cœur du processus.

**Partenaires :** Arts et Métiers (porteur), UBFC, IAE Lyon, Polytechnique et HEC Montréal

**Budget :** 350 k€



## JENII

**Financement :** PIA AMI DemoES

**Durée :** 3 ans (2022-2025)

**Objectif du projet :** Développer des jumeaux numériques pour l'enseignant dans une logique de démonstration des usages de ce type d'outil numérique en formation en mobilisant en particulier la réalité virtuelle et augmentée.

**Partenaires :** Arts et Métiers (porteur), CNAM, CEA List, CESI

**Budget :** 9,5M€

## WELDIA



**Financement :** BPI

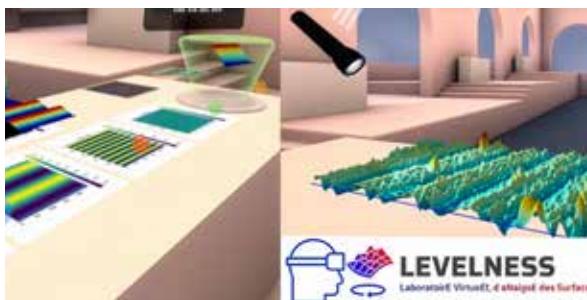
**Durée :** 4 ans

**Objectif du projet :** Développement d'un outil immersif de simulation de soudage.

**Partenaires :** EDF, Framatome, Fives Nordon, Arts et Métiers/AMValor, Serimax, Ponticelli, CMPHY, EAB Engineering, Université de Montpellier, Mines ParisTech/Armines

**Budget :** 710k€ dont 355k€ financés par aides publiques et 320k€ pour l'Institut de Chalon-sur-Saône

## Levelness



**Financement :** IRT - RESEM 5

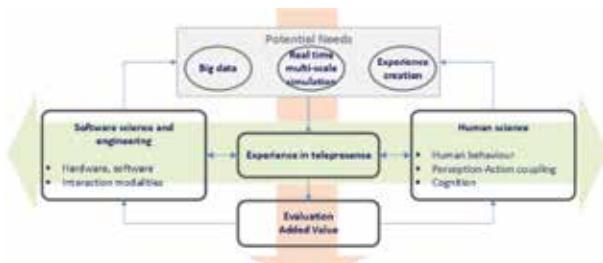
**Durée :** 1 an (2024-2025)

**Objectif du projet :** Conception et prototypage d'un laboratoire virtuel d'analyse de surface

**Partenaires :** IRT M2P, ENSMM / FEMTO-ST, Arts et Métiers/LaBoMaP et LISPEN, UPHF / LAMIH

**Budget :** 70k€

## Continuum



**Financement :** ANR Equipex+

**Durée :** 7 ans (2021-2029)

**Objectif du projet :** Réseau de plateformes pour la visualisation avancée

**Partenaires :** CNRS, INRIA, Univ. Rennes 1, Univ. Rennes 2, ENS Rennes, INSA Rennes, AMU, UTC, Univ. Lille, ENIB, IMT Atlantique, UGA, Grenoble INP, A&M, UNISTRA, UTBM, UPSaclay, Telecom Paris, ENS Paris-Saclay, Centrale-Supelec, CEA, UVSQ

**Budget :** 13 M€ (dont 1 M€ pour Arts et Métiers)

## eNSEMBLE



**Financement :** France 2030 PEPR

**Durée :** 8 ans (2023-2030)

**Objectif du projet :** Proposer des modèles sociotechniques de collaboration à long terme et des plateformes de collaborations multi organisationnelles, souveraines, sécurisées et interopérables qui favorisent la confiance et le bien être numérique

**Partenaires :** CNRS, INRIA, UGA, Université Paris-Saclay + 21 établissements partenaires et impliqués dont Arts et Métiers

**Budget :** 38,25M€ au total

## Silva Numerica 2



**Financement :** ANR e-FRAN

**Durée :** 28 mois (2022-2025)

**Objectif du projet :** Développer une plateforme pédagogique simulant un environnement forestier virtuel, permettant d'aborder les questions sociales liées à l'environnement eu au développement durable

**Partenaires :** EPLEA Besançon (porteur), FI Bois, CNPF, Office National des Forêts, UBFC, GIP-FTLV, LEAD, Institut Agro Dijon, UNIT, Arts et Métiers, Studio Nyx, région BFC

