



RAPPORT D'ACTIVITES 2022

MARS 2023

HESAM
UNIVERSITÉ



CESI | LINEACT

SOMMAIRE

Sommaire

1	LA RECHERCHE A CESI	7
1.1	Organisation	8
1.2	Stratégie	11
2	EQUIPES DE RECHERCHE	11
2.1	Equipe de recherche Apprendre et Innover	12
2.1.1	Moyens mis en œuvre et projets en cours	13
2.1.1.1	Thème Apprendre	13
2.1.1.2	Thème Innover	15
2.1.2	Effectifs	19
2.1.3	Evolution et perspectives de l'équipe	19
2.2	Equipe de recherche Ingénierie et Outils Numériques	21
2.2.1	Faits marquants et projets en cours	21
2.2.2	Effectifs	25
2.2.3	Evolution et Perspectives de l'équipe	25
3	LES PROJETS STRUCTURANTS	29
3.1	Ecole de la Batterie – AMI CMA - FRANCE 2030	30
3.2	Mob-E	31
3.3	Chaires	32
3.3.1	La Chaire CESI-AVELIS <i>Construction hors-site, industrialisée, pour l'humain et l'environnement</i>	32
3.3.2	La chaire CESI-ESSOR <i>Ville du Futur et Economie circulaire:</i>	32
3.3.3	Chaire Robotics-by-Design Lab	33
4	MOYENS MATERIELS	34
4.1	Plateforme Usine du Futur (site de Rouen)	35
4.2	Plateforme Bâtiment du futur (site de Nanterre)	37

4.3	Plateforme Industrie du futur (site de Nanterre)	39
4.4	TIAGO	41
4.5	MICRO LEARNING FACTORIES	42
5	ANNEXE 1 : PUBLICATIONS	43
6	ANNEXE 2 : PROJETS AU SEIN DE CESI LINEACT	54
6.1	DEFI&Co - Développer l'expertise future pour l'industrie et la construction	55
6.2	JENII - Jumeaux d'Enseignement Numériques, Immersifs et Interactifs	57
6.3	SCOPES- Sémantique COLlaborative pour une Perception Evidentielle de Situation	60
6.4	NUMERILAB - Environnements Numériques Instrumentés pour les Apprentissages Humains	61
6.5	AntiHpert - Opérateur 4.0 et anticipation dynamique de ses perturbations dans les ateliers de production	63
6.6	COLIBRY - COLlaborative semantic roBotics for industRY 5.0	65
6.7	OASIS - robOtics & Artificial intelligence for induStrial rlsk management in hoStile environments	67
6.8	C CARE : Covid Channel Area Response Effort	69
6.9	Rouen Mobilités Intelligentes pour tous	70
6.10	Label d'excellence Campus des Métiers et des Qualification Aéronautique et Spatial Occitanie	72
6.11	ANR CREAM (CREativity in additive manufacturing)	74



CESI LINEACT

LABORATOIRE
D'INNOVATION NUMERIQUE
POUR LES ENTREPRISES ET
LES APPRENTISSAGES AU
SERVICE DE LA
COMPETITIVITE DES
TERRITOIRES

La spécificité de LINEACT repose sur l'organisation de sa recherche selon deux équipes scientifiques interdisciplinaires et deux domaines applicatifs, ces derniers se concentrent sur les mutations profondes, et de plus en plus rapides, de l'industrie et de la ville. Plus largement, ils accompagnent entreprises et apprenants dans les révolutions que vivent actuellement nos sociétés, qu'elles soient industrielle, numérique, énergétique/climatique ou plus largement sociétale. Il s'agit également de déployer une recherche au service des scolarités et formations de CESI que cela soit au niveau pédagogique ou didactique.

Si les nombreux chantiers initiés en 2021 se sont poursuivis en 2022 avec notamment une politique ambitieuse de recrutement d'enseignants-chercheurs et de doctorants, cette année écoulée a permis d'élaborer un bilan approfondi des avancées de notre recherche.

Ce bilan qui va se concrétiser en 2023 par le dépôt de notre dossier d'évaluation auprès de l'HCERES pour les six dernières années nous permettra d'exposer nos ambitions et la trajectoire prévue pour les cinq prochaines années.

1 LA RECHERCHE A CESI

1.1 ORGANISATION

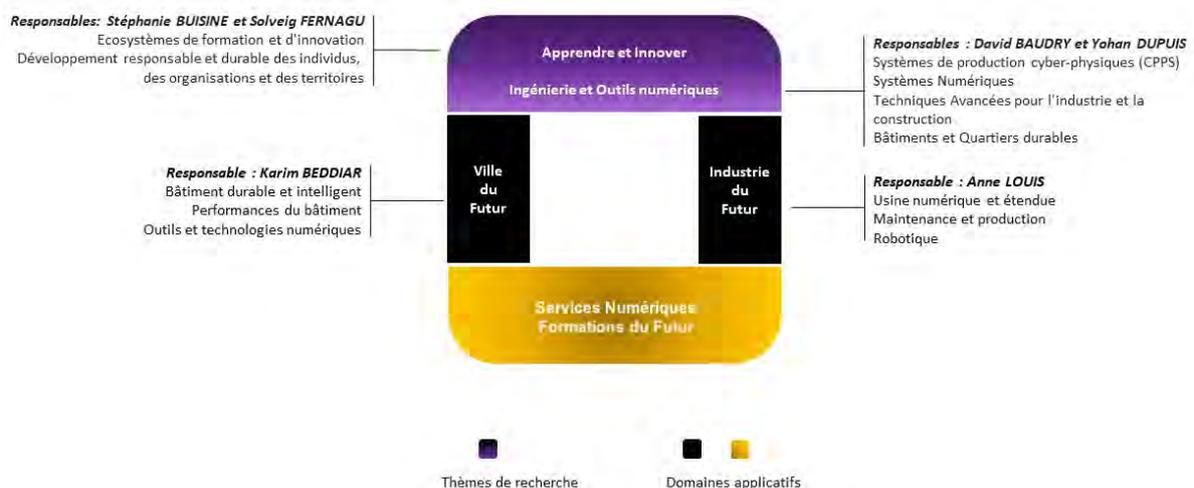
CESI LINEACT (Laboratoire d'Innovation Numérique pour les Entreprises et les Apprentissages au service de la Compétitivité des Territoires) est le laboratoire du groupe CESI dont les activités sont mises en œuvre sur 23 sites répartis en France, eux-mêmes regroupés en 6 régions ou campus.

Il rassemble (au 31 décembre 2022) 70 enseignants-chercheurs et 46 doctorants.

La spécificité de CESI LINEACT repose sur l'organisation de sa recherche en 2 équipes et 3 domaines applicatifs :

Equipe 1 : « Apprendre et Innover », qui regroupe les sciences cognitives, les sciences sociales et les sciences de gestion, ainsi que les sciences et techniques de la formation et celles de l'innovation ; l'équipe 1 peut s'adresser à des domaines d'application plus larges que ceux de la Ville ou l'Industrie du Futur. Les principaux objectifs scientifiques visés par cette équipe sont la compréhension des effets de l'environnement, et plus particulièrement des situations instrumentées par des objets techniques (plateformes, ateliers de prototypage, systèmes immersifs...) sur les processus d'apprentissage et de créativité.

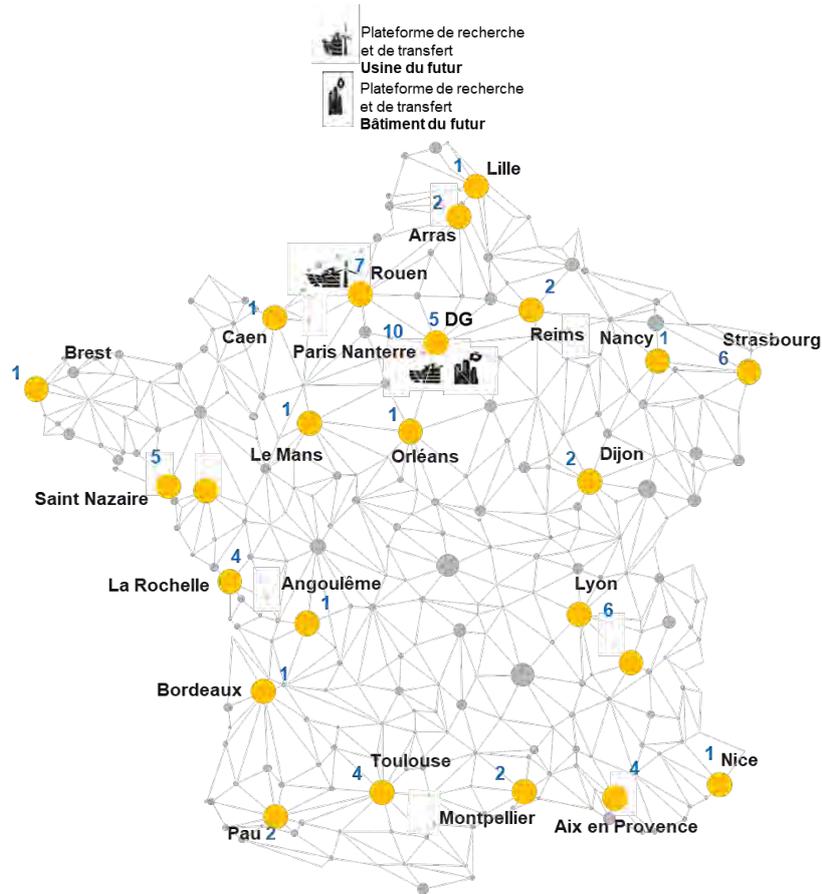
Equipe 2 : « Ingénierie et outils numériques » regroupe des compétences dans les domaines des sciences du numérique et des sciences de l'ingénieur. Ses principaux objectifs scientifiques portent sur la modélisation et l'optimisation de systèmes, les interactions humains-systèmes, ainsi que sur l'analyse de données et les processus de décision appliqués principalement aux trois domaines d'application que sont la Ville du Futur, l'Industrie du Futur et les Services Numériques. Ils permettent de croiser les compétences métiers indispensables à la mise en œuvre de nos projets autour de nos thématiques scientifiques, et répondent aux grands défis que sont les transitions durable et numérique de nos sociétés.



Les domaines applicatifs que sont la Ville du Futur et l'Industrie du Futur permettent de croiser les compétences métiers indispensables à la mise en œuvre de nos projets autour de nos équipes scientifiques. Ils répondent aux deux grands défis que sont les transitions énergétique et numérique de nos sociétés. Les interactions entre les équipes scientifiques et les domaines applicatifs sont décrites dans le schéma présenté sur la figure ci-dessous.

Trois plateformes de recherche et de transfert, dont la taille, le volume d'activités et la duplication numérique leur permet de rayonner sur tous les campus de CESI, viennent soutenir l'ensemble des travaux de LINEACT : deux sont consacrées à l'usine du futur sur les centres de Rouen et Nanterre, et une au bâtiment du futur sur le centre de Nanterre.

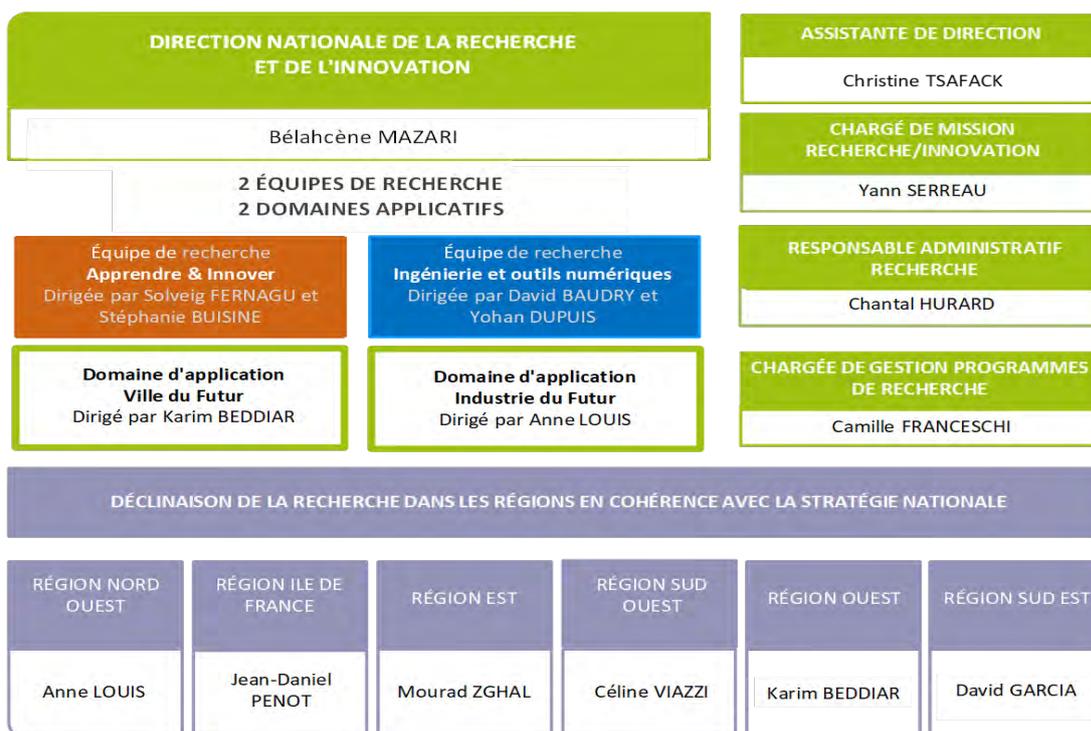
CESI LINEACT



Répartition des enseignants chercheurs par campus

L'organigramme est le suivant au 31 décembre 2022, sachant que le Dr Saeed MIAN QAISAR a remplacé le Dr David GARCIA le 4 janvier 2023 au poste de Responsable Département Recherche et Innovation pour la région sud-est :

CESI LINEACT



Les trois plateformes de recherche et de transfert "Industrie du futur" et "Bâtiment du futur" permettent à la recherche de s'y déployer et de s'adosser à la pédagogie. L'ensemble de ces plateformes est utilisé par les deux équipes de recherche et tous les enseignants-chercheurs des différents campus peuvent y accéder dans le cadre de leurs travaux.

La première plateforme remarquable de recherche et de transfert "Usine du Futur" est située à Rouen, et est structurée en deux grands ensembles : l'un est dédié aux activités de recherche nécessaires à l'accompagnement de projets industriels de R&D sur les thématiques de la performance industrielle ; l'autre rassemble les activités de transfert vers les entreprises et notamment les PME, afin de les accompagner dans leurs projets à court terme d'innovation et d'optimisation de la performance industrielle. Le domaine de l'Industrie du Futur est traité essentiellement au niveau de l'usine.

La deuxième plateforme remarquable de recherche et de transfert "Bâtiment du Futur" se trouve dans les murs du campus de Nanterre. Elle accueille des locaux modulaires pour des expérimentations, des séances de créativité, des travaux pratiques et des travaux de recherche et d'innovation. Cette plateforme se veut le démonstrateur des activités Recherche et Innovation de CESI dans le domaine de la Ville du futur, essentiellement au niveau du bâtiment.

Une troisième plateforme, située également à Nanterre, se présente sous la forme d'une Unité Industrielle Autonome dédiée à la fabrication additive (FA) métallique (FAM) - nommée UAFAM. La construction du démonstrateur a démarré en décembre 2018. Mis en fonction complète en juin 2019, il prend place au sein du domaine Industrie du Futur et complète les ateliers de prototypage de type FabLab, appelés Lab'CESI et structurés avec notamment un LabManager. Ces Lab'CESI sont présents sur l'ensemble des campus CESI abritant les formations d'ingénieurs et ils comprennent notamment des machines de découpe laser et Impression 3D en FDM.

Enfin, dans le cadre du projet DEFI&Co, le développement de plateformes Micro Learning Factories (MLFs) a pu être initié en juin 2021. Elles sont actuellement en cours de déploiement et mises en service sur les campus CESI de Lyon, Rouen, Nanterre, Toulouse, Strasbourg, Saint-Nazaire et Arras. Elles seront généralisées d'ici juin 2024 sur l'ensemble des campus CESI abritant les formations d'ingénieurs.

1.2 STRATEGIE

2 EQUIPES DE RECHERCHE

2.1 Equipe de recherche Apprendre et Innover

La finalité des recherches de l'équipe 1 est de produire des connaissances sur les écosystèmes d'apprentissage et d'innovation pour une expérience et un développement responsable des individus, des organisations et des territoires.

Fin 2022, l'équipe Apprendre et Innover est constituée de 11 Enseignants-chercheurs, dont 4 HDR, 1 Directeur de Recherche émérite et 10 doctorants. Dans la période 2017-2022, 8 thèses ont été soutenues dans l'équipe.

L'équipe AI « Apprendre et Innover » s'appuie sur les paradigmes des Sciences Humaines, Sociales et de Gestion pour étudier l'objet technologique et organisationnel, son impact sur les processus d'apprentissage et d'innovation, et ses retombées sur le développement des individus, des entreprises et des territoires.

La thématique Apprendre porte des enjeux spécifiques pour le développement des contenus et modalités de formation du futur, au cœur de la stratégie de CESI.

La thématique Innover est davantage tournée vers les entreprises partenaires de CESI, afin d'accompagner celles-ci dans les défis industriels, environnementaux et économiques qu'elles rencontrent.

Elle mobilise un ensemble de cadres théoriques susceptibles de documenter les questions qui sont les siennes : les sciences et techniques de la formation, l'ingénierie des compétences et des parcours, la psycho-ergonomie, l'analyse de l'activité, les sciences économiques, le management, les sciences et techniques de l'innovation, la psychologie des organisations, les théories de l'action, etc.

Le paradigme dans lequel l'équipe inscrit ses travaux est interactionniste. La performance des écosystèmes d'apprentissage et d'innovation y est, en ce sens, appréhendée comme la résultante de l'interaction entre des facteurs situationnels (contexte d'apprentissage et d'innovation, constitué d'éléments de l'environnement social, technologique, industriel, économique, culturel...) et des facteurs dispositionnels.

La structuration de l'équipe lui permet d'analyser ces interactions de manière pluridimensionnelle: au niveau Micro de l'individu (ex : lorsque l'on s'intéresse à l'apprenant, au professionnel, ou au end-user), au niveau Méso de l'équipe, du système ou de l'organisation (ex : lorsque l'on étudie un dispositif de formation, une équipe-projet ou une entreprise) et au niveau Macro de la société (ex : lorsque l'on analyse les politiques institutionnelles, les mesures régionales, nationales ou internationales). (cf. figure ci-après)



En raison de la diversité des niveaux d'analyse des activités et des processus d'apprentissage et d'innovation, nos recherches, selon les cas, peuvent viser le développement personnel, professionnel, expérientiel pour l'individu (apprenant, innovateur, end-user...) ; le développement social au sein d'un collectif d'apprentissage, d'une organisation ou d'une communauté ; le développement économique au niveau industriel ou territorial, etc. Nous adoptons pour l'ensemble de nos recherches un cadre éthique commun de développement responsable et/ou durable.

Thème Apprendre

“Apprendre relève d’une expérience transformative qui fait référence à un ensemble de processus cognitifs, affectifs, métacognitifs et sociaux qui aident ou non à apprendre, agissent comme des leviers ou des freins à l’apprentissage, et rendent l’expérience d’apprentissage extrêmement singulière, située et contextualisée” (Rapport HCERES, LINEACT 2023).

La perspective épistémologique de l’équipe est non seulement interactionniste mais également socio-constructiviste et énaïve. En effet, si tout apprentissage relève d’une démarche d’appropriation personnelle, il ne se réalise qu’au regard du milieu, de l’environnement et de la situation dans lequel il prend forme et est transféré. Ainsi, lorsque l’on étudie les écosystèmes d’apprentissage, il est possible de les regarder de différentes manières : du point de vue des apprenants qui apprennent, des formateurs qui aident à apprendre, des dispositifs de formation qui soutiennent les démarches, les processus et les modalités de l’apprentissage, ou encore du point de vue de leurs relations réciproques - et donc des configurations qui découlent de leurs interactions. Ces trois points de vue permettent d’étudier, de manière interreliée et dépendante, des pratiques pédagogiques, d’enseignement et d’apprentissage dans une diversité d’environnements d’apprentissage (formels, informels, ancrés dans le travail ou dans la formation, professionnels ou didactiques, technologiques ou non, etc.). Nous nous intéressons tout particulièrement aux conditions de l’apprentissage, à la mise en capacité à apprendre, au design capacitant des dispositifs, des environnements et des situations, à ce qui fait frein ou levier aux apprentissages.

Thème Innover

Innover consiste à faire se rencontrer l’invention et l’adoption. L’invention est la mise au point d’une solution nouvelle, qu’il s’agisse d’un bien matériel, d’un service, d’un procédé technologique ou non-technologique – que celle-ci soit nouvelle pour le monde, pour le secteur ou seulement pour l’entreprise. L’adoption quant à elle, requiert que l’invention soit mise en œuvre, validée par celles et ceux à qui elle est destinée : adoption par le marché, par les collaborateurs dans le cas d’une innovation au sein de l’entreprise, diffusion par voie commerciale ou non, introduction dans la pratique sociale... Nos recherches portent donc sur ces deux composantes, l’invention et l’adoption.

Nous travaillons en outre sur le sens de l’innovation. L’innovation est à la fois un processus et un résultat, mais elle ne porte pas en soi de finalité. La formalisation de l’innovation en tant que concept technique, économique et politique, en tant qu’objet d’étude et problématique scientifique, date du début du 20ème siècle et des travaux de l’économiste Joseph Schumpeter. Compte tenu de son ancrage historique et culturel, l’innovation a initialement été pensée en termes économiques et tournée vers la croissance, le profit. Il s’agit toujours de la vision dominante à l’heure actuelle (OECD, 2018). Avec l’évolution des sociétés, l’innovation s’est cependant diversifiée : innovation sociale, humaniste, responsable, durable. C’est dans cette lignée évolutionniste que nos travaux de recherche s’inscrivent.

2.1.1 Moyens mis en œuvre et projets en cours

2.1.1.1 Thème Apprendre

2.1.1.1.1 Actions initiées avant 2022

DEFI&Co

Ce projet s’est terminé en septembre 2022 (2017-2022). Il s’agissait de faire évoluer 39 formations CESI en lien avec nos domaines applicatifs de recherche, la ville et l’industrie du futur, et de s’intéresser à la question de la protection et du traitement des données qui les sous-tendent (data sciences, cybersécurité). Ce projet, en lien avec les Directions des études des Ecoles, a permis de proposer des énoncés de problèmes et de travaux pratiques en lien avec les ressources offertes par les plateformes pédagogiques de CESI, et d’investir dans des technologies pédagogiques adéquates pour déployer de nouvelles mises en situation. Une contribution méthodologique à l’ingénierie des situations d’apprentissage utilisant la réalité virtuelle a notamment été apportée dans le cadre du développement de l’application Lean 4.0.

Pour rappel, ce projet a permis de déployer et développer des lab'CESI et des Créativ Lab.

EVAL ACP

Ce projet financé par la région Occitanie s'est terminé en mai 2022 (2021-2022). Il avait pour finalité la production d'une échelle de mesure des aptitudes et comportements professionnels. Elle a été testée auprès de plus de 900 apprenants issus de 4 écoles d'Ingénieurs (CESI, ICAM, 3IL, CNAM). L'échelle produite a permis l'auto-évaluation par les apprenants d'un ensemble d'aptitudes réparties selon trois catégories : personnelles, relationnelles et actionnelles. Il reste à concevoir un guide d'utilisation de l'échelle produite de manière à en diffuser l'usage.

