

RAPPORT D'ACTIVITÉS LINEACT CESI 2020



**LINEACT CESI - Laboratoire d'Innovation Numérique pour les
Entreprises et les Apprentissages au service de la Compétitivité des
Territoires - CESI**

Avril 2021



CAMPUS
D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE FORMATION PROFESSIONNELLE

HESAM
UNIVERSITÉ

Table des matières

1	Présentation de la recherche à CESI	5
1.1	Stratégie	8
1.2	Moyens Matériels	9
1.2.1	Campus Nanterre	10
1.2.2	Campus Rouen	11
1.2.3	Les salles de créativité – Nanterre - Rouen.....	12
2	Thèmes de recherche.....	13
2.1	Thème de recherche Apprendre et Innover	13
2.1.1	Moyens mis en œuvre et projets en cours	17
2.1.2	Tableau des effectifs à janvier 2021	21
2.1.3	Produits et activités de recherche du thème Apprendre et Innover.....	22
2.2	Thème de recherche Ingénierie et Outils Numériques.....	25
2.2.1	Moyens mis en œuvre et projets en cours	26
2.2.2	Tableau des effectifs à janvier 2021	34
2.2.3	Produits et activités de recherche du thème Ingénierie & Outils Numériques.....	36
3	Les Projets structurants	38
3.1	Jumeaux Numériques	38
3.2	CoRoT	39
3.3	DEFI&Co	40
3.4	Chaire Robotics-by-Design	40
3.5	Chaire Ville du futur et Economie circulaire	40
4	Perspectives	42
5	ANNEXE 1 : Publications.....	43
6	ANNEXE 2 : Projets en cours	47
6.1	Récapitulatif des projets en cours	47
6.2	DEFI&Co - Développer l'expertise future pour l'industrie et la construction.....	51
6.3	CoRoT - Improving the design of flexible and responsive manufacturing systems involving autonomous and Collaborative RoboTs	53
6.4	VISTA – AR Innovation concernant l'expérience visiteur au moyen d'une analyse systématique de textes et de la réalité augmentée	56
6.5	UV Robot - Innovative UV-robotics to improve existing IPM strategies and to benefit farmers, consumers and the environment	58
6.6	FEDER GPS – Grid Power Sustainability	60
6.7	ANR CREAM - CREativity in Additive Manufacturing	62
6.8	COOP - Culture innOvation et PrOtotypage pour l'entrePreneuriat	63
6.9	NUMERILAB - Environnements Numériques Instrumentés pour les Apprentissages Humains	64
6.10	RIN Action SUP 2019	66

6.11	Rouen Mobilités Intelligentes pour tous	67
6.12	PLFADDT « Le Parc Logistique du Future Acteur d'un Développement Durable des Territoires »	68
6.13	Etudes Confinement	70
6.14	Label d'excellence Campus des Métiers et des Qualification Aéronautique et Spatial Occitanie.....	72



L'année 2020 restera marquée par les profonds bouleversements de l'économie mondiale : une catastrophe sanitaire suivie, pour beaucoup, par une crise humaine et économique sans précédent.

Si bien évidemment CESI, et son laboratoire LINEACT CESI, n'y ont pas échappé, nous avons pu constater que les termes *résilience* et *agilité*, qui sont au cœur de nos actions depuis plusieurs années, n'étaient pas que de vains mots. Dans le monde d'avant, celui qui nous entourait encore en 2019, nous parlions déjà de la nécessité d'être aptes à faire face aux incertitudes, aux évolutions si rapides qu'elles deviennent difficilement prédictibles, et à la difficulté de s'y adapter.

Les interactions entre sciences humaines et sciences dites dures qui sont notre fil rouge nous ont permis de mettre notre technologie, notre maîtrise des environnements instrumentés, au service de tous : apprenants, personnel, partenaires. Aucune rupture n'a été constatée et nos activités ont pu se dérouler, sinon sans heurt, du moins avec une grande fluidité.

Nous sommes très fiers d'avoir pu constater que, comme nous l'écrivions l'année dernière : *Les missions d'apprentissage et d'accompagnement de LINEACT CESI seront nombreuses, et devront permettre d'appréhender le mieux possible les mutations à venir, qu'elles soient programmées et prévisibles, ou soudaines et brutales.*

Les années qui viennent resteront marquées par cette nécessité, et quand bien même nous arriverions un jour à revenir au « monde d'avant », ce sera un cap que nous nous attacherons à maintenir.



1 Présentation de la recherche à CESI

LINEACT, pour Laboratoire d'Innovation Numérique pour les Entreprises et les Apprentissages au service de la Compétitivité des Territoires, est le laboratoire de recherche de CESI, dont les activités sont mises en œuvre sur treize sites ou campus répartis en France, eux-mêmes regroupés en six régions, ainsi que dans un cadre national à la Direction Générale basée à Paris La Défense. Il rassemble en avril 2021 trente-quatre enseignants-chercheurs dont six Directeurs de Recherche CESI et 8 HDR, vingt doctorants LINEACT CESI et six à l'international, un technicien, six ingénieurs de recherche transverses aux deux thèmes, deux cadres administratifs et financiers, un cadre commercial et une assistante (*voir figure 1 organisation territoriale*).

La spécificité de LINEACT repose sur l'organisation de sa recherche selon deux thèmes scientifiques interdisciplinaires et deux domaines applicatifs, ces derniers se concentrant sur les mutations profondes et de plus en plus rapides de l'industrie et de la ville. Le thème "*Apprendre et Innover*" relève principalement des Sciences cognitives, Sciences humaines et sociales, et Sciences de gestion et le thème "*Ingénierie et Outils Numériques*" relève principalement des Sciences du Numérique et de l'Ingénierie ; ces deux thèmes développent et croisent leurs recherches dans les deux domaines applicatifs de l'Industrie du Futur et de la Ville du Futur et plus largement accompagnent entreprises et apprenants dans les révolutions que vivent actuellement nos sociétés, qu'elles soient industrielle, numérique, énergétique/climatique ou plus largement sociétale.

3 grandes plateformes de recherche et transfert, ainsi que 2 chaires industrielles (groupe ESSOR et Robotics-by-Design) viennent compléter l'ensemble.

34 EC en avril 2021

6 DG
9 NO
4 IDFC
6 O
4 SO
3 SE
2 E

Projection 63 EC fin 2021

6 DG
13 NO
10 IDFC
10 O
5 SO
8 SE
11 E

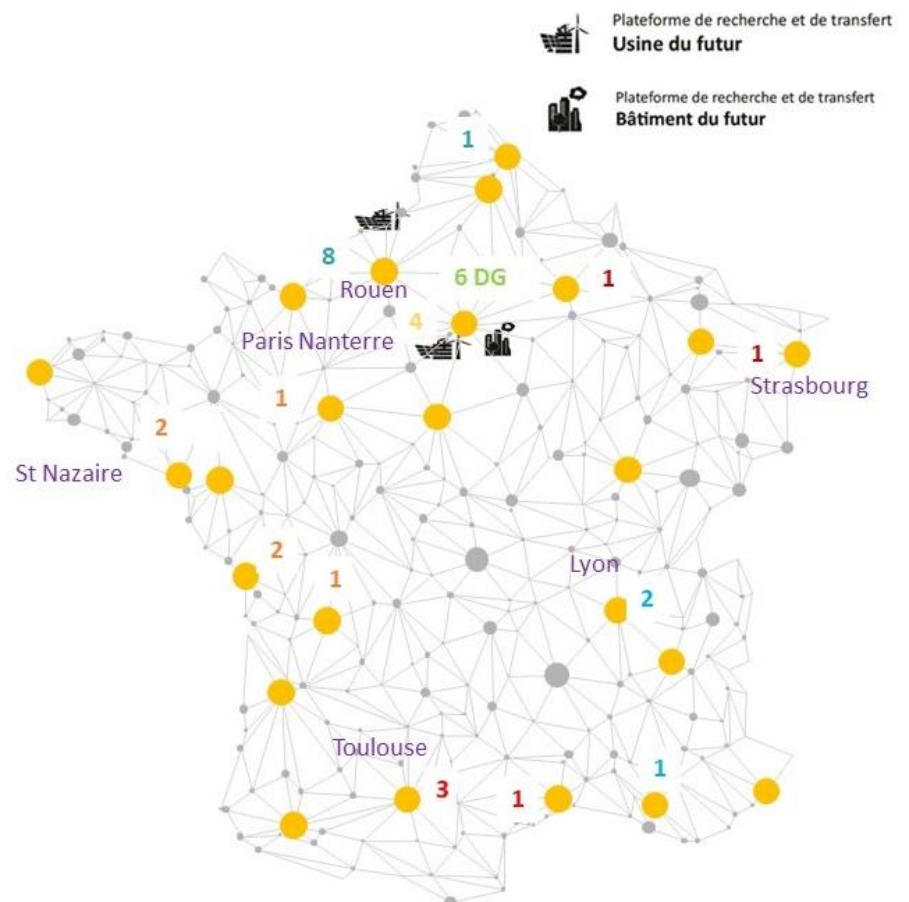


Figure 1 : Organisation territoriale de la recherche

Les missions de LINEACT CESI sont diverses :

- Adosser les activités de formation de nos écoles à une activité de recherche et assurer une production de recherche selon les standards en vigueur.
- Mettre à la disposition des écoles CESI et partenaires des enseignants-chercheurs pour assurer des formations et participer à la conception de contenus et parcours pédagogiques.
- Accompagner les évaluations /labellisations CTI et HCERES.
- Exposer les élèves à cette activité au travers des conférences et des visites de plateformes et les y impliquer.
- Renforcer le positionnement de CESI en tant qu'acteur important du monde de l'enseignement supérieur et de la recherche dans les politiques de site et s'insérer dans les structures de coopération en région.
- Appuyer les collaborations existantes et développer de nouveaux partenariats à l'International, la recherche étant un atout supplémentaire permettant de faciliter les échanges.
- Consolider les collaborations avec les partenaires industriels notamment au travers de notre présence dans les filières et branches et les pôles de compétitivité.
- Attirer et retenir les talents



La Direction Nationale de la Recherche et de l'Innovation, dirigée par Bélacène MAZARI, permet de décliner la recherche dans les régions en cohérence avec la stratégie nationale, le centre névralgique restant à Paris. Les « correspondants recherche et innovation » dans chacune des six régions CESI participent à la coordination au niveau national et assurent la diffusion des différentes actions vers les équipes régionales ; ces correspondants ont tous une expérience de la recherche et des partenariats en entreprises qui leur permettent de maîtriser les deux environnements. Une cellule de développement et gestion des programmes de recherche complète le dispositif en lien avec la direction financière de CESI.

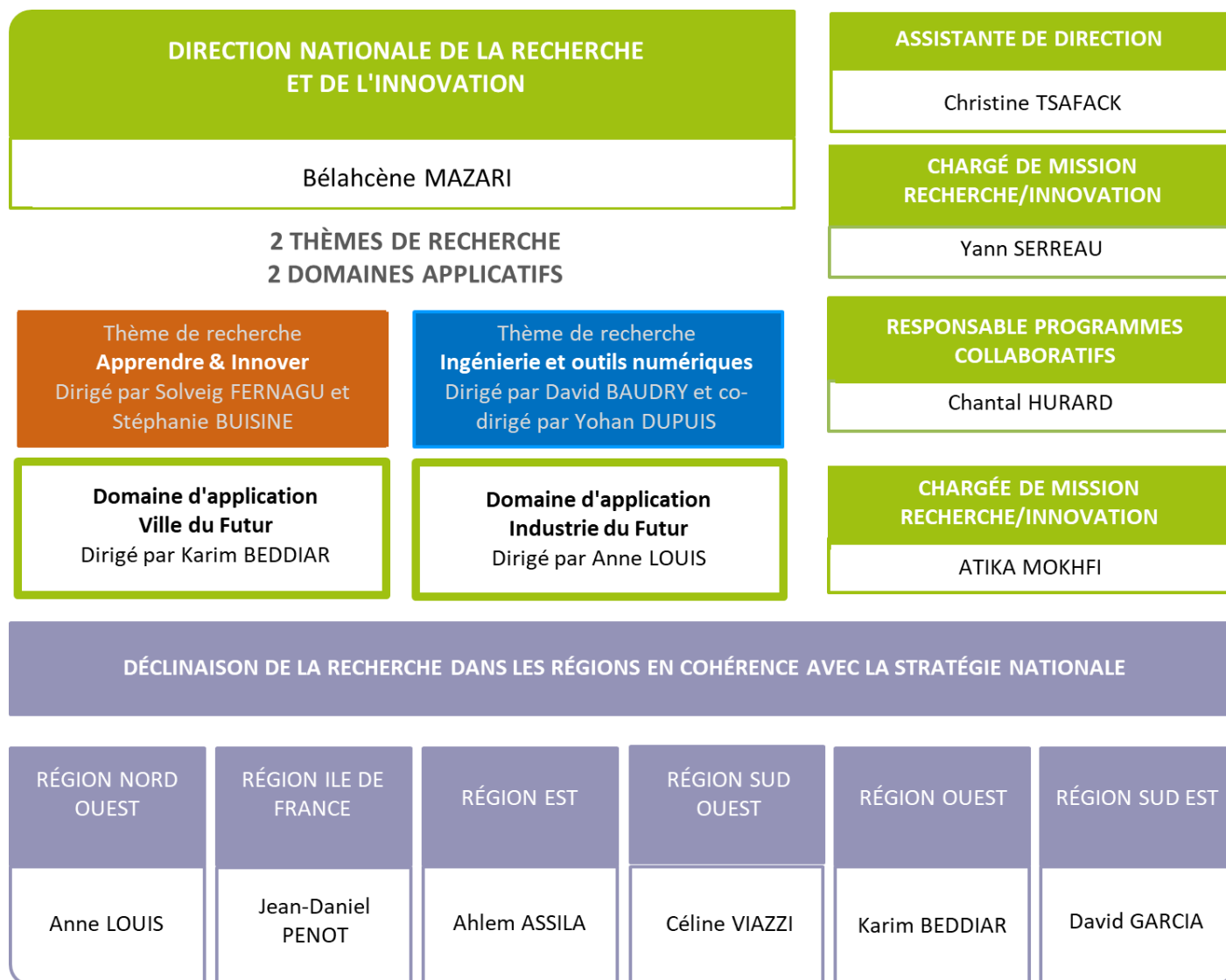
LINEACT CESI rassemble, en avril 2021, 34 enseignants-chercheurs dont 6 Directeurs de Recherche CESI et 8 HDR, 20 doctorants LINEACT CESI et 6 à l'international, un technicien, 6 ingénieurs de recherche transverses aux deux thèmes, 2 cadres administratifs et financiers, un cadre commercial et une assistante.

LINEACT CESI se présente donc comme un seul laboratoire, dont les projets et les partenariats sont adaptés aux six régions de CESI et aux campus rattachés à ces régions.