**Budget :** 2,4M€ dont 1,5M€ financés par aides publiques et 320k€ pour l'Institut de Chalon-sur-Saône

## DEDIHANCED



**Financement :** Union Européenne et région Bourgogne Franche-Comté EDIH

**Durée :** 2 ans

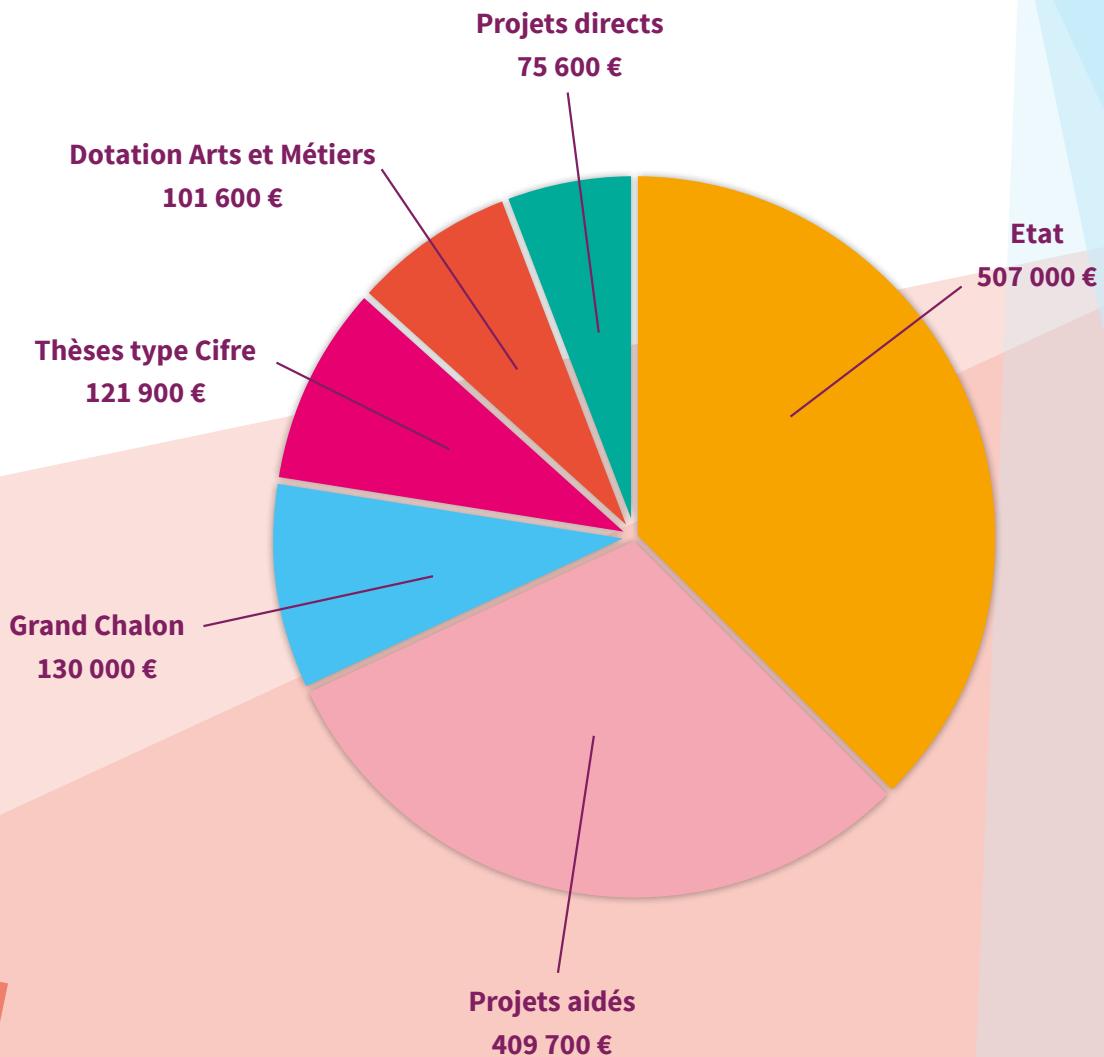
**Objectif du projet :** Fournir aux PME industrielles régionales une offre de services élargie et complète pour réaliser leur transition numérique, se positionnant comme un outil stratégique pour accompagner les industries et les porteurs d'innovations