Cette recherche a permis de formaliser des aptitudes prioritaires (enquêtes documentaire et empirique) susceptibles de soutenir le développement de l'employabilité des apprenants et de construire une échelle de mesure unique en son genre en assemblant des échelles existantes, avérées et robustes, et dont la robustesse a été testée auprès de plus de 500 étudiants. Une grille d'auto-positionnement est née de ce travail et permet aux étudiants et élèves de se positionner au cours de leur formation. Soit l'on considère ces échelles comme un résultat visé par la formation, soit comme des prérequis. Dans tous les cas, elle nécessite, du côté de la formation, d'apporter des remédiations en cas de besoin. Un projet de recherche dans la continuité de ce dernier est en cours de réflexion et visera à identifier au sein de CESI, les situations pédagogiques prototypiques permettant de mobiliser ou développer les aptitudes et comportements professionnels visés.

BQR

La collaboration avec le CIRNEF de Rouen dans le cadre d'un appel à projet ILSAI (non retenu – projet sur les agents conversationnels et tuteurs interactifs) a débouché sur un projet BQR qui a permis de comparer différents environnements d'apprentissage, d'apprécier et de comparer leurs effets sur les apprentissages. C'est le module de performance industrielle qui a été analysé dans trois types d'environnements : physique, virtuel et hybride.

Le travail de formalisation des résultats est en cours avec un projet de publication.

2.1.1.1.2 Actions initiées en 2022

Pédagogie de l'alternance

Cette recherche (2022-2022) financée et commanditée par l'Observatoire des Compétences de la métallurgie visait à définir les contours de ce que pourrait être une pédagogie de l'alternance et élaborer un guide de référence de la pédagogie de l'alternance. Deux enquêtes ont été engagées : l'une qualitative auprès de 103 acteurs de la formation (CFA métallurgie et hors métallurgie, centres de formation partenaires ou non de la métallurgie, organisations professionnelles, formateurs, chercheurs) et 46 alternants de 5 CFAI; l'autre quantitative auprès de près de 1800 alternants (CAP à Ecoles d'Ingénieurs) via un questionnaire en ligne (50 questions).

Livrables: état de l'art de la pédagogie de l'alternance, guide pratique de la pédagogie de l'alternance, synthèse communicante, disponibles à <https://www.observatoire-metallurgie.fr/analyses-previsions/pedagogie-de-lalternance>

Prolongements:

Communications auprès d'instances institutionnelles (Colloque annuel des IT2i, Colloque Excellence Pro, Séminaire Acteurs de la compétence, etc.) et académiques (RUMEF 2023; Inspé Dijon). Demandes en cours: Réseau Canopé, Inspection académique Bourgogne Franche Comté, CFA Bretagne Enseignement catholique, CFA IT2i Brest, FNADIR Pays de Loire, etc.

Impact: la DGSIP a confié au thème un travail d'expertise sur les résultats d'un groupe de travail concernant les indicateurs qualité de l'alternance (en cours)

2.1.1.1.3 Actions en cours

JENII

Ce projet ANR d'une durée de trois ans réunit un consortium de trois partenaires académiques membres de HESAM Université (ENSAM, CNAM, CESI) et d'un centre de recherche technologique de référence (CEA). Il porte sur 15 démonstrateurs de l'enseignement supérieur et la création d'un métavers hébergeant ces derniers. Le développement technologique et techno-pédagogique est présenté par l'équipe 2.

Le thème Apprendre est responsable du WP1 de ce projet. En collaboration avec des représentants de chacun des membres du consortium, il a travaillé à l'élaboration de la V1 d'un livre blanc, en cherchant à répondre à deux questions : qu'est-ce qu'apprendre avec les jumeaux numériques ? Qu'est-ce qu'enseigner avec les jumeaux numériques ?

Pour répondre à ces deux questions, les porteurs de projets seront questionnés sur la mise en capacité à apprendre et à enseigner avec ce type de technologie : quels leviers ? quels freins ? quelles opportunités ? quels usages ? etc.

Livrables : Livre Blanc des jumeaux numériques pour apprendre et enseigner (V1)

Prolongements : plusieurs communications ont pu être réalisées pour promouvoir le projet (AREF Lausanne; Séminaire NEA Université Nice Côte d'Azur), participation à un atelier de travail ANR (Journée de l'AMI DEMOEs organisé par l'ANR, <https://evenement.anr.fr/demos-2023>)

2.1.1.1.4 Actions futures

PEDAGOGIE DE L'ALTERNANCE

CESI et CESI LINEACT vont organiser un colloque international à Lyon sur les pédagogies de l'alternance dans l'enseignement supérieur qui se déroulera en 2024

JENII

Analyse des retours d'expérience des porteurs de projets pour une V2 du livre blanc et conception d'une formation de formateur

CENTRE INFO

Prise de contact avec le Centre Info qui souhaite développer un Lab R&D. Ce Lab aura pour mission de valoriser des travaux de recherche facilitant la compréhension des changements sociétaux et ceux impactant directement les acteurs de la formation. Il a pour objectif rapprocher les différents acteurs (décideurs, financeurs, praticiens et chercheurs) en stimulant les échanges de points de vue et de pratiques.

2.1.1.2 Thème Innover

Nos recherches se structurent autour de deux méta-problématiques qui portent sur 'invention et sens' et 'adoption et sens'.

Invention et sens

Cette problématique nous amène notamment à étudier le processus de créativité à l'origine de l'invention. Conformément à l'approche interactionniste de notre équipe, nous cherchons à concevoir et évaluer les déterminants situationnels de la créativité, et en particulier l'environnement technologique, méthodologique et stratégique :

Environnement technologique :

- Projet achevé en 2022 : dans le cadre du projet ANR-CREAM achevé en 2022, nous avons conçu des dispositifs inspirationnels tangibles illustrant les opportunités de la fabrication additive, sur la base de principes inventifs et de modèles théoriques (TRIZ, théorie de résolution des problèmes inventifs, cognition incarnée).

ANR CREAM – CREativity in Additive Manufacturing (2019-2022)

Chef de file : Arts et Métiers – LCPI ; Partenaires : CESI-LINEACT, Université Paris Cité – LaPEA

ANR AAPG 2018

Ce projet visait à dépasser les verrous cognitifs existant en ingénierie de conception et liés aux procédés de fabrication conventionnels (soustractifs ou formatifs). A cette fin, nous avons proposé une suite d'outils et de méthodes pour stimuler la créativité des concepteurs en s'appuyant sur le potentiel disruptif des procédés de fabrication additive. Ce projet s'inscrit dans la stratégie de développement de LINEACT pour contribuer à l'Industrie du Futur, en cohérence avec le déploiement du démonstrateur Unité Autonome de Fabrication Additive Métallique sur le campus de Nanterre, et assoit le positionnement de nos travaux dans la communauté de recherche sur la fabrication additive.

Réalisations :

- Conception d'un dispositif inspirationnel illustrant à la fois des opportunités de la fabrication additive (ex : complexité géométrique, hiérarchique, fonctionnelle) et des principes inventifs issus de TRIZ (théorie de résolution des problèmes inventifs).
 - Démonstration expérimentale (en laboratoire et sur le terrain) de l'impact positif sur la créativité et du mécanisme expliquant cet impact (créativité incarnée, manipulation tangible).
 - Déclinaison en Réalité Virtuelle et Augmentée ; scénarisation (conception d'un jeu de plateau, gamification, serious gaming).
 - Transfert vers la pédagogie (Option Fabrication Additive Métallique du cycle ingénieur généraliste) et vers l'industrie (prestation auprès d'un acteur majeur de l'industrie aéronautique).
 - Production : 1 brevet, 2 publications ACL (+2 soumises), 2 ACTI, 3 ACTN
- Projet démarré en 2022 : nous concevons des dispositifs de créativité collective en réalité virtuelle en nous appuyant sur des modèles sociocognitifs (effet Proteus, théorie de l'auto-perception, théorie de l'identité sociale). S'inscrivant dans une importante lignée de recherche de l'équipe, une nouvelle thèse de doctorat a été lancée en 2022 sur ces sujets (thèse d'Anna Martin Coesel, 2022-2025).
 - Projet futur : en 2022, nous avons rejoint le PEPR eSEMBLE (Programmes et Équipements Prioritaires de Recherche, financé par l'ANR) dont l'objectif est de "redéfinir en profondeur les outils collaboratifs numériques". Co-piloté par l'Université Paris-Saclay, l'Université Grenoble Alpes, l'INRIA et le CNRS, le PEPR regroupe plus de 50 laboratoires français et s'est vu allouer un financement de 38,2 M€ pour une durée de 84 mois. Nous avons obtenu un premier financement de thèse dans ce cadre, en partenariat avec Télécom Paris, portant sur la Visualisation pour la Créativité (thèse de Giulia Paludo, 2023-2026).

Environnement méthodologique :

- Projet poursuivi en 2022 : nous concevons et analysons le processus créatif pour des applications pédagogiques ou industrielles. Nos méthodes visent toutes à maximiser le facteur motivationnel (théorie de l'autodétermination) et l'identification au groupe (ex : Flow collectif). Nous avons actuellement une thèse de doctorat sur ce sujet au sein de l'équipe (thèse de Thibaut Batal, 2021-2024).

Environnement stratégique :

- Projet poursuivi en 2022 : la stratégie permet d'introduire explicitement le sens dans l'invention. Nos travaux s'inscrivent dans une stratégie d'innovation tournée vers les besoins humains (stratégie Need-Seeker), par opposition aux stratégies poussées par la technologie ou tirées par le marché. Cette stratégie étant sous-représentée en France, nous développons des méthodes pour en structurer l'usage : paradigmes de création, de découverte de besoins futurs, et de redécouverte des besoins fondamentaux. Nous poursuivons un projet interne visant à caractériser les dispositions personnelles des Lead Users, dans l'objectif de promouvoir des stratégies d'innovation radicale centrées sur les usages. Notre première application concerne l'innovation pour le Smart Building.
- Projet futur : en 2022 nous avons monté un partenariat avec VEDECOM dans le cadre du projet ANR-SYDEA, ce qui va permettre de lancer en 2023 une thèse de doctorat sur la stratégie Need-Seeker, via la méthode du Lead User, sur le sujet du véhicule autonome.
- Projet futur : de la même manière, nous avons participé en 2022 au montage du projet Mob_E, financé par les Certificats d'Economie d'Energie, et allons ainsi bénéficier du financement d'une thèse de doctorat sur l'innovation Need-Seeker pour la mobilité du futur (méthode du Lead User et prospective).
- Projet poursuivi en 2022 : nous étudions d'autres méthodes Need-Seeker, par exemple la viabilité des approches LivingLabs pour stimuler l'innovation au plus proche des citoyens. Cette problématique est également appliquée au domaine de la mobilité dans le cadre du PIA TIGA «

Rouen mobilité pour tous » (Territoires d'Innovation – Grande Ambition) et fait l'objet d'une thèse de doctorat (thèse de Gaëtan Savarit, 2021-2024).

- Projet poursuivi en 2022 : dans le cadre de la Chaire Robotics by Design, nous menons une thèse CIFRE avec la SNCF (thèse de Mégane Sartore, 2020-2023), dans l'objectif de concevoir des systèmes robotisés pour la maintenance ferroviaire répondant aux besoins motivationnels des agents de maintenance ferroviaire, au-delà de leurs besoins fonctionnels.

La robotique ikigai : Un levier majeur d'engagement, garant d'une haute performance industrielle

Mégane Sartore

Sous la direction de

Stéphanie Buisine (CESI), Ioana Ocnarescu (Strate), Louis-Romain Joly (SNCF)

L'un des freins au développement de l'Industrie 4.0 est que la robotisation éloigne parfois les opérateurs du sens du travail. Dans cette thèse, nous cherchons comment concevoir des outils robotiques qui augmentent à la fois la performance et l'engagement, ce qui est désigné sous le terme de Robotique Ikigai. L'ikigai est une philosophie de vie japonaise reposant sur la raison d'être de chacun, ce qui fait que notre vie vaut la peine d'être vécue. Ce concept évoque certaines théories de la psychologie contemporaine, sans que ces liens n'aient été formalisés dans la littérature scientifique. Nous proposons donc une modélisation de l'ikigai comme un processus motivationnel en nous appuyant principalement sur la théorie de l'autodétermination (Deci et Ryan, 2000), de la pleine conscience (Mindfulness ; Ryan et al., 2008), du bien-être (PERMA ; Seligman, 2011), du sens et de l'engagement au travail (Steiger et al., 2012 ; Schaufeli et al., 2002). Nous proposons également un outil de mesure de l'ikigai en contexte professionnel sous forme de questionnaire composé d'échelles standardisées de la littérature. Pour aller plus loin dans l'évaluation de l'ikigai, nous ouvrons également des perspectives d'évaluation graphique, pour une évaluation plus rapide et visuelle. Le modèle théorique, ainsi que le questionnaire, ont été testés auprès d'un échantillon de 321 personnes issues de la population active française. Ces travaux sont ensuite appliqués au domaine de la robotique industrielle et de service, et plus précisément à la maintenance ferroviaire SNCF. Une étude de terrain est menée afin de qualifier et quantifier l'ikigai des agents de maintenance SNCF, ainsi que d'identifier ses déterminants. Enfin, nous proposons la conception d'un outillage d'inspection de toiture de train répondant, en plus des besoins fonctionnels, aux besoins motivationnels des agents SNCF. Ce cas d'étude vise à fournir à la fois un nouvel outillage, une nouvelle approche de conception, mais aussi une preuve de concept de la Robotique Ikigai.

- Projet futur : nous contribuons également à réinterpréter le besoin d'autonomie des personnes en situation de handicap, dans un sens motivationnel d'autodétermination et pas seulement dans un sens fonctionnel. Cette proposition a été intégrée au projet Comeback2Me déposé dans le cadre du PPR Autonomie (Programme Prioritaire de Recherche de l'ANR) coordonné par l'INSA de Rennes.

Adoption et sens

La seconde méta-problématique que nous traitons porte sur la sélection, la diffusion et l'adoption de l'innovation. Nous étudions pour cela les déterminants stratégiques, culturels et sociaux de l'innovation, y compris l'innovation organisationnelle.

Environnement stratégique : nous étudions l'influence des caractéristiques stratégiques des entreprises sur le processus d'innovation, notamment à travers le prisme de l'adoption des pratiques d'innovation ouverte, et dans l'objectif de favoriser la résilience des entreprises, en particulier des PME.

- Projet poursuivi en 2022 : l'objectif du projet C-CARE (Covid Channel Area Response Exchange) est d'analyser les politiques publiques mises en œuvre dans la zone transfrontalière France Manche Angleterre afin de faire face aux conséquences économiques et sociales de la pandémie COVID-19. En particulier, l'innovation de Business Model est envisagée pour répondre aux changements du marché et aux nouveaux comportements des clients, tout en assurant une reprise économique verte, inclusive et durable.

- Projet futur : l'adaptation à un contexte de crise permanente fait écho aux modèles évolutionnistes que nous utilisons dans nos recherches sur la transformation organisationnelle. Dans le cadre de la Chaire CESI-Avelis, nous avons monté une thèse CIFRE visant particulièrement à développer la responsabilité sociétale de l'entreprise (thèse de Laura Lakehal, 2023-2026).

Environnement culturel : au-delà des stratégies et processus formalisés, nous cherchons à caractériser l'impact de la culture organisationnelle sur l'innovation et sur la transformation des entreprises, afin de favoriser l'alignement des pratiques et des valeurs (congruence organisationnelle, théorie de l'engagement).

- Projet futur : l'un des axes du projet Mob_E porte sur l'analyse et la compréhension des leviers culturels et organisationnels de la mobilité des étudiants et l'identification des transformations à opérer par les établissements d'enseignement supérieur pour favoriser l'adoption de modes de déplacement économes en énergie. Dans le cadre d'une thèse de doctorat, nous chercherons donc à déterminer si les établissements d'enseignement supérieur exercent une influence implicite sur les choix de mobilité des étudiants, via leurs valeurs, leurs pratiques et plus généralement leur culture, au-delà des questions d'implantation géographique et d'infrastructure de transport. Nous nous intéresserons à la culture organisationnelle des établissements, aux cultures individuelles des étudiants et aux facteurs de congruence entre celles-ci. L'ensemble sera modélisé sur la base de méthodes d'enquête et de fouille de données afin d'identifier de potentiels leviers de transformation pour faire évoluer la culture des établissements d'enseignement supérieur dans le sens (1) d'une plus forte congruence avec les valeurs des étudiants et (2) d'une culture de la mobilité responsable. Enfin, un protocole de transformation sera conçu sur la base de ces résultats et dans le cadre de la théorie de l'engagement, afin de compléter les mesures de sensibilisation préconisées au niveau ministériel (Jouzel, 2022, Sensibiliser et former aux enjeux de la transition écologique et du développement durable dans l'enseignement supérieur. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche).

Environnement social : en matière d'innovation organisationnelle, nos travaux s'inscrivent dans une approche évolutionniste tournée vers l'engagement et le sens du travail (autodétermination, leadership transformationnel).

- Projet poursuivi en 2022 : nous travaillons avec la Division Production Nucléaire d'EDF (thèse de Lisa Gaudens, 2021-2025) à l'articulation des enjeux individuels et organisationnels de l'engagement et de la performance. En particulier, nous nous attachons à concevoir et diffuser une approche transformationnelle du management des compétences, ou auto-management des compétences. Nous sommes amenés pour cela à étudier l'autodétermination au travail, la perception de chacun du sens de son travail, et son niveau de satisfaction des besoins fondamentaux (besoin d'autonomie, de compétence et d'affiliation). Nous avons réalisé une première étude à grande échelle (analyse d'un corpus représentant les réponses de plus de 10 000 salariés), entamé une démarche de diagnostic approfondi auprès de quelques équipes et mis en place de premières interventions sur le terrain.

Notre trajectoire à moyen et long terme vise à poursuivre **notre ambition de redéfinir l'innovation**, en dépassant une vision purement économique pour y intégrer **le sens et la notion d'impact**. Nous défendons une position dans laquelle l'innovation n'est pas une fin en soi, la recherche de croissance, et *a fortiori* de profit, doit être dépassée pour poursuivre des buts plus élevés, positifs, et durables.

Nous nous appuyons pour cela sur les possibilités offertes par notre environnement :

- Contexte global de crise protéiforme : cette contrainte peut être interprétée comme une opportunité pour développer nos recherches vers davantage d'innovation positive et de résilience.
- Accentuation du besoin sociétal : prise de conscience de la nécessité d'un changement de paradigme à différents niveaux, et notamment dans les usages, les services, l'habitat, la mobilité...
- Accentuation du besoin industriel : ce point s'observe très clairement dans les demandes qui nous parviennent de nos partenaires industriels et dans l'intérêt que suscitent nos travaux actuels et notre ambition.
- Besoin de formation sur ces sujets critiques pour l'avenir : vision alternative de l'innovation, anticipation et prise en compte de l'impact, prospective à long terme, transformation des organisations.

2.1.2 Effectifs

Recrutements 2022 :

- Lucie Cuvelier, MCF en psychologie et en ergonomie de l'Université Paris 8 : Ingénieure en prévention des risques industriels et titulaire d'une thèse en ergonomie, elle s'intéresse, en tant qu'ergonome, tout particulièrement aux activités constructives et aux apprentissages en situation de travail, à l'analyse de l'activité et à la conception de dispositifs innovants pour la formation, à la conception, l'appropriation et au développement des instruments, et aux problématiques de santé et de sécurité des systèmes sociotechniques complexes. Ses compétences méthodologiques et conceptuelles lui ont permis de s'intégrer très rapidement au sein de l'équipe et de venir enrichir ses compétences, et d'être rapidement mobilisée par l'équipe Ingénierie et Outils Numériques sur les projets à dimension ergonomique
- Deux Enseignants Chercheurs en Sciences Economiques, Imène Guétat (HDR) et Benoît Berquier nous ont rejoints en 2022. Ces recrutements s'inscrivent dans notre volonté de renforcer notre approche pluridisciplinaire de l'innovation et de gagner en légitimité vis-à-vis de l'approche dominante actuelle, qui reste une approche économique.

Responsables de l'équipe	Stéphanie BUISINE, HDR Solveig FERNAGU, HDR
Enseignant chercheur émérite	Bernard BLANDIN, HDR
Enseignants-chercheurs	Benoît BERQUIER Andréa BOISADAN Béatrice BIANCARDI Lucie CUVELIER Muriel DAVIES Imène GUETAT, HDR Yann SERREAU Céline VIAZZI
Doctorants	Thibaut BATAL Anna MARTIN Lisa GAUDENS Mégane SARTORE Gaëtan SAVARIT Marie BLUTEAU Cédric FACON Sarah GUEZ

2.1.3 Evolution et perspectives de l'équipe

L'équipe **Apprendre et Innover** porte des sujets stratégiques pour CESI Ecole d'ingénieurs, et souhaite dans l'avenir confirmer et renforcer son **positionnement différenciant** :

- Le fait qu'un établissement d'enseignement supérieur développe de la connaissance et de l'innovation sur son cœur d'activité, la formation, est une grande force pour son efficience au quotidien et pour son développement futur. En cela, les recherches sur le **Thème Apprendre** constituent une des clés du succès de l'établissement pour contribuer à répondre aux besoins de formation de la société et à la création des métiers du futur. Les ressources et projets en cours et avenir permettront de poursuivre cette trajectoire.
- Au travers des recherches sur le **Thème Innover**, et de leur transfert vers la pédagogie, nous souhaitons renforcer le potentiel des élèves ingénieurs, et plus largement des étudiants de CESI, à répondre aux défis industriels, environnementaux ou économiques qu'ils pourront rencontrer dans leurs entreprises et dans leur carrière. Les membres de l'équipe coordonnent l'ensemble des

modules de formation à l'innovation et à l'entrepreneuriat, de manière intégrée, touchant tous les niveaux de formation de Bac à Bac+6 avec une progression pédagogique structurée, et un renouvellement régulier des contenus afin de rester en phase avec les évolutions des besoins sociétaux.

- L'équipe a aussi pour vocation de promouvoir et d'incarner les **Sciences Humaines, Sociales et de Gestion** au sein de CESI, afin de développer l'ouverture scientifique de ses équipes et de ses étudiants. Nous souhaitons continuer à porter avec force une vision alternative sur les sujets technologiques, incluant notamment les dimensions ergonomiques, cognitives, sociales ou managériales.
- Le fait que l'équipe alimente la pluralité des points de vue disciplinaires en interne à LINEACT permet un dialogue plus pointu entre les expertises autour du sujet technologique. Ce dialogue scientifique et cette stimulation mutuelle entre les approches technologiques et humaines s'amplifie dans le cadre des **projets de recherche transverses**, impliquant les deux équipes de l'unité. En outre, la pluridisciplinarité interne à l'unité est un levier pour la pluridisciplinarité externe, pour l'intégration et la contribution de l'unité à des consortia pluridisciplinaires dans le cadre de projets collaboratifs. Nous souhaitons ainsi développer encore davantage de projets de recherche transverses aux deux équipes.

2.2 EQUIPE DE RECHERCHE INGENIERIE ET OUTILS NUMERIQUES

L'équipe de recherche Ingénierie et Outils numériques développe sa recherche dans les champs de la modélisation, la simulation, l'optimisation et le pilotage de systèmes et processus complexes et des interactions Humains-systèmes dans ces systèmes cyber-physiques. Ces thématiques de recherche, identifiées à partir des besoins industriels, s'inscrivent dans les domaines applicatifs ciblés par CESI LINEACT que sont l'Industrie du futur, la Ville du futur et les services numériques. Les 3 thématiques de recherche de l'équipe sont :

- Thématique "Modélisation, Architecture et Décision des CPS"
- Thématique "Digitalisation et interactions humains-systèmes"
- Thématique "Gestion énergétique - Conforts et Santé dans le bâtiment"

Elles traitent de problématiques variées, telles que, par exemple, la modélisation et l'optimisation de la performance de bâtiments, la modélisation, la simulation et l'optimisation de systèmes de production flexibles, le développement d'outils d'aide à la décision pour la maintenance de systèmes industriels, l'étude et l'intégration de l'Intelligence Artificielle (IA) pour la collaboration Humain-robot, ou encore la modélisation et l'étude des interactions humains-systèmes s'appuyant sur la réalité augmentée, la réalité virtuelle et les jumeaux numériques.