CESI a par ailleurs adopté le principe de l'éméritat, en conformité avec les règles académiques, et Bernard BLANDIN, précédemment co-responsable du thème 1, a été le premier à en bénéficier. L'Éméritat est un titre honorifique, attribué pour une durée initiale de 3 ans et renouvelable ensuite annuellement, délivré par le Directeur Général, sur proposition du Directeur de la Recherche et de l'Innovation, validé par le Conseil Scientifique, aux Directeurs/Directrices de Recherches CESI admis à la retraite, en vue de réaliser bénévolement des missions d'enseignement et de recherche pour LINEACT CESI.

Le Directeur de recherches CESI Emérite possède le statut de « collaborateur bénévole », exerçant une activité au sein du laboratoire LINEACT à titre accessoire et gracieux, ne perçoit aucune rémunération, mais LINEACT CESI lui fournit les moyens nécessaires pour réaliser les missions prévues. Bernard BLANDIN est Directeur de recherches CESI Emérite depuis le 1^{er} avril dernier ; son activité se traduit actuellement par des contributions aux propositions en réponse à des AAP, une participation à certains programmes de recherche et des publications.

L'organigramme de LINEACT et les interactions avec les régions CESI sont présentés ci-dessous :



Les ingénieurs de recherche sont transversaux sur les thèmes de recherche et les domaines applicatifs : Aline BECQ, Nicolas BRIANT, Jordan HIS, Sébastien MONIER, Lucas REYES et Yamak ZAHER.

1.1 Stratégie

LINEACT CESI reste porteur de l'objectif qui l'anime, à savoir nourrir les formations de CESI au travers de son activité de production scientifique et de son rôle d'observateur des pratiques au sein des écoles CESI, pour favoriser la créativité au sein des formations et des espaces de formation. Que ce soit au niveau du quotidien des enseignants-chercheurs de CESI, ou au niveau du Conseil Scientifique qui permet d'éclairer et affiner, deux fois par an, avec la gouvernance CESI, les orientations des recherches, le laboratoire reste au service des entreprises, des hommes et des territoires : LINEACT CESI maintient le cap de son approche collaborative avec les acteurs académiques et économiques des sites où il est implanté.

Au-delà des nécessités générées par la pandémie, l'action de LINEACT CESI reste marquée par la volonté d'accompagner CESI dans sa poursuite de l'excellence. Que ce soit pour les marqueurs que sont les différents labels de certification ou pour la qualité de son recrutement, le laboratoire met en œuvre tous les moyens qui sont les siens. Ainsi, c'est maintenant à la racine de l'humain dans le laboratoire que nous nous consacrons : les recrutements des enseignants-chercheurs sont gérés en partenariat étroit avec les besoins de l'Ecole d'Ingénieurs et un comité de sélection des deux entités, comprenant également des experts scientifiques internes, permet de certifier autant que faire se peut que ceux qui nous rejoignent auront les savoir-être et savoir-faire qui permettent de répondre à l'ambitieuse campagne de recrutement de CESI, définie pour accompagner son développement pour les trois années qui viennent.

Autre signe de l'évolution du fonctionnement du laboratoire, LINEACT CESI va rejoindre le système qualité du groupe au cours du premier semestre 2021, que ce soit pour les plateformes techniques, les publications, les projets, le dépôt de brevet. CESI va, dans le même esprit, et sur proposition de LINEACT CESI, prochainement rejoindre une grande partie de ses pairs académiques, publics et privés, et se positionner clairement pour une recherche et une innovation responsable. A cette fin, les membres de LINEACT CESI s'appuient et mettent en œuvre la charte française de déontologie des métiers de la recherche proposée par l'HCERES (*Charte Française de Déontologie des Métiers de la Recherche*, 2015).

Ce document précise et apporte des repères complémentaires aux équipes de LINEACT CESI, en termes notamment d'intégrité scientifique.

Enfin, toutes les équipes s'attacheront à poursuivre activement la mise en œuvre des démonstrateurs Bâtiment du Futur et Usine du Futur, associés à leurs jumeaux numériques, eux-mêmes définis grâce à la veille et aux travaux de recherche issus notamment du projet DEFI&Co et des programmes de Bachelor. Ces démonstrateurs sont des éléments-clefs pour la formation et la recherche, et les jumeaux numériques développés un point essentiel pour l'égalité des chances de nos apprenants et nos partenaires, quel que soit le lieu où ils sont implantés.



1.2 Moyens Matériels

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 depuis juin 2019. Ce démonstrateur prend place au sein du domaine **Industrie du Futur** et complète les équipements du Lab'CESI de CESI Nanterre.

Enfin, des salles de créativité, ou **Créativ'Lab**, ont été installées sur les campus de Rouen et Nanterre.

Ces plateformes sont utilisées par les deux équipes de recherche et l'ensemble des enseignants-chercheurs des différents campus peuvent y accéder dans le cadre de leurs travaux.

1.2.1 Campus Nanterre

Plateforme Industrie du Futur Campus IDFC - Nanterre

Fabrication Additive



FA Métallique
technologie SLM



FA Métallique
technologie FDM
(extrusion poudre liée)



FA polymères et
composites

FDM PLA



Polymères fibrés
(verre, carbone, kevlar)

Réalité Virtuelle & Augmentée



Casques HTC (RV)



Projection 3D
immersiva (RV)



Smartphones (RV ou RA)



Tablette de RA

Prototypage (hors FA et RA-RV)



Découpes et
gravures laser



Commandes
numériques



Scanner
Industriel



Electronique
embarquée

Innovation & entrepreneuriat



Brainstorming augmenté



Carte mentale



Salles de créativité



Business Model Canvas



Le fil de pensée

Robotique, cobotique et électronique embarquée



Poppy



WiFiBot Lab v4



Véhicule
autonome



Cobots et robots mobiles



Plateforme Ville Intelligente et Durable Campus IDFC - Nanterre

Bâtiment connecté, intelligent



SMART Building

Technologies : POE, IoT, BIM,

Pilotage intelligent : IA, Machine
Learning, Deep Reinforcement learning,

Recherche et démonstration : BIM et
RA, BIM exploitation, jumeau
numérique, connectivité du bâtiment

Réalité Virtuelle & Augmentée



Casques HTC (RV)



Projection 3D
immersiva (RV)



Lunette HoloLens (RA)



Smartphones (RV ou RA)



Tablette de RA

Modélisation & simulation BIM



Salles BIM avec plateforme
logicielle dédiée

Scan Professionnel FARO



Plateforme Industrie du Futur – Campus de Rouen

Atelier flexible de Production et postes manuels



Robotique et Cobotique



Interactions Homme Machine et Jumeau Numérique



LINEACT 

10



MAI 21

Plateforme Industrie du futur – Campus de Rouen - Jumeau numérique

Système réel



Jumeau numérique



IHM en RA ou RV



Mise à jour en temps réel
→ monitoring du système
→ pilotage du système

Collecte de données
→ Amélioration du modèle

Maquette numérique
Données, informations et connaissances
Modèles, Simulations

Mise à jour en temps réel
→ Intégration d'une simulation réaliste dans la scène virtuelle
→ Informations contextualisées en RA

LINEACT 



11

MAI 21

1.2.3 Les salles de créativité – Nanterre - Rouen

Creativ'Lab – les salles de créativité – Nanterre - Rouen



2 Thèmes de recherche

La recherche est scindée en deux thèmes scientifiques complémentaires et fédérateurs et deux grands domaines d'applications :

- Le thème 1 « **Apprendre et Innover** » 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. Les principaux objectifs scientifiques visés par ce thème sont la compréhension des effets de l'environnement sur les processus d'apprentissage et d'innovation. Des cadres théoriques communs favorisent les interactions entre les projets de recherche portant sur ces processus. Ce thème peut s'adresser à des domaines d'application plus larges que ceux de la Ville ou de l'Industrie du Futur.
- Le thème 2 « **Ingénierie et outils numériques** » rassemble des compétences dans les domaines des sciences du numérique et des sciences de l'ingénieur ; il est majoritairement adapté aux deux domaines d'application ci-dessous. Les principaux objectifs scientifiques de ce thème portent sur la modélisation et l'optimisation de systèmes, ainsi que sur le traitement et l'analyse de données, et les processus de décision appliqués aux deux domaines d'application.

Les deux 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 thèmes scientifiques. Ils répondent aux deux grands défis que sont les transitions énergétique et numérique de nos sociétés. Les interactions entre les thèmes scientifiques et les domaines applicatifs sont décrits dans le schéma présenté sur la Figure 2.

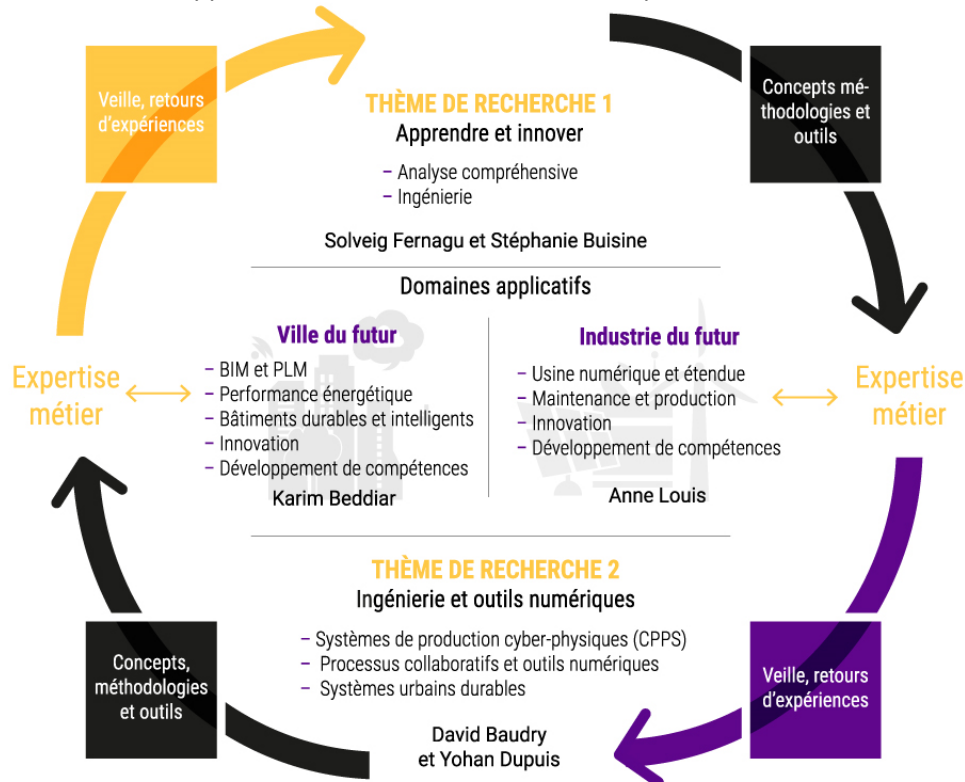


Figure 2 : Structuration de l'activité de recherche

2.1 Thème de recherche Apprendre et Innover

Les recherches du thème **Apprendre et Innover** visent à favoriser, d'une part, l'appropriation d'objets existants (Apprendre) et, d'autre part, la création et la construction d'objets nouveaux (Innover). Ces finalités s'appuient sur

une analyse compréhensive qui mobilise certains paradigmes des sciences cognitives, sociales et de gestion dans une perspective constructiviste, dont :

- Les approches de la cognition et de l'action situées
- La théorie de la causalité triadique réciproque
- Les approches cognitives des instruments
- L'approche par les capacités, appliquée notamment aux environnements (environnements capacitants)
- L'expérience apprenant
- La théorie du sujet capable
- Les théories de l'acceptation et de l'acceptabilité
- Les théories de la motivation, et plus précisément de l'autodétermination et de l'autorégulation
- Les théories des identités sociales et professionnelles
- La didactique professionnelle
- Les théories de la créativité
- Les théories des représentations sociales
- Les théories des organisations
- Les sociologies des organisations
- Les sociologies de l'innovation
- Les sociologies de l'individu

Ces recherches s'organisent selon le schéma suivant :

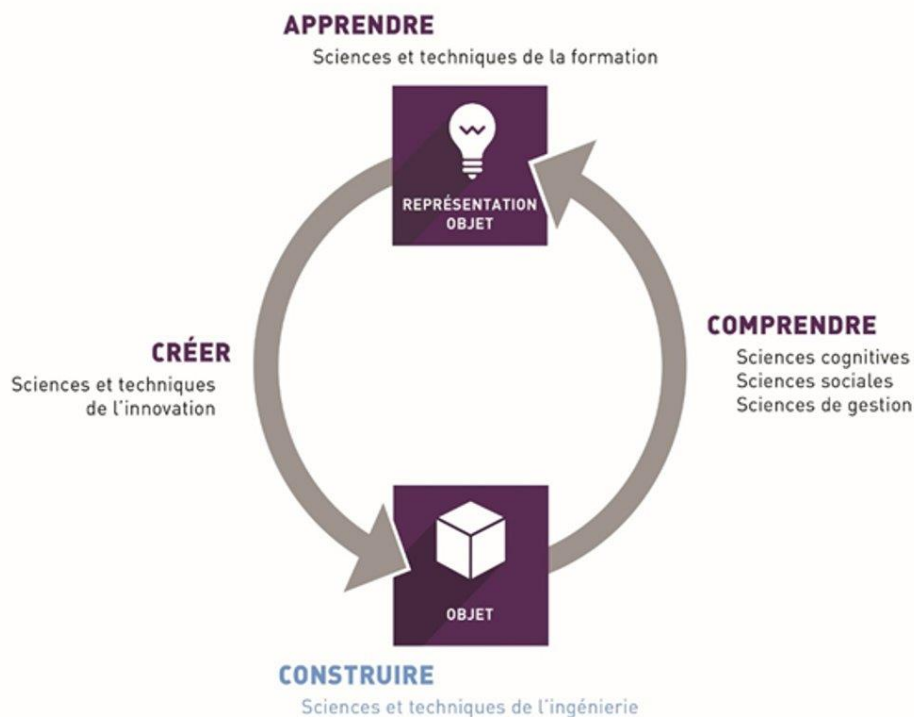


Figure 3 : Organisation des travaux du thème 1 autour des quatre processus : Comprendre, Apprendre, Créer et Construire.

Les recherches du thème reposent aussi sur des techniques propres à chacune des finalités :

- Nos recherches sur le processus d'apprentissage mobilisent les sciences et techniques de la formation, et notamment l'ingénierie des compétences et des parcours, les pédagogies, les didactiques, les techniques de scénarisation, l'analyse psycho-ergonomique des situations d'apprentissage...
- Nos recherches sur le processus d'innovation impliquent quant à elles les sciences et techniques de l'innovation, et notamment les méthodes de prospective et de créativité, les approches organisationnelles et entrepreneuriales, et les techniques d'ergonomie, de psychologie ergonomique (maîtrise des situations dynamiques) et de matérialisation.

L'équipe rassemble des compétences dans ces différents champs scientifiques et techniques. Ses recherches sont menées en interaction étroite avec les acteurs des formations de CESI et peuvent mobiliser les compétences de l'ensemble de ces acteurs, notamment pour ce qui concerne les sciences et techniques de l'ingénierie.