**Partenaires :** Pôle Véhicule du Futur (porteur) + 12 partenaires dont AMValor

**Budget :** 179k€ pour l'Institut de Chalon-sur-Saône

## Budget 2024 ( estimé )

Budget total : 1,35 M€



## Développement de la plateforme technologique



### Living Lab

**Financement :** Grand Chalon, fonds propres

**Partenaire :** L'Usinerie Partners

Le Living Lab est un espace de 150 m<sup>2</sup> au sein de l'Usinerie conçu pour être un lieu de co-création d'applications de réalité étendue pour l'industrie par la démonstration des cas d'usages et des technologies immersives existantes (dispositifs de réalité virtuelle, réalité mixte, dispositifs multisensoriels). Il intègre également une usine-école Festo de l'Usinerie Partners intégrant les technologies de l'industrie 4.0 (par exemple, IoT, cybersécurité, intelligence artificielle).

### SiVersAM

**Financement :** Région Bourgogne-Franche-Comté, fonds propres

**Budget :** 139k€ subventionné par la région

Arrivée fin août 2024, ce nouveau simulateur dynamique remplace le simulateur dynamique de conduite historique de l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône, SAAM. Doté d'une plateforme dynamique à 6 degrés de liberté et d'un écran cylindrique couvrant 220° de champ de vision, ce simulateur permet d'intégrer tous types de plateforme de mobilité : cockpit de véhicule, nacelle, etc., pour des études scientifiques telles que le comportement humain en situations spécifiques, l'occurrence du cybermalaise. Le logiciel SCANeR Studio d'AVSimulation et des briques technologiques de la plateforme PeTRIIV permettent de simuler des scénarios variés.

## Dissémination

**Global Industrie**, Villepinte, 25-28 mars 2024

Exposant, conférence : M. Campo et J.-R. Chardonnet, « TEAM SPORTS, la VR au service de la préparation mentale des sportifs dans le sport collectif », présenté à Global Industrie, Villepinte, France, 26 mars 2024



« Rendez-vous de l'Industrie 4.0 - La XR au service de la performance industrielle », co-organisé avec l'Usinerie Partners, Chalon-sur-Saône, 14 novembre 2024



**DSC 2024**, membre du comité d'organisation, organisé par Driving Simulation Association en coopération avec Renault Group et Université Gustave Eiffel, Strasbourg, 18-20 septembre 2024.



### **XR Days**, organisé par La Ruche Industrielle, Lyon, 15-16 octobre 2024

Partenaire scientifique, exposant, conférence et hackathon étudiants MTI3D et ECAM

Conférence : T. Drouet et N. Visbecq, « Mesure de la précision du tracking pour la calibration des plateformes de Réalité Virtuelle pour postes de conduite »



## Viva Factory, organisé par l'agglomération du Grand Chalon, Chalon-sur-Saône, 20-21 septembre 2024

Exposant



## XIRCON Event Part II, co-organisé avec KIT, Karlsruhe (Allemagne), 23-24 octobre 2024

Séminaire sur la thématique « eXtended Intelligence for Rapid Cognitive Reconfiguration »



# Rayonnement international



## Allemagne

1 cotutelle de thèse (Azadeh Hadadi), 1 co-encadrement de thèse (Anjela Mayer), co-organisation d'une manifestation scientifique (XIRCON Part II), 8 publications communes



## Malaisie

2 cotutelles de thèse (Nitin Koundal et Abdualrhman Daw Mohammad Abdalhadi), accueil d'étudiants et de professeurs de Malaisie, 8 publications communes



## Canada

Accueil de Prof. Yaoping Hu de l'Université de Calgary en tant que professeure invitée de décembre 2024 à janvier 2025 pour collaborer sur les problématiques d'interaction en environnement virtuel, accueil d'une doctorante de Calgary, 2 publications communes



## Iran

Accueil de Prof. Mehdi Ebadzadeh de l'Université d'AmirKebir en janvier 2024, 1 cotutelle de thèse (Mohamad Sobhi)