2.2.1 Faits marquants et projets en cours

Nous présentons ci-après des exemples de travaux publiés sur la période du présent rapport sur nos différentes thématiques de recherche :

- (Guendouzi et al., 2022) explore le développement de modèles et de méthodes de simulation pour évaluer et optimiser la résilience et la sûreté des systèmes CPS, en considérant les scénarios d'incidents, les métriques de performance et les stratégies de gestion des risques. L'étude propose une méthode d'agrégation basée sur les algorithmes génétiques pour l'apprentissage fédéré dans les systèmes cyber-physiques industriels.
- (Y. Xu et al., 2022) propose une nouvelle heuristique d'ordonnancement dynamique multi-objectif pour le problème du job-shop flexible. Un algorithme génétique a été développé afin de démontrer l'optimalité de la solution obtenue par cette heuristique.
- Les travaux initiés dans (Brik et al., 2019) sur un outil de surveillance du système de production dans l'industrie 4.0, en utilisant un algorithme d'apprentissage automatique pour prédire la localisation des ressources et détecter les perturbations en temps réel ont été étendus. Ainsi dans (Brik et al., 2022) nous avons introduit, une fois qu'une perturbation du système est détectée, un réordonnancement dynamique qui affecte chaque tâche à la ressource disponible la plus proche tout en améliorant la précision de l'exécution et en réduisant le délai d'exécution.
- (Schiavi et al., 2022) analyse les applications de pointe de la RA et de la RV dans le domaine de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC). Ce travail étudie et propose une architecture pour les flux de données entre le BIM et les applications AR ou VR.
- (K. Xu et al., 2022) adresse la problématique de la détection frugale d'objets industriels avec un jeu de données minimal. Les travaux proposent une technique de sélection du sous ensemble minimal de point de vue permettant de détecter des objets industriels avec un niveau de performance garanti des objets à partir d'un réseau MobileNetV3 initialement entraîné sur des objets domestiques
- (Dallel et al., 2022) pose les bases d'une méthodologie de reconnaissance d'activités d'opérateurs industriels et apporte une contribution sur la fusion temporelle de décisions issues de réseaux de graphes convolutionnels. Ces premiers résultats publiés en conférences internationales ont abouti à une publication en revue intégrant une méthodologie de génération de données basée sur le jumeau numérique immersif (Dallel et al., 2023). (Akremi. et al., 2022) explore le sujet de la reconnaissance de gestes de la main avec une approche basée sur les réseaux de neurones siamois. L'approche proposée est robuste aux déséquilibres de classes et permet de reconnaître avec peu d'exemples (*few shots learning*).
- (Douadi et al., 2022) s'intéresse à la reconnaissance de lieux frugale à partir de données LiDAR et d'une connaissance a priori de l'environnement au travers d'une carte 2D d'un environnement

CESI LINEACT

industriel. La frugalité est exprimée par une réduction significative de la carte 2D grâce à une représentation d'environnement obtenue par la sélection de points d'intérêt et une génération de lieux. La méthode proposée permet une localisation obtenue à partir de la carte et compatible avec une application en environnement industriel.

- (Achour et al., 2022) réalise un état de l'art sur des méthodes de cartographies sémantiques à partir d'un essaim de robots en adressant notamment les enjeux de fusions sémantiques. Cet article a permis d'identifier les opportunités et construire la feuille de route scientifique pour les années à venir sur cette thématique.
- (Caillot et al., 2022) propose un formalisme de représentation d'un jumeau numérique d'une scène urbaine intégrant une représentation de l'incertitude avec la théorie des fonctions de croyance. La proposition permet de fusionner des informations sémantiques de perception issues de plusieurs points de vue tout en améliorant l'état de l'art qui repose majoritairement sur l'utilisation de la théorie bayésienne.
- (Sbiti et al., 2022) présente le développement d'une application numérique permettant de générer automatiquement le planning des travaux CVC et électrique en utilisant le LEAN et le BIM. Il présente les exigences fonctionnelles du système, propose un schéma conceptuel du modèle et met en avant la procédure de standardisation et de traitement de données.
- (Boodi et al., 2022) propose une étude bibliographique sur les modèles de type Résistance/Capacitance (RC) pour décrire le comportement thermique et introduit un modèle hybride de prédiction de la consommation d'énergie et d'optimisation du fonctionnement des équipements techniques. La question de recherche associée porte sur le niveau de finesse nécessaire pour une représentation réaliste des phénomènes physiques avec des temps de calcul acceptables en vue de l'utilisation des jumeaux numériques.

Ces différents travaux se déroulent en partie dans le cadre de différents projets collaboratifs auxquels participent les membres de l'équipe. Les projets en cours sont présentés dans le tableau ci-après.

Nom	Dispositif de financement	Années	Budget / budget CESI	Partenaires	Rôle du CESI LINEACT (Coordinateur, Responsable WP, Responsable de tâches)	Contributions du CESI LINEACT
CoRoT	Europe - FEDER	2016 - 2022	4.1 M€ / 854 k€	CESI, BA Systèmes, CERI, Autofina, ESIGELEC (IRSEEM), Université du Havre (GREAH), University of Greenwich (CIPDM), University of Exeter (XMEC)	Coordonnateur et responsable du WP 3 et gestion. Responsable de plusieurs tâches techniques, et de gestion.	Assurer la gestion du projet avec ses nombreuses demandes de prolongation, développer un cas d'usage CESI et mettre en place un cas industriel, développer un système de supervision distribué, développer un ordonnanceur de la production et le transport, réaliser un contrôle visuel du bras manipulateur, créer plusieurs modules de formation et collecter des données industrielles à travers des questionnaires.

CESI LINEACT

DEFI&Co	PIA	2016 - 2022	17.8 M€ / 12,2 M€	35 partenaires : CESI, APEC, AIRBUS, COLAS, ...	Coordinateur	<p>La contribution examine le potentiel des modèles d'exploration de motifs fréquents (FPM) considérés comme innovants dans les stratégies de maintenance prédictive, en particulier pour les équipements de production industriels. Les modèles FPM peuvent être utilisés comme des modèles d'apprentissage automatique non supervisés pour découvrir des motifs et des relations entre les alarmes/événements de maintenance sans avoir besoin de mettre en place des capteurs externes.</p> <p>R&D sur des preuves de concepts de jumeaux numériques. Evolution du plateau technique avec la mise en place d'un CAVE.</p> <p>Dans le contexte d'un bâtiment 4.0, proposer et valider des algorithmes basés sur l'apprentissage par renforcement permettant un pilotage énergétique intelligent capable de s'adapter aux usagers et leurs pratiques</p>
ANTIHPERT	Région Normandie	2021 - 2025	385k€ / 155k€	CESI, ESIGELEC, Université du Havre	Coordinateur, responsable du WP modélisation du comportement humain	<p>La contribution de l'équipe CESI consiste à développer un simulateur intégrant le comportement des opérateurs humains et l'optimisation de l'allocation des opérateurs ainsi que l'ordonnancement de la production.</p>
NUMERILAB	FEDER et région Normandie	2019 - 2022	523 k€ / 523 k€	-	Coordinateur	<p>La mise en place d'un plateau technique pour l'acquisition de données physiologiques, la proposition du dataset IVRASED et l'utilisation d'approche d'apprentissage profond MLSTM pour la classification du sentiment d'efficacité personnel lors de formations à des opérations d'assemblages à travers le jumeau numérique immersif.</p>
JENII	PIA	2021-2025	14 M€ / 2 M€	ENSAM, CESI, CNAM, CEA	Responsable WP1, responsable du développement de 2 jumeaux numériques	<p>R&D sur les jumeaux numériques interfacés en XR des plateformes industrielles. Proposition d'une architecture intégrant INTERVALES et OPC UA.</p>
SCOPES	ANR/AID ASTRID	2022-2024	412k€ / 132 k€	CESI LINEACT, LITIS, IRSEEM	Coordinateur scientifique, responsables de tâches	<p>Formalisme évidentiel pour la grille d'occupation, méthodologie d'augmentation multi-vues visuelle et LiDAR</p>

CESI LINEACT

OASIS	AAP Plateforme Métropole Rouen Normandie	2022- 2024	217k€/ 217k€	CESI LINEACT	Coordinateur	IA pour la robotique en environnements industriels hostiles
COLIBRY	AAP ESR Métropole Rouen Normandie	2022- 2025	142k€/ 70k€	CESI LINEACT, LITIS, IRSEEM	Responsable de WP, Responsables de tâche	Collaboration de robots hétérogènes et apport de l'IA via l'extraction des informations sémantiques des objets pour la mise à jour du jumeau numérique

3 Soutenances de HDR se sont déroulées sur 2022 :

- Samir OUCHANI, « Secure and Reliable Smart Cyber-Physical Systems », CNAM-18/11/2022. La HDR de Samir Ouchani aborde la sécurité et la fiabilité des systèmes cyber-physiques intelligents, en explorant les défis associés à leur conception et mise en œuvre. Il développe des méthodologies et approches innovantes pour renforcer la résilience et la sûreté des CPS, en intégrant des techniques de tolérance aux pannes et d'apprentissage automatique. Enfin, il valide et démontre l'efficacité de ces approches à travers des études de cas et des expériences en laboratoire.
- Karim BEDDIAR. HDR soutenue publiquement le 24 janvier 2022. Ses travaux de recherche portent sur les apports de la modélisation, l'expérimentation et les outils de la construction 4.0, et la performance du bâtiment.
- Kátia CORDEIRO MENDONÇA (2022). Vers les bâtiments à haute efficacité énergétique et niveau élevé de confort thermique et de qualité de l'air intérieur. HDR. Conservatoire des Arts et Métiers, Paris.

6 thèses ont également été soutenues sur la période :

NOM	prénom	Date de soutenance	Thématique	Titre de la thèse
CAILLOT	Antoine	22/11/2022	Digitalisation et interactions humains-systèmes	Perception collaborative embarquée-débarquée.
DALLEL	Mejdi	14/12/2022	Digitalisation et interactions humains-systèmes	Reconnaissance de gestes humains par apprentissage profond et génération de données étiquetées en réalité virtuelle
MAZAR	Mérouane	10/01/2022	Modélisation, Architecture et Décision des CPS	Simulation et optimisation de la gestion dynamique de tâches évolutives sur des robots mobiles autonomes.
MORIN DUPONCHELLE	Guillaume	12/12/2022	Digitalisation et interactions humains-systèmes	Reconnaissance de points d'intérêts pour un robot d'inspection dans un environnement contraint et dégradé
RICHARD	Killian	07/09/2022	Digitalisation et interactions humains-systèmes	Proposition d'un modèle de données basé sur les ontologies pour la scénarisation d'Environnements Virtuels ou Augmentés dans un contexte industriel.
SEKKAT	Rida	08/12/2022	Digitalisation et interactions humains-systèmes	Segmentation d'images fisheye embarquées pour l'analyse du comportement du motard.

2.2.2 Effectifs

Au 31 décembre 2022, l'équipe est constituée de 59 Enseignants – chercheurs dont 11 HDRs et 1 enseignant chercheur associé (Professeur des Universités). La répartition des effectifs par thématique est présentée dans le tableau suivant.

Pour accompagner le développement des formations dans le domaine du BTP, une activité de recherche prospective sur l'intégration des matériaux et les problématiques d'assemblages ou de désassemblages pour l'industrie et la construction a été initiée en 2021. Cette thématique en émergence est animée par un enseignant chercheur HDR recruté, et constituée à fin 2022 de 5 enseignants chercheurs.

Thématiques	ECs HDRs	dont HDRs	Doctorants
T1 - Modélisation, Architecture et Décision des CPS	26 + 1 EC associé	3+1 EC associé	16
T2 - Digitalisation et interactions humains-systèmes	20	6	10
T3 - Gestion énergétique - Conforts et Santé dans le bâtiment	8	1	6
Intégration de matériaux, thématique en émergence depuis 2021	5	1	3

2.2.3 Evolutions et Perspectives de l'équipe

La stratégie de développement de CESI Ecole d'ingénieurs et le plan de transformation du laboratoire associé et initié en 2021 a conduit à une réflexion stratégique sur les thématiques de recherche de l'équipe et son organisation. Ce plan de transformation avait pour cadre directeur :

- d'asseoir et de poursuivre le développement des thématiques de recherche existantes au sein de l'unité;
- d'intensifier le transfert des activités de recherche vers les formations et continuer à développer l'expertise des enseignants-chercheurs en lien avec les évolutions technologiques et les formations;
- de renforcer et développer les thématiques de recherche dans les domaines de la construction 4.0 et de la ville durable pour accompagner les enjeux de recherche et le développement des formations de CESI Ecole d'Ingénieurs;
- de mener une réflexion sur les évolutions thématiques en lien avec les évolutions des formations;
- de faire évoluer l'organisation pour accompagner le développement du laboratoire et permettre l'intégration des enseignants-chercheurs en lien avec les forts enjeux d'évolution des effectifs.

Dans le cadre de cette stratégie de développement nous pouvons citer les Bachelor en sciences et ingénierie en :

- Maintenance
- BIM
- Lean Construction
- IA
- IA santé

Ce dernier, s'inscrit dans une filière de formations en "santé numérique" en émergence sur notre campus de Dijon, notamment avec le diplôme universitaire (DU) en "Intelligence Artificielle Santé", démarré en octobre 2020 par l'Université de Bourgogne (UFR des Sciences de Santé) et en partenariat avec CESI Ecole d'Ingénieurs, le CHU Dijon Bourgogne, le Centre de lutte contre le cancer Georges-François Leclerc (CGFL) et le Pôle BFCare. Un Bachelor en Sciences et Ingénierie en Intelligence Artificielle Santé réalisé en convention avec l'Université de Bourgogne (UFR des Sciences de Santé) sera également proposé par CESI à la rentrée 2023. Cette formation combine le savoir-faire de CESI dans le domaine de l'intelligence artificielle et les compétences de l'Université de Bourgogne dans le domaine de la santé. Il s'agit d'une formation qui vise à former des acteurs métiers en IA et en analyse de données pour résoudre des problèmes de santé complexes permettant d'améliorer la santé et le bien-être des personnes fragiles.

Un travail d'analyse détaillé des syllabus a permis d'identifier que plus de 90% des formations du PGE (Programme Grande École) pour les Sciences de Bases, Sciences et Méthodologies de l'Ingénieur et Sciences et Techniques de Spécialités et du PGL (Programme Grade Licence) sont en lien avec les sections CNU 27, 60 et 61. Une analyse détaillée des feuilles de route scientifiques stratégiques à l'échelle nationale et européenne associée aux réflexions et orientations scientifiques travaillées au sein des thématiques existantes, des groupes de travail thématiques mis en place au sein de l'équipe sur l'IA, la robotique, la mobilité, la fabrication additive, la maintenance, les matériaux et procédés d'assemblages / de désassemblages dans le domaine de la construction, la santé numérique ont permis de travailler sur l'évolution des thématiques de l'équipe. Ce travail a été appuyé en lançant des travaux de recherche prospectifs sur ces sujets au sein de l'équipe ayant conduit à de la production scientifique et à la mise en place de projets collaboratifs et de projet de thèses. Nous pouvons citer en exemple de travaux prospectifs :

- Une ouverture sur la modélisation et les architectures des CPS dans les domaines de la ville intelligente et de la santé numérique en s'intéressant notamment aux questions d'intégration de la block chain ou de méthodes d'apprentissages fédérés.
- Le lancement d'une activité de recherche prospective sur l'intégration des matériaux et les problématiques d'assemblage ou de désassemblage. Cette activité a été accompagnée par l'intégration à CESI LINEACT d'un enseignant-chercheur HDR reconnu internationalement sur cette thématique, le recrutement de nouveaux enseignants-chercheurs et l'intégration de plusieurs enseignants-chercheurs déjà présents à CESI.
- Le lancement d'une activité de recherche prospective dans le domaine du pronostic et de la maintenance prédictive. Cette activité s'est appuyée sur les travaux et compétences de l'équipe développés dans le domaine de l'industrie 5.0 et des problématiques de gestion et décisions dans ces systèmes cyber-physiques industriels. Des actions de recherches et collaborations dans le cadre de la Chaire CISCO – CESI – Vinci Energies, du programme structurant DEFI&Co ou du groupe de travail sur l'IA ont permis d'initier cette activité, les premières publications scientifiques et projets de thèse. Fin 2022, un professeur associé est également venu renforcer cette thématique.
- La réflexion et le montage de projets notamment dans le cadre de la chaire AVELIS – CESI sur l'application et la transposition de méthodes et outils développés dans la thématique "modélisation, architecture et décision des CPS" au domaine de la construction 4.0. Les orientations portent notamment sur l'industrialisation et la construction hors-site dans ce contexte.
- Le lancement de travaux prospectifs dans le domaine de la mobilité en s'appuyant sur les compétences et travaux de recherche de l'équipe sur les graphes, les réseaux complexes, les systèmes multi-agents ou encore les approches de modélisation, prédiction et décisions développées dans la thématique sur le CPS. Un groupe de travail spécifique, un plan de recrutement d'enseignants-chercheurs dédiés et la mise en place de travaux de recherche, projets de thèses et collaborations ont été mis en place. Nous pouvons notamment citer la participation au programme TIGA "Rouen Mobilités Intelligentes pour tous", la mise en place d'une convention entre CESI – CEREMA et TISSEO, la participation à la Chaire Mobilité et Transports Intelligents à Bordeaux ou encore le programme structurant MobE piloté par CESI qui sera lancé mi 2023.

- La mise en place d'un groupe de travail et de travaux de recherche dans le domaine de la santé numérique. Les réflexions et travaux initiés se sont appuyés sur les compétences de l'équipe dans les thématiques d'interactions Humains systèmes (suivi et reconnaissance d'activité, IA et robotique appliquées, ...) et CPS. Le laboratoire a recruté deux Enseignants chercheurs sur son campus de Dijon en 2022 spécialistes du numérique et de l'IA en santé.

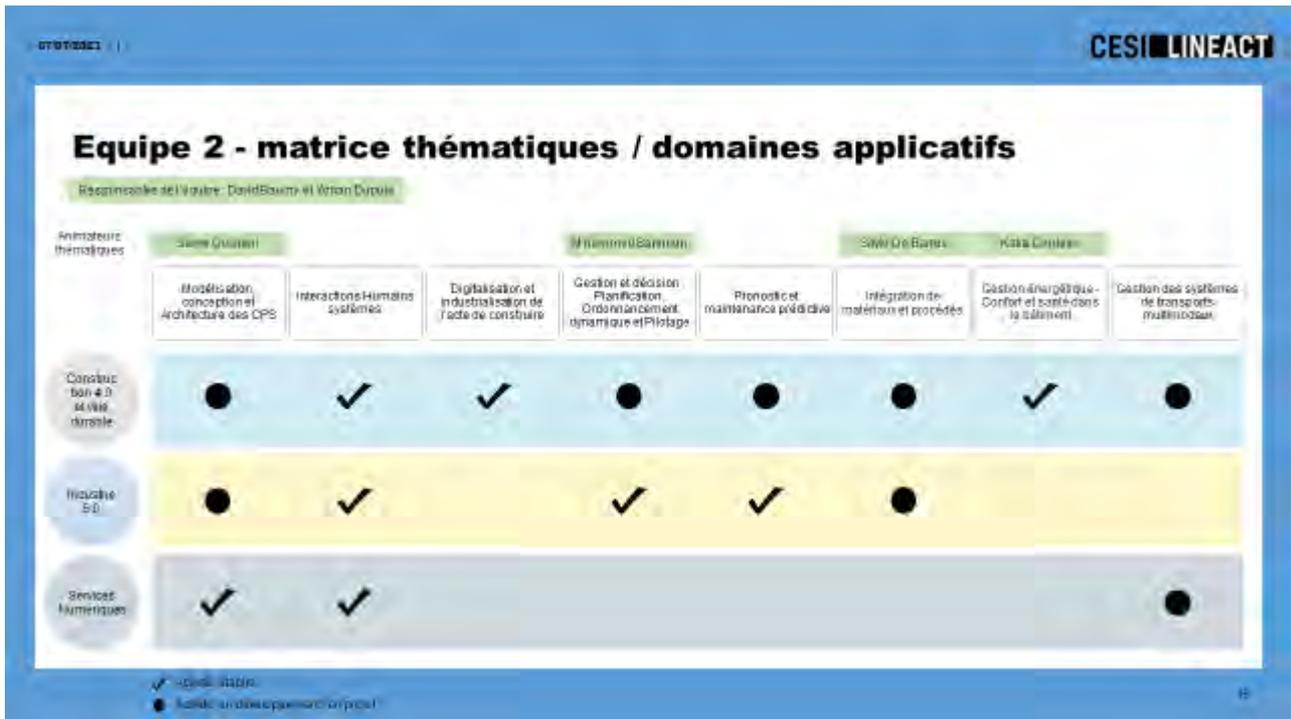
Ces études et travaux prospectifs réalisés de manière concertée entre la direction de la recherche et la direction des études puis présentés au Comité Exécutif et au Conseil Scientifique de CESI ont permis de définir les orientations thématiques pour l'équipe pour CESI LINEACT 2030. Le nouveau schéma proposé se décline en 8 thématiques :

- Modélisation, conception et Architecture des CPS
- Interactions Humains systèmes
- Digitalisation et industrialisation de l'acte de construire
- Gestion et décision : Planification, Ordonnancement dynamique et Pilotage
- Pronostic et maintenance prédictive
- Intégration de matériaux et procédés
- Gestion énergétique - Conforts et santé dans le bâtiment
- Gestion des systèmes de transports multimodaux

Afin d'accompagner cette nouvelle structuration et la forte évolution des effectifs, nous avons lancé en 2022 une première campagne pour nommer des animateurs scientifiques sur ces thématiques. Les missions de ces animateurs de thématiques en concertation avec les responsables de l'équipe Ingénierie et Outils numériques sont :

- Actualiser la feuille de route nationale sur 3 ans;
- Animer la feuille de route avec les Enseignants Chercheurs de l'équipe;
- Organiser des réunions sur la thématique;
- Fédérer des réponses à AAP;
- Favoriser l'intégration des nouveaux ECs;
- Identifier les supports de publication de la thématique;
- Contribuer à la rédaction de supports pour audits, communications et rapports d'activités.

A l'issue de cette première campagne, 4 animateurs ont été nommés. Une nouvelle campagne sera lancée en 2023/2024 pour les thématiques non pourvues. La matrice suivante présente le croisement des thématiques de recherche de l'équipe avec les domaines applicatifs et indique la maturité de l'activité à l'échelle du laboratoire (activité établie ou en développement / en projet) ainsi que les animateurs scientifiques pour les thématiques retenus sur la première campagne.



Matrice thématiques / domaines applicatifs dans le nouveau schéma d'organisation de l'équipe.