Les finalités de recherche du thème peuvent être formulées comme suit :

- Comprendre l'effet des configurations / situations (environnement) et des dispositions (personnes) sur les processus d'appropriation et de création.
- Etudier les configurations / situations (environnement, milieu, dispositif...) et les dispositions (personnes) favorables à l'obtention d'un effet donné (appropriation ou création).

La stratégie du thème s'inscrit dans celle de LINEACT CESI, c'est-à-dire le soutien aux formations et aux entreprises. L'innovation technologique étant de manière générale prise en compte dans les formations d'ingénieurs et dans les entreprises françaises, une approche alternative est privilégiée, centrée sur les besoins et les usages (des utilisateurs, des concepteurs, des apprenants). Cette ouverture disciplinaire vers les Sciences Cognitives, les Sciences Sociales et les Sciences de Gestion, combinée au socle de compétences de CESI en Sciences pour l'Ingénieur, permet de développer une recherche et une ingénierie originales, d'apporter des réponses plus complètes à nos partenaires industriels, et d'enrichir la formation des élèves ingénieurs exposés aux technologies avancées, aux projets d'innovation et d'entrepreneuriat. En particulier, l'opportunité offerte par les projets actuels d'instrumentation des formations va permettre de créer de nouvelles situations d'apprentissage et d'innovation et de générer une boucle vertueuse entre cette ingénierie et l'analyse compréhensive des processus à l'œuvre.



En ce qui concerne les domaines applicatifs, la stratégie de développement repose sur quatre perspectives clés :

- Une perspective technologique, visant à concevoir et tester des environnements propices aux processus d'apprentissage et d'innovation en s'appuyant sur les plateformes en cours de développement : salles Scale-Up, Learning Labs, Créative Labs, plateformes de recherche et de transfert Usine du Futur (Unité Autonome de Fabrication Additive Métallique) et Bâtiment du Futur, jumeaux numériques, ateliers de prototypage (Lab'CESI)... L'approche technologique des environnements d'apprentissage et d'innovation fait l'objet de nombreux travaux de recherche en France et à l'international, mais ces travaux sont très rarement basés sur des résultats d'études empiriques. La spécificité de nos travaux est d'étudier les impacts des environnements sur les individus et les groupes d'individus dans les situations d'apprentissage et d'innovation instrumentées.
- Une perspective méthodologique d'intégration des notions de scénario et de scénarisation dans l'ingénierie des environnements d'apprentissage, d'innovation et d'entrepreneuriat. Notre approche se caractérise par la création ou l'utilisation de langages formels pour la scénarisation à différents niveaux du processus d'apprentissage (parcours de formation, situations de formation, interaction avec des systèmes automatisés), ce qui est aujourd'hui peu exploré. Par ailleurs, en ce qui concerne la scénarisation du processus d'innovation, nos travaux sur les méthodes de prospectives centrées sur les besoins et les usages futurs sont particulièrement originaux vis-à-vis des recherches menées actuellement dans le domaine de l'ingénierie de l'innovation.
- Une perspective socio-organisationnelle (organisation du travail, management, etc.) et socio-pédagogique visant à étudier et à modéliser des environnements favorisant la mise en capacité à apprendre et à innover. Le domaine du management étant d'intégration récente dans nos travaux de recherche, notre contribution est en cours de positionnement mais notre approche est prometteuse car, en accord avec la culture CESI, elle vise à coupler des outils d'analyses sociologique et psychologique pour mieux se saisir des interactions à l'œuvre entre individus et environnement, et ainsi dépasser une vision purement économique et rationaliste de l'humain.
- Une perspective identitaire et sociétale visant à comprendre quelles nouvelles identités (professionnelles, individuelles, collectives...) découlent de la maîtrise de ces environnements, comment s'accompagne leur acquisition, avec quelles finalités sociales.



2.1.1 Moyens mis en œuvre et projets en cours

Processus "Apprendre" : Plusieurs actions ont été initiées ou se sont poursuivies en 2020. Il s'agit d'une part du projet DEFI&Co qui se poursuit jusqu'en septembre 2021 ; d'autre part d'une recherche qualitative sur le Plan de continuité d'activité CESI pendant le confinement, et enfin, d'un projet de constitution d'échelles de mesure des aptitudes et comportements professionnels des apprenants CESI, qui a débouché sur un projet financé par la Région Occitanie (EVAL-ACP) démarrant en janvier 2021.

- DEFI&Co a pour objectif de faire évoluer la plupart des 39 formations de CESI débouchant sur une certification (31 ont été modifiées à la fin 2020, et une a été créée), en lien avec les deux défis que cherche à relever LINEACT, la Ville du futur et l'Industrie du futur, ainsi qu'avec la protection et le traitement des données qui les sous-tendent (Data Science, cybersécurité).
- Au-delà des connaissances et habiletés requises par les différents métiers, faisant l'objet des premières études en 2016, DEFI&Co a permis d'identifier les situations clés pour l'apprentissage de ces connaissances et habiletés. Les équipes de LINEACT, en lien étroit avec les directions des études des Ecoles CESI, ont proposé des énoncés de problèmes et de travaux pratiques, en lien avec leurs axes de recherche et les plateformes qui les supportent, ainsi que des technologies permettant leur mise en œuvre pédagogique. Une contribution méthodologique à l'ingénierie des situations d'apprentissage utilisant la réalité virtuelle a été faite dans le cadre du développement de l'application Lean 4.0.
- L'aménagement d'espaces innovants dédiés à l'apprentissage actif sur de nombreux sites CESI crée des écosystèmes d'expérimentation et d'innovation sur les nouvelles formes de travail et d'apprentissage collaboratif (par exemple les plateaux pédagogiques dédiés à l'A2P2 sur le campus de Nanterre), qui vont être utilisés comme terrain de recherche. Ces travaux sont également adossés au déploiement des Lab'CESI et des Créative Labs et visent à interroger l'impact des environnements d'apprentissages innovants sur la capacité des usagers (apprenants, entreprises) à produire des idées innovantes, capacité au cœur d'une économie mondialisée de la connaissance, et des besoins d'un monde du travail reposant toujours moins sur une organisation pyramidale et toujours plus sur l'intelligence collective et l'initiative de tous.
- Ces travaux de recherche ont commencé en 2019 et se sont poursuivis en 2020. Plusieurs séries d'observations menées dans les Lab'CESI de Saint-Nazaire, Le Mans, et de Nanterre ont permis d'orienter les travaux de recherche sur deux axes : *Analyser des activités en situations de prototypage pour comprendre les effets de l'environnement sur l'Apprendre*, *Comprendre la transmission et le partage de schèmes pour construire un environnement capacitant*. Ces observations ont été complétées par une étude sur le fonctionnement du réseau Lab'CESI qui permet aux 27 Référents des espaces de prototypage des campus d'échanger et de coconstruire des ressources.
- La mise en œuvre effective du Plan de continuité d'activité (PCA) CESI dès les premiers jours du confinement (16 mars 2020) a suscité une question de recherche, validée par le COMEX : *pourquoi le PCA CESI a globalement réussi, alors que cela ne semblait pas avoir été le cas ailleurs* (ce qu'ont confirmé plusieurs études) ? Pour y répondre, des "entretiens compréhensifs" ont été menés auprès de 26 enseignants – formateurs et 25 élèves des différentes écoles et filières. Une première analyse de ces entretiens a donné lieu à un rapport au COMEX fin décembre 2020.
- La Direction de l'ESA / EFM s'interrogeait sur la robustesse des critères d'évaluation des "compétences transverses" des apprenants, qui, malgré plusieurs révisions, semblaient être soumis à un "effet campus". Un état de l'art des outils existants a montré qu'il n'y avait pas consensus sur ce qu'était une "compétence transverse", ni sur la façon de l'évaluer. Il a été proposé de travailler sur les aptitudes et les comportements professionnels, les ressources pour la mise en œuvre de ces compétences, et de valider des échelles de mesure de type psychométrique, réputées plus robustes. L'opportunité d'un appel à projets de la Région Occitanie (volet *Expérimentations* du programme Innov-Emploi) a permis d'obtenir un financement de la Région pour valider ces échelles dans le cadre d'un projet partenarial avec trois autres écoles (EVAL-ACP). Ce projet a démarré en janvier 2021, et les résultats finaux seront publiés et mis à disposition, notamment, de toutes les écoles CESI.
- Un autre projet, réunissant les deux thèmes de recherche de LINEACT, NUMERILAB (financé par le FEDER), a démarré en 2019 et vise à explorer les effets de la réalité virtuelle en situation d'apprentissage.

Il permettra notamment de comparer les situations d'apprentissage sur la plateforme Usine du Futur de Rouen avec celles qui utilisent son jumeau numérique pour acquérir des compétences en organisation industrielle (optimisation du process de fabrication d'un objet dans un atelier flexible). Poursuivi en 2020, ce projet a notamment abouti à la reconfiguration de l'application de formation en réalité virtuelle Lean 4.0 qui s'appuie sur le jumeau numérique de la plateforme de Rouen et à plusieurs publications.

- Afin de faire un point d'étape sur les travaux de recherche concernant les nouvelles situations d'apprentissage instrumentées, celles mettant en œuvre plusieurs artefacts ou mêlant environnement numérique et environnement physique, il avait été décidé d'organiser un colloque sur ce thème à Rouen, les 4 et 5 novembre 2020, en partenariat avec le CIRNEF et le LITIS. La situation sanitaire a amené à repousser, dans un premier temps, le colloque à mars 2021... Il a finalement eu lieu en ligne les 31 mars et 1er avril 2021. L'organisation de ce colloque a mobilisé plusieurs chercheurs du thème Apprendre et Innover, ainsi que des laboratoires et universités partenaires.

Processus "Innover" : plusieurs actions ont été initiées ou se sont poursuivies en 2020 :

- Créativité pour l'Industrie du futur : Dans le cadre du projet CREAM (Creativity in Additive Manufacturing), financé par l'ANR sur la période 2019-2022, nous développons une recherche sur le processus inspirationnel de la créativité s'appuyant sur les nouveaux procédés de fabrication. L'objectif de ce projet est de favoriser la transition d'un raisonnement de conception adapté aux procédés de fabrication soustractive ou de modelage vers un raisonnement adapté à la fabrication additive. Nous nous appuyons pour cela sur une analogie entre les opportunités offertes par la fabrication additive (ex : complexité géométrique, hiérarchique, fonctionnelle) et les principes inventifs de TRIZ (théorie de résolution des problèmes inventifs). Ce projet s'adosse à l'Unité Autonome de Fabrication Additive Métallique du campus de Nanterre, conçue et brevetée par CESI.
- Soft skills pour l'Industrie du futur : Au-delà de la créativité, nous avons entamé une réflexion plus large sur les soft skills pour l'Industrie du Futur. Ce projet, qui fait l'objet de la thèse de doctorat de Victorine Arnaud, a démarré à la rentrée 2020. Il rejoint la problématique traitée dans le projet EVAL-ACP concernant l'évaluation des compétences transverses, en élargissant celle-ci aux populations des collaborateurs dans les entreprises industrielles.
- Innovation ouverte dans les PME : Ce projet a été achevé en 2020 et a donné lieu à la soutenance de la thèse de doctorat d'Elodie Pillon. D'un point de vue théorique, cette recherche a permis de synthétiser les connaissances portant sur l'innovation ouverte dans les PME, de construire un modèle intégrant à la fois les pratiques d'innovation ouverte et les caractéristiques stratégiques, organisationnelles et environnementales des PME et d'identifier trois groupes de PME ayant des profils distincts en termes d'adoption de pratiques d'innovation ouverte. D'un point de vue managérial, ces travaux permettent de sensibiliser les décideurs sur les différentes combinaisons favorisant ou freinant l'adoption de l'innovation ouverte et donnent la possibilité aux dirigeants de choisir les éléments les plus appropriés pour leur PME en termes de pratiques d'innovation ouverte en fonction de la combinaison de leurs caractéristiques stratégiques, caractéristiques organisationnelles et caractéristiques environnementales.
- Développement de la recherche en Management : la mise en œuvre des démarches d'innovation en entreprise se heurte à des difficultés qui incluent notamment un climat organisationnel peu favorable à l'innovation, une faible appétence pour l'innovation radicale ou encore une aversion aux risques à tous les niveaux de l'organisation. Comprendre et lever ces freins culturels requiert d'analyser les transformations managériales à l'œuvre dans les organisations, d'identifier les leviers liés au leadership ainsi que leurs interactions avec les activités d'innovation. La thèse de Muriel Davies, soutenue en 2019, nous a permis de formaliser un modèle de Culture Innovation tenant compte des spécificités de la France (ex : distance hiérarchique, besoin de contrôle de l'incertitude) et de mettre en évidence notamment, grâce à une enquête menée auprès de 432 entreprises françaises, le poids des facteurs culturels dans la prédiction de la performance d'innovation. Ce projet se poursuit en partenariat avec France Stratégie, afin d'intégrer dans l'analyse des données économétriques fournies par l'INSEE.

Ce projet ayant également mis en exergue l'importance du leadership pour la culture innovation, la thèse d'Erica Rottemberg prolonge ce travail par la mise en place concrète d'une démarche de transformation managériale vers un style de leadership transformationnel adapté aux évolutions sociocognitives de l'être humain, aux évolutions générationnelles, et aux leviers culturels de l'innovation.

Cette démarche est expérimentée au sein d'une PME nivernaise, Laser Fusion. Outre l'accompagnement du dirigeant, elle s'appuie aussi sur des transformations RH (augmentation de la capacité perçue d'action, modification des processus de recrutement et de récompense, etc.).

- Intégration de la chaire Robotics-by-Design, portée par Strate Ecole de Design : CESI a intégré le consortium du Robotics-by-Design Lab, un programme de recherche pluridisciplinaire alliant principalement design, robotique et sciences humaines et intitulé "IA, Robots & Humains ? Ecologies du Vivre Ensemble". L'ambition est de créer une plateforme d'expérimentation pour questionner à court, moyen et plus long termes la place de la robotique et de l'IA dans la société. La chaire rassemble actuellement cinq partenaires industriels (SNCF, Spoon, BNP Paribas Cardif, Korian et Altran) et cinq partenaires académiques français (Strate, ENSTA, Université de Paris Est Créteil, Université de Nîmes et CESI) ainsi que des chercheurs internationaux de renom d'Italie et du Japon.