## Partenariats Universitaires en France



U1093 Inserm (T. Pozzo)  
projet VIMACO



CEA List (C. Andriot)  
thèse Valérian Faure



CEA Cadarache (F. Ferlay)  
thèse Valérian Faure



ISM-Aix-Marseille Université (D. Mestre)  
thèse Valérian Faure



IBHGC (B. Sandoz)  
thèse Ali Olayan



I2M (J. Pailhès, E. Gruhier)  
thèse Romain Guillaume



IAAE Lyon (F. Magnani)  
projet de Lab LEAN 5.0



LIRIS (J.-P. Farrugia)  
thèses de Déborah Lebert  
et Nicolas Visbecq



Psy-DREPI-Université  
de Bourgogne (M. Campo)  
projet TEAM Sports

## Industriels



Renault  
thèse Thomas Drouet



Safran  
projet VIMACO, thèse Déborah Lebert



Orange  
thèse Bruno Caby



Cegelec CEM  
thèse Valérian Faure



Suez  
thèse Guillaume Caby



Airbus  
thèse Romain Guillaume



EDF  
projet WELDIA



Efectis  
projet APTIIC

## Institutionnels



Grand Chalon  
Soutien pour la formation,  
la recherche et le développement



Région Bourgogne-Franche-Comté  
Soutien pour la plateforme technologique,  
l'acquisition du simulateur SiVersAM



ANR  
projets VIMACO, TEAM Sports, Continuum, eNSEMBLE



L'Usinerie Partners  
co-organisation d'une journée industrielle, projet APTIIC

## Publications

**2** chapitres d'ouvrage

**12** articles de revues internationales  
à comité de lecture

**21** articles de conférences nationales  
et internationales à comité de lecture

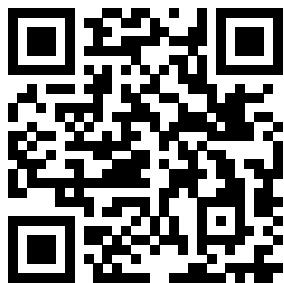
### Sélection de 5 publications\*

**Hadadi, A., Chardonnet, J.-R., Guillet, C., & Ovtcharova, J. (2024)**

**Intelligent Virtual Reality Framework for Real-time Cybersickness Detection and Adaptation.**

IEEE International Conference on Artificial Intelligence & Extended and Virtual Reality, 231-235. <https://doi.org/10.1109/AIxVR59861.2024.00037>

**Disponible sur :** [https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/24970/LISPEN\\_AIxVR\\_2024\\_HADADI.pdf](https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/24970/LISPEN_AIxVR_2024_HADADI.pdf)



Cet article présente un nouveau développement scientifique axé sur la prise en compte du cybermalaise dans les expériences de réalité virtuelle (RV).

Les approches traditionnelles de la prédition et de la détection du cybermalaise reposent sur des modèles d'intelligence artificielle généralisés et sur une collecte de données importante. Cependant, il existe un manque de travaux explorant l'intelligence spécifique à l'utilisateur.

Cet article présente une plateforme intelligente conçue pour s'adapter aux utilisateurs individuels en temps réel pour la détection du cybermalaise. En ajustant dynamiquement son comportement et ses interactions, cette plateforme vise à atténuer le cybermalaise et à améliorer l'expérience de l'utilisateur de RV.

L'efficacité de la plateforme a été évaluée à l'aide de données physiologiques, notamment l'activité électrodermale (EDA) et les signaux de mouvements oculaires. Les résultats ont démontré l'efficacité de notre système dans la réduction des symptômes du cybermalaise.

**Mompeu, G., Danglade, F., Mérienne, F., & Guillet, C. (2024)**

**Methodology for augmented reality-based adaptive assistance in industry.**

*Computers in Industry*, 154, 104021. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.104021>

**Disponible sur :** [https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/24563/LISPEN\\_CII\\_2023\\_MOMPEU.pdf](https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/24563/LISPEN_CII_2023_MOMPEU.pdf)



Les technologies de l'industrie 4.0 sont des éléments clés pour la compétitivité des entreprises. Parmi ces technologies, la réalité augmentée (RA) montre déjà un grand potentiel et des résultats probants pour assister les travailleurs à travers un large panel de processus industriels.

Les dernières recherches suggèrent que les systèmes de RA devraient répondre aux besoins de l'utilisateur pour offrir une expérience personnalisée et donc améliorer l'adoption de la technologie. Néanmoins, il manque encore des orientations théoriques pour concevoir une assistance basée sur la réalité augmentée capable de fournir à la fois le bon niveau de détail des informations et la meilleure conception des informations, en fonction des besoins de l'utilisateur.

Pour résoudre ce problème, nous avons développé une méthodologie décrivant le principe de l'assistance adaptative ainsi que les caractéristiques et les critères standard pour concevoir des systèmes d'assistance adaptative basés sur la réalité augmentée (ARAAS). Nous avons appliqué cette méthodologie à un cas d'utilisation de maintenance industrielle dans le contexte de l'opération de révision des trains d'atterrissement.