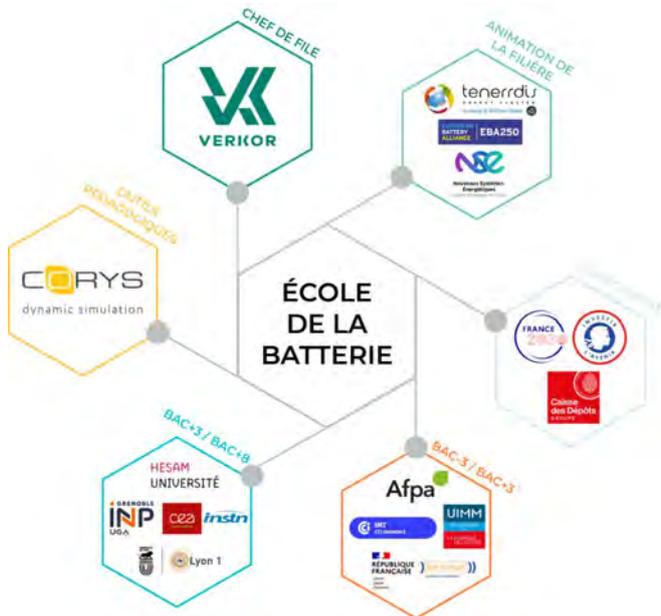
Ce projet scientifique est développé en cohérence avec la stratégie globale du laboratoire CESI LINEACT et les stratégies régionales, nationales et européennes de recherche et d'innovation afin de contribuer aux enjeux liés aux transformations numériques et environnementales des entreprises et de la société. Nous nous appuyons sur les actions stratégiques de développement initiées lors de la précédente période :

- L'intégration dans l'équipe des nouveaux enseignants-chercheurs qui viennent de la rejoindre ou qui seront recrutés à CESI sur la période.
- La poursuite de la dynamique de montage de projets de recherche collaboratifs (PIA, ANR, Projets européens, ...) et le soutien aux activités de transfert et de rayonnement du laboratoire.
- La valorisation et la dissémination des travaux scientifiques.
- Le renforcement et le développement de collaborations actives avec les acteurs académiques.
- La poursuite et le renforcement des partenariats avec des entreprises des territoires (Oreka Ingénierie, Avelis, Pilgrim, ...)
- La poursuite de la participation active des enseignants-chercheurs de l'équipe à la mise en œuvre des plateformes Bâtiment du Futur, Industrie du Futur et robotiques, associées à leurs jumeaux numériques.
- L'accompagnement pour la mise en place de nouvelles formations s'appuyant sur la veille et les travaux de recherche issus de l'équipe.

Nous souhaitons également poursuivre la dynamique de collaboration avec l'équipe Apprendre et Innover notamment sur les questions d'interactions Humains systèmes, d'intégration des facteurs et comportements humains ou encore des environnements d'apprentissages instrumentés basés sur les Jumeaux Numériques interfacés en XR. Cela se traduit notamment par une forte dynamique de réponse commune à des appels à projets et montages de projets de thèse.

3 LES PROJETS STRUCTURANTS

3.1 ECOLE DE LA BATTERIE – AMI CMA - FRANCE 2030



Le projet École de la Batterie (EDLB) a été acceptée dans le cadre du Programme France 2030, Compétences et métiers d’Avenir (CMA) pour un budget total de presque 20 M€ (570 k€ pour CESI). Le chef de file du projet est l’entreprise VERKOR SA, le partenariat est large : AFPA (DR Auvergne-Rhône-Alpes), AFPA (DR Hauts-de-France), AFPI Isère, CCI Grenoble / IMT, CNAM, CESI, COMUE HESAM Université, ENSAM, Grenoble INP – GINP, Université Lyon 1, CORYS, EIT InnoEnergy, GIP FIPAG, TENERRDIS et le CEA. La filière batterie est au cœur du projet de réindustrialisation de l’Europe et notamment de la France d’ici 2030. En effet, avec le développement continu de cette technologie et les projets de construction de plusieurs gigafactories lancés, on assiste à une réelle “ Guerre des talents ” en Europe et plus particulièrement en France. Cela est dû au très faible nombre de formations disponibles, et cela quel que soit le niveau d’études. Il est donc

nécessaire de former au mieux et le plus rapidement possible des personnes qualifiées qui pourront assurer dans les années à venir le bon fonctionnement de ces usines et assurer à la France une souveraineté dans ce secteur.

La région Aura et en particulier Grenoble est un territoire riche pour la filière énergie nouvelles : l’hydroélectricité (inventée dans la vallée du Grésivaudan), la recherche sur le nucléaire (en partie développée au CEA de Grenoble), l’implantation locale de grands groupes de l’énergie (Schneider en particulier, mais aussi EDF, Eaton ou Atos), et la présence d’écoles d’ingénieurs et de laboratoires de renommée internationale sont une base solide pour le développement de la filière batterie. Le projet d’école de la Batterie souhaite mettre à profit ces avantages pour permettre l’émergence d’un pôle de formation Français d’envergure européen.

L’objectif de ce projet est ainsi de fortement développer les formations relatives à la filière de la batterie en France, et plus précisément au secteur de la batterie pour la filière automobile. Pour cela, il s’appuie sur un consortium d’acteurs de tous horizons allant d’industriels du monde de la batterie, d’institutions de ce milieu, à l’échelle locale ou européenne, ainsi que de différents établissements d’enseignements couvrants l’ensemble des degrés d’études. Le projet s’appuie également sur des équipements locaux de haut niveau - les équipements d’innovation du CEA, les laboratoires de Grenoble INP, les plateaux de formation de L’IMT et la ligne pilote industrielles de Verkor – pour permettre de faire émerger un réseau de formations et de formateurs complet, efficient et collaboratif.

A terme, ce projet, partant d’un diagnostic des métiers et formations existantes, permettra de développer et mettre en place de nouveaux cursus de formations professionnelles (ou adaptations de formations existantes). Ces formations, de Bac -3 à Bac +8, mais plutôt centrées sur les métiers de la recherche et des bureaux d’étude, traiteront de l’électrochimie, la thermique, la mécanique ou du management de l’énergie. Elles pourront être complétées par de l’électronique de puissance ou des thèses menées en partenariat avec des entreprises de la filière batterie.

Le support de la filière aux différents niveaux – régional avec Tenerrdis, national avec le soutien du CSF NSE et européen avec InnoEnergy – permet au projet d’ambitionner un large rayonnement auprès des publics à former.

3.2 MOB-E

Lauréat de l'appel à programme CEE (Certificat d'Economie d'Énergie) 2022, CESI via son laboratoire CESI LINEACT s'engage pour accompagner la mobilité économe en énergie des étudiants sur un programme de 4 ans doté d'un budget de 8 M€.

En France le transport est le plus émetteur de GES (Gaz à effet de serre) avec plus de la moitié de ces émissions liées à la voiture individuelle et il est temps de faire évoluer nos pratiques.

CESI a pour objectif d'accompagner ses étudiants sur la problématique des GES grâce à une identification des besoins et motivations des déplacements des étudiants afin de trouver des solutions sur la base de modèles évolutionnistes, ainsi que d'accompagner des Etablissements d'Enseignement Supérieur dans l'optimisation des mobilités étudiantes.

Le programme MOB-E vise à comprendre et optimiser la mobilité du public étudiant en faveur des économies en énergie dans le cadre de leur formation dans le supérieur. Il engage l'établissement dans une transformation de la mobilité du public étudiant via une approche intégrée d'analyse, d'apports méthodologiques et de diffusion large auprès des étudiants et des établissements d'enseignement supérieur afin de comprendre, accompagner et initier une diffusion et mise en œuvre à une échelle large dépassant le cadre de l'établissement.



Les ambitions du Programme sont les suivantes :

- Analyser les leviers motivationnels de mobilité des étudiants puis imaginer les mobilités de demain de manière innovante et participative
- Organiser des événements de proximité sur le sujet de la mobilité dans les établissements d'enseignement supérieur avec des actions de terrain telles que la mise en place de challenges de la mobilité estimant les GES économisés
- Accompagner la démarche des Etablissements d'Enseignement Supérieur dans l'optimisation des mobilités étudiantes
- Associer les opérateurs de la mobilité pour rendre plus accessible et optimiser des services de mobilité plus économes vers le public étudiant
- Massifier l'impact en adoptant une démarche duplicable.



3.3 CHAIRES

3.3.1 La Chaire CESI-AVELIS *Construction hors-site, industrialisée, pour l'humain et l'environnement*

Les activités ont démarré le 6 avril 2022 et se déroulent autour des thèmes suivants :

- Construction hors-site et performances du bâtiment
- Optimisation et rationalisation des modes constructifs
- Outils numérique et industriels pour la construction (BIM, Lean, DfMA...)
- Performances et RSE en entreprise



Les premières actions réalisées concernent une Thèse CIFRE dans le domaine du Management éthique, le soutien à la mise en place des formations de l'école d'ingénieurs : Mastère MPC option : Construction industrialisée, modulaire et hors-site, Bachelor optimisation des projets de construction..., la participation des experts d'AVELIS dans les enseignements en Mastère MPC, la participation de CESI au concours national e-Nova organisé par AVELIS avec le soutien de la Région IdF et des publications scientifiques et techniques conjointes

3.3.2 La chaire CESI-ESSOR *Ville du Futur et Economie circulaire*

Pour répondre à des nécessités environnementales, sociétales et économiques, nos bâtiments seront dans l'avenir réversibles, mutables et adaptables. Cette évolution du bâtiment et de la ville doit répondre au principe de l'économie circulaire. La numérisation et l'industrialisation de la construction peut accompagner cette mutation et la rendre accessible et davantage efficiente. Pour relever ces défis soulevés par la ville du futur, il est important d'accompagner les territoires et les acteurs industriels en termes de formation, de recherche et d'innovation. C'est la raison de la création de la Chaire d'enseignement et de recherche « ville du futur et économie circulaire » par CESI et le groupe ESSOR en juin 2019.

Les activités de cette Chaire se structurent autour de thèmes tels que :

La ville et le bâtiment du futur

La mutation urbaine et les impacts environnementaux

L'économie circulaire

Le BIM dynamique et les jumeaux numériques

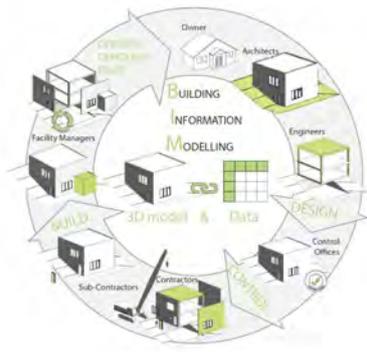
La simulation 4.0

Plusieurs actions sont en cours : cofinancement de thèses et de stagiaires recherche, organisation d'évènements thématiques de recherche et d'innovation, etc. Dans ce cadre, les premières actions réalisées sont les suivantes :

Thèse CIFRE en cours : « Analyse prédictive et BIM dans le contexte de la ville intelligente et durable »

Participation des experts d'ESSOR au module d'initiation à la recherche des formations d'ingénieurs La Rochelle et Brest, membre de jury de thèse de doctorat...

Publications scientifiques et techniques conjointes.



3.3.3 Chaire Robotics-by-Design Lab

CESI a intégré en 2019 le consortium de la **chaire Robotics-by-Design Lab, portée par Strate Ecole de Design**. Il s'agit d'un programme de recherche pluridisciplinaire alliant principalement design, robotique et sciences humaines et intitulé "IA, Robots & Humains ? Ecologies du Vivre Ensemble". L'ambition de la chaire est de créer une plateforme d'expérimentation pour questionner à court, moyen et plus long terme la place de la robotique sociale et de l'intelligence artificielle dans la société. Il s'agit notamment d'imaginer des scénarios de vie, de comprendre la transition fondamentale que nous sommes en train de vivre avec la robotique et l'IA, et d'expérimenter des modes de relation entre ces nouvelles technologies et le monde. La finalité du Robotics-by-Design Lab est de créer de nouvelles technologies du vivre ensemble, pour favoriser des innovations qui ont du sens et qui seront considérées comme des opportunités plutôt que subies.

Le consortium rassemble actuellement cinq partenaires industriels : la start-up en robotique Spoon, Korian (leader européen des maisons de retraites), BNP Paribas Cardif (leader mondial en assurance emprunteur), SNCF, ainsi que l'entreprise de conseil en ingénierie, innovation et design frog-Altran. Ainsi que trois partenaires académiques (Strate Ecole de Design, l'ENSTA Paris de l'Institut Polytechnique et CESI) et des chercheurs internationaux de renom tels que Stéphane Vial, Professeur en Design à l'Université de Nîmes et à l'École de Design de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM), Luisa Damiano, Professeure en Epistémologie des Sciences, Ethique et Philosophie des robots sociaux à l'Université de Messine en Italie et Gentiane Venture, Professeure en Robotique au Japon à l'Université TUAT de Tokyo.

La chaire héberge des thèses CIFRE, dont une entre CESI et SNCF et qui s'intitule "La robotique "Ikigai", un levier majeur de l'engagement des agents dans leur travail, garant d'une haute performance industrielle". Elle vise à adopter une approche différenciante pour l'intégration de la robotique dans les systèmes de production industriels, fondée sur l'engagement et non plus seulement sur les notions de Performance, et Compétences des opérateurs. L'objectif est d'analyser les dynamiques motivationnelles (individuelles et collectives) des agents de maintenance ferroviaire afin de concevoir les systèmes robotisés et l'organisation qui renforceront le sens du travail et l'engagement des acteurs.

4 MOYENS MATERIELS

Les projets sont appuyés par trois plateformes de recherche et de transfert **Usine du futur** et **Bâtiment du futur**, ces plateformes servant également d'adossement recherche à la pédagogie.

Une première plateforme remarquable de recherche et de transfert **Usine du Futur** est structurée en deux grands ensembles : l'un est dédié aux activités de recherche nécessaires à l'accompagnement de projets industriels de R&D sur les thématiques de la performance industrielle ; l'autre rassemble les activités de transfert vers les entreprises et notamment les PME, afin de les accompagner dans leurs projets à court terme d'innovation et d'optimisation de la performance industrielle. Le domaine de l'Industrie du Futur est traité essentiellement au niveau de l'usine.

Une deuxième plateforme remarquable de recherche et de transfert **Bâtiment du Futur** se trouve dans les murs du campus de Nanterre ; elle accueille des locaux modulaires pour les expérimentations, séances de créativité, travaux pratiques et travaux de recherche et d'innovation. Cette plateforme se veut le démonstrateur des activités Recherche et Innovation de CESI dans le domaine de la Ville du futur, essentiellement au niveau du bâtiment.

Une troisième plateforme, située également à Nanterre, se présente sous la forme d'une Unité Industrielle Autonome dédiée à la fabrication additive (FA) métallique (FAM), pour la suite nommée UAFAM. La construction du démonstrateur a démarré en décembre 2018, pour une mise en fonction complète en juin 2019. Ce démonstrateur prend place au sein du domaine **Industrie du Futur** et complète les équipements du Lab'CESI de CESI Nanterre (machines numériques et Impression 3D en FDM de polymères, composites et métaux).

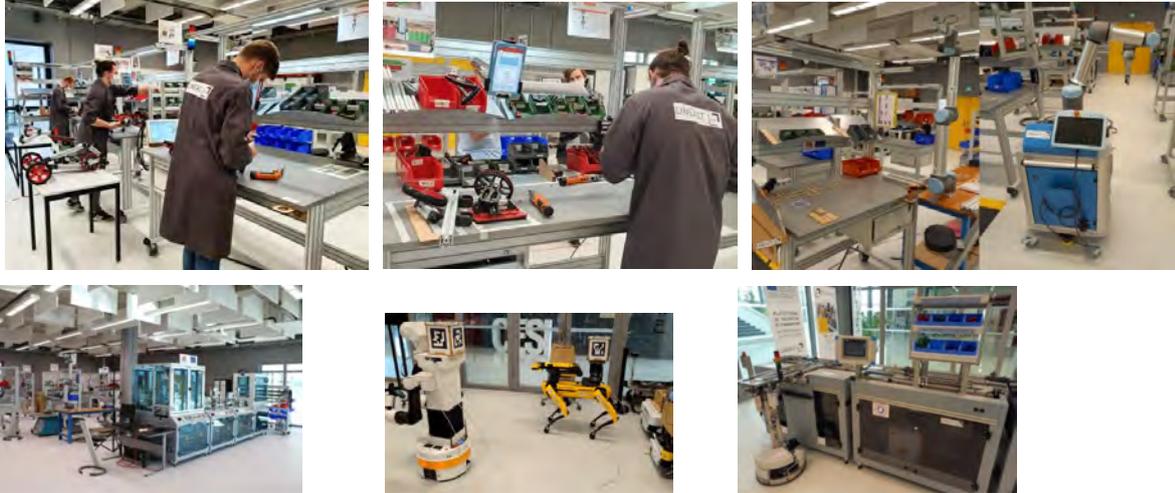
Enfin, dans le cadre du projet DEFI&Co, le développement des plateformes Micro Learning Factories (MLFs) a été initié en juin 2021 et grâce à un co-financement de l'OPCO 2i dans le cadre du soutien aux investissements des CFA, les robots TiaGO++ se déploient dans les campus. Une équipe projet, coordonnée par la DRI et la direction des programmes, a été créée pour son intégration et son déploiement.

L'ensemble de ces plateformes est utilisé par les deux équipes de recherche et tous les enseignants-chercheurs des différents campus peuvent y accéder dans le cadre de leurs travaux.

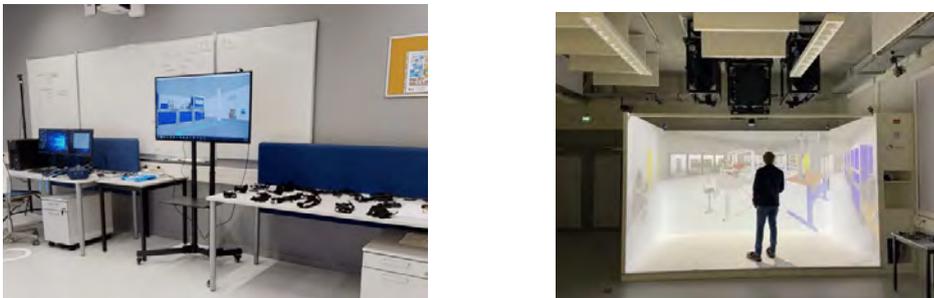
4.1 PLATEFORME USINE DU FUTUR (SITE DE ROUEN)

Le premier démonstrateur déployé sur le site de Rouen est constitué aujourd'hui :

- **D'un atelier flexible** constitué d'une chaîne de production automatisée didactique FESTO avec un robot mobile associé, de postes manuels, de postes cobots ainsi que d'une plateforme de robotique mobile autonome intégrant des robots MIR, d'un robot Robotnik, d'un SPOT, de bras manipulateurs type UR5, UR10, UR16e et ABB et complété par des équipements de RA.



- **D'une salle de RV** accueillant un CAVE de la société Immersion, différents casques de RV et systèmes de captation

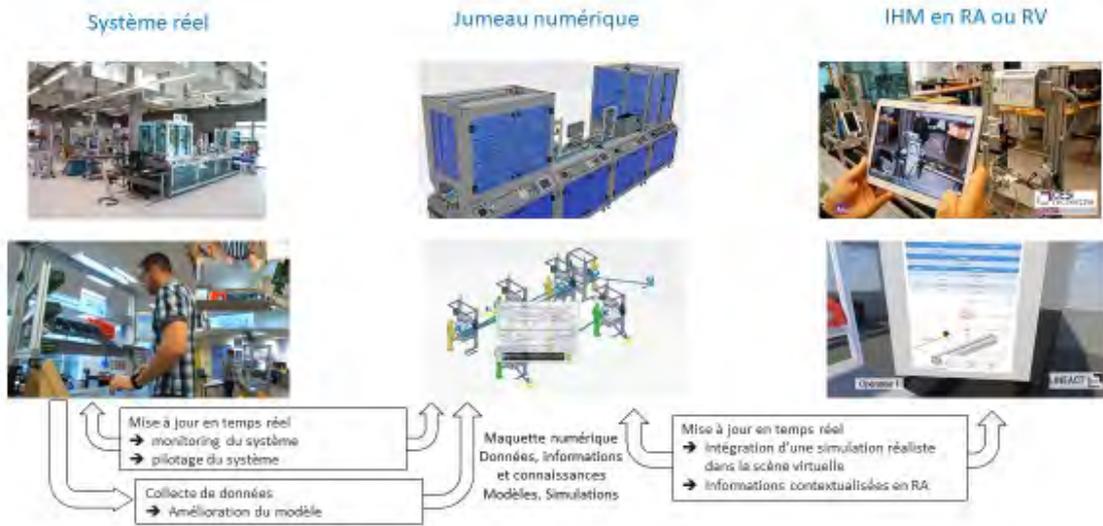


- **D'une plateforme de fabrication additive** accueillant une machine de fabrication additive 3D plastique HP et d'une machine de fabrication additive métallique Desktop Metal en technologie FDM.



CESI LINEACT

- D'un jumeau numérique de l'atelier flexible.



4.2 PLATEFORME BATIMENT DU FUTUR (SITE DE NANTERRE)

Bâtiment Intelligent : Le bâtiment du futur est né d'une volonté commune entre CESI et les entreprises CISCO et Vinci Énergies dans le cadre d'une chaire nommée « Industrie et services de demain ».

Inauguré en 2017, le bâtiment est innovant dans sa construction (formé par l'assemblage de 18 conteneurs maritimes) mais également dans les moyens technologiques impliqués :

- Un système de climatisation connecté,
- Un système d'éclairage reposant sur le réseau informatique, à la fois pour le pilotage mais également pour son alimentation en énergie,
- Un système de ventilation connecté,
- Un système de station météo connecté,
- 5 points d'accès Wi-Fi Cisco,
- 100 capteurs pour mesurer les variables environnementales du bâtiment (température, humidité, luminosité, occupation, énergie, contacts secs),
- Une infrastructure réseau Cisco (commutateurs L2/L3, contrôleur Wi-Fi),
- 20 machines virtuelles



Grâce à l'assemblage de cette structure et de ces technologies, le bâtiment peut ainsi piloter automatiquement la Gestion Thermique du Bâtiment mais aussi collecter les données pour un usage immédiat ou ultérieur. Il affiche une partie des données collectées aux visiteurs pour apporter une visibilité sur le travail de recherche engagé et servir plus généralement les utilisateurs en indiquant l'état de chaque salle (occupée ou pas), la température ou la consommation instantanée.

Le bâtiment, d'une superficie totale de 220 m², dispose de 4 salles ouvertes aux visiteurs à usage pédagogique et un bureau. Les salles pédagogiques sont dotées de chaises pédagogiques, favorisant l'engagement et la collaboration des élèves. D'autres salles sont utilisées à des fins techniques, notamment un local technique électrique ainsi qu'une salle serveur.



Le bâtiment est utilisé activement dans les travaux de recherche de notre département, comme par exemple le jumeau numérique, les sujets liés au BIM ou encore des travaux de thèses, engagés sur le confort adaptatif ou la maintenance prédictive. De par son histoire et son activité, le bâtiment est ouvert aux collaborations académiques mais aussi industrielles.

Plateforme BIM (Building Information Modeling)

Le secteur du BTP a connu une révolution grâce au BIM, entraînant au passage une importante redéfinition des métiers et des méthodes de travail. De nouveaux profils professionnels ont également fait leur apparition sur le marché de l'emploi : BIM manager, coordinateur, chef de projet ou encore chargé d'affaire BIM. Pour permettre à ses apprenants de s'adapter aux enjeux de demain et leur ouvrir de nouvelles perspectives de carrière, CESI École d'Ingénieurs a déployé le BIM dans toutes ses formations de la filière du BTP.

Durant leur cursus, les apprenants travaillent en mode projet. Cette méthode, adaptée à l'alternance, vise à impliquer davantage l'apprenant et à le rendre acteur de sa formation. Pour les besoins de cette formation, le campus de Nanterre s'est équipé d'une deuxième salle spécifiquement dédiée à la modélisation des données du bâtiment et à la collaboration des différents acteurs du projet. Situées dans le bâtiment historique du campus de Nanterre, les deux salles BIM accueillent 31 stations de travail équipées de logiciels de modélisation numérique, de coordination et de collaboration. La diversité des logiciels intégrés permet d'élargir le champ de compétences des futurs experts ainsi que leur positionnement à l'OPEN BIM. Ces installations permettent également d'initier des recherches dans ce domaine, en passe de se développer dans les années futures.