- Dans le cadre de la chaire Robotics-by-Design, nous avons lancé la thèse CIFRE de Mégane Sartore, qui travaille au sein de la Direction Innovation de la SNCF sur la Robotique pour l'engagement. Notre approche se veut différenciante dans un contexte où l'intégration de la robotique dans les systèmes de production est habituellement opérée principalement en termes de Performance, Compétences, Santé et Sécurité des opérateurs. On observe aujourd'hui des effets de bord qui n'avaient pas été anticipés, tels que l'éloignement des opérateurs de la production et du produit, et la perte du sens du travail. A contre-courant de la pensée dominante, nous souhaitons utiliser la robotique comme levier de motivation individuelle et collective, renforcer le sens du travail et l'engagement des agents de maintenance ferroviaire.
- Poursuite des recherches sur les stratégies d'innovation Need-Seeker : nos développements méthodologiques d'innovation centrée sur les besoins futurs ont été alimentés ces dernières années par plusieurs thèses, projets et publications. Nous poursuivons la capitalisation de notre expertise sur ce sujet à travers de nouveaux projets de recherche, et notamment la thèse CIFRE d'Amandine Taton avec la Communauté d'Agglomérations de Châlons-en-Champagne, débutée en septembre 2019. Intitulée "*Opportunités d'innovation relatives à la Silver Economie sur le territoire Chalonnais*", la thèse vise à expérimenter une démarche d'innovation fondée sur la théorie du Lead User, avec l'ambition, outre de faire émerger des innovations, d'aboutir à un modèle prédictif du profil de lead user.
- Ces travaux ont permis de renforcer / initier des collaborations avec d'autres unités de recherche : ENSAM – LCPI, Université de Paris – LaPeA, Strate Recherche.

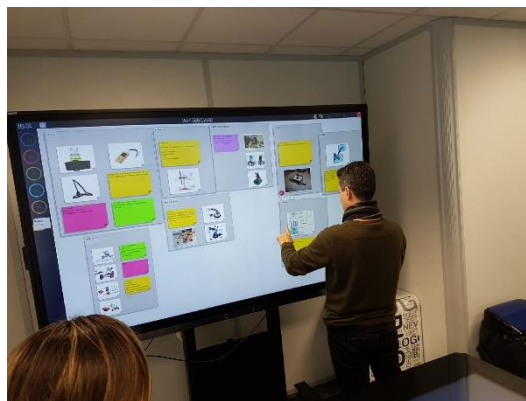
Les travaux d'analyse compréhensive s'appuient sur les opportunités décrites précédemment. Elles concernent l'apprentissage instrumenté et la créativité instrumentée et visent globalement à comprendre les effets des environnements et des technologies (par exemple : réalité virtuelle) sur le travail collaboratif, l'acquisition de compétences, la créativité, les identités (professionnelles, individuelles, collectives). Il s'agira notamment de répondre aux questions suivantes :

- Au-delà des connaissances et des habiletés identifiées par type d'activité, quels sont les « concepts pragmatiques » nécessaires à la mise en œuvre efficace des outils ?

Comment peut-on faciliter leur acquisition et leur adoption ? Comment peut-on évaluer à court terme ces acquisitions et cette adoption, et leurs effets à long terme ?

- L'utilisation des plateformes comme instruments dans les situations d'apprentissage et de créativité facilite-t-elle la représentation abstraite des phénomènes, la conceptualisation et l'idéation ? Si oui, à quoi cela tient-il ? Est-ce que l'acquisition des « concepts pragmatiques » y joue un rôle ? Quels outils de mesure de la conceptualisation construire ?
- Les compétences cibles sont-elles réellement développées ? Sont-elles mises en œuvre dans l'activité professionnelle, donnent-elles lieu à des emplois nouveaux ou à de nouvelles formes de création de valeur ? Comment les individus s'adaptent-ils à ces nouveaux environnements dynamiques ?

Ces travaux s'appuieront notamment sur le projet NUMERILAB et éventuellement d'autres projets soumis dans le cadre d'appels à projet nationaux, dont l'AAP générique ANR.



2.1.2 Tableau des effectifs à janvier 2021

Responsables du thème	Stéphanie BUISINE, HDR Solveig FERNAGU, HDR
Enseignants-chercheurs	Andréa BOISADAN Muriel DAVIES Stéphanie GUIBERT Atika MOKHFI Elodie PILLON Yann SERREAU Céline VIAZZI

CESI a adopté le principe de l'éméritat, en conformité avec les règles académiques, et Bernard BLANDIN, précédemment co-responsable du thème 1, a été le premier à en bénéficier. Depuis le 31 mars dernier, Bernard BLANDIN fait partie de LINEACT CESI avec le statut de Directeur de recherche CESI Emérite, son activité se traduisant actuellement par :

- Des contributions aux propositions en réponse à des AAP,
- Une participation à certains programmes de recherche,
- Des publications.

Doctorants		Direction de thèse		Année de début de thèse	Titre de la thèse	ED de rattachement
ROTTEMBERG	Ericka	S. BUISINE, CESI		2017	Evolution des pratiques managériales en entreprise	ED 261 3CH
TATON	Amandine	S. BUISINE, CESI	A. BOISADAN, CESI	2019	Opportunités d'innovation relatives à la Silver Economie sur le territoire Chalonais	ED 432 SMI
SARTORE	Mégane	S. BUISINE, CESI	Ionan OCNARESCU, Strate	2020	La robotique "Ikigai", un levier majeur de l'engagement des agents dans leur travail, garant d'une haute performance industrielle	ED 432 SMI
ARNAUD	Victorine	S. BUISINE, CESI	A. BOISADAN, CESI	2020	Soft skills pour l'Industrie du Futur	ED 432 SMI
HUREAU	Samuel	S. FERNAGU, CESI		2020	Changement organisationnel et apprentissage	ED 432 SMI
BLUTEAU	Marie	S. FERNAGU, CESI		2020	Alternance, hybridation et environnement capacitant	ED 432 SMI

2.1.3 Produits et activités de recherche du thème Apprendre et Innover

Thèses soutenues en 2020

- La thèse d'Emmanuel Zilberberg, dirigée par Bernard Blandin, dans le cadre de l'Ecole doctorale 139 (connaissance, langage, modélisation) de l'Université Paris – Nanterre, a été soutenue le 25 novembre 2020. Le titre de la thèse est le suivant : ***“Identifications imposées ou choisies et participation visible à des évaluations médiatisées non-certificatives”***. Résumé: *“Alors que l’identification patronymique prévaut lors d’évaluations en classe, l’utilisation d’artefacts médiateurs pour collecter les réponses d’apprenants permet de recourir à des modalités d’identification alternatives. La manipulation de l’identification de l’apprenant dans un dispositif pédagogique en classe proposant des évaluations non-certificatives influe-t-elle sur la participation visible, enregistrée par l’artefact ? La littérature affirme que l’anonymat (absence de nom) est la cause de la participation visible en protégeant l’estime sociale en cas d’erreur. Nous supposons que la (non-)traçabilité de l’identifiant, et non l’anonymat, influe sur le degré de comparaison sociale entre apprenants, contribuant ou non à satisfaire leurs besoins d’autonomie, de compétence et de relation identifiés dans la théorie de l’autodétermination (TAD). Nous approfondissons l’étude du besoin de compétence, grâce à la théorie des buts d’accomplissement. Nous testons 3 modalités d’identification. Deux modalités explorent la polarité conventionnelle de la traçabilité (identification pseudonymique vs identification patronymique). La troisième modalité laissant les apprenants choisir leur identifiant ajoute une polarité identitaire qui oppose les identifications imposées (patronymique et pseudonymique) à l’identification autodéterminée. Nous faisons l’hypothèse que ces 3 modalités d’identification satisfont différemment les 3 besoins identifiés dans la TAD entravant ou favorisant la motivation intrinsèque. Nous mesurons ces différentiels en comparant les taux de réponses enregistrés par l’artefact lors des fréquentes séquences d’évaluations non-certificatives mises en œuvre.”*
- La thèse d'Elodie Pillon, codirigée par Thomas Loilier et Anne Louis dans le cadre de l'Ecole doctorale 242 (Economie Gestion Normandie) de l'Université de Caen, a été soutenue le 15 janvier 2021. Le titre de la thèse est : ***“Expliquer l’adoption des pratiques d’innovation ouverte des PME par les caractéristiques stratégiques, organisationnelles et environnementales”***. Résumé : *“L’objectif de cette recherche est d’expliquer l’adoption des pratiques d’innovation ouverte par les PME en explorant les caractéristiques stratégiques, organisationnelles et environnementales des PME. Nous posons tout d’abords les fondements théoriques nécessaires à la compréhension du concept d’innovation ouverte et fournissons une meilleure compréhension de sa spécificité dans le contexte de la PME. Nous utilisons ensuite un processus d’analyse documentaire pour identifier vingt-deux déterminants, trois stratégies d’innovation et onze pratiques d’innovation ouverte et proposer un modèle intégratif pour l’adoption de l’innovation ouverte dans les PME qui lie les caractéristiques stratégiques, organisationnelles et environnementales aux pratiques d’innovation ouverte. Après avoir justifié nos choix épistémologiques et méthodologiques, à savoir le choix d’une démarche hypothético-déductive ancrée dans un positionnement réaliste critique et une méthodologie quantitative nous vérifions l’existence d’un lien statistiquement significatif entre les caractéristiques organisationnelles, stratégiques et environnementales des PME Normandes et l’adoption des pratiques d’innovation ouverte. Nos résultats montrent que l’exploitation n’est pas corrélée aux pratiques d’innovation ouverte et que l’ambidextrie est positivement corrélée aux pratiques d’innovation ouverte. Cependant, l’exploration n’est pas corrélée aux pratiques d’innovation ouverte puisque seule la co-conception est négativement corrélée à la stratégie d’exploitation et seul le capital venture est négativement corrélé à la stratégie d’exploitation et positivement corrélé à l’ambidextrie. D’autres régressions logistiques simples et multiples ont ensuite permis d’identifier les principales variables organisationnelles et environnementales expliquant le recours aux différentes pratiques d’innovation ouverte. Les résultats révèlent que les déterminants structurels et extra-organisationnels sont liés aux trois logiques d’innovation ouverte, que les déterminants inter-organisationnels sont significativement corrélés aux pratiques d’outside-in et de coupled process mais d’inside-out. Les déterminants environnementaux sont significativement corrélés aux pratiques de coupled process et d’inside-out, mais pas d’outside-in.*

Les résultats montrent que les caractéristiques organisationnelles et environnementales sont significativement corrélées aux pratiques d'innovation ouverte adoptées par les PME. Pour finir nous avons réalisé une classification qui a fait apparaître trois groupes de PME : un groupe de PME dites innovatrices fermées, qui pratiquent peu l'innovation ouverte, un groupe de PME dites innovatrices d'acquisition qui cherchent à enrichir leur processus de R&D par l'achat de ressources externes, et le groupe des PME innovatrices interactives qui favorisent la collaboration entre différents acteurs pour aboutir à une innovation conjointe. Finalement, d'un point de vue théorique, ce travail doctoral nous a permis de synthétiser les connaissances portant sur l'innovation ouverte dans les PME, de construire un modèle intégrant à la fois les pratiques d'innovation ouverte et les caractéristiques stratégiques, organisationnelles et environnementales des PME et d'identifier trois groupes de PME ayant des profils distincts en terme d'adoption de pratiques d'innovation ouverte. D'un point de vue managérial, nos travaux permettent de sensibiliser les décideurs sur les différentes combinaisons favorisant ou freinant l'adoption de l'innovation ouverte et donnent la possibilité aux dirigeants de choisir les éléments les plus appropriés pour leur PME en termes de pratiques d'innovation ouverte en fonction de la combinaison de leurs caractéristiques stratégiques, caractéristiques organisationnelles et caractéristiques environnementales."

Publications 2015-2020

Nombre de Titre	2015						Total général
	2016	2017	2018	2019	2020		
ACL	5	4	8	4	3	5	29
ASCL		1					1
C-ACTI	2	10	8		9	2	31
C-ACTN	4	3	1		4	2	14
C-AFF			2				2
C-COM					4		4
CH			2	2			4
C-INV	3	3			2		8
OS		1		2			3
Thèse			1	3	1		5
BRE				3			3
Total général	14	22	22	14	23	9	104



La synthèse de la production scientifique de l'équipe de recherche Apprendre et Innover est présentée sur le graphique suivant :

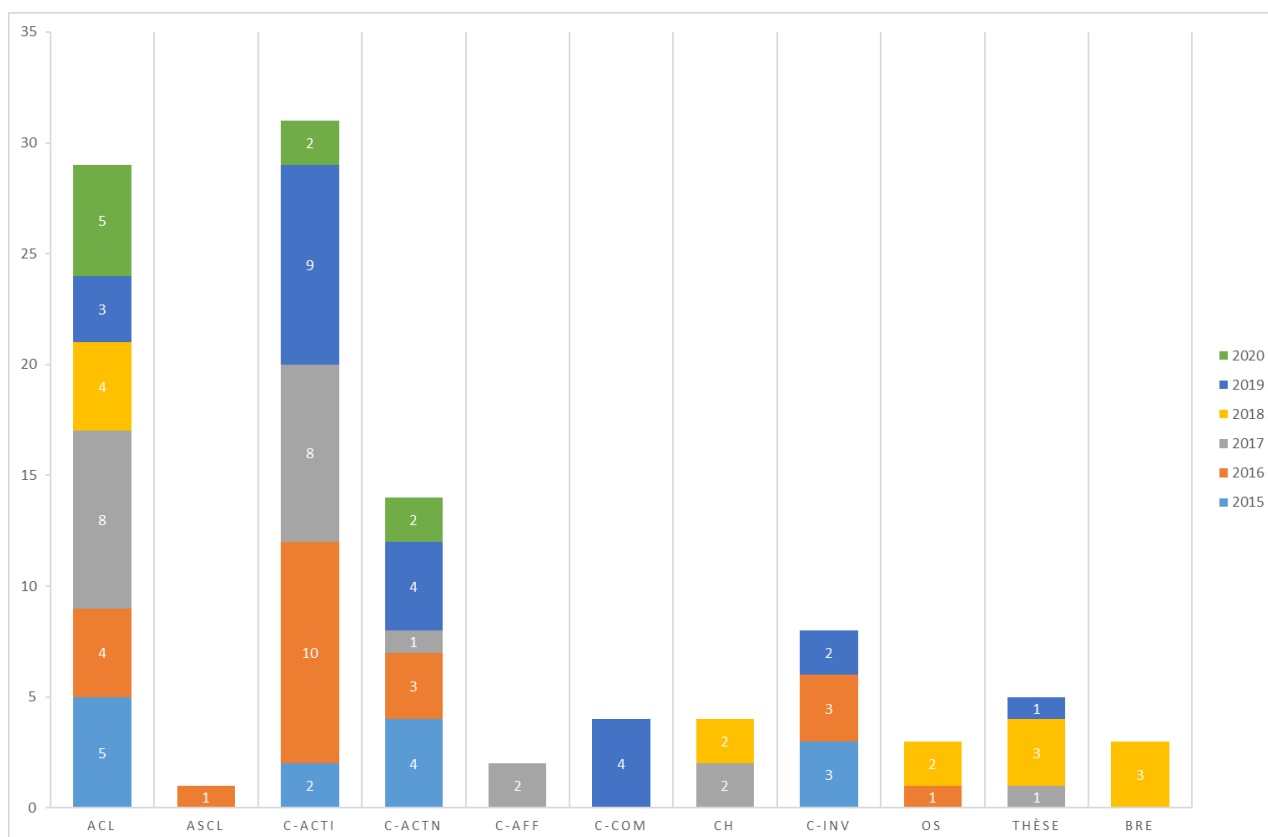


Figure 4 : Publications du thème Apprendre & Innover

Développements instrumentaux et méthodologiques

Plusieurs développements instrumentaux ont été réalisés pour le processus Apprendre dans le cadre des projets DEFI&Co, qui relèvent du thème Ingénierie et Outils Numériques : il s'agit essentiellement des jumeaux numériques des plateformes de Nanterre et Rouen. Ces développements sont détaillés dans la présentation du thème 2.