Les retours d'expérience de différents profils d'inspecteurs soulignent l'utilité d'un tel système et sa capacité à fournir une assistance adaptée à leurs besoins.

**Koundal, N., Abdalhadi, A., Al-Quraishi, M. S., Elamvazuthi, I., Moosavi, M. S., Guillet, C., Merienne, F., & Saad, N. M. (2024)**

**Effect of Interruptions and Cognitive Demand on Mental Workload : A Critical Review.**

*IEEE Access*, 12, 54405-54425. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3383142>

**Disponible sur :** [https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/25123/LISPEN\\_ACCESS\\_2024\\_MOOSAVI.pdf](https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/25123/LISPEN_ACCESS_2024_MOOSAVI.pdf)



La sécurité et la productivité des travailleurs sont essentielles pour une gestion efficace du travail. Les interruptions de l'environnement de travail d'un individu et leur impact sur la santé mentale peuvent avoir des effets néfastes.

Un instrument prospectif pour évaluer et calculer l'état mental d'un individu dans un scénario d'interruption et les niveaux de demande cognitive est l'utilisation de dispositifs informatiques physiologiques en conjonction avec des mesures comportementales et subjectives.

Cette étude a cherché à déterminer comment recueillir et calculer des données sur l'état cognitif des individus dans des situations de travail interrompu par le biais d'une analyse critique. Trente-trois articles ont été pris en compte à l'issue de la procédure de recherche et de sélection de la littérature.

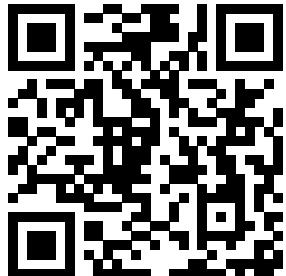
Cette étude descriptive est menée sous trois angles : la mesure des paramètres, la conception de la recherche et l'analyse des données. Les variables évaluées sont la mémoire de travail, le stress, l'état émotionnel, la performance et le délai de reprise. Le recrutement des sujets, la conception de la tâche expérimentale et les techniques de mesure ont été examinés du point de vue de la conception expérimentale. L'analyse des données comprenait un prétraitement informatique et cognitif. Quatre orientations de recherche futures sont suggérées pour remédier aux lacunes des études actuelles. Cette étude offre des suggestions aux chercheurs sur la planification des expériences et l'utilisation de l'informatique pour analyser les états cognitifs des individus pendant les scénarios de travail interrompu. En outre, elle propose des recommandations utiles pour l'organisation et la conduite des recherches futures.

**Li, T., Polette, A., Lou, R., Jubert, M., Nozais, D., & Pernot, J.-P. (2024)**

## **Machine learning-based 3D scan coverage prediction for smart-control applications.**

**Computer-Aided Design, 176, 103775. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2024.103775>**

**Disponible sur :** [https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/25547/LISPEN\\_CAD\\_2024\\_LI.pdf](https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/25547/LISPEN_CAD_2024_LI.pdf)



Cet article présente une approche basée sur l'apprentissage automatique capable de prédire avec précision la couverture 3D d'une pièce en fonction d'une configuration de balayage donnée en entrée, c'est-à-dire de prédire avant le balayage quelles zones de la pièce seront acquises pour de vrai.

Cela correspond à un changement de paradigme, où l'estimation de la couverture ne repose plus sur des critères de visibilité théoriques, mais sur des règles apprises à partir d'une grande quantité de données acquises dans des conditions réelles. Le réseau de prédiction de la couverture du balayage 3D (3DSCP-Net) proposé est basé sur un module d'encodage et de décodage des caractéristiques 3D, capable de prendre en compte les spécificités de la configuration du balayage dont l'impact sur la couverture 3D doit être prédit.

Pour tenir compte des conditions de travail réelles, des caractéristiques sont extraites à différents niveaux, y compris des caractéristiques géométriques, mais aussi des caractéristiques caractérisant la façon dont la projection de lumière structurée se comporte. La méthode est ainsi capable d'intégrer les questions d'inter-réflexion et de surexposition dans le processus de prédiction. La base de données utilisée pour la formation a été construite à l'aide d'une plate-forme ad hoc spécialement conçue pour permettre l'acquisition et l'étiquetage automatiques de nombreux nuages de points provenant d'une grande variété de configurations de balayage.