4.3 PLATEFORME INDUSTRIE DU FUTUR (SITE DE NANTERRE)

La **plateforme technique Fabrication Additive Métal** de Nanterre est constituée de:

- L'Unité Autonome de Fabrication Additive Métallique (UAFAM) qui intègre une machine industrielle de production de technologie fusion laser sur lit de poudre (L-PBF) dans une chaîne de valeur complète
- Une installation intégrant un moyen de production par dépôt de fil métallique (FDM-Métal).

L'UAFAM est un bâtiment constitué de 6 containers maritimes. Ce bâtiment a pour caractéristiques d'être autonome, modulaire et mobile.

Il regroupe tous les équipements permettant de produire des pièces métalliques, en étant centré sur la technologie de fabrication métallique de technologie L-PBF. Le bâtiment est divisé en différentes zones permettant de couvrir l'essentiel de la chaîne de valeur de production et en sécurité :

- Une zone de stockage permet d'isoler le stockage de matière première (la poudre) ainsi que les éléments contaminés sous scellés, afin de maîtriser le risque lié à l'entreposage de ces produits
- Une zone dédiée à l'installation de postes informatiques, pour être en mesure de réaliser la conception numérique des pièces
- Une zone dédiée à la production conçue pour gérer les risques liés à la manipulation de poudre de métal, tant sur les aspects ATEX que CMR. La zone accueille la machine de production, une FormUp 350 de marque AddUp, ainsi que les équipements permettant de réaliser le cycle de réutilisation de la poudre (tamiseur et aspirateur sous flux inerte). L'imprimante FormUp 350 permet de produire des pièces d'un volume allant jusqu'à 350mm x 350mm x 350mm à partir de poudre de matériaux métalliques tel que des aciers, aciers inoxydables, alliages de titane, alliages d'aluminium, Inconel etc...
- Une zone dédiée au parachèvement des pièces, étape nécessaire pour obtenir un produit fini. Cette zone regroupe une machine de nettoyage des pièces, un four de traitement thermique, une scie à ruban, un établi sous flux d'air - pour réaliser des opérations de parachèvements manuels en toute sécurité - et une cabine de sablage.
- Une zone technique dédiée à la gestion des fluides nécessaires aux équipements industriels : un compresseur d'air, une cuve de rétention des eaux contaminées, un échangeur thermique dédié à la FormUp 350 ainsi qu'une CTA qui permet le renouvellement d'air et la création d'une dépression dans la zone de production. A l'extérieur et accolée à zone, un espace dédié permet de connecter des bouteilles de gaz neutre au réseau du bâtiment. Début 2022 et suite à un projet initié en 2021, un générateur d'azote a été installé et connecté au réseau, permettant une production autonome et local du gaz neutre.

Les jonctions des containers qui composent le bâtiment sont toutes démontables. Cela permet au bâtiment d'être rapidement désassemblé, transporté par convoi standard puis réassemblé sur le site de production souhaité.

CESI Nanterre a déposé 2 brevets relatifs à la conception de ce bâtiment réalisé par les équipes du laboratoire, sur mesure et répondant à des problématiques jusqu'alors non traitées.

La deuxième installation intègre une technologie de fabrication additive dite FDM métal. Elle est composée d'un ensemble d'équipements de la marque Markforged. La machine de production type dépôt de fil est accompagnée des équipements nécessaires à la finalisation des pièces imprimées : un dégraisseur industriel et un four de traitement thermique permettent l'opération de déliantage/frittage. La machine est complémentaire au L-PBF car elle permet de produire des pièces métalliques à coût inférieur et présente des contraintes d'intégrations moins lourdes. En effet, la matière première se présente sous forme de fils constitués d'une matrice polymère et de métal, qui ne représente pas de risques ATEX ou CMR. La qualité, la précision et le volume (environ 150mm x 150mm x 150mm) des pièces obtenues sont toutefois inférieurs au procédé L-PBF.

Les matériaux pouvant être mis en œuvre par la machine sont des alliages d'acier inoxydable, des alliages de cuivre et des alliages de nickel.

CESI LINEACT



Réalités virtuelles et augmentées

La plateforme immersive du campus de Nanterre ou Virtual Lab vient en appui aux équipes pédagogiques, aux équipes de recherche et aux entreprises partenaires dans l'exploration et la création de cas d'usage professionnels autour de l'industrie et du bâtiment du futur. Equipée de toute la chaîne de valeur de production de contenus immersifs elle œuvre pour la diffusion de cette brique de l'industrie 4.0.

Elle est composée d'un espace de conception équipée d'une vingtaine de postes de travail à performance graphique élevée mais aussi d'un vaste plateau libre équipé de capteurs de mouvement.

Y sont présentes différentes gammes de technologies de réalité virtuelle (Smartphones, casques Oculus, casques HTC Vive Pro, CAVE à une face), de réalité augmentée (Tablettes, système de projection et HoloLens), de captation (Scanners 3D, caméras thermique) ou encore de conception 3D (moteurs 3D) pour répondre aux différents cahiers des charges.

En réalité virtuelle mais aussi en augmentée des dispositifs grand public, semi-professionnels et professionnels y sont présents aussi bien du côté hardware que software.

Au sein des cursus de CESI cette plateforme propose de former à la maintenance en réalité virtuelle, de collaborer autour d'objets 3D en immersif, d'optimiser l'agencement de chaînes de production ou encore de s'entraîner à mener des revues de chantier augmentée grâce au BIM.

Des passerelles avec les autres plateaux techniques du campus de Nanterre mais aussi de ceux d'Orléans ou de Rouen y sont édifiées (Fabrication additive, prototypage numérique, robotique ...).

Riche de plusieurs partenariats avec de jeunes entreprises innovantes françaises et de l'implication dans de nombreux projets collaboratifs académiques elle œuvre pour la consolidation de l'offre française et la compétitivité dans ces domaines.

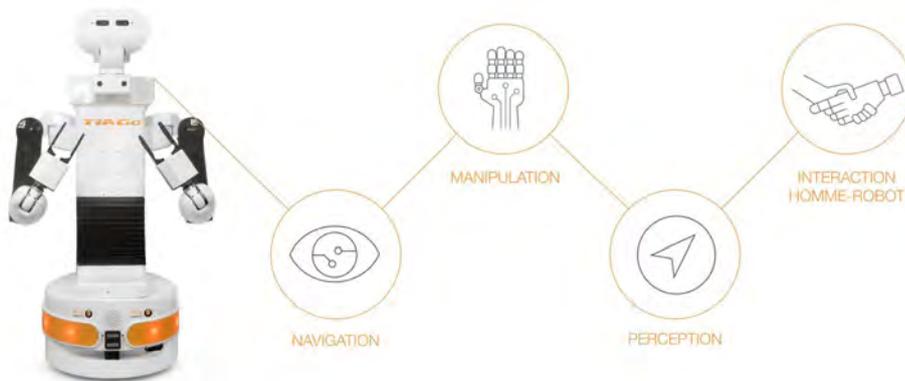
4.4 TIAGO

Grâce à un co-financement de l'OPCO 2i dans le cadre du soutien aux investissements des CFA, les robots TiaGO++ se déploient dans les campus. Une équipe projet, coordonnée par la DRI et la direction des programmes, a été créée pour son intégration et son déploiement.

Concernant la recherche, il servira de support d'expérimentation pour des thèses de doctorat et projets de recherche.

Il est d'ores et déjà intégré sur des projets de recherche existant notamment sur le projet SCOPES pour la réalisation de Datasets de collaboration inter-robots.

La multitude de ses capteurs et de ses actionneurs permet d'adresser les thématiques de navigation, perception, manipulation, interactions robots-robots dans le cadre des travaux de l'équipe "Ingénierie et outils du numériques". Le Tiago permet également de réaliser des interactions hommes-robots permettant d'adresser les travaux de l'équipe "Apprendre et Innover".



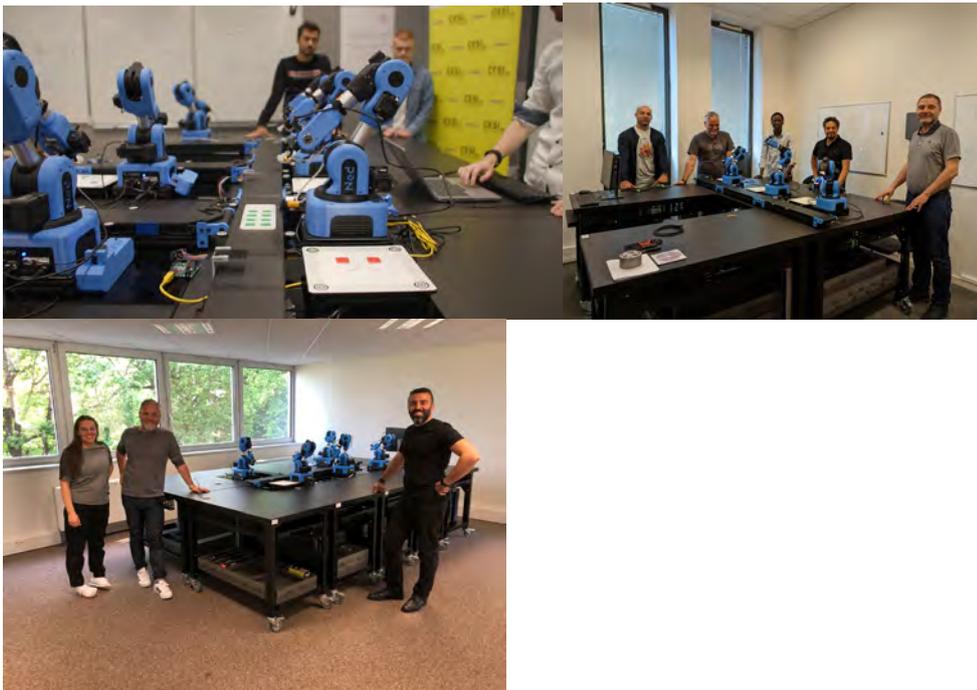
4.5 MICRO LEARNING FACTORIES

Initié en juin 2021, Le projet Micro Learning Factories (MLFs) repose sur l'idée de déployer au sein des campus CESI des plateformes qui visent à reproduire le plus fidèlement possible, à une échelle réduite, un système de production, à l'image de ceux implantés dans les industries manufacturières 4.0.

Dédiées aux activités de recherche et d'enseignement, les plateformes MLFs traitent des domaines de la robotique et de l'automatisation des systèmes industriels de production. Conçues par une équipe d'enseignants-chercheurs, d'ingénieurs de recherche et d'ingénieurs pédagogiques issus des campus CESI, les plateformes MLFs intègrent de nombreux équipements (bras robotisés 6-axes, convoyeurs, robots mobiles, capteurs et actionneurs, contrôleurs, superviseurs ...) agrégés sur un plateau composé de 10 tables amovibles dans sa version la plus étendue.

Après avoir validé la preuve de concept fin 2022, réalisée dans le cadre du PIA Défi&Co, le projet MLF est entré dans la phase 3 de sa feuille de route qui se concentre désormais sur le déploiement des plateformes MLFs sur les campus CESI partenaires du projet.

Le projet MLF mobilise aujourd'hui 9 campus CESI (Lyon, Rouen, Nanterre, Orléans, Toulouse, Arras, Reims, Strasbourg et Saint-Nazaire). Après avoir procédé aux déploiements des campus de Rouen, Nanterre et Orléans en 2022, la plateforme MLF sera installée en mai et juin 2023 sur les campus de Toulouse et Strasbourg respectivement. Le processus de déploiement continuera en juin 2023 à destination notamment des campus de Saint-Nazaire et Arras.



5 ANNEXE 1 : PUBLICATIONS

Articles

1. Achour A., Al-Assaad H., Dupuis Y., El Zaher M. (2022). Collaborative Mobile Robotics for Semantic Mapping: A Survey. *Applied Sciences*, 12(20) . DOI: <https://doi.org/10.3390/app122010316>. Réf. HAL: [hal-04094613](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04094613) - [OA HAL](#)

2. Alves L., Leklou N., De Barros S. (2022). Relation between durability and mechanical properties on glass fiber reinforced slag-based geopolymer. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 236(7) . DOI: <https://doi.org/10.1177/14644207211043870>. Réf. HAL: [hal-04108269](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04108269)

3. Arjun K., De Barros S., Budhe S. (2022). Theoretical determination of elastic and flexural modulus for inter-ply and intra-ply hybrid composite material. *Composite Structures*, 281 . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114971>. Réf. HAL: [hal-04108267](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04108267)

4. Arouche M. M., Teixeira De Freitas S., De Barros S. (2022). Evaluation of the strain-based partitioning method for mixed-mode I+II fracture of bi-material cracks. *Journal of Adhesion*, 98(6) . DOI: <https://doi.org/10.1080/00218464.2021.1981297>. Réf. HAL: [hal-04108268](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04108268) - [OA hors HAL](#)

5. Baouya A., Chehida S., Ouchani S., Bensalem S., Bozga M. (2022). Generation and verification of learned stochastic automata using k-NN and statistical model checking. *Applied Intelligence*, 52(8) . DOI: <https://doi.org/10.1007/s10489-021-02884-4>. Réf. HAL: [hal-04094178](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04094178)

6. Barth D.* , Cohen-Boulakia B.*, Ehounou W. J.* (2022). Distributed Reinforcement Learning for the Management of a Smart Grid Interconnecting Independent Prosumers. *Energies*, 15(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/en15041440>. Réf. HAL: [hal-03604097](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03604097) - [OA HAL](#)

7. Bellal S. E., Mouss L. H., Sahnoun M., Messaadia M. (2022). User behaviour-based approach to define mobility devices needs of disabled person in Algeria: a questionnaire study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 17(4) . DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1791263>. Réf. HAL: [hal-04097128](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04097128)

8. Bettini W., Maetz X., Quirant J., Averseng J., Maurin B. (2022). New three-dimensional network concept for deployable space antennas. *Acta Astronautica*, 200 . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.07.020>. Réf. HAL: [hal-03989966](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03989966) - [OA HAL](#)

9. Bluteau M. (2022). Hybrider ou permettre de relier ? *Revue Phronesis*. Réf. HAL: [hal-03559424](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03559424) - [OA HAL](#)

10. Bluteau M. (2022). Quels liens ? Hybridation des formations par alternance. *Revue Phronesis*. Réf. HAL: [hal-03559421](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03559421) - [OA HAL](#)
11. Boisadan A., Viazzi C., Bourgognon C., Blandin B., Buisine S. (2022). Distance Project-Based Learning During Lockdown and Learner's Motivation. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 16. DOI: <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v16i1.32580>. Réf. HAL: [hal-04097471](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04097471) - [OA HAL](#)
12. Boodi A., Beddiar K., Amirat Y., Benbouzid M. (2022). Building Thermal-Network Models: A Comparative Analysis, Recommendations, and Perspectives. *Energies*, 15(4) . DOI: <https://doi.org/10.3390/en15041328>. Réf. HAL: [hal-03571907](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03571907) - [OA hors HAL](#)
13. Bourgeois-Bougrine S., Bonnardel N., Burkhardt J.-M., Thornhill-Miller B., Pahlavan F., Buisine S., Guegan J., Pichot N., Lubart T. (2022). Immersive Virtual Environments' Impact on Individual and Collective Creativity. *European Psychologist*, 27(3) . DOI: <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000481>. Réf. HAL: [hal-04097318](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04097318)
14. Brik B., Messaadia M., Sahnoun M., Bettayeb B., Benatia M. A. (2022). Fog-supported Low-latency Monitoring of System Disruptions in Industry 4.0: A Federated Learning Approach. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*, 6(2) . DOI: <https://doi.org/10.1145/3477272>. Réf. HAL: [hal-04069947](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04069947)
15. Caillot A., Ouerghi S., Vasseur P., Boutteau R., Dupuis Y. (2022). Survey on Cooperative Perception in an Automotive Context. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. DOI: <https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3153815>. Réf. HAL: [hal-03608119](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03608119) - [OA HAL](#)
16. Douadi L., Dupuis Y., Vasseur P. (2022). Stable keypoints selection for 2D LiDAR based place recognition with map data reduction. *Robotica*, 40(11) . DOI: <https://doi.org/10.1017/S0263574722000613>. Réf. HAL: [hal-04010522](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04010522)
17. Fernagu S. (2022). L'approche par les capacités dans le champ du travail et de la formation : vers une définition des environnements capacitants ? : The capability approach in the field of work and training: towards a definition? *Travail et apprentissages : revue de didactique professionnelle*, 1(23) . URL: <https://raisonetpassions.fr/40-revue-travail-et-apprentissages>. Réf. HAL: [hal-04104870](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04104870)
18. Garcia M. A., Mendes L. A., Silveira N., Cordeiro Mendonça K., Mendes N. (2022). A technological solution for preserving the quantity and quality of oysters grown in Brazil. *Journal of Applied Aquaculture*, . DOI: <https://doi.org/10.1080/10454438.2022.2099779>. Réf. HAL: [hal-04070740](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04070740)
19. Miloud Dahmane W., Ouchani S., Bouarfa H. (2022). Guaranteeing information integrity and access control in smart cities through blockchain. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12652-022-03718-y>. Réf. HAL: [hal-04108275](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04108275)

20. Pham Van L., Jean C., Meyrueis V., Gazo C., Mantelet F., Gueguan J., Buisine S., Segonds F. (2022). IdeAM Running Quiz: A Digital Learning Game to Enhance Additive Manufacturing Opportunities Discovery. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(10) . DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i10.25695>. Réf. HAL: [hal-04097308](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04097308) - [OA HAL](#)
21. Sbiti M., Beladjine D., Beddiar K., Mazari B. (2022). Leveraging Quantity Surveying Data and BIM to Automate Mechanical and Electrical (M & E) Construction Planning. *Applied Sciences*, 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12094546>. Réf. HAL: [hal-04083078](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04083078) - [OA HAL](#)
22. Schiavi B., Havard V., Beddiar K., Baudry D. (2022). BIM data flow architecture with AR/VR technologies: Use cases in architecture, engineering and construction. *Automation in Construction*, 134 . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104054>. Réf. HAL: [hal-03967321](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03967321)
23. Schiavi B., Havard V., Beddiar K., Baudry D. (2022). A VR training scenario editor for operation in construction based on BIM 4D and domain expert authoring. *Smart and Sustainable Built Environment*. DOI: <https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2022-0125>. Réf. HAL: [hal-04070418](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04070418)
24. Sekkat A. R., Dupuis Y., Honeine P., Vasseur P. (2022). A comparative study of semantic segmentation of omnidirectional images from a motorcycle perspective. *Scientific Reports*, 12(1). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08466-9>. Réf. HAL: [hal-03654210](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03654210) - [OA hors HAL](#)
25. Sekkat A. R., Dupuis Y., Kumar V. R., Rashed H., Yogamani S., Vasseur P., Honeine P. (2022). SynWoodScape: Synthetic Surround-View Fisheye Camera Dataset for Autonomous Driving. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 7(3) . DOI: <https://doi.org/10.1109/LRA.2022.3188106>. Réf. HAL: [hal-03749088](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03749088) - [OA hors HAL](#)
26. Serreau Y. (2022). Usage des sentiments pour la conduite d'action : exemple d'entretiens d'accompagnement d'apprentis-ingénieurs. *L'Orientation scolaire et professionnelle*, (51/4) . DOI: <https://doi.org/10.4000/osp.16822>. Réf. HAL: [hal-04060435](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04060435)
27. Slama I., Ben-Ammar O., Thevenin S., Dolgui A., Masmoudi F. (2022). Stochastic program for disassembly lot-sizing under uncertain component refurbishing lead times. *European Journal of Operational Research*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.03.025>. Réf. HAL: [hal-03614823](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03614823) - [OA HAL](#)
28. Thiry P.*, Houry M., Philippe L., Nocent O., Buisseret F., Dierick F., Slama R., Bertucci W., Thévenon A., Simoneau-Buessinger E. (2022). Machine Learning Identifies Chronic Low Back Pain Patients from an Instrumented Trunk Bending and Return Test. *Sensors*, 22(13) . DOI: <https://doi.org/10.3390/s22135027>. Réf. HAL: [hal-03715856](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03715856) - [OA HAL](#)
29. Venon A., Dupuis Y., Vasseur P., Merriaux P. (2022). Millimeter Wave FMCW RADARs for Perception, Recognition and Localization in Automotive Applications: A Survey. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 7(3) . DOI: <https://doi.org/10.1109/TIV.2022.3167733>. Réf. HAL: [hal-03856496](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03856496)

30. Xu Y., Sahnoun M., Ben Abdelaziz F., Baudry D. (2022). A simulated multi-objective model for flexible job shop transportation scheduling. *Annals of Operations Research*, 311(2) . DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03600-0>. Réf. HAL: [hal-04098339](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04098339)
31. Zaimen K., Brahmia M.-E., Moalic L., Abouaissa A., Idoumghar L. (2022). A Survey of Artificial Intelligence Based WSNs Deployment Techniques and Related Objectives Modeling. *IEEE Access*, 10 . DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3217200>. Réf. HAL: [hal-04065395](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04065395) - [OA HAL](#)
32. Zerrouki F., Ouchani S., Bouarfa H. (2022). A survey on silicon PUFs. *Journal of Systems Architecture*, 127(8) . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2022.102514>. Réf. HAL: [hal-04085954](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04085954)
33. Zerrouki F., Ouchani S., Bouarfa H. (2022). PUF-based mutual authentication and session key establishment protocol for IoT devices. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12652-022-04321-x>. Réf. HAL: [hal-04108276](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04108276)

Communications

1. Achour A., Al-Assaad H., El-Zaher M., Dupuis Y. (2022). Éléments d'état de l'art sur la cartographie sémantique et son applicabilité en environnement industriel, *20èmes Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle*, 30 juin-1 juillet 2022, Saint-Etienne (France).. Réf. HAL: [hal-03765383](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03765383) - [OA HAL](#)
2. Akreimi M., Slama R., Tabia H. (2022). SPD Siamese Neural Network for Skeleton-based Hand Gesture Recognition, *17th International Conference on Computer Vision Theory and Applications VISAPP 2022*, 6-8 février 2022, Online Streaming (France). 394-402.. DOI: <https://doi.org/10.5220/0010822500003124>. Réf. HAL: [hal-03774564](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03774564) - [OA hors HAL](#)
3. Arbaoui M., Brahmia M.-E., Rahmoun A. (2022). A review of IoT architectures in smart healthcare applications, *2022 Seventh International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC)*, 12-15 décembre 2022, Paris (France). *2022 Seventh International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC)*, 1-8.. DOI: <https://doi.org/10.1109/FMEC57183.2022.10062841>. Réf. HAL: [hal-04065411](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04065411) - [OA HAL](#)
4. Arbaoui M., Brahmia M.-E., Rahmoun A. (2022). Towards secure and reliable aggregation for Federated Learning protocols in healthcare applications, *2022 Ninth International Conference on Software Defined Systems (SDS)*, 12-15 décembre 2022, Paris (France). 1-3.. DOI: <https://doi.org/10.1109/SDS57574.2022.10062923>. Réf. HAL: [hal-04095600](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04095600)
5. Assila A., Dhoub A., Monla Z., Zghal M. (2022). Integration of Augmented, Virtual and Mixed Reality with Building Information Modeling: A Systematic Review, *International Conference on Human-Computer Interaction*, 26 juin-1 juillet 2022, Online (France). 13317 3-19.. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-05939-1_1. Réf. HAL: [hal-04065221](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04065221)