2.2 Thème de recherche Ingénierie et Outils Numériques

Le thème 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 Hommes-machines dans ces systèmes cyber-physiques. Ces axes de recherche, identifiés à partir des besoins industriels, s'inscrivent dans les domaines applicatifs ciblés par LINEACT que sont l'Industrie du futur et la Ville du futur. Ils traitent de problématiques variées, 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 Homme-robot ou le pilotage de bâtiment intelligent, ou encore la modélisation et l'étude des interactions humain-machine s'appuyant la réalité augmentée, la réalité virtuelle et les jumeaux numériques.

Ce thème de recherche est structuré en trois axes principaux (Figure 5) :

- Axe 1 – Cyber Physical Production System (CPPS)
- Axe 2 – Processus collaboratif et outils numériques
- Axe 3 – Systèmes urbains durables

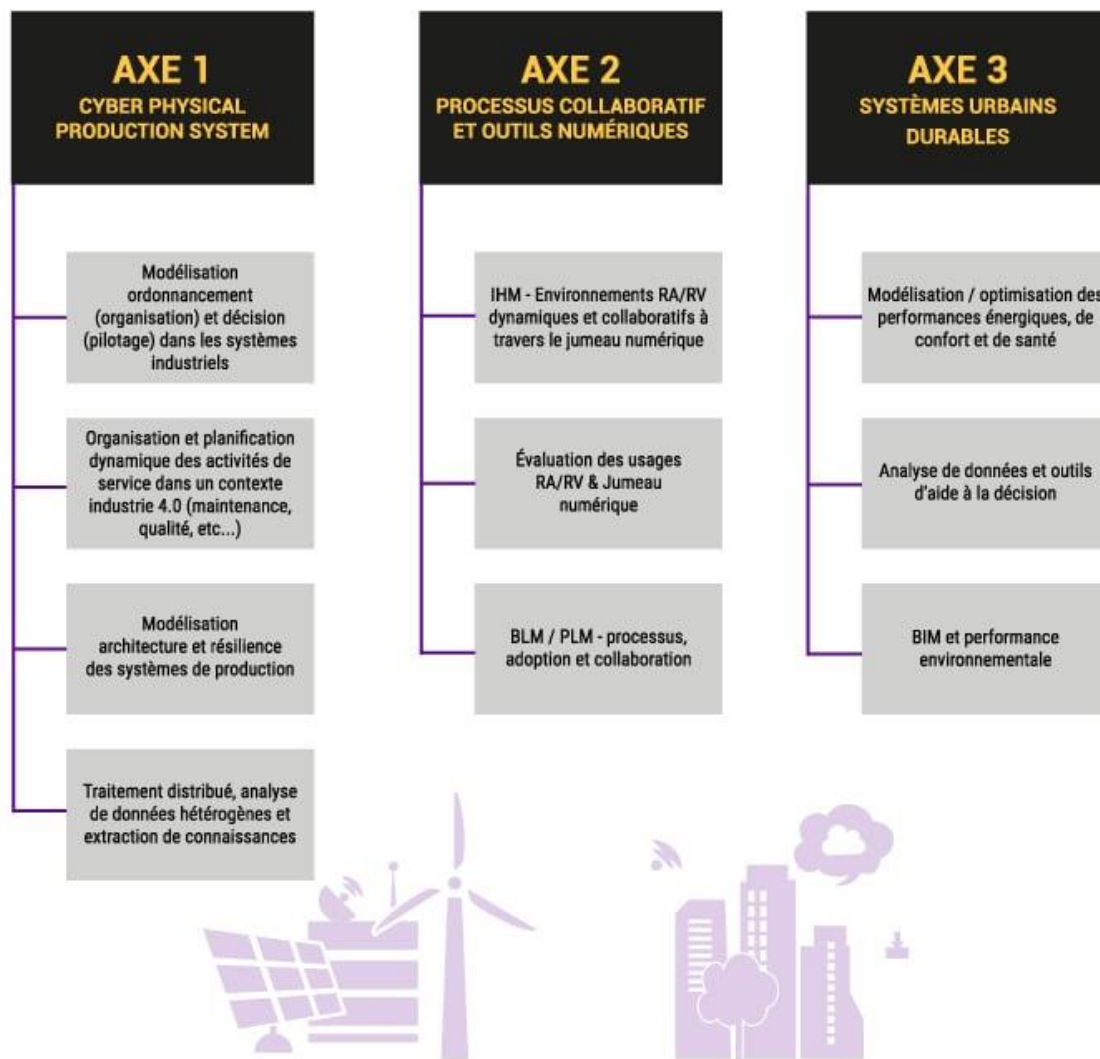


Figure 5 : Thème de recherche Ingénierie & Outils numériques

2.2.1 Moyens mis en œuvre et projets en cours

L'objectif de l'équipe Ingénierie et Outils numériques est de construire ses travaux de recherche sur des approches pluridisciplinaire et intégrées, notamment en Sciences du Numérique et Sciences de l'Ingénieur, en combinant modélisation, optimisation, analyse de données et des usages afin de répondre aux enjeux de la Ville et de l'Industrie du futur. Ses travaux se positionnent sur des recherches appliquées aux systèmes et processus constituant la Ville ou l'Industrie avec un effort important d'expérimentation, d'évaluation et de valorisation de la recherche en s'appuyant sur des démonstrateurs et partenariats industriels. Les défis technologiques et organisationnels induits par ces transformations numériques mènent à leur tour à des verrous et problématiques scientifiques étudiés en complémentarité des acteurs académiques dans les domaines de l'informatique/numérique, du génie industriel ou des sciences de l'ingénieur.

Sur la période 2012-2017, les premiers travaux et projets de recherche ont permis d'initier des collaborations nationales et internationales :

- Collaborations nationales : Université de La Rochelle – LASIE UMR 7356, ESIGELEC – IRSEEM EA 4353, ComUE Normandie Université - LITIS EA 4108 et LOFIMS EA 3828, Université de Lorraine – ERPI EA 3767.
- Collaborations internationales : Universités de Greenwich et d'Exeter (Royaume-Uni), PUCPR (Brésil).

Ces collaborations se poursuivent sur d'autres projets en cours actuellement.

En complément, depuis 2018, au travers des projets de recherche en cours de développement, de nouvelles collaborations ont été établies avec des laboratoires nationaux, notamment dans le cadre de co-encadrement de projets doctoraux : Université de Bretagne Occidentale – IRDL - CNRS FRE 3744, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – David EA 7431, ENSAM - LISPEN EA 7515, Université d'Angers – LARIS EA 7315.

Dans le contexte des verrous technologiques et des transformations liés aux deux défis de la Ville du futur, de l'Industrie du futur et du projet scientifique du thème Ingénierie et Outils Numériques, les travaux menés en 2020 portent sur le développement et le renforcement des axes de recherche initiés. Dans le cadre de l'évaluation de LINEACT CESI début 2018, le projet scientifique a été développé en cohérence avec la stratégie globale du laboratoire et les stratégies régionales, nationales et européennes de recherche et d'innovation afin de contribuer aux enjeux liés à la transformation numérique des entreprises et des processus industriels.

Des actions stratégiques de développement ont été initiées depuis 2018 et vont se poursuivre cette année au travers de :

- L'intégration et l'accompagnement des enseignants-chercheurs démarrant leur activité au sein de l'équipe.
- Le montage de projets de recherche collaboratifs (FUI, 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 (e.g., Chaire ESSOR-CESI, Pilgrim, ENGIE, Vinci Construction France...).
- La poursuite de la participation active des enseignants-chercheurs de l'équipe à la mise en œuvre des démonstrateurs Bâtiment du Futur et Industrie du Futur, associés 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 tels que ceux sur l'intelligence artificielle, la RA/RV et les jumeaux numériques notamment dans le cadre du projet DEFI&Co et des programmes de Bachelor.



Plus spécifiquement, les travaux de recherche conduits en 2020 et les perspectives de recherche sont présentés par axe.

Axe 1 – Cyber Physical Production System.

Dans cet axe de recherche, les travaux sont concentrés sur les enjeux de l'industrie du futur. Un premier volet porte sur la modélisation, la simulation et l'optimisation de système industriel allant d'atelier flexible de production intégrant de la robotique mobile (projets COROT, UV-ROBOT) à l'étude de filière industrielle (projet PLFADDT). A titre d'exemple, dans le cadre du projet européen CoRoT, porté par CESI et impliquant quatre partenaires académiques et trois PME, nous nous intéressons aux problématiques d'allocation et d'ordonnancement dynamique dans un contexte de collaboration multiple entre opérateurs, robots et machines (Figure 6). Dans le cadre de ce projet, ces travaux ont fait l'objet de la soutenance de thèse de Souleymane Moussa intitulée « *Supervision Distribuée d'un atelier de Production Flexible utilisant des Robots Mobiles Collaboratifs pour la Tâche de Transport* ». Nous poursuivons également deux projets de recherche impliquant de la robotique mobile, le premier dans le cadre d'une thèse CIFRE avec la PME Pilgrim sur des problématiques d'inspection industrielle et le deuxième sur des problèmes d'allocations et d'ordonnancement dans le cadre du projet UV-ROBOT.

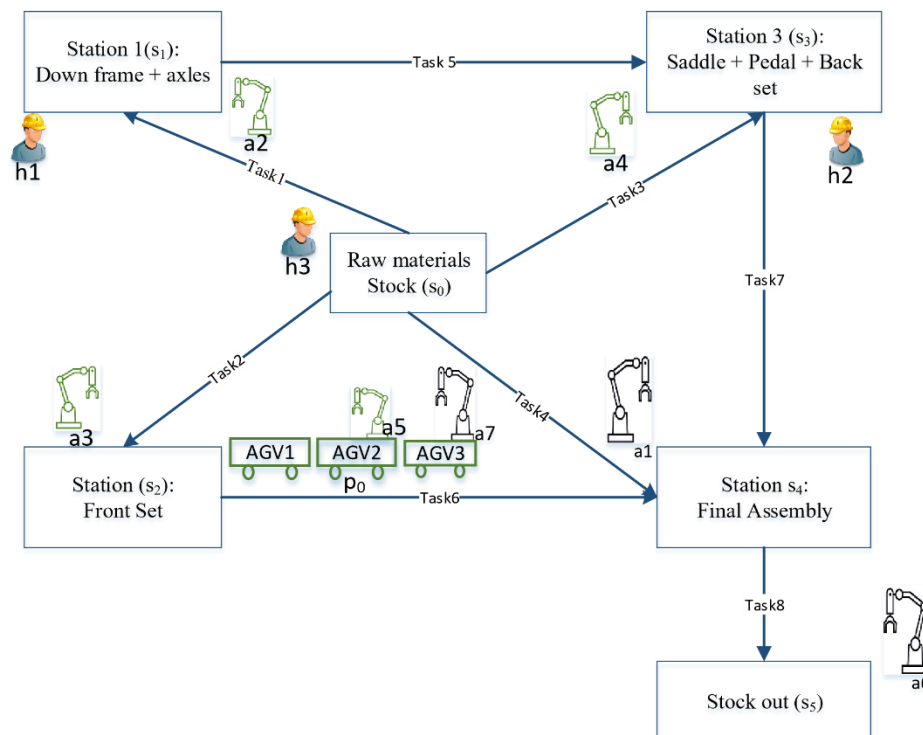


Figure 6 : Exemple de cas d'usage pour évoluer les algorithmes d'allocations de tâches et d'ordonnancement dynamique avec des manipulateurs mobiles.

Dans le domaine de la sim-optimisation de filière industrielle, nous poursuivons les travaux de recherche lancés avec NEOMA-BS dans le cadre de la thèse sur la sim-optimisation d'un système de traitement des biodéchets en utilisant des systèmes multi-agents et des méthodes d'optimisation multi-objectifs. Dans le cadre du projet PLFADDT sur les parcs logistiques du futur, nous nous intéressons aux composantes technologiques (logistique 4.0, entrepôt 4.0 et indicateurs de performances) et à la modélisation de ce parc logistique du futur basé sur la multi-modalité et l'intégration dans le tissu économique local à travers les activités de production et de service associées.

Les travaux de recherche sur les systèmes cyber-physiques industriels, initiés au travers de la Chaire CESI - Cisco – VINCI Energies, se poursuivent. Ils portent sur la classification des données échangées et le traitement distribué des données (fog computing) au niveau du système de production (Figure 7). Les travaux portent notamment sur l'étude et la modélisation d'architectures basées sur le fog computing et leurs applications sur des systèmes industriels à travers le concept de fog manufacturing. Nous les complétons par des travaux, dans le cadre du projet DEFI&Co, sur la classification de données et l'utilisation de méthodes d'analyses prédictives sur des systèmes industriels pour obtenir des outils d'aide à la décision pour des activités de maintenance. Nous avons également conduit des études industrielles sur l'utilisation de ces approches de classification et le développement d'un modèle permettant la prédiction de l'indicateur qualité d'un produit en se basant sur les données liées au processus de production.

De nouvelles questions de recherche sur la résilience et la sécurité des systèmes cyber-physiques industriels (SCPI) sont adressées dans l'équipe. Par exemple, la conception de systèmes cyber-physiques industriels sécurisés est une tâche complexe car il faut garantir la sécurité des données, des échanges et des accès et harmoniser les fonctionnalités entre les différentes parties du système et les interactions avec les différents acteurs et cyber-agents. Ces travaux se basent sur des méthodes formelles et des approches sémantiques pour étudier la cyber-sécurité des SCPI associées à des approches d'apprentissage par renforcement pour la génération d'attaques possibles et de contre-mesures envisageables.