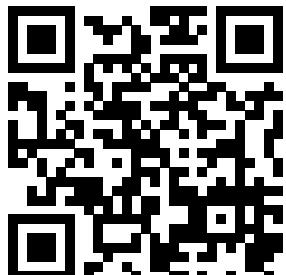
Des expériences menées sur plusieurs pièces montrent que la méthode peut prédire efficacement la couverture du balayage et qu'elle surpassé les approches conventionnelles basées sur des critères de visibilité purement théoriques.

**Goujon, A., Rosin, F., Magnani, F., Lamouri, S., Pellerin, R., & Joblot, L. (2024)**

## **Industry 5.0 use cases development framework.**

**International Journal of Production Research, 62(17), 6064-6089. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2307505>**

**Disponible sur :** [https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/24785/LISPEN\\_IJPR\\_2024\\_ROSIN.pdf](https://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/24785/LISPEN_IJPR_2024_ROSIN.pdf)



Le concept d'industrie 5.0 a placé les besoins humains au cœur des processus industriels. Cela soulève la question de savoir comment les nouvelles technologies peuvent améliorer les processus décisionnels des employés et influencer l'évolution de l'autonomie des équipes.

Des études récentes ont montré que la meilleure façon de mesurer ces impacts est de mener des expériences dans des contextes environnementaux complexes et réalistes.

Cependant, les principales méthodes ne peuvent pas satisfaire cette exigence tout en contrôlant les événements et les variables associées, alors qu'un ensemble de cas d'utilisation le peut. Il convient donc de définir un modèle permettant de générer et de structurer ces cas d'utilisation tout en validant leur pertinence. Suite à la décomposition de l'objectif global de recherche et des recommandations de définition de cas, cette étude propose un cadre pour la conception de cas d'utilisation complémentaires afin d'évaluer l'impact des nouvelles technologies sur les modèles d'autonomie émergents de manière structurée, réaliste et globale.

Basé sur des travaux connexes largement reconnus, le cadre en 6 étapes aide à définir un contexte cohérent spécifiant le modèle de processus commercial, l'agent, l'autonomie, les technologies à mettre en œuvre, leurs champs d'action, le protocole détaillé de collecte de variables et la configuration expérimentale. Une analyse croisée de cas existants dans la littérature et l'utilisation empirique du cadre ont validé la pertinence du modèle dans la conception d'environnements expérimentaux proches du monde réel.

## Actions diverses

L'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône s'est engagé sur l'environnement et la responsabilité environnementale en parrainant une ruche à miel, en partenariat avec l'entreprise chalonnaise CowoBee, pour repeupler les abeilles. Chaque personnel de l'Institut a pu recevoir un pot de miel de la ruche.



## A venir



**Renforcer notre ancrage territorial** en direction des entreprises du territoire (lien avec le Schéma Local d'Enseignement Supérieur, Recherche, Innovation et Vie Etudiante du Grand Chalon, avec Territoire d'Industrie) : développer les liens public-privé par le développement de la formation à destination des entreprises, de projets innovants

**Développer la plateforme technologique** avec le déménagement du BlueLemon et l'installation d'un dispositif immersif à LED : le BlueLemon est prévu de déménager des anciens locaux d'ici fin 2025. En parallèle, un nouveau dispositif immersif à LED de grande dimension est prévu d'être installé au sein du Living Lab, destiné à des cas d'usages mêlant conception collaborative, validation virtuelle et formation

**Développer le Living Lab** : le Living Lab se structure pour offrir au territoire et aux partenaires scientifiques et industriels un environnement de co-création d'applications de réalité étendue et de digitalisation des procédés

**Poursuivre le développement international** : l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône développe ses relations avec des partenaires à l'international, à travers des échanges d'étudiants et de chercheurs, mais également avec le montage et la participation à des projets collaboratifs de type Horizon Europe, Digital Europe, ou binationaux

**Projet RéCLasSIF** : l'institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône est engagé dans le projet RéCLasSIF entre Arts et Métiers et IMT pour développer un réseau de campus labellisés Solutions pour l'Industrie du Futur. Deux projets sont engagés au sein de RéCLasSIF à l'Institut Arts et Métiers de Chalon-sur-Saône autour du co-développement d'applications de réalité étendue et la collaboration dans l'usine utilisant la réalité étendue.



Institut de Chalon sur Saône

# Rapport d'activité 2024