6. Baouya A., Ouchani S., Bensalem S. (2022). Formal Modelling and Security Analysis of Inter-Operable Systems, *35th International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA AIE 2022)*, 19 juillet 2022, Kitakyushu (Japon). *Advances and Trends in Artificial Intelligence. Theory and Practices in Artificial Intelligence: 35th International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems, IEA/AIE 2022, Kitakyushu, Japan, July 19–22, 2022, Proceedings*, 13343 555-567.. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-08530-7>. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-08530-7_47. Réf. HAL: [hal-04086240](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04086240)
7. Baur T., Penot J.-D., Reyes L., Faily D. (2022). AM modular plant for on-site production, *I-AM 2022*, 19-21 octobre 2022, Lisbon (Portugal) (France). *ASME Proceedings 2022 International Additive Manufacturing Conference*.. DOI: <https://doi.org/10.1115/IAM2022-FM1>. Réf. HAL: [hal-04106799](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04106799)
8. Benallal H., Abouelaziz I., Mourchid Y., Alfalou A., Tairi H., Riffi J., El Hassouni M. (2022). A new approach for removing point cloud outliers using the standard score, *Pattern Recognition and Tracking XXXIII*, 3-7 avril 2022, Orlando, Florida (États-Unis). *Proceedings Volume 12101, Pattern Recognition and Tracking XXXIII*, 1210107. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2618835>. Réf. HAL: [hal-04082487](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04082487)
9. Bezoui M., Olteanu A.-L., Sevaux M., Garcia D. (2022). A new framework to solve flexible jobshop scheduling problems in the context of Industry 5.0, *32nd European Conference on Operational Research (EURO 32)*, 3-6 juillet 2022, Espoo (Finlande).. Réf. HAL: [hal-03718269](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03718269)
10. Blandin B., Mathieu K., Fernagu S. (2022). Comment le tutorat de l'apprentissage actif se transforme lors du passage à distance : L'exemple du tutorat A2P2/PBL à Cesi, *AREF, Semaine internationale de l'éducation et de la formation*, Lausanne (Suisse).. Réf. HAL: [hal-04105680](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04105680)
11. Boisadan A., Buisine S. (2022). Conception universelle, lead users et intelligence émotionnelle, *Handicap 2022*, 8-10 juin 2022, Paris (France).. Réf. HAL: [hal-04099227](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04099227)
12. Bouaziz N., Bettayeb B., Sahnoun M., Yassine A., Latreche A. (2022). Modeling and simulation of human behavior impact on production throughput, *10th IFAC CONFERENCE ON MANUFACTURING MODELLING, MANAGEMENT AND CONTROL*, 22-24 juin 2022, Nantes (France). 55(10):1740-1745.. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.649>. Réf. HAL: [hal-04069939](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04069939) - [OA hors HAL](#)
13. Bounhar T., Yamak Z., Havard V., Baudry D. (2022). A Dataset and Methodology for Self-Efficacy Feeling Prediction During Industry 4.0 VR Activity, *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 12-16 mars 2022, Christchurch (Nouvelle Zélande). *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 176-182.. URL: <https://ieeevr.org/2022/>. DOI: <https://doi.org/10.1109/VRW55335.2022.00045>. Réf. HAL: [hal-04080307](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04080307)
14. Brahmia M.-E., Babouche S., Ouchani S., Zghal M. (2022). An Adaptive Attack Prediction Framework in Cyber-Physical Systems, *2022 Ninth International Conference on Software Defined Systems (SDS)*, 12-

15 décembre 2022, Paris (France). *2022 Ninth International Conference on Software Defined Systems (SDS)*, 1-7.. DOI: <https://doi.org/10.1109/SDS57574.2022.10062873>. Réf. HAL: [hal-04065408](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04065408) - [OA HAL](#)

15. Caillot A., Ouerghi S., Vasseur P., Dupuis Y., Bouteau R. (2022). Multi-Agent Cooperative Camera-Based Evidential Occupancy Grid Generation, *2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 8-12 octobre 2022, Macau (Chine). *2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 203-209.. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITSC55140.2022.9921855>. Réf. HAL: [hal-03870700](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03870700) - [OA HAL](#)

16. Cuvelier L., Boudra L., Bationo-Tillon A., Grosstephan V., Garrigou A., Lémonie Y., Nascimento A. (2022). Formative intervention for safety: challenging methods from Cultural Historical Activity Theory (CHAT), *Congress Work on Safety, WOS*, 25-28 septembre 2022, Algarve (Portugal).. Réf. HAL: [hal-04089284](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04089284)

17. Dallel M., Havard V., Dupuis Y., Baudry D. (2022). A Sliding Window Based Approach With Majority Voting for Online Human Action Recognition using Spatial Temporal Graph Convolutional Neural Networks, *ICMLT 2022: 2022 7th International Conference on Machine Learning Technologies*, 11-13 mars 2022, Rome (Italie). *ICMLT 2022: 2022 7th International Conference on Machine Learning Technologies (ICMLT) March 2022 Pages 155–163*, 155-163.. DOI: <https://doi.org/10.1145/3529399.3529425>. Réf. HAL: [hal-03998451](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03998451)

18. Davies M., Buisine S. (2022). Modelling and Measuring Innovation Culture, *18th European Conference on Management Leadership and Governance*, 10-11 novembre 2022, Lisboa (Portugal). *ECMLG 2022- Proceedings of the 18th European Conference on Management Leadership and Governance*, 114 -121.. Réf. HAL: [hal-04085432](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04085432) - [OA HAL](#)

19. Davies M., Buisine S. (2022). Presence and impact of Teal practices among French organizations, *18th European Conference on Management Leadership and Governance*, 10-11 novembre 2022, Lisboa (Portugal).. Réf. HAL: [hal-04085417](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04085417) - [OA HAL](#)

20. Dourhmi M., Benlamine K., Abouelaziz I., Zghal M., Masrouf T., Jouane Y. (2022). Improved Hourly Prediction of BIPV Photovoltaic Power Building Using Artificial Learning Machine: A Case Study, *International Conference on Networking, Intelligent Systems and Security*, 30-31 mars 2022, Bandung (Indonésie). 147 270-280.. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-15191-0_26. Réf. HAL: [hal-04097388](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04097388)

21. Fernagu S. (2022). Comment développer un environnement favorable au développement du pouvoir d'agir des individus? , *DETFDPA*, Dijon (Bourgogne) (France).. Réf. HAL: [hal-04105609](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04105609)

22. Fernagu S. (2022). Compétences et capacités, *Journées de la revue Savoirs*, Nanterre Université (France).. Réf. HAL: [hal-04105610](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04105610)

23. Fernagu S. (2022). Créer des environnements capacitants : Les règles, les obstacles, les effets, *Séminaire de l'UODC*, Paris (France).. Réf. HAL: [hal-04105604](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04105604)

24. Fernagu S. (2022). Environnement capacitant, *Question de pédagogie dans l'enseignement supérieur*, La Rochelle - distanciel (France).. Réf. HAL: [hal-04105601](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04105601)
25. Fernagu S. (2022). Impliquer les managers dans le développement des compétences de leurs équipes avec l'intégration de dynamiques apprenantes, *Congrès de l'ADRHGCT*, Lyon (France).. Réf. HAL: [hal-04105612](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04105612)
26. Fernagu S. (2022). L'efficacité de la collaboration relève-t-elle d'une cognition partagée? (atelier), *NEO SAI*, Paris (France). <https://lineact.cesi.fr/publications/actes-du-colloque-neo-sai-2020-comprendre-et-construire-les-nouvelles-situations-dapprentissage-instrumentees/>.. Réf. HAL: [hal-04106980](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04106980)
27. Fernagu S. (2022). Nommer les compétences, évaluer les situations: l'approche par les capacités, *20 ans de la VAE*, Lille (France).. URL: <https://www1.ac-lille.fr/les-20-ans-de-la-vae-123580>. Réf. HAL: [hal-04105608](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04105608)
28. Fernagu S. (2022). Quelle vidéo pour confronter le style et les genres professionnels à des fins formatrices ou (auto)évaluatrices? (Symposium), *AUPTIC*, Namur (Belgique) (Belgique). <https://sites.google.com/view/auptic2022/accueil>.. Réf. HAL: [hal-04106978](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04106978)
29. Garcia M. A., Silveira Jr. N., Mendes L. A., Cordeiro Mendonça K. (2022). On the development of a technological solution for long-term preservation of the commercial qualities in live oysters, *CYTEF 2022 - XI Congreso Ibérico y IX Congreso Iberoamericano de Ciencias y Técnicas del Frío*, 17-19 avril 2022, Cartagena (Espagne). *Libro de actas XI Congreso Ibérico y IX Congreso Iberoamericano de Ciencias y Técnicas del Frío Cytetf2022*.. Réf. HAL: [hal-04070759](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04070759)
30. Ghalmane Z., Brahmia M.-E., Zghal M., Cherifi H. (2022). A stochastic approach for extracting community-based backbones, *The 11th International Conference on Complex Networks and their Applications*, 8-10 novembre 2022, Palerme (Italie). *The 11th International Conference on Complex Networks and their Applications 2022*.. Réf. HAL: [hal-04094093](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04094093) - [OA HAL](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04094093)
31. Ghalmane Z., Cherifi C., Cherifi H., Hassouni M. E. (2022). Community-based method for extracting backbones, *The International Conference on Complex Networks (CompleNet) 2022*, 30 mai-1 juin 2022, Online (France).. Réf. HAL: [hal-04107962](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04107962) - [OA HAL](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04107962)
32. Guendouzi S. B., Ouchani S., Malki M. (2022). Aggregation using Genetic Algorithms for Federated Learning in Industrial Cyber-Physical Systems, *2022 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA)*, 8-12 août 2022, Biarritz, France (France). 1-6.. DOI: <https://doi.org/10.1109/INISTA55318.2022.9894236>. Réf. HAL: [hal-04086933](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04086933)
33. Guendouzi S. B., Ouchani S., Malki M. (2022). Enhancing the Aggregation of the Federated Learning for the Industrial Cyber Physical Systems, *2022 IEEE International Conference on Cyber Security and*

Resilience (CSR), 27-29 juillet 2022, Rhodes (Grèce). 197-202.. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSR54599.2022.9850301>. Réf. HAL: [hal-04085957](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04085957)

34. [Guez S.](#), [Fernagu S.](#), [Viazzi C.](#) (2022). Instruments et environnement capacitant : quelques repères pour un enseignement à distance, *La formation à distance, résolutement ? Modalités, enjeux, ouvertures et perspectives.*, 20-21 octobre 2022, Paris (France).. URL: <https://distance-2022.sciencesconf.org/resource/page/id/15>. Réf. HAL: [hal-04076980](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04076980) - [OA HAL](#)

35. [Haddam N.](#), [Cohen Boulakia B.](#), [Barth D.](#) (2022). Accelerated Variant of Reinforcement Learning Algorithms for Light Control with Non-stationary User Behaviour, *11th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems*, 27-29 avril 2022, Online Streaming (France). 78-85.. DOI: <https://doi.org/10.5220/0010987900003203>. Réf. HAL: [hal-04106176](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04106176) - [OA hors HAL](#)

36. [Hamza R.](#), [Ben Ayed S.](#) (2022). SUPERVISED LEARNING BASED APPROACH FOR TURBOFAN ENGINES FAILURE PROGNOSIS WITHIN THE BELIEF FUNCTION FRAMEWORK, *International Conference on Applied Computing*, 8-10 novembre 2022, Lisbonne (Portugal).. Réf. HAL: [hal-04097429](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04097429)

37. [Junaid S.](#), [Gwynne-Evans A.](#), [Kovacs H.](#), [Lönngren J.](#), [Jiménez Mejía J. F.](#), [Natsume K.](#), [Polmear M.](#), [Serreau Y.](#), [Shaw C.](#), [Toboşaru M.](#), [Martin D.](#) (2022). What is the role of ethics in accreditation documentation from a global view? , *SEFI 50th Annual conference of The European Society for Engineering Education*, 19-22 septembre 2022, Barcelona (Espagne). *SEFI 2022 50th Annual Conference of The European Society for Engineering Education*, 369-378.. DOI: <https://doi.org/10.5821/conference-9788412322262.1336>. Réf. HAL: [hal-04061380](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04061380) - [OA hors HAL](#)

38. [Kammoun A.](#), [Slama R.](#), [Tabia H.](#), [Ouni T.](#), [Abid M.](#) (2022). FNR-GAN: Face Normalization and Recognition with Generative Adversarial Networks, *37th International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ 2022)*, 24-25 novembre 2022, Auckland (Nouvelle Zélande). 13836-13843.. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-25825-1_10. Réf. HAL: [hal-04005281](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04005281)

39. [Kanthila C.](#), [Boodi A.](#), [Beddiar K.](#), [Amirat Y.](#), [Benbouzid M.](#) (2022). Building Occupancy Detection using Machine Learning-based Approaches: Evaluation and Comparison, *IECON 2022 – 48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 17-20 octobre 2022, Brussels (Belgique). 1-6.. DOI: <https://doi.org/10.1109/IECON49645.2022.9968768>. Réf. HAL: [hal-03900193](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03900193)

40. [Lauletta E.](#), [Biancardi B.](#), [Norelli A.](#), [Mancini M.](#), [Panconesi A.](#) (2022). Errare humanum est? a pilot study to evaluate the human-likeness of an AI othello playing agent, *International Conference on Intelligent Virtual Agents*, 6-9 septembre 2022, Faro (Portugal). 1-3.. DOI: <https://doi.org/10.1145/3514197.3549699>. Réf. HAL: [hal-04087241](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04087241)

41. [Lémonie Y.](#), [Barbosa Betty I.](#), [Bezerra Gemma S.](#), [Nascimento A.](#), [Muniz De Almeidai L.](#), [Mininel V.](#), [Grosstephan V.](#), [Cuvelier L.](#), [Boudra L.](#), [Pereira Querol Marco A.](#), [Garrigou A.](#) (2022). Transformer son travail en France et au Brésil dans des interventions formatives : apprentissages expansifs et agentivité dans l'éducation et à l'hôpital, *Encontro Internacional sobre o trabalho (EITA)*, 23 août 2022 - 27 août 2023, João Pessoa (Brésil).. Réf. HAL: [hal-04103344](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04103344)

42. Magarotto E., Ahmed-Ali T., Haddad M. (2022). A new sampled-data observer design for bioreactors, *2022 8th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, 17-20 mai 2022, Istanbul (Turquie). 402-406.. DOI: <https://doi.org/10.1109/CoDIT55151.2022.9804131>. Réf. HAL: [hal-04138729](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04138729)
43. Mazar M., Bettayeb B., Klement N., Sahnoun M., Louis A. (2022). Sim-optimization hybrid approach for scheduling randomly deteriorating treatment tasks in horticulture, *10th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2022: Nantes, France, 22-24 June 2022*, 22-24 juin 2022, Nantes (France). 55(10):538-543.. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.449>. Réf. HAL: [hal-03871250](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03871250) - [OA HAL](#)
44. Pillon E. (2022). Business Model Innovation as resilience factor to face Covid-19 crisis, *R&D Management conference 2022*, 9-13 octobre 2022, Trento (Italie).. Réf. HAL: [hal-04093769](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04093769) - [OA HAL](#)
45. Pillon E., Louis A. (2022). Comportements des PME en termes de pratiques d'innovation ouverte, *GT AIMS Innovation*, 19-20 octobre 2022, Caen (France).. Réf. HAL: [hal-04093695](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04093695) - [OA HAL](#)
46. Pillon E., Sahnoun M. (2022). How could SMEs take advantage of the Covid-19 crisis to improve their resilience during energy transition? , *GIN2 022*, 6-8 juillet 2022, Cambrai et valencienne (France).. Réf. HAL: [hal-04093762](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04093762) - [OA HAL](#)
47. Riahi K., Brahmia M.-E., Abouaissa A., Idoumghar L. (2022). A Reinforcement Learning-Based Node Selection for PBFT Consensus, *2022 Ninth International Conference on Software Defined Systems (SDS)*, 12-15 décembre 2022, Paris (France). 1-3.. DOI: <https://doi.org/10.1109/SDS57574.2022.10062948>. Réf. HAL: [hal-04095601](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04095601)
48. Riahi K., Brahmia M.-E., Abouaissa A., Idoumghar L. (2022). APBFT: An Adaptive PBFT Consensus for Private Blockchains, *GLOBECOM 2022 - 2022 IEEE Global Communications Conference*, 4-8 décembre 2022, Rio de Janeiro (Brésil). *GLOBECOM 2022 - 2022 IEEE Global Communications Conference*, 1788-1793.. DOI: <https://doi.org/10.1109/GLOBECOM48099.2022.10001568>. Réf. HAL: [hal-04065416](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04065416) - [OA HAL](#)
49. Riahi K., Brahmia M.-E., Abouaissa A., Idoumghar L. (2022). FPBFT: A Fast PBFT Protocol for Private Blockchains, *2022 9th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)*, 29 novembre-1 décembre 2022, Milan (Italie). *2022 9th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)*, 1-8.. DOI: <https://doi.org/10.1109/IOTSMS58070.2022.10062170>. Réf. HAL: [hal-04065420](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04065420) - [OA HAL](#)
50. Sartore M., Buisine S., Ocnarescu I., Joly L.-R. (2022). Ikigai Assessment in a Western Work Context, *WAW 2022 6th International Conference on Wellbeing At Work*, 13 juin 2022, Warsaw (Pologne).. Réf. HAL: [hal-04097957](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04097957)

51. Sartore M., Ocnarescu I., Joly L.-R., Buisine S. (2022). Ikigai robotics: How could robots satisfy social needs in a professional context? , *ICSR 2022 14th International Conference on Social Robotics*, 13-16 décembre 2022, Florence (Italie). *LNAI 13818*, 701-709.. Réf. HAL: [hal-04107621](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04107621)

52. Sekkat A. R., Dupuis Y., Kumar V. R., Rashed H., Yogamani S., Vasseur P., Honeine P. (2022). SynWoodScape: Synthetic Surround-view Fisheye Camera Dataset for Autonomous Driving, *2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2022)*, 23 octobre-27 septembre 2022, Kyoto (Japon).. URL: <https://iros2022.org/>. Réf. HAL: [hal-03749224](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03749224) - [OA HAL](#)

53. Slama I., Bettayeb B., Ben-Ammar O., Dolgui A. (2022). Un problème de planification de désassemblage sous incertitude de rendement, *ROADEF 2022 : 23ème congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision*, 23-25 février 2022, Villeurbanne - Lyon (France).. URL: <https://roadef2022.sciencesconf.org/>. Réf. HAL: [hal-03595435](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03595435) - [OA HAL](#)

54. Slama I., Ben-Ammar O., Thevenin S., Dolgui A. (2022). Une approche basée sur l'agrégation des scénarios pour résoudre un problème de planification de désassemblage sous incertitude des délais de remise à neuf, *ROADEF 2022 : 23ème congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision*, 23-25 février 2022, Villeurbanne - Lyon (France).. URL: <https://roadef2022.sciencesconf.org/>. Réf. HAL: [hal-03596245](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03596245)

55. Slama I., Ben-Ammar O., Garcia D., Dolgui A. (2022). Two-stage stochastic program for disassembly lot-sizing under random ordering lead time, *MIM 2022: 10th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control*, 22-24 juin 2022, Nantes (France).. URL: <https://hub.imt-atlantique.fr/mim2022/>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.580>. Réf. HAL: [hal-03709633](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03709633) - [OA HAL](#)

56. Slama R., Ben-Ammar O., Tlahig H., Slama I., Slangen P. (2022). Human-centred assembly and disassembly systems: a survey on technologies, ergonomic, productivity and optimisation, *MIM 2022 - 10th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control*, 22-24 juin 2022, Nantes (France). *10th IFAC CONFERENCE ON MANUFACTURING MODELLING, MANAGEMENT AND CONTROL*.. URL: <https://hub.imt-atlantique.fr/mim2022/>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.646>. Réf. HAL: [hal-03709742](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03709742) - [OA HAL](#)

57. Turki S., Ben-Ammar O., Slama I., Rezg N., Dolgui A. (2022). Simulation and Optimisation of a Failure-Prone Disassembly-Reconditioning-Assembly System, *MIM 2022 - 10th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control*, 22-24 juin 2022, Nantes (France).. URL: <https://hub.imt-atlantique.fr/mim2022/>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.653>. Réf. HAL: [hal-03709643](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03709643) - [OA HAL](#)

58. Xu K., Ragot N., Dupuis Y. (2022). View Selection for Industrial Object Recognition, *IECON 2022 – 48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 17-20 octobre 2022, Brussels (Belgique). 1-6.. DOI: <https://doi.org/10.1109/IECON49645.2022.9969121>. Réf. HAL: [hal-04058031](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04058031)

59. Zerrouki F., Ouchani S., Bouarfa H. (2022). Towards an Automatic Evaluation of the Performance of Physical Unclonable Functions, *Artificial Intelligence and Renewables Towards an Energy Transition*, 22-

24 novembre 2022, Tipaza (Algérie). 174 775-781.. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7_74.
Réf. HAL: [hal-04108273](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04108273)

Ouvrages

1. Beddiar K., Chazal P., Ziour R. (2022). Massification énergétique des bâtiments, *in* dunod (dir.), Paris, dunod. Réf. HAL: [hal-04070484](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04070484)

Autres publications

1. Fernagu S. (2022). Pédagogie de l'alternance, . Synthèse étude pédagogie de l'alternance, livrables sur le site de l'observatoire des compétences de la métallurgie, étude financée par l'OPCO2I. Réf. HAL: [hal-04106986](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04106986)

**6 ANNEXE 2 : PROJETS AU SEIN DE CESI
LINEACT**

6.1 DEFI&CO - DEVELOPPER L'EXPERTISE FUTURE POUR L'INDUSTRIE ET LA CONSTRUCTION

Partenaires : CESI, APEC, AIRBUS, CISCO, COLAS, La Poste, Union Sociale pour l'Habitat, AFPOLS, CESFA BTP, CEFIPA Institut de la Réindustrialisation, Dassault Systèmes, EDF, ENGIE, FIVES, OGER International, Continental, Normandie AeroEspace, Energie Haute-Normandie, Fédération française du Bâtiment Languedoc-Roussillon, Cap Digital, MOVEO, Pôle TES, Rectorat de Rouen, Région Normandie, Région Aquitaine Limousin Poitou-Charentes, Communauté urbaine d'Arras, Bordeaux Métropole, Métropole Rouen Normandie, CESFA AGEFA – PME Pays de la Loire, CESFAHN, CESFA Lorraine, IRFEDD, CMQ Eco-construction et efficacité énergétique Alsace, Luxembourg Institute for Science and Technology, Université Régionale des métiers et de l'artisanat Nord-Pas de Calais, BTP- CFA Ile de France.

Appel à projet : PIA – Partenariats pour la formation professionnelle et l'emploi

Budget global du projet : 17,8 M€

Budget CESI du projet : 12,2 M€

Financement global : 7,8 M€

Lancement du projet : 6 juillet 2016

Durée du projet : 67 mois

Le projet :

Les objectifs du projet ont été revus à la hausse en 2019, puis en 2020, et enfin en 2022, le projet ayant été prolongé jusqu'au 31 décembre 2022 : ce sont plus de 17 000 étudiants, apprentis ou stagiaires de la formation continue qui seront formés, à différents niveaux, allant de la sensibilisation à l'expertise entre le début du projet et septembre 2021, date initiale de fin du projet. Des formations de spécialités (option de 5^e année Ingénieur) ont aussi été ajoutées, en lien avec les trois domaines initiaux, comme par exemple la robotique, la fabrication additive, la cybersécurité. Au final, avec la rentrée 2022, ce seront plus de 21.500 apprenants qui auront bénéficié des dispositifs de formation développés avec l'appui du projet.

On constate aujourd'hui que l'effet-levier de ce projet a été très important : il a notamment permis d'obtenir des financements complémentaires, soit sur fonds propres des partenaires, soit en provenance de sources régionales, afin de compléter les plateformes techniques ; d'autre part, le renouvellement des contenus des formations d'ingénieurs, reconnu par la Commission du Titre d'Ingénieurs a permis d'obtenir une augmentation significative des autorisations d'ouverture de nouvelles formations d'ingénieurs dans les régions à la suite de l'audit 2020. Des labellisations complémentaires, comme par exemple le label OpenBIM de MEDIACONSTRUCT, ont été obtenues en décembre 2020 et en juillet 2021 pour trois formations, un Mastère Spécialisé, la formation d'ingénieurs BTP Option BIM et une formation de niveau Bachelor avec grade de licence, renforçant ainsi leur attractivité.