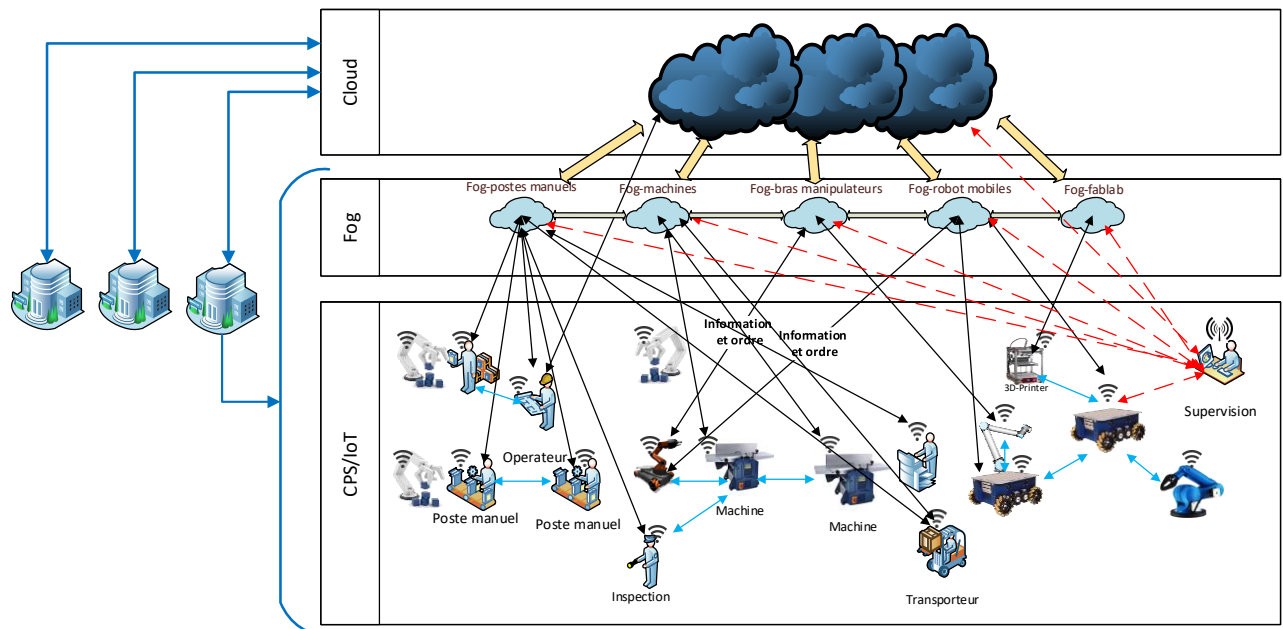


Figure 7 : Fog computing et CPPS

Les perspectives de recherche portent sur l'étude des systèmes cyber-physiques industriels, les questions de collaboration Homme-robot dans les systèmes de production et le développement des technologies liées à l'intelligence artificielle dans ces systèmes. Différents projets de recherche et des réponses à appel à projets (allocation et projet régionaux, projet ANR) ont été initiés sur ces thématiques :

- Etude de l'intégration des facteurs humains et de l'intelligence artificielle pour l'allocation dynamique des tâches cobotiques dans un contexte industriel.
- Intégration de technologies de localisation et d'interactions homme-machine pour l'opérateur 4.0 et anticipation dynamique de ses perturbations dans les ateliers de production.
- Proposition d'un modèle intégré pour optimiser la résilience des CPPS tout en considérant les aspects humains, organisationnels et économiques. L'apparition des Systèmes de Production Cyber-Physiques (CPPS) est accompagnée, de ce fait, de nouveaux comportements relatifs aux perturbations internes et externes du système.

Ces recherches peuvent nécessiter des compétences pluridisciplinaires dans les domaines des Sciences du Numérique, Sciences de l'Ingénieur ou encore des Sciences Cognitives et font l'objet de collaboration avec l'équipe Apprendre et Innover ou avec d'autres équipes académiques.

Axe 2 – Processus collaboratif et outils numériques.

Un premier volet porte sur les outils numériques tels que la réalité augmentée, la réalité virtuelle, les Environnement Virtuel pour les Apprentissages Humains (EVAH) ou encore les jumeaux numériques. Nous travaillons sur des approches dirigées par les modèles UML ou ontologies pour l'exploitation unifiée des données et connaissances dans un contexte de réalité augmentée / réalité virtuelle pouvant être couplé au jumeau numérique du système industriel ou du bâtiment.

Nous avons poursuivi les travaux sur ces problématiques de modélisation et de scénarisation d'environnements RA/RV notamment dans le cadre de la thèse CIFRE avec la société OREKA Ingénierie. Ces travaux de recherche portent également sur l'évaluation des usages que nous souhaitons étendre avec l'évaluation des acquis et des comportements des apprenants en collaboration avec le thème 1. Ces recherches interdisciplinaires s'appuient sur les méthodes et outils développés dans le thème 2 et sur des collaborations avec l'équipe de recherche du thème 1.

Nous avons notamment travaillé sur la conception et l'évaluation d'environnements d'apprentissage en réalité virtuelle pour des formations dans le domaine du lean manufacturing, et poursuivi les travaux de recherche sur des architectures permettant la conception d'environnements virtuels collaboratifs et intégrés au Jumeau Numérique de la plateforme Industrie du futur du campus de Rouen. Plus spécifiquement, des approches de co-simulation permettant le couplage entre les outils de réalité virtuelle et les approches de modélisation et de simulation de système de production, à travers le jumeau numérique, pour étudier ou évoluer dans des environnements dynamiques ont été proposées. Ces travaux ont également permis de proposer une architecture et un modèle de données pour ce jumeau numérique associé à des environnements virtuels ou augmentés (Figure 8).

En complément du domaine de l'industrie manufacturière, les applications de ces travaux pour de la formation ou du soutien à des opérations dans le domaine de la construction en s'appuyant sur la RV/RA et le BIM font l'objet d'une thèse CIFRE démarrée avec VINCI Construction France. Nous nous intéressons notamment aux architectures d'échanges de données entre le BIM, les bases de connaissances métiers et les environnements virtuels et augmentés. Enfin, en collaboration avec le laboratoire LARIS, nous avons initié un projet de recherche sur des approches mixtes RA/RV pour le suivi et l'optimisation de la performance en exploitation de bâtiments intelligents.

Nous travaillons également, dans le cadre du projet FEDER GPS, sur les architectures de jumeaux numériques de bâtiment intelligent couplant des instances d'ontologies à travers l'ontologie ifcOWL pour la partie maquette BIM (éléments du bâtiment tels que la structure, les ouvrants, la CVC, ...) et en utilisant une ontologie basée sur SOSA/SSN pour les IoTs. Cette architecture intègre également un générateur automatique de flux pour les données, des simulateurs thermiques et domotiques et un orchestrateur synchronisant les échanges de données entre les simulateurs.

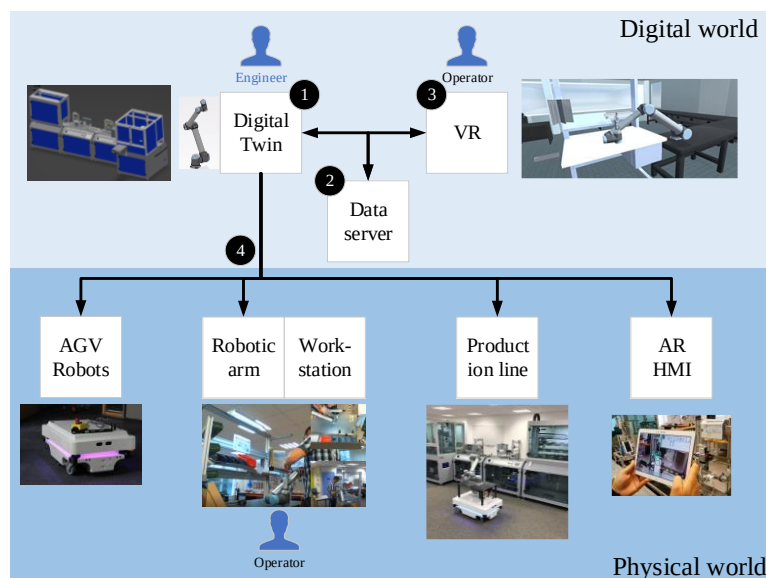


Figure 8 : Jumeau numérique et RA/RV dans un contexte industriel

Nous avons également poursuivi le projet de recherche, s'appuyant sur une thèse, sur la reconnaissance d'action humaine basée sur des approches de deep learning pour des applications de collaboration Homme-robot.

Outre l'adaptation d'algorithmes de deep learning et la création d'un dataset sur des opérations industrielles, les approches explorées portent sur la génération de données à partir du jumeau numérique associé à un environnement virtuel permettant de simuler le processus d'assemblage (Figure 9).

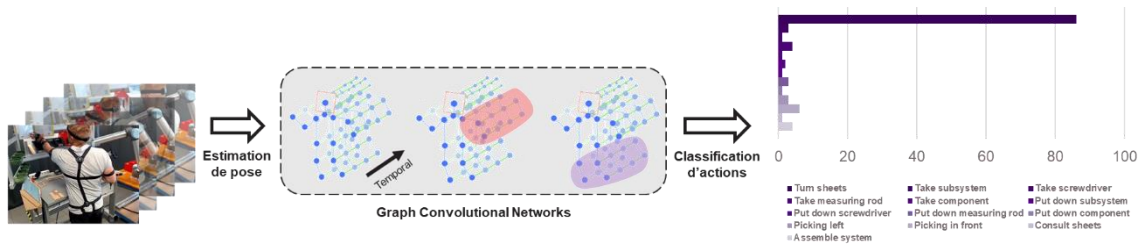


Figure 9 : Collaboration Homme-Robot et reconnaissance d'actions humaines

Plus globalement, les perspectives de recherche portent sur l'utilisation de méthodes issues de l'intelligence artificielle (IA) pour la création d'EVAHs dynamiques et le suivi de l'apprenant en intra ou inter sessions. Dans ce cadre, nous avons poursuivi, avec l'équipe du thème 1, le projet NUMERILAB, soutenu par la Région Normandie et les fonds européens de développement régional (FEDER), sur les environnements numériques instrumentés pour les apprentissages humains s'appuyant sur nos compétences pluridisciplinaires dans les domaines des Sciences du Numérique, de l'Informatique, des Sciences Sociales et Cognitives. Les enjeux de recherche et d'innovation portent sur la modélisation et 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 et données d'apprentissages, en introduisant des méthodes d'IA, pour permettre des mises en situation (simulation) dynamiques et adaptatives.

A travers ces différents projets et notamment les projets DEFI&Co et NUMERILAB, nous avons fait évoluer le plateau technique dédié aux environnements virtuels et aux interactions Homme-machine avec l'installation d'un CAVE 4 faces (Figure 10) et de nouveaux équipements spécifiques dédiés aux EVAHs instrumentés tels que des casques de RV avec suivi de l'activité oculaire ou des capteurs physiologiques (stress, émotions, ...).

Des projets de recherche ont également été déposés sur la thématique de l'opérateur 4.0 avec pour objectif de coupler les travaux sur la modélisation des procédures en RA/RV avec des approches d'IA pour la reconnaissance d'actions et de pièces afin d'assister les opérateurs sur des opérations d'assemblage. Enfin, des perspectives de recherche portent sur des approches de type « learning by doing » pour la formalisation et la capture des procédures métiers en environnement virtuel.



Figure 10 : CAVE 4 faces installé sur le Campus de Rouen

Le second volet porte sur la modélisation des processus de collaboration entre un donneur d'ordre et ses sous-traitants afin de décrire les activités liées aux phases de développement et de fabrication. Des travaux ont été dédiés au développement des modèles d'adoption et de maturité du PLM (Product Lifecycle Management) par les PME afin qu'elles puissent évaluer leur niveau de maturité et identifier les facteurs ayant un impact sur cette adoption.

Nous nous intéressons en parallèle à la formalisation et à la proposition d'un modèle prescriptif de déploiement d'une stratégie de création de valeur optimale dans le domaine des PME. Ces travaux font l'objet d'une thèse en collaboration avec le laboratoire LCPI de l'ENSAM.

Les travaux de recherche sur les processus de construction en couplant les outils Lean et BIM et qui font notamment l'objet d'études dans le cadre d'une thèse CIFRE avec ENGIE Axima ont démarré cette année. Ils portent sur l'amélioration de la performance opérationnelle en combinant Lean et BIM en phase d'exécution. A court terme, nous souhaitons étudier la transférabilité des méthodes et outils développés sur des problématiques de collaboration dans le secteur de l'industrie au secteur du bâtiment. Des travaux ont également démarré sur les modèles de maturité du BIM et de technologies associées. Une première spécification d'un modèle de maturité RA/RV associé au BIM a été proposée. Le modèle proposé a été conçu sur la base des modèles de maturité existants les plus connus pour les technologies BIM et RA/RV et trois principaux niveaux de maturité ont été identifiés.

Des perspectives à moyen terme portent aussi sur des approches couplées entre le BIM/PLM ou BLM (Building Lifecycle Management) et des méthodes de classification de données et d'apprentissage pour piloter les processus et gérer les connaissances.

Axe 3 - Systèmes urbains durables.

Dans cet axe, les travaux portent sur la modélisation et l'optimisation pour l'efficacité énergétique des bâtiments et la maîtrise de la qualité de l'ambiance intérieure. L'équipe s'intéresse par exemple à la modélisation des performances énergétiques et de l'ambiance intérieure de bâtiment en s'appuyant sur une modélisation nodale et zonale de la distribution de l'air dans un espace clos. L'objectif principal de ces travaux est d'optimiser les performances globales de bâtiments que ce soit en construction neuve ou en rénovation. Ces travaux ont cette année fait l'objet de la soutenance de thèse d'Anastácio da Silva Junior, thèse intitulée « *Développement d'un modèle de confort thermique et d'un système de contrôle pour des locaux climatisés par des équipements de type SPLIT* » se déroulant dans le cadre de la collaboration avec PUPCR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná (Brésil).

Dans le projet DEFi&Co, des travaux sont positionnés sur le pilotage intelligent de bâtiment en prenant en compte le comportement des usagers et les données liées au bâtiment au travers de la maquette BIM. Ces travaux se déroulent en collaboration avec le laboratoire DAVID – Université de Versailles Saint Quentin. Ils s'intéressent notamment à l'utilisation de méthode d'apprentissage par renforcement en utilisant la notion de confort adaptatif. Ces travaux sont complétés par ceux se déroulant dans le projet FEDER GPS et s'intéressant aux algorithmes d'apprentissage pour le pilotage des SMART Building dans un contexte de SMART Grid.

Une seconde thèse en collaboration avec l'IRDL – Université de Bretagne Occidentale, est positionnée et vise à développer un outil d'aide à la décision pour des applications de gestion énergétique du bâtiment et des services innovants à ses usagers. Ces travaux s'intéressent notamment à la modélisation multizone et à la commande prédictive pour optimiser l'énergie dans un bâtiment intelligent (Figure 11).