Ce projet a ouvert des pistes de réflexion pour faire évoluer l'organisation de CESI. En particulier, l'Ecole d'ingénieurs a institutionnalisé l'activité d'ingénierie des formations, qui reposait jusque-là sur des mobilisations ponctuelles d'experts sous forme de séminaires, en créant un « bureau d'études » permanent, composé d'experts des différents domaines basés sur leurs campus, dont une grande part de l'activité est consacrée à la conception ou reconception des formations et des ressources. Par ailleurs, une évolution importante de l'organisation au niveau du groupe, inspirée pour une part par le travail sur DEFI&Co, se prépare.

L'année 2022 a vu la finalisation des Micro Learning Factories (MLF) produites dans le cadre de DEFI&Co. Initiées en juin 2021, ces Micro Learning Factories reposent sur l'idée de déployer au sein des campus CESI des plateformes qui visent à reproduire le plus fidèlement possible, à une échelle réduite, un système de production, à l'image de ceux implantés dans les industries manufacturières 4.0 : convoyeurs, bras robotisés et robots mobiles permettront de simuler un système de production opérant des opérations d'assemblage. Elles ont une double vocation : formation et recherche.

Ces plateformes ont été installées dans plusieurs campus, et seront dotées à terme d'un jumeau numérique permettant de les utiliser dans tous les sites, voire à distance.

CESI LINEACT

Pour la recherche, elles doivent permettre de :

- **Expérimenter** des concepts avancés : système de production autonome, collaboratif, coopératif, décentralisé ;
- **Tester** et **valider** par l'expérience des modèles théoriques : corrélation simulation versus expérience ;
- **Générer** des données expérimentales pour « **nourrir** » les modèles ;
- **Vulgariser** et **illustrer** les travaux de recherche.

Enfin, l'évènement de clôture du projet s'est déroulé sur le campus de Rouen, le 29 novembre 2022, en présence de Vincent Cohas, DG de CESI, de représentants des partenaires et des collectivités territoriales régionales.



6.2 JENII - JUMEAUX D'ENSEIGNEMENT NUMERIQUES, IMMERSIFS ET INTERACTIFS

Partenaires : ENSAM, CNAM, CESI, CEA Tech

Appel à projet : PIA 4 Démonstrateurs Numériques dans l'Enseignement Supérieur - « DemoES »

Budget CESI du projet : 1,99 M€ (aide 1,74 M€)

Financement global PIA : 9,5 M€



Lancement du projet : Novembre 2021

Durée du projet : 4 ans

Résumé :

Le projet **JENII** (Jumeaux d'Enseignement Numériques, Immersifs et Interactifs), ANR-21-DMES-0006, est un démonstrateur de l'enseignement supérieur, soutenu par le programme d'investissement d'avenir « DemoES » 2021 et regroupant un consortium de trois partenaires académiques membres de HESAM Université : l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), le Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), le groupe d'enseignement supérieur et de formation professionnelle (CESI) et un centre de recherche technologique de référence, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

Le projet d'une durée de 4 ans a débuté en Novembre 2021.

L'ambition du projet est de proposer une offre de formation spécifique pour l'industrie du futur et fondée sur la technologie des jumeaux numériques immersifs et collaboratifs de systèmes industriels réels. Cette offre est destinée à impacter une large diversité d'apprenants, de formateurs et d'établissements d'enseignement technologique. Intégrant des aspects de personnalisation, d'accès multi-site et de multi-modalité ; cette nouvelle offre de formation permettra d'une part de donner accès à distance aux systèmes industriels réels dans leur complexité propre et d'autre part d'utiliser pour la formation des outils qui font ou feront partie du monde industriel lui-même.

Le projet JENII fait rupture dans la formation technologique puisque l'objet et la méthode de formation évoluent de concert avec le contexte auquel ils forment. Le projet JENII permet de transformer le paradigme de la formation technologique par deux avancées majeures :

- Mettre à disposition des environnements de formation technologique accessibles à distance, sans avoir recours à des représentations virtuelles simplifiées du monde industriel plus synonymes de jeu que d'univers de formation, constituant une clôture ludique au lieu d'être une ouverture à un monde auquel on se prépare ;
- Permettre le développement et la diffusion rapides des outils pédagogiques nécessaires pour accompagner les évolutions technologiques et les métiers de l'industrie, par une mise à disposition rapide d'un environnement développé par un partenaire à un besoin de formation exprimé par un autre.

Le projet vise à développer des nouveaux environnements d'apprentissage, des modèles de formation et des méthodologies pour permettre le déploiement (matériel et humain), l'adaptation à des formations individualisées et multimodales, la formation des formateurs et l'accompagnement à la transformation. Les acteurs du projet sont investis dans la formation technologique, initiale et professionnelle, à différents niveaux (ingénieurs, techniciens) dans une logique de réseau national. Ils ont chacun une proximité forte avec le monde industriel (formation et recherche). Enfin, le projet intègre sur l'ensemble des objectifs à atteindre et du plan d'action une logique de partenaires et de territoires (EdTech et industriels pour le partage des outils et connaissances - stratégie de diffusion open source et Creative Commons - ainsi que les territoires comprenant des TNE et des CMQ).

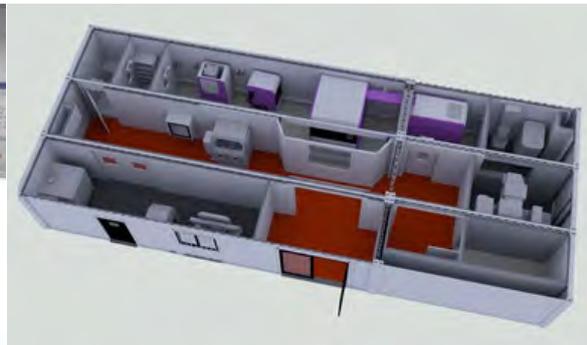
Les actions de CESI et CESI LINEACT portent sur :

CESI LINEACT

- La coordination du WP1 : Développement ou amélioration de parcours pédagogiques hybrides et multimodaux individualisés,
- La R&D sur les Jumeaux Numériques des plateformes Industrie du futur et Fabrication additive métallique,
- L'intégration des JNs dans nos formations,
- L'analyses de l'impact des dispositifs sur l'apprentissage et l'insertion professionnelle future,
- La participation à la preuve de concept et aux expérimentations sur les campus virtuels.

3 doctorants sont co-encadrés par CESI LINEACT dans le cadre de JENII.

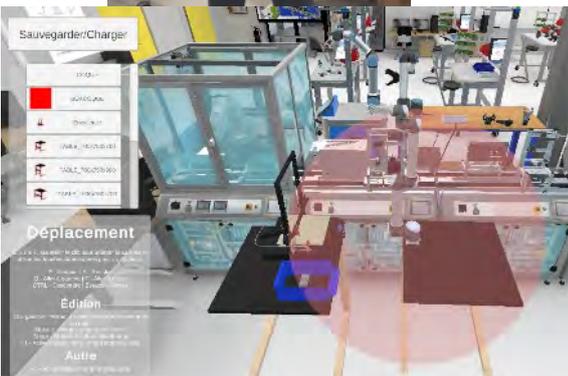
NOM	prénom	Encadrants	Année de début de thèse	Titre de la thèse
BONDESAN	Pierre	S. RICHIR, ENSAM S. FLEURY, ENSAM A. BOISADAN, CESI	2022	Evaluation de l'efficacité pédagogique des jumeaux numériques en environnements virtuels immersifs
FACON	Cédric	S. FERNAGU, CESI	2021	Environnements instrumentés d'apprentissage
FEDDOUL	Yassine	F. DUVAL, CESI N. RAGOT, CESI V. HAVARD, CESI	2022	Informations contextuelles du jumeau numérique en perception augmentée pour la robotique industrielle et la collaboration humain-robot



Les plateformes CESI

Pour illustrer les travaux réalisés dans le cadre du projet JENII, une première version de l'environnement développé a été déployée dans le projet système automatisé en 4^{ème} année du programme ingénieur touchant plus de 1000 étudiants. Grâce au travail en collaboration avec la DSI, ils ont eu accès à une version clavier/souris de l'environnement accessible depuis Internet permettant de mieux s'approprier le contexte du projet et ensuite d'interagir avec l'environnement pour y intégrer leurs réflexions (automatisation d'un poste de travail sur une chaîne d'assemblage en menant une réflexion sur son ergonomie pour l'opérateur associé). Ils ont pu ensuite évaluer la pertinence de leurs réflexions en évaluant leurs solutions dans la réalité virtuelle en centre.

CESI LINEACT



6.3 SCOPES- SEMANTIQUE COLLABORATIVE POUR UNE PERCEPTION EVIDENTIELLE DE SITUATION

Partenaires : CESI LINEACT, LITIS, IRSEEM

Appel à projet : ANR ASTRID Robotique 2021

Budget CESI du projet (financement) : 210 k€ (105 k€)

Budget global (financement) : 547 k€ (300 k€)

Lancement du projet : 1er janvier 2022

Durée du projet : 30 mois



Objectif de l'action CESI :

Les domaines de l'industrie 5.0 et de la défense reposent de plus en plus sur des systèmes de systèmes où des agents robotisés doivent s'adapter aux humains avec lesquels des interactions s'opèrent. L'utilisation de flottes hétérogènes d'agents disposant de dispositifs de perception est une aubaine qui permet, après fusion des informations individuelles, de proposer des solutions aux problématiques d'optimisation d'exploitation de la flotte, de sécurisation du convoi, d'amélioration de la sécurité et de la sûreté au service des opérateurs humains, ainsi que de l'accroissement de la flexibilité suite à la reconfiguration de situations ou de l'environnement.

La mutualisation de l'information permet de produire une vue globale de la situation issue des perceptions individuelles de chaque agent robotique ou non. Chaque module individuel de perception produit une interprétation de scène qui est par nature entachée d'incertitude. Les conséquences d'un déploiement de la flotte en environnements complexes ou hostiles doivent également être considérées. Le lien de communication requis pour l'échange d'information est sujet à une bande passante qui peut être très limitée voire inexistante quand le lien est rompu même temporairement. Les positions des points de vue nécessaires à la création de la vue de situation sont également tributaires de la qualité de l'information des sources de localisation lorsqu'elles sont disponibles.

Le projet SCOPES propose de développer une solution de production de vue de situation augmentée par l'incertitude comme source d'information décisionnelle. Les contributions du projet seront :

- Un formalisme de représentation de la vue de situation, intégrant les différentes sources d'incertitudes, permettant une interprétation par l'humain,
- Une méthode robuste de localisation basée sur le paradigme des graphes et l'information sémantique fournie par chaque agent,
- Une spécification fonctionnelle et les jeux de données associés pour évaluation objective et quantitative des situations de perceptions collaboratives grâce à l'exploitation des plateformes technologiques remarquables des partenaires du projet.

Les travaux conduits durant l'année 2022 ont permis d'aboutir à la production de deux états de l'art et deux jeux de données en environnement industriel qui seront utilisés pour développer et évaluer les algorithmes d'estimation des grilles évidentielles et Graphe-SLAM robuste à l'incertitude de perception. Des travaux préliminaires d'augmentation colorimétrique et 3D ont également été réalisés. Ils ont abouti à une preuve de concept de l'augmentation multi-modale.

Le projet SCOPES aboutira à des productions de niveau TRL 4. L'intérêt du projet pour les acteurs économiques a été reconnu par la labellisation du projet par NAE (Normandie AeroEspace).

6.4 NUMERILAB - ENVIRONNEMENTS NUMERIQUES INSTRUMENTES POUR LES APPRENTISSAGES HUMAINS

Partenaire : chef de file CESI

Appel à projet : Recherche & Innovation Région Normandie

Budget du projet : budget CESI 523 k€

Lancement du projet : 1^{er} juillet 2019

Durée du projet : 42 mois



Résumé du projet :

Avec la démocratisation et l'essor des technologies numériques telles que la réalité augmentée ou la réalité virtuelle, le développement et l'exploitation d'environnements augmentés et d'environnements virtuels pour les apprentissages humains (EVAH) connaissent une forte évolution et apparaissent comme un élément de rupture dans le domaine de la formation. En parallèle, le développement des capteurs et des méthodes issues de l'Intelligence Artificielle (IA), permettent d'acquérir et d'analyser des données sur les activités humaines telles que les postures et mouvements, les mouvements oculaires, les gestes ou encore des données biométriques pouvant donner des informations sur l'engagement, la motivation, la charge cognitive ou encore le stress. Ces données présentent un fort potentiel pour évaluer des activités d'apprentissage et pour améliorer le transfert des acquis, les interactions et les simulations dans ces environnements virtuels.

Le projet de NumeriLab sur les environnements numériques instrumentés pour les apprentissages humains s'inscrit dans ce contexte et s'appuie sur des compétences pluridisciplinaires dans les domaines des Sciences du Numérique, de l'Informatique, des Sciences Sociales et Cognitives. Les enjeux de Recherche et d'Innovation (R&I) portent sur le développement de ces environnements numériques instrumentés et des outils de scénarisation et de suivi pédagogique associés pour permettre leur utilisation comme environnement d'apprentissage. Ils portent également sur l'analyse des activités, traces et données d'apprentissages pour permettre des mises en situation (simulation) dynamiques et adaptatives et pour évaluer les impacts sur les acquisitions de connaissances et compétences. Dans ce contexte, le projet de NumeriLab porte sur le développement et la mise en place d'un plateau technique dédié intégrant des outils de captures et d'analyses de données couplés à des méthodes et outils d'évaluation, de scénarisation et de suivi pédagogique.

Réalisations au 31 décembre 2022 :

Les principales réalisations du projet NUMERILAB sont :

La réalisation d'un état de l'art scientifique et technique sur les environnements virtuels pour les apprentissages humains (EVAH), les systèmes tutoriels intelligents (ITS) et les solutions de captations et d'analyse de données d'un individu. Cet état de l'art est complété par une étude des mesures physiologiques dans les EVAH et ITS et des notions d'émotions et sentiment de compétences. Enfin, la dernière partie de l'état de l'art porte sur les approches d'IA notamment basées sur des méthodes d'apprentissages profonds pour analyser les données.

Le plateau technique intégrant les équipements de réalité augmentée, de réalité virtuelle et de capture de mouvement déjà présent au sein de la plateforme R&D LINEACT a été transféré sur le Campus Madrillet en janvier 2020. Ce plateau technique comprend maintenant de nouveaux équipements spécifiques dédiés à ces environnements instrumentés tels que des casques de RV avec suivi de l'activité oculaire, des capteurs biométriques EEG (ElectroEncephaloGraphy), ECG (ElectroCardioGraphy) et GSR (Galvanic Skin Response), des combinaisons de capture de mouvement et de posture. Le plateau technique intègre également la plateforme logicielle iMotions, permettant d'acquérir, d'analyser et de visualiser les données synchronisées lors des sessions dans ces environnements instrumentés.

L'EVAH, permettant d'aborder des procédures d'assemblages de système manufacturier avec différents niveaux de complexité ou d'étudier les concepts du lean manufacturing, a été adapté pour permettre la collecte de données physiologiques pendant les simulations.

La mise en place d'un premier protocole expérimental portant sur l'estimation du sentiment de compétence par rapport aux tâches proposées dans l'EVAH a été mis en place. Les expérimentations ont conduit à la création du jeu de données IVRASED lors de la conférence IEEE VR 2022. Les algorithmes de traitement de données mis en place nous ont permis de classifier le sentiment de compétence à 90% de précision, avec un algorithme d'exécution rapide permettant d'itérer rapidement et donc de classifier rapidement une personne.

L'exploitation de ce plateau technique dans le cadre de travaux sur les problématiques d'évaluation en temps réel de la cybersickness dans les environnements virtuels a également été étudié.

L'intégration de l'EVAH, simulant des procédures d'assemblages avec des robots, au sein du jumeau numérique de l'atelier de production a été étudiée. L'objectif est de pouvoir aborder en simulation des situations complexes intégrant des cobots et robots mobiles.

Ces travaux ont fait l'objet de trois communications scientifiques internationales :

Bounhar, T., Yamak, Z., Havard, V., Baudry, D., 2022. A dataset and methodology for self-efficacy feeling prediction during industry 4.0 VR activity, in: 2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW). pp. 176–182. <https://doi.org/10.1109/VRW55335.2022.00045>

Assila, A., Gonçalves, T.G., Dhoub, A., Baudry, D., Havard, V., 2020. Towards the Specification of an Integrated Measurement Model for Evaluating VR Cybersickness in Real Time, in: Chen, J.Y.C., Fragomeni, G. (Eds.), Virtual, Augmented and Mixed Reality. Design and Interaction, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, Cham, pp. 381–396. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49695-1_25

Badets, A., Havard, V., Richard, K., Baudry, D., 2020. Using collaborative VR technology for Lean Manufacturing Training: a case study, in: Proc. VRIC. Presented at the VRIC ConVRgence 2020: 22nd Virtual Reality International Conference - Laval Virtual, Laval, France, pp. 118–127.

La présentation associée à la conférence IEEE VR 2022 est disponible à cette adresse : [Workshop: Data4XR: Datasets for Developing Intelligent XR Applications | IEEE VR 2022](#)

6.5 ANTIHPERT - OPERATEUR 4.0 ET ANTICIPATION DYNAMIQUE DE SES PERTURBATIONS DANS LES ATELIERS DE PRODUCTION

Partenaire : CESI, ULHN et ESIGELEC.

Appel à projet : RIN recherche

Budget global du projet : 385 k€

Budget CESI du projet : 155 k€



Lancement du projet : 1^{er} octobre 2021

Durée du projet : 42 mois

Résumé du projet :

Les systèmes de production axés sur l'humain représentent le nouvel objectif de la révolution industrielle. Il est important de comprendre le comportement de l'opérateur humain et d'être capable de le modéliser afin de concevoir des systèmes de production qui puissent le comprendre, atténuer les effets de sa variabilité, et anticiper son imprévisibilité.

Dans cette optique, le projet AntiHpert vise à développer des approches basées sur les données et la modélisation stochastique pour améliorer le fonctionnement des systèmes d'information d'entreprise existants tels que les ERP et les MES, en les rendant plus réactifs face aux aléas. La mise en place de cette approche permettra de surmonter plusieurs défis technologiques et scientifiques, que nous résumons dans les trois étapes suivantes :

Détection minimale et non invasive des perturbations : L'objectif de cette étape concerne les technologies et les techniques utilisées pour la collecte des données relatives à l'opérateur humain. Deux contraintes majeures sont liées à ces développements, à savoir l'invasivité et le coût. En effet, ces développements sont destinés aux PME qui ne peuvent pas supporter des coûts très élevés et font face à la résistance au changement de la part des opérateurs. Le système doit être capable de détecter les signes d'une dégradation de la qualité ou du temps opératoire à venir.

Modélisation du comportement humain : Afin d'anticiper les perturbations principalement causées par l'opérateur humain, il est nécessaire de définir un modèle de comportement spécifique à chaque opérateur, en plus des modèles dynamiques de comportement des outils de production. Il est donc essentiel de développer des modèles de comportement basés sur la modélisation stochastique ou sur l'intelligence artificielle. Plusieurs aspects doivent être pris en compte dans le comportement de l'opérateur humain, tels que la ponctualité, l'expérience et la motivation.

Actions proactives : Une fois que la dérive du système a été prédite avec une précision suffisante, des mesures correctives doivent être mises en place pour prévenir ou atténuer ces perturbations. Des algorithmes d'ordonnancement dynamique optimal doivent être développés pour proposer les prochaines actions correctives. De plus, une interface homme-machine intelligente doit être développée pour faciliter l'interprétation de ces nouvelles directives d'ordonnancement.

Un consortium complémentaire travaille en étroite collaboration sur ces activités de recherche, avec plusieurs actions et encadrements en commun.

Réalisations au 31 mai 2023 :

Le projet a progressé sur plusieurs aspects théoriques, pratiques et de dissémination durant cette période.

Sur le plan pratique, nous avons mis en place un système de collecte de données lors de l'exécution d'un processus de production ou de maintenance. Ce dispositif utilise un système de lecture de QR code pour

enregistrer automatiquement les dates de début et de fin d'opération, ainsi que l'opérateur associé à cette opération. Un cas d'usage de maintenance de robot pédagogique a été mis en place en collaboration avec l'ESIGELEC. Deux stagiaires ont été recrutés pendant 6 semaines pour tester le système et exécuter le cas d'usage. Cependant, les données collectées lors de cette première version du cas d'usage n'ont pas été suffisantes pour permettre de déduire les profils des opérateurs. Cela est principalement dû à la nature du cas d'usage, qui concerne une tâche de maintenance où les opérations ne se répètent pas. Afin de remédier à ces problèmes, un deuxième cas d'usage de production a été développé. Pour obtenir un grand nombre de données, nous avons opté pour un cas d'usage basé sur les origamis et les Lego, permettant de mettre les opérateurs dans différents états tels que la fatigue, les pauses, l'expérience, etc. Deux stagiaires ont été recrutés par CESI pour développer la gamme de production de ces modèles et les intégrer dans le système de collecte de données. Les essais seront effectués au cours du mois de juin 2023.

Sur le plan théorique, après avoir développé un simulateur avec des profils d'opérateurs modélisés à l'aide de chaînes de Markov en considérant uniquement la ponctualité des opérateurs, nous avons proposé un modèle plus complet prenant en compte plusieurs aspects tels que l'expérience, la ponctualité, l'apprentissage, l'éducation, etc. Nous avons également développé un modèle d'optimisation non linéaire permettant d'optimiser l'allocation des opérateurs aux postes de travail. Ce modèle intègre l'aspect de la ponctualité et de l'expérience. Une partie de ce modèle a été soumise à une revue scientifique (International Journal of Production Research). Par ailleurs, les enseignants chercheurs de l'ESIGELEC ont proposé un modèle de comportement humain inspiré de leurs travaux antérieurs sur le comportement des personnes appliqué à une voiture autonome. L'Université du Havre a recruté un post-doctorant en mars 2023 pour travailler sur l'optimisation stochastique et la planification dynamique. Un premier modèle d'optimisation a été proposé pour ordonnancer les opérations et allouer les opérateurs en fonction de leur expérience dans un job shop.

Les partenaires se sont réunis au moins une fois par mois pour présenter les travaux et mettre à jour les actions. Le projet a été présenté lors de la conférence MIM2022 et dans les réunions et événements du laboratoire LINEACT.

6.6 COLIBRY - COLLABORATIVE SEMANTIC ROBOTICS FOR INDUSTRY

5.0

Partenaires : chef de file ESIGELEC IRSEEM, partenaires : CESI LINEACT, Université de Rouen Normandie LITIS

Appel à projet : Métropole Rouen Normandie – Dispositif Recherche

Budget global du projet : 146 578 k€

Soutien MRN du projet : 116 189 k€

Budget CESI du projet : 70 070 k€



Lancement du projet : 1^{er} février 2022

Durée du projet : 24 mois

Résumé du projet :

Le projet COLIBRY d'une **durée de 24 mois**, s'inscrit dans les compétences métropolitaines en lien avec "l'**Industrie du Futur**" et "l'**Innovation industrielle**" puisqu'il met les enjeux de la robotique collaborative et du jumeau numérique au cœur de son plan de travail. Le contexte applicatif des ateliers de production flexibles et reconfigurables sont ciblés. Un focus plus spécifique sera fait sur des environnements industriels contraints tels que ceux de l'**Industrie Pharmaceutique** et de la **Fabrication Additive** métallique ou par polymères, pour lesquels la robotique, en conjonction avec le jumeau numérique a un intérêt tout particulier.

Nos contributions s'appuieront sur l'utilisation de plusieurs robots (dont les typologies seront différentes : bras articulés, robots mobiles), de leur capacité de perception et de la sémantique des objets présents dans l'environnement industriel pour mettre à jour en temps-réel le jumeau numérique.

Les cas d'usage seront définis en concertation étroite avec les industriels de ces secteurs au travers d'un **Comité d'Orientation Industrielle et Technique**. Le LITIS a émis le souhait de participer à ce Comité, les thématiques scientifiques abordées dans le projet étant pour ce laboratoire d'un intérêt majeur.

Le projet s'appuie sur les compétences et champs d'expertise de deux acteurs de la Recherche dans la Métropole Rouen Normandie que sont l'**ESIGELEC IRSEEM** et le **CESI LINEACT**. L'ESIGELEC IRSEEM apportera son expérience en expérimentation robotique, perception, synchronisation, calibration et localisation. Le CESI LINEACT apportera son expérience en robotique pour l'industrie 5.0, en expérimentation, en localisation, en cartographie sémantique et dans le jumeau numérique.

Le projet se décompose en trois modules de travail : le premier intitulé "**Calibration et synchronisation robuste des agents**" aura pour but de s'assurer que les agents soient en mesure de fournir des observations et positions de qualité utilisables pour la coopération inter-agents ; le second "**Cartographie sémantique collaborative pour la mise à jour temps-réel du jumeau numérique**" aura pour but la création et mise à jour d'un jumeau numérique permettant une collaboration inter-agents ; le dernier intitulé "**Expérimentations et évaluations**" aura pour objectif de s'assurer de l'évaluation et de la validation des travaux de recherche réalisés, ceci sur un format de type AGILE avec une temporalité de 3 mois.

Les retombées du projet pour les industriels seront sous la forme de mise à disposition de connaissances, des algorithmes développés et d'un dataset. Pour les laboratoires impliqués dans le projet COLIBRY, les travaux de recherche pourront être ré-utilisés dans le domaine applicatif de l'Industrie 5.0 et pour de la collaboration inter-véhicules (V2X).

Réalisations à la date du 31 décembre 2022 :

Dans la continuité, nos travaux ont porté sur l'évaluation de plusieurs approches d'estimation de pose 6D d'objets industriels (3 translations – Tx, Ty, Tz ; 3 rotations – Rx, Ry, Rz) à partir de la seule information image.

Pour ce faire, nous nous sommes tout d'abord intéressés aux méthodes PnP. Bien que très performantes pour estimer la transformation entre des informations 3D d'un objet et ses projections 2D dans une image, les approches PnP nécessitent une connaissance a priori des coordonnées de certains points 3D dans le repère caméra, ce qui, dans le cas d'usage envisagé, est inenvisageable.

Nous nous sommes également intéressés à la librairie ViSP (Open Source Visual Servoing Platform Library - <http://visp.inria.fr/>) proposée par l'INRIA – IRISA Rennes. Cette dernière est dédiée au tracking d'objets 3D. Elle se base sur la connaissance a priori d'un modèle 3D de l'objet (option compatible avec notre cas d'usage puisque ce modèle 3D serait extrait du Jumeau Numérique) dont la projection est ensuite appairée avec la forme de l'objet dans l'image. Ce matching requiert d'initialiser la matrice de transformation R et T utilisée pour projeter le modèle 3D. Compte-tenu de notre cas d'usage et après avoir réalisé plusieurs essais, cette phase d'initialisation s'est révélée critique : les valeurs d'initialisation doivent être proches des valeurs finales pour que l'algorithme converge.

Cette hypothèse trop contraignante nous a amenés à nous tourner vers des approches basées sur l'apprentissage machine. Elles fournissent d'excellents résultats mais nécessitent des bases de données importantes pour que les poids des modèles soient correctement paramétrés. Notre attention s'est alors porté sur l'algorithme YOLO6D (Tekin et al., 2018). Nous l'avons évalué sur le dataset OCCLUSION pour s'assurer de sa bonne performance. Puis, notre attention s'est portée sur le cas d'usage du projet COLIBRY : cartographier l'environnement d'un atelier de fabrication en reconnaissant des objets industriels, et en estimant leur pose en 6D pour remonter ensuite cette information dans le jumeau numérique. Notre terrain d'expérimentation s'est tourné vers la plateforme Industrie du Futur du campus CESI Rouen et son atelier flexible. Du fait de la pénurie de bases de données spécifiques à ce cas d'usage, nos efforts se sont portés sur la création d'un dataset d'objets industriels synthétiques à l'aide du logiciel Unity et de son kit « perception » en s'intéressant en premier lieu à l'objet « carton ».

Actuellement, nos travaux portent sur l'évaluation des performances de l'algorithme YOLO6D vis-à-vis de datasets d'apprentissage dont les fonds sont différents pour comprendre l'influence de la contextualisation dans les performances de YOLO6D: fond gris, fond du jumeau numérique de l'atelier flexible, carton en perspective, avec et sans occlusion.

Nous projetons de concrétiser ces premiers travaux par la publication d'un article dans la conférence <http://iciea.eu/> (date de soumission fixée au 20 Août 2023). Nous souhaitons également proposer une version plus étoffée de nos travaux avec l'évaluation des performances de l'algorithme YOLO6D entraîné sur des images de synthèse et testé sur des images réelles. La revue ciblée est Journal of Imaging, special issue « visual localization » avec une date de soumission fixée au 31 Octobre 2023.

6.7 OASIS - ROBOTICS & ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR INDUSTRIAL RISK MANAGEMENT IN HOSTILE ENVIRONMENTS

Porteur : CESI LINEACT

Appel à projet : Métropole Rouen Normandie – Dispositif Plateforme

Budget global du projet : 334 240 k€

Soutien MRN du projet : 117 720 k€

Budget CESI du projet : 117 720 k€

Lancement du projet : 1^{er} Octobre 2022

Durée du projet : 24 mois



Le projet **OASIS** « rob**O**tics & **A**rtificial intelligence for indu**S**trial r**I**sks management in ho**S**tile environments » rentre dans sa phase opérationnelle avec l'arrivée du **robot SPOT** dans les locaux du Campus CESI de Rouen !

OASIS, porté par Nicolas Ragot Enseignant-Chercheur CESI LINEACT, **lauréat de l'appel à projet « Plateforme » 2022 de la Métropole Rouen Normandie** et **soutenu par la filière Normandie Energies**, vise à étendre le démonstrateur Usine du Futur du campus CESI de Rouen aux **problématiques de gestion des risques industriels** et son rayon **d'action aux filières industrielles de l'Energie**.

Pour ce faire, **CESI Campus de Rouen** s'est doté en février 2023 du robot quadrupède SPOT de la société Boston Dynamics. Sa morphologie, semblable à celle d'un chien, en fait un robot particulièrement agile pour évoluer dans des zones à risque, hostiles et difficiles d'accès pour l'homme, pour des missions d'inspection, de collecte, de traitement et d'analyse d'informations. Son bras articulé lui permet de réaliser des actions et d'agir sur son environnement (ouverture/fermeture d'une vanne par exemple, déplacement d'un objet, etc.).

Plusieurs actions sont prévues dans le cadre d'OASIS :

- **Accompagner la transformation digitale des entreprises des filières industrielles de l'Energie** pour répondre aux enjeux en **gestion des risques industriels**. Ceci se concrétisera par la mise en place d'un **Comité de Prospective Technologique et des Usages** constitué des acteurs de ces filières, d'**ateliers de sensibilisation**, de **formations au robot SPOT** et la mise en œuvre d'une **preuve de concept évaluée en situations réelles**.
- **Etendre l'activité de recherche** actuelle de CESI LINEACT mêlant maquettes virtuelles et environnements réels pour les ateliers de fabrication, aux **problématiques de gestion des risques industriels en environnements sévères**.

Réalisations à la date du 31 décembre 2022 :

Suite à l'acceptation par le financeur MRN du projet OASIS, notre première action a porté sur la finalisation de la procédure d'achat du robot SPOT auprès de l'entreprise Conscience Robotics, revendeur exclusif de Boston Dynamics en Europe. Ainsi, c'est le 2 février 2023 que SPOT a été livré dans les locaux du campus CESI Rouen. S'en est suivi 3 jours de formation proposés par l'entreprise pour : 1) découvrir les différents éléments mécaniques et électroniques du robot, découvrir ses fonctionnalités basiques, découvrir les payloads, configurer, manipuler et piloter le robot via l'interface console, créer des missions autonomes ; 2) découvrir le SDK (Software Development Kit) et l'API (Application Programming Interface), créer des services logiciels embarqués sur le robot (Docker, ROS, etc.), intégrer des équipements tierces.

Ces formations nous ont permis de mettre en place des campagnes d'expérimentation du robot SPOT pour collecter des données et créer des datasets en intérieur et en extérieur (autour du bâtiment CESI Campus Rouen). Ces datasets agrègent les données du robot, en particulier les données LIDAR et celles des 5 caméras disposées en périphérie et fournissant au robot un champ d'observation à 360°. Dans la continuité,

CESI LINEACT

nous avons également testé la création de missions autonomes avec balisage par way-points (cf. AprilTag). Ces différentes actions de prise en main et de test du robot SPOT ont mis en évidence des comportements inattendus. Ceci nous a poussés à proposer un stage de 5 semaines d'initiation à la recherche pour identifier et caractériser les modes de défaillance du robot SPOT. Ce stage débutera à la fin Août 2023. Enfin, notre prochaine étape sera d'intégrer le robot SPOT à la plateforme Industrie du Futur, dans le cadre d'un scénario qui visera à prendre un objet sur la chaîne de production FESTO et à le déposer sur un poste manuel pour qu'un opérateur en réalité augmentée s'en saisisse.

6.8 C CARE : COVID CHANNEL AREA RESPONSE EFFORT

Partenaires : Chef de file : Kent County Council – partenaires : New Anglia LEP, Norfolk County Council, Plymouth City Council, Région Hauts-de-France, Pas de Calais Tourisme, Département du Finistère et CESI.

Appel à projet : INTERREG VA TRANSMANCHE

Budget CESI du projet : 440 k€

Lancement du projet : 1^{er} avril 2020

Durée du projet : 48 mois



Résumé du projet :

Le projet C-CARE se concentre sur les différents types d'interventions mises en place pour lutter contre les effets de la pandémie de Covid-19 sur la zone France Manche Angleterre.

Le projet C-CARE fera le point sur les interventions financières (soutien et conseil aux entreprises), les interventions en matière de compétences pour soutenir l'accès au marché du travail, y compris les compétences numériques, les interventions de coordination telles que l'approche stratégique de la gestion des activités multi-agences (partenariats entre le secteur public et le secteur bénévole) pour soutenir les communautés et les entreprises. L'objectif est d'aider à identifier les bonnes pratiques qui ont été mises en place et d'aboutir à des recommandations pour le futur.

Réalisations au 31 mars 2023 :

Durant ce projet, nous avons réalisé un benchmark pour identifier la revue des interventions du Covid 19 de Normandie. Nous avons identifié 47 interventions réalisées sous 3 thèmes différents. Toutes ces interventions ont été décrites sur un rapport en français et en anglais. Les résultats de ce travail ont été présentés lors d'un atelier dédié. Nous avons également procédé à une revue de la littérature sur l'impact de Covid-19 sur les PME et la résilience des entreprises, puis synthétiser les résultats dans un rapport de synthèse. Les résultats de ce travail ont été présentés lors d'un atelier ainsi que lors de l'événement de lancement. Nous avons interviewé ensuite 13 PME pour identifier les perturbations générées par la pandémie dans leur modèle d'entreprise, l'impact sur leur modèle d'entreprise et les réponses adoptées par les PME plus résilientes. La revue de la littérature ainsi que les interviews nous ont permis d'identifier 5 profils de résilience et définir ainsi un indice de résilience. L'ensemble des résultats a permis de créer un outil d'autodiagnostic de la résilience avec des recommandations pour les indices faibles. L'outil a ensuite été déployé auprès de 33 PME et 52 firmes. Pour finir, un site internet <https://c-caretoolkit.fr/> a été développé pour héberger le toolkit développé et l'ensemble des résultats ont été présentés lors de l'événement de clôture.

6.9 ROUEN MOBILITES INTELLIGENTES POUR TOUS

Partenaires : Chef de file : Métropole Rouen Normandie

Appel à projet : appel à projets Territoire d'Innovation Grande Ambition (TIGA)

Budget CESI du projet : 443 k€

Financement global PIA : 5,2 M€

Lancement du projet : Phase 2 – janvier 2020

Durée du projet : 48 mois pour la phase 2 de réalisation



Le projet :

La Métropole de Rouen et ses 36 partenaires souhaitent développer un système de mobilité intégré à grande échelle qui devra permettre le développement de modes de déplacement choisis et sans contrainte tout en réduisant leurs impacts environnemental et physique. Le projet transformera profondément la façon de se déplacer grâce à des solutions innovantes, qu'il s'agisse de mobilité autonome, décarbonée, digitale, partagée, connectée, de maîtrise des usages de l'espace public ou d'accompagnement au changement de comportements.

Implication de CESI LINEACT dans le projet :

L'équipe de recherche CESI LINEACT Campus de Rouen est impliqué dans trois actions principales :

Participation au comité d'orientation scientifique et technique du projet,

Développement de travaux R&D sur l'analyse des masses de données, la simulation et le développement de modèles prédictifs qui représentent des enjeux importants pour la fourniture de services aux usagers et le développement d'outil d'aide à la décision pour les acteurs de la ville dans le contexte de la ville intelligente et des systèmes de transport intelligents,

Accompagnement à l'idéation et à l'innovation comprenant notamment le benchmark de dispositifs existants et l'animation d'ateliers d'idéation dans le cadre du Living Lab du projet.

Réalisations au 31 mars 2023:

Action Hyperviseur.

Recrutement d'une doctorante, Mme. Bouchra SAHBANI (titre de la thèse : Supervision prédictive d'un système de transport multimodal).

Participation aux ateliers organisés par le MIX, ainsi que la visite du site TransDev.

Une étude de cas a été réalisée sur la Métropole de Rouen Normandie pour valider un modèle de simulation : La simulation comprend environ 300 000 agents (personnes) et s'étend sur 200 itérations (représentant une journée). On observe une convergence du score moyen de la population à partir de la trentième itération (stabilisation de l'algorithme). Afin de valider le modèle de simulation, les résultats numériques sont comparés aux données réelles de trafic extraites du rapport annuel de l'OMMeR (OpenData) et de l'API Here-Maps API. Les résultats obtenus montrent une bonne correspondance entre les données simulées et réelles concernant le nombre de véhicules, bien que des décalages soient observés pour les routes de l'arrière-pays. Les temps de parcours simulés et réels sont en accord, avec un écart relatif inférieur à 10% pour tous les trajets, validant ainsi le modèle.

Les résultats de la simulation fournissent des informations sur la distribution des modes de transport, le temps et la distance parcourue par mode en fonction de l'itération :

Pour le réseau actuel de la Métropole de Rouen, la part modale se répartit en moyenne comme suit : 5% de transports en commun, 7,5% de taxis, 9% de vélos, 26% de déplacements à pied et 54% de voitures.

La charge du réseau est élevée entre 17h00 et 19h00, avec près de 90 000 personnes sur la route, et plus faible à 8h00, avec environ 40 000 personnes.

Un article scientifique a été publié et sera présenté dans la conférence internationale « IEEE 8th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems : IEEE MT-ITS'23 » :

Cet article examine l'impact des modifications du réseau sur le système de transport dans la région de la Métropole Rouen Normandie à l'aide d'un modèle de simulation. Les résultats de la simulation indiquent une augmentation de l'utilisation du vélo et du covoiturage, ainsi qu'une diminution du temps de trajet, soulignant les avantages potentiels des modes de transport respectueux de l'environnement et la nécessité de trouver des solutions au problème de la congestion.

À long terme, le travail se concentrera sur l'intégration des bus électriques et des véhicules autonomes dans la simulation, en explorant des questions telles que l'impact sur le réseau électrique, le dimensionnement de la flotte de véhicules électriques et autonomes, ainsi que la position optimale des stations de recharge électrique dans la MRN.

Action Living Lab

Travaux de recherche portant sur la caractérisation d'un LivingLab :

Interview de 6 OpenLabs (Le WIP, La French Tech Caen, Normandie Incubation et Espace Public Numérique de Gonneville en Auge, le Dôme et le Blue LivingLab by Nausicaa)

Réalisation d'une revue de la littérature portant sur les OpenLabs et les LivingLabs

Définition et différenciations des OpenLabs

Identification des caractéristiques d'un LivingLab

Travaux de recherche sur le rôle des Living Labs dans l'innovation de business model :

Recrutement d'un doctorant (Gaëtan SAVARIT) depuis décembre 2021

Soumission et présentation d'un article scientifique dans une conférence : G.Savarit, E. Pillon, A.Louis, " Business model development through testing: lessons from both the business model literature and Living Lab literature regarding stakeholders' engagement and context. ", In proc. EURAM 2023, Dublin, Juin 2023

Organisation d'actions dédiées :

Organisation d'une visite du Mix à une délégation du projet C-Care du programme INTERREG FMA (24 janvier 2023)

Animation de 2 ateliers « Fresque de la mobilité » pour sensibiliser 120 apprenants aux enjeux carbone de la mobilité des personnes (16 et 29 mars 2023).

Animation d'un atelier Lego ® Serious Play ® auprès de 10 apprenants pour identifier les problèmes liés à la mobilité sur le Madrillet et proposer des pistes de solutions (21 mars 2023)

Organisation d'une visite du Campus CESI Rouen pour les membres du Mix (28 mars 2023)

Participations à des actions dédiées :

Participation aux ateliers de co-création organisés par le Mix (10 décembre 2020, 9 mars 2021, 10 février 2023 et 9 mai 2023)

Participation aux RDV des partenaires organisés par le Mix (7 avril 2022 et 1 décembre 2022)

Participation à l'atelier « Fresque de la mobilité » organisé par le Mix (11 janvier 2023)

Participation à la visite partenaire Mix organisée dans les locaux des Copeaux numériques (3 mai 2023)

6.10 LABEL D'EXCELLENCE CAMPUS DES METIERS ET DES QUALIFICATION AERONAUTIQUE ET SPATIAL OCCITANIE

Partenaires : CMQ aéronautique et Spatial Occitanie, Lycée Saint Exupéry, UIMM Occitanie, Université Fédérale de Toulouse.

Appel à projet : PIA label d'excellence des Campus des Métiers et des Qualifications

Budget CESI du projet : 223 k€

Financement global PIA : 4 M€

Lancement du projet : 1^{er} juillet 2020

Durée du projet : 10 ans dont 4 ans pour la phase 1



Objectif de l'action CESI :

Pour CESI, la principale action concerne une thèse de doctorat portant sur les environnements d'apprentissage instrumentés. Les objectifs de la thèse proposée peuvent se formuler de la manière suivante :

- Sur le plan théorique : la perspective interactionniste sert de base commune aux travaux du thème « Apprendre et Innover » du LINEACT-CESI. On peut la résumer par quelques formules, citées parmi d'autres, remarquablement convergentes : celle de Lewin (1935, 79) ; celle de Bandura (2003, 16-18) ou celle de Lahire (2012, 21), à savoir : le comportement (les pratiques) résulte(nt) des interactions entre la personnalité (les dispositions) et l'environnement (le contexte). En s'inscrivant dans cette perspective, il s'agira de construire un cadre conceptuel cohérent et de concevoir un modèle reliant les facteurs favorisant la persistance dans les situations d'apprentissage instrumentées aux ressources (internes et externes) liées aux caractéristiques physiques, sociales et techniques des environnements, perçues sous l'angle « d'affordances » (Gibson, 1979 ; Simonian, 2016) ou encore « d'attracteurs cognitifs » (Lahlou, 2000). On regardera aussi comment les facteurs favorisant la persistance dans les situations d'apprentissage instrumentées jouent dans le processus Capabilité (Fernagu-Oudet, 2018) : facteurs de conversion ? facteurs de choix ? Les deux ?

- Sur le plan empirique : il s'agira de valider le modèle proposé en confrontant l'étude d'environnements d'apprentissages instrumentés dans lesquels se déroulent les formations proposées par les partenaires du Campus des Métiers et de l'Aéronautique aux résultats obtenus et aux perceptions des apprenants. Les ressources et les caractéristiques des environnements pourront être mesurés à l'aide d'échelles existantes ou de leur adaptation. A titre d'exemple, les mesures des ressources internes pourront s'appuyer sur des échelles comme l'Échelle de Motivation en Formation des Adultes (Fenouillet, Heutte & Vallerand, 2015), l'Échelle d'Auto-Régulation des apprentissages En Ligne (Cosnefroy, Fenouillet & Heutte, 2019) ou la nouvelle Échelle d'Apprenance (Grasset, 2019). Pour les ressources externes liées aux caractéristiques sociales des environnements, on pourra utiliser par exemple l'Échelle de Perception Instrumentale de Communautés (Heutte & alii, 2016), l'Échelle de la Régulation Individuelle et Collective de l'Apprentissage (Kaplan & alii, 2017) ou encore l'Analyse des Réseaux (Grasset, 2019). Pour les ressources externes liées aux caractéristiques techniques de l'environnement, on pourra utiliser, par exemple, une échelle comme celle proposée par l'Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (Venkatesh & alii, 2003).

Au 31 décembre 2022, les avancées sont :

- Poursuite de l'élaboration du modèle d'analyse autour du pouvoir d'agir avec la sélection et définition des dimensions à observer.
- Choix du terrain d'enquête : cycle préparatoire de CESI.
- Observation des situations d'apprentissage et exploration des outils à disposition dans la formation pour la préparation d'un guide d'entretien.
- Passation des premiers entretiens en novembre 2022.
- Retranscription et analyse des entretiens avec la définition des objectifs pédagogiques à analyser et orientation dans l'élaboration du 2^{ème} guide d'entretien.
- Présentation des travaux lors du colloque international 'La formation à Distance, Résolument ?' en octobre 2022.



**CAMPUS DES MÉTIERS
ET DES QUALIFICATIONS**

Aéronautique et spatial Occitanie

6.11 ANR CREAM (CREATIVITY IN ADDITIVE MANUFACTURING)



Partenaires : Arts et Métiers LCPI, CESI LINEACT, Université Paris Cité LaPEA

Appel à projet : ANR AAPG 2018

Budget CESI du projet (financement) : 328 k€

Budget global (financement) : 904 k€

Période : 2019-2022

Ce projet a été clôturé en décembre 2022. Il visait à dépasser les verrous cognitifs existant en ingénierie de conception et liés aux procédés de fabrication conventionnels (soustractifs ou formatifs). A cette fin, nous avons proposé une suite d'outils et de méthodes pour stimuler la créativité des concepteurs en s'appuyant sur le potentiel disruptif des procédés de fabrication additive. Ce projet s'inscrit dans la stratégie de développement de LINEACT pour contribuer à l'Industrie du Futur, en cohérence avec le déploiement du démonstrateur Unité Autonome de Fabrication Additive Métallique sur le campus de Nanterre, et assoit le positionnement de nos travaux dans la communauté de recherche sur la fabrication additive.

Réalisations :

- Conception d'un dispositif inspirationnel illustrant à la fois des opportunités de la fabrication additive (ex : complexité géométrique, hiérarchique, fonctionnelle) et des principes inventifs issus de TRIZ (théorie de résolution des problèmes inventifs).
- Démonstration expérimentale (en laboratoire et sur le terrain) de l'impact positif sur la créativité et du mécanisme expliquant cet impact (créativité incarnée, manipulation tangible).
- Déclinaison en Réalité Virtuelle et Augmentée ; scénarisation (conception d'un jeu de plateau, gamification, serious gaming).
- Transfert vers la pédagogie (Option Fabrication Additive Métallique du cycle ingénieur généraliste) et vers l'industrie (prestation auprès d'un acteur majeur de l'industrie aéronautique).
- Production : 1 brevet, 2 publications ACL (+2 soumises), 2 ACTI, 3 ACTN



25 CAMPUS CESI
EN FRANCE