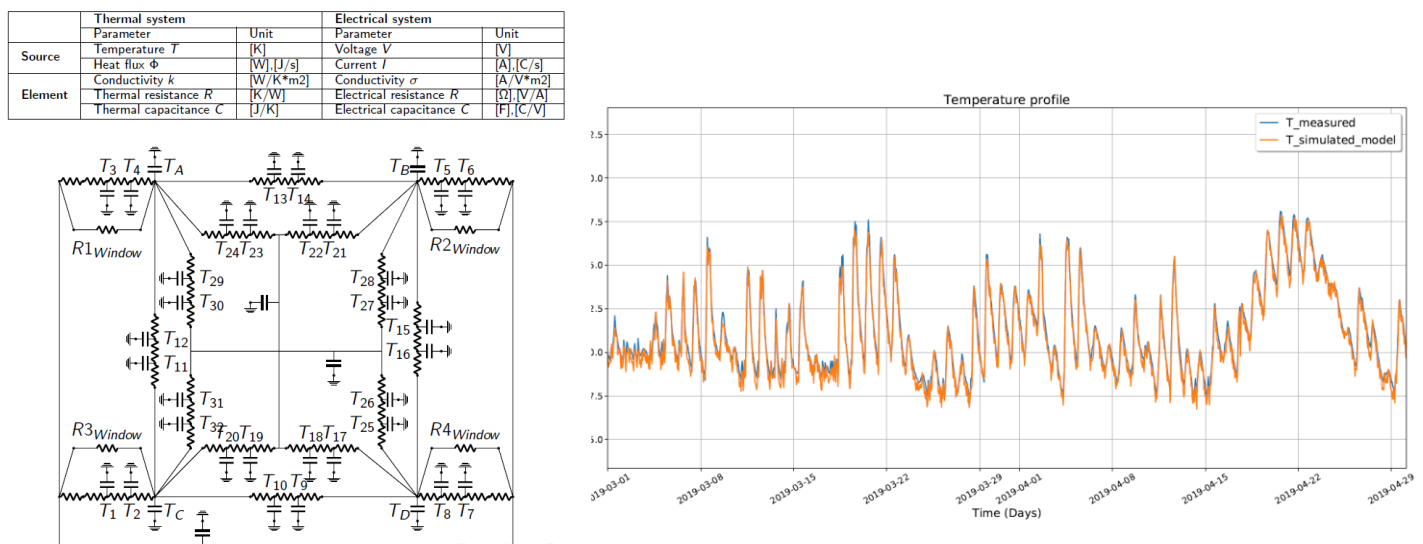


Figure 11 : Modélisation multizones et commande prédictive pour optimiser l'énergie dans un bâtiment intelligent.

Nous travaillons également sur le développement de méthodes et d'outils permettant d'optimiser l'implantation de réseaux de capteurs utilisés dans le cadre d'un bâtiment intelligent, tout en garantissant un niveau de fiabilité raisonnable. Via des collaborations nationales et internationales, les perspectives de recherche portent sur le couplage entre la maquette BIM et les outils d'optimisation du déploiement de capteurs sans fil autonomes ou non en énergie. Ces travaux font notamment l'objet de la thèse intitulée « *Optimisation du déploiement de capteurs dans les smart building* » qui a démarré début 2021 avec l'Institut IRMAS de l'Université de Haute Alsace.

Comme pour l'axe 1, sur les systèmes cyber-physiques industriels, nous développons des techniques basées sur des méthodes formelles et des méthodes d'exploration de données pour assurer la sécurité (cyber sécurité), la sûreté et la fonctionnalité de systèmes complexes comprenant différents aspects (logiciels, matériels, physiques et sociaux). Ces méthodes sont appliquées sur des systèmes cyber-physiques de la ville du futur tels que des bâtiments intelligents ou des véhicules autonomes.

Dans le cadre de la Chaire d'enseignement et de recherche « Ville du futur et économie circulaire » créée par CESI et le groupe ESSOR, des perspectives de recherche portent sur l'analyse prédictive et le BIM dans le contexte de la ville intelligente et durable. Une thèse CIFRE, s'inscrivant dans le cadre de cette Chaire a été acceptée avec un démarrage des travaux en février 2021.

Les perspectives de recherche portent aussi 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. Ces travaux sont positionnés dans le cadre du projet TIGA « Rouen Mobilités Intelligentes pour tous » porté par la Métropole Rouen Normandie.

En complémentarité des travaux de recherche sur les approches prédictives et l'IA dans le domaine de l'industrie, nous souhaitons également initier des travaux de recherche sur la maintenance prédictive appliquée aux smart buildings en s'appuyant sur des approches de type réseaux bayésiens et les jumeaux numériques pour de la génération de données.

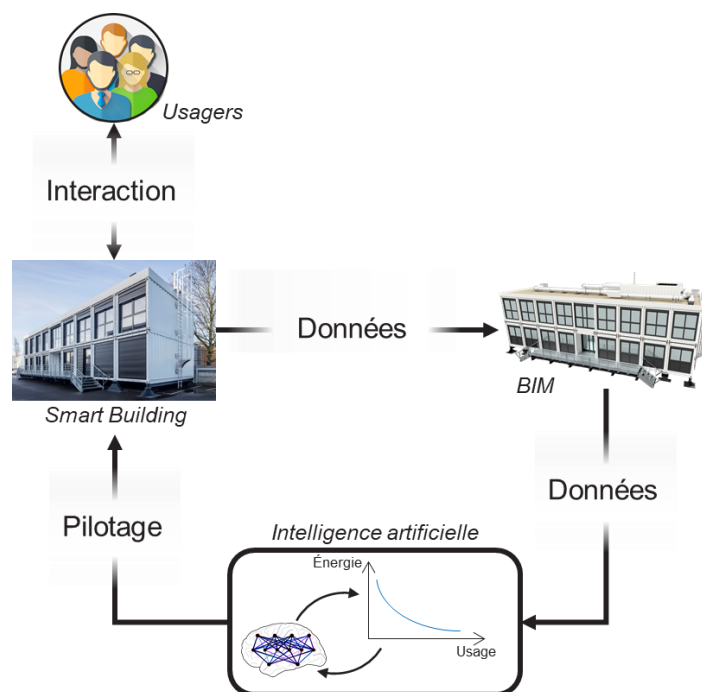


Figure 12 : Apprentissage dynamique pour le pilotage intelligent de bâtiments

2.2.2 Tableau des effectifs à janvier 2021

Equipe :

Responsable du thème	BAUDRY David, HDR	
Co responsable du thème	DUPUIS Yohan, HDR	
Enseignants-chercheurs	AL ASSAAD Hiba ASSILA Ahlem BEDDIAR Karim BELADJINE Djaoued (*) BENATIA Amin BETTAYEB Belgacem BRAHMIA Amine COHEN BOULAKIA Benjamin CORDEIRO Katia DUVAL Fabrice, HDR EL ZAHER Madeleine (*) GARCIA David	HAVARD Vincent LOUIS Anne, HDR MAZARI Belahcène, HDR MEKHALEF BENHAFSSA Abdelkader (*) MESSAADIA Mourad NAIT CHABANE Ahmed (*) NOBLECOURT Sylvain (*) OUCHANI Samir PALLARES Gael (*) SAHNOUN M'hammed, HDR TLAHIG Houda (*)

(*) : profil d'activités en cours de validation selon les critères EC CESI actualisés

Doctorants LINEACT CESI

Doctorant		Direction de thèse		Co-encadrement		Année de démarrage	Titre de la thèse	ED de rattachement
BOUILLON	Catherine	F. DUVAL, CESI		K. BEDDIAR, CESI	B. COHEN-BOULAKIA, CESI	2021	Analyse prédictive et BIM dans le contexte de la ville intelligente et durable	ED SMI 432
ZAIMEN	Khaoula	L. IDOUMGHAR, UHA		A. BRAHMIA, CESI	A. ABOUAISSA, UHA	2021	Optimisation du déploiement de capteurs dans les smart building	
COUPRY	Corentin	D. BIGAUD, Univ. Angers	D. BAUDRY, CESI	S. NOBLECOURT, CESI	P. RICHARD, Univ. Angers	2020	Approche mixte RV/RA pour le suivi et l'optimisation de la performance en exploitation de bâtiments intelligents	ED SPI 602
KANTHILA	Chinmayi	M. BENBOUZID, UBO		K. BEDDIAR, CESI		2020	Towards a Global and Systemic Approach for a Sustainable, Intelligent and Energy Autonomous Building	ED SPI 602
SBITI	Maroua	B. MAZARI, CESI		K. BEDDIAR, CESI	D. BELADJINE, CESI	2020	"Lean - BIM " en construction ; Comment améliorer la performance opérationnelle en combinant le Lean et le BIM en phase exécution	ED SMI 432
SCHIAVI	Barbara	D. BAUDRY, CESI		V. HAVARD, CESI	K. BEDDIAR, CESI	2020	Développement de méthodes et outils afin d'améliorer les échanges d'informations entre le BIM, les bases de connaissances métiers et les environnements virtuels ou augmentés dans les projets de construction	ED SMI 432
RICHARD	Killian	D. BAUDRY, CESI		V. HAVARD, CESI		2019	Proposition d'un modèle de données basé sur les ontologies pour la scénarisation d'Environnements Virtuels ou Augmentés dans un contexte industriel.	ED SMI 432

HADDAM	Nassim	D. BARTH, UVSQ		B. COHEN BOULAKIA, CESI		2018	Machine Learning pour le pilottage énergétique intelligent de Bâtiments	ED STIC 580
DALLEL	Mejdi	D. BAUDRY, CESI		V. HAVARD, CESI		2018	Reconnaissance de gestes humains par apprentissage profond et génération de données étiquetées en réalité virtuelle	ED MIIS 590
MAZAR	Mérouane	A. LOUIS, CESI		N. KLEMENT, ENSAM	B. BETTAYEB, CESI	2018	Simulation et optimisation de la gestion dynamique de tâches évolutives sur des robots mobiles autonomes.	ED SMI 432
MORIN DUPONCHELLE	Guillaume	B. ZERR, ENSTA Bretagne		A. NAIT- CHABANE, CESI		2018	Reconnaissance de points d'intérêts pour un robot d'inspection dans un environnement contraint et dégradé	ED MATH- STIC 601
VASNIER	Jean-Marc	A. AOUSSAT, ENSAM		M. MESSAADIA , CESI	N. MAZANZANA, ENSAM	2018	Formalisation d'un modèle prescriptif de déploiement d'une stratégie de création de valeur optimale. Application au domaine des PME	ED SMI 432
XU	Yiyi	A. LOUIS, CESI		F. ABDELAZIZ, NEOMA	M. SAHNOUN, CESI	2018	Sim-Optimisation du Système de traitement des BIOdéchets en utilisant des systèmes multi- agents et d'optimisation multi- objective.	ED MIIS 590
BOODI	Abhinandana	M. BENBOUZID, UBO		K. BEDDIAR, CESI	Y. AMIRAT, ISEN	2017	Bâtiment Intelligent : Vers une Approche Globale et Systémique Visant l'Autonomie Énergétique	ED SPI 602
BOUZARKOUNA	Imen	C. GOUTT, INSA Rouen	D. BAUDRY, CESI	M. SAHNOUN, CESI		2017	Traitement en temps réel distribué dans les systèmes cyber physique industriels	ED MIIS 590



2.2.3 Produits et activités de recherche du thème Ingénierie & Outils Numériques

Thèses soutenues en 2020

Anastácio da Silva Junior a soutenu sa thèse intitulée « *Développement d'un modèle de confort thermique et d'un système de contrôle pour des locaux climatisés par des équipements de type SPLIT* » le 30 juillet 2020 à PUPCR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná (Brésil). Ce travail a été codirigé par Nathan Mendes (PUCPR) et Katia Cordeiro (LINEACT, CESI). Les conditions de confort thermique peuvent varier considérablement dans une salle équipée de systèmes de type split. L'objectif général de ce travail est d'obtenir des données expérimentales pour la construction d'un dispositif qui contrôle les flux d'air et la température de consigne du système split, grâce à l'indice de confort thermique simplifié à partir de la mesure de la vitesse et de la température de l'air en une seule fois. Ces travaux ont permis d'obtenir un indice de confort pour les systèmes de type split et une équation qui fournit la valeur de l'indice de confort pour toutes les conditions d'utilisation en été. Cet indice a été utilisé dans un système de pilotage. Les résultats ont montré que le dispositif proposé offre de meilleures conditions de confort thermique et permet une réduction importante de la consommation d'énergie de l'équipement.

Souleymane Moussa a soutenu sa thèse intitulée « *Supervision Distribuée d'un atelier de Production Flexible utilisant des Robots Mobiles Collaboratifs pour la Tâche de Transport* » le 12 Novembre 2020 au sein de LINEACT CESI Campus de Rouen. Ce travail a été co-dirigé par Abdelaziz Benshrir (LITIS, INSA de Rouen) et Fabrice Duval (LINEACT, CESI) et co-encadré par M'hammed Sahnoun (LINEACT, CESI). Ce travail de thèse, s'inscrivant dans le cadre du projet européen COROT, a permis de mettre en œuvre, tester et valider une architecture de supervision distribuée incluant une approche d'ordonnancement de tâches. Cette approche considère à la fois la modularité et l'intelligence des manipulateurs mobiles, de même que l'hétérogénéité des systèmes de transport. La méthode d'ordonnancement des tâches se fonde sur un mécanisme hybride et un modèle de décision local basé sur une programmation linéaire en nombre entiers (ILP). Ceci permet de profiter pleinement de l'intelligence embarquée dans les robots en leur donnant la possibilité d'exécuter localement des ordres de haut niveau tout en respectant les objectifs globaux au travers d'un principe de coalition. Deux cas d'étude sur des ateliers de production flexibles ont été menés afin de valider la méthode proposée.

Publications 2015-2020

Type	Catégorie	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Articles	ACL	3	6	4	3	8	15	39
Congrès	C-ACTI	10	4	10	17	30	17	88
	C-ACTN	5	4	7	7	3		26
	C-AFF	1			2			3
	C-COM			1	3	1		5
Conférences invitées	C-INV	1					2	3
Ouvrages scientifiques	OS	1	2	1	1	1	1	7
Thèses	Thèse		3		1	1	2	7
Brevets	BRE			1			1	2
Total		21	19	24	34	44	37	180

La synthèse de la production scientifique de l'équipe de recherche Ingénierie et Outils Numériques est présentée sur le graphique suivant :

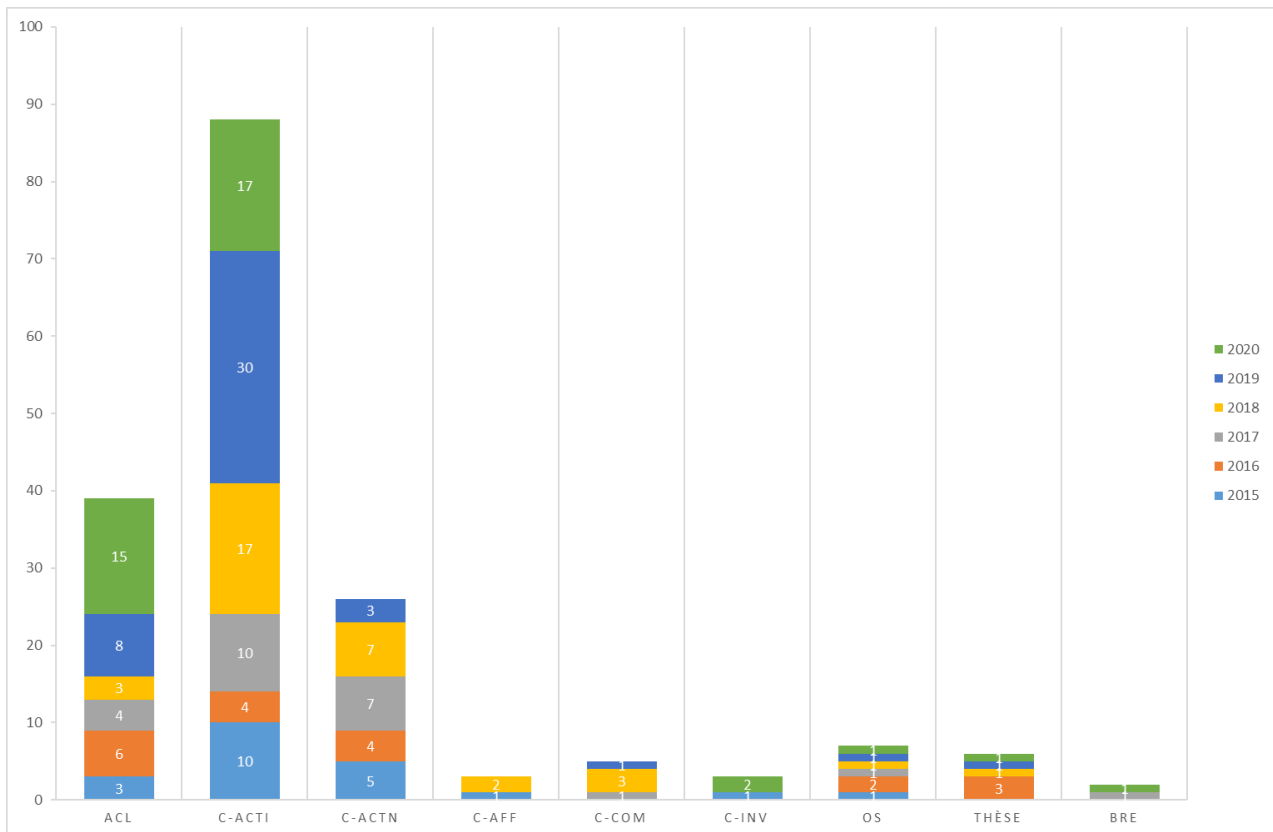


Figure 13 : Publications du thème Ingénierie & Outils Numériques

3 Les Projets structurants

3.1 Jumeaux Numériques

Avec la transformation numérique des entreprises et des industries et dans les contextes de l'industrie du futur, de la construction 4.0 et du bâtiment du futur, le développement de jumeaux numériques et d'interfaces Hommes-Machines basés sur la réalité virtuelle ou augmentée deviennent indispensables. Ils répondent notamment aux questions de conception, de simulation et d'optimisation pour l'un et sont utiles pour interagir avec les données et simulations du jumeau numérique et développer la collaboration, l'innovation et la formation pour l'autre. Afin de pouvoir étudier ces enjeux, LINEACT CESI a développé des prototypes de jumeaux numériques de ses plateformes technologiques (Figure 14), prototypes réalisés notamment dans le cadre des programmes de recherche tels que LaVi&Co, PFPI ou XTERM. L'intégration pédagogique de ces jumeaux numériques a été initiée dans le cadre du projet DEFI&Co, par exemple à travers un projet pilote intitulé « Lean manufacturing 4.0 » basé sur l'atelier flexible de production de la plateforme Industrie du Futur et son jumeau numérique ou dans des formations dans le domaine du BTP exploitant la maquette BIM et des simulations basées sur le jumeau numérique du bâtiment du futur.

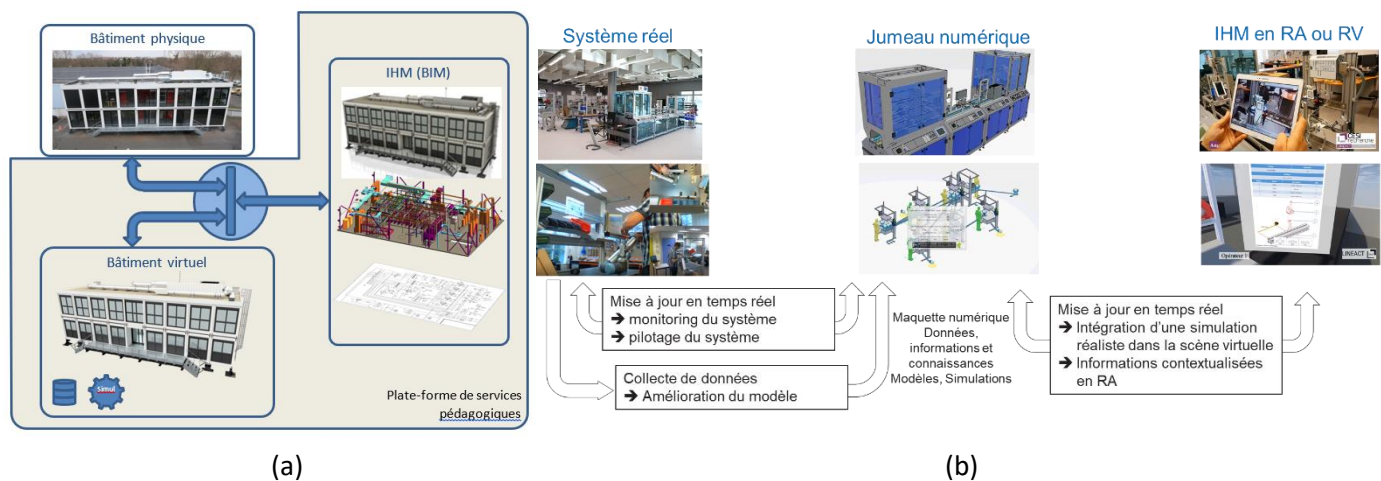


Figure 14 : Jumeaux numériques des plateformes Bâtiment du futur (a) et Industrie du futur (b)

Dans le domaine des Sciences du Numérique, des recherches sur les architectures, les interactions, les modèles de données et connaissances de ces jumeaux numériques et des interfaces en RA ou RV associées sont à l'étude (Figure 15). Ces recherches s'intéressent également aux aspects prédictifs et aux jumeaux numériques de systèmes cyber-physiques. En complément, des recherches sur les transpositions didactiques et informatiques et leur efficacité seront menées par les enseignants/chercheurs des Sciences de l'Education et du Numérique et des questions de recherche à adresser portent sur la didactique pour définir et caractériser le potentiel du jumeau numérique par l'analyse de situations de développement et d'apprentissage.

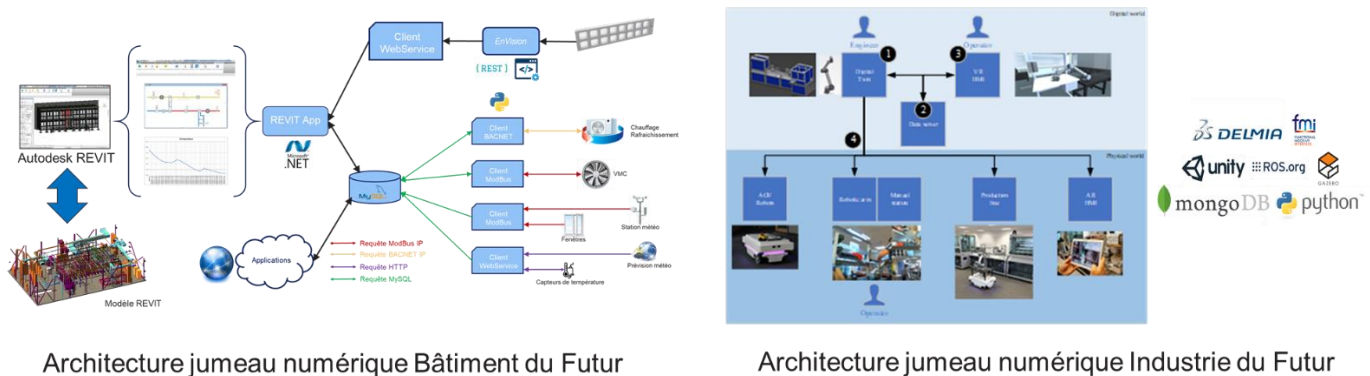


Figure 15 : Architectures des jumeaux numériques

La récente crise sanitaire actuelle et le travail de recherche entrepris pour comprendre pourquoi CESI a réussi à assurer une vraie continuité pédagogique dès la première semaine ont montré l'importance de disposer de ressources numériques nombreuses et adaptées aux différentes situations vécues par les apprenants, y compris celles où les connexions ou la puissance de calcul sont limitées. L'impossibilité d'accès physique aux équipements des centres, que ce soit aux Lab'CESI, aux instruments de prototypage ou de mesure, aux robots ou aux plateformes incite à créer des doubles virtuels de tous les équipements. Dans ce contexte, CESI souhaite poursuivre et intensifier le développement des jumeaux numériques et leur intégration pédagogique. Pour ce faire, le projet SyVICO « *Systèmes Virtuels pour l'Industrie et la Construction* » a été structuré sur 2020 avec un démarrage de premières actions sur le premier semestre de 2021. L'un des objectifs du projet SyVICO est de proposer des environnements d'apprentissages innovants et facilitant des apprentissages distanciels basés sur la simulation, la virtualisation et les jumeaux numériques des 3 plateformes technologiques de pointe de LINEACT CESI dans les domaines de l'industrie du futur, de la fabrication additive métallique et du bâtiment du futur.

3.2 CoRoT

Dans le cadre de l'Usine du Futur (Stratégie de Spécialisation Intelligente fabrication), ce projet vise à améliorer la compétitivité des entreprises manufacturières, notamment les PME, en leur fournissant des solutions technologiques innovantes (robots de service) et des outils numériques pour un système de production flexible, ainsi que les savoirs associés. CoRoT renforce également le transfert entre les universités et l'industrie dans la zone France-Manche-Angleterre (FMA). Pour atteindre ces objectifs, des instituts de recherche (LINEACT CESI, IRSEEM/ESIGELEC, Universités du Havre, d'Exeter et de Greenwich) innovent avec des PME fournisseurs de technologies (BA Systèmes, Autofina, ...) pour répondre aux besoins des utilisateurs finaux (FORD et ses fournisseurs - MJ Allen, Yeo Valley et les membres de cluster et filières industriels, ...).

Depuis 2008, la productivité moyenne des PME a baissé de 2 % en France et 12 % au Royaume-Uni, en raison notamment de la concurrence importante sur les coûts des économies émergentes. De récents rapports sur les tendances de la fabrication en Europe montrent que les outils numériques et les systèmes de fabrication flexibles impliquant des robots autonomes sont des technologies clés pour des usines reconfigurables et réactives et pour accroître la productivité (jusqu'à 30 % attendus). Pour les PME, en raison de la variabilité importante en volume, de petites séries et de délais réduits, le EU Business Innovation Observatory indique, comme solution innovante pour relever ce défi, l'automatisation et les plateformes de robots mobiles connectées et collaboratives dans un système de fabrication flexible (FMS). Ces solutions représentent le cœur du projet CoRoT, à savoir :

- Développer des briques logicielles pour des bras robotisés et manipulateurs mobiles.
- Intégrer ces briques logicielles dans deux plateformes mobiles (plateforme industrielle et plateforme ouverte bas coût).
- Développer une plateforme logicielle de supervision et de simulation de système de production flexible avec ou sans robotisation.
- Tester et valider ces technologies à travers des cas d'usages industriels.

Une tâche importante de CoRoT est également la valorisation transfrontalière via des rencontres B2B, des ateliers de formation et par l'étude de nouvelles opportunités pour le marché des robots mobiles (inspection, surveillance...).



3.3 DEFI&Co

LINEACT développe au travers de ses deux équipes de recherche, et en lien avec les formations, une activité de recherche au service des entreprises pour les accompagner dans leur transition numérique et dans la préparation de leur digitalisation. Le laboratoire se concentre plus particulièrement sur les problématiques liées à l'usine étendue et numérique, aux usages de la réalité augmentée et de la réalité virtuelle ou encore aux outils d'aide à la décision pour l'optimisation des outils de production et des opérations de maintenance. Il accompagne également les entreprises dans la montée en compétences de leurs salariés face à l'arrivée massive de ces nouveaux outils numériques et dans l'optimisation de leurs processus d'innovation.

3.4 Chaire Robotics-by-Design

CESI a intégré 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 cinq partenaires académiques (Strate Ecole de Design, l'ENSTA Paris de l'Institut Polytechnique, l'Université Paris Est Créteil, l'Université de Nîmes et CESI) et des chercheurs internationaux de renom tels que Stéphane Vial, Professeur en Design 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 va notamment héberger des thèses CIFRE, dont une qui vient d'être lancée 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, Compétences, Santé et Sécurité 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 agents.

3.5 Chaire Ville du futur et Economie circulaire

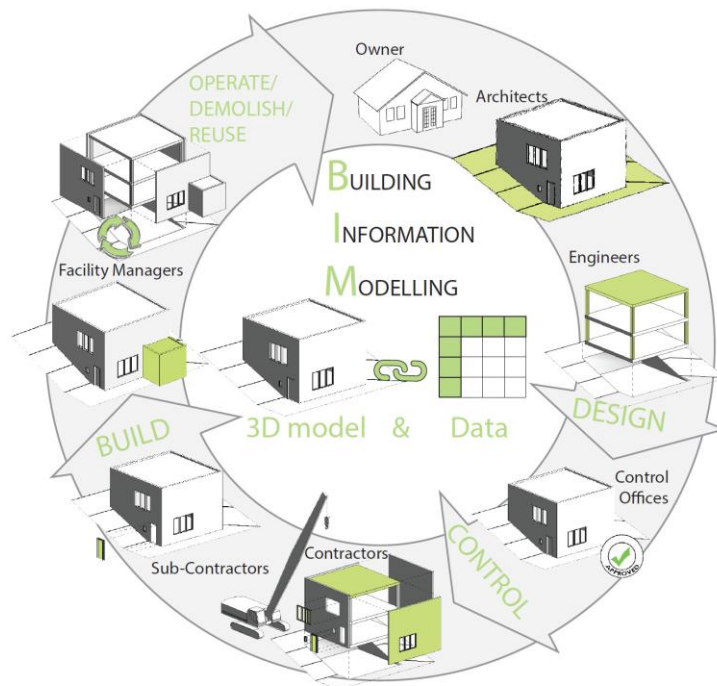
Pour répondre à des nécessités environnementales, sociétales et économiques, nos bâtiments seront dans l'avenir réversibles, mutables et adaptables. Cette évolution du bâtiment et de la ville doit répondre au principe de l'économie circulaire. La numérisation et l'industrialisation de la construction 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 y sont prévues : cofinancement de thèses et de stagiaires recherche, organisation d'évènements thématiques de recherche et d'innovation, etc. Dans ce cadre, une première thèse CIFRE intitulée « *Analyse prédictive et BIM dans le contexte de la ville intelligente et durable* » est en cours de mise en place.



Source : F. Denis

4 Perspectives

Les bouleversements dus à la pandémie, les problèmes à résoudre avec une échelle de temps qui s'est comptée en jours, pour ne serait-ce qu'assurer la continuité de nos activités, ont été à la fois un révélateur et un formidable accélérateur des voies que LINEACT CESI a tracées depuis plusieurs années.

Les activités pédagogiques n'auraient pu être menées sans le soutien des ressources numériques variées, puissantes et adaptées aux différentes situations vécues par les apprenants, et les activités de recherche et innovation auraient été en mode fortement dégradé si CESI n'avait pas inscrit la duplication numérique de nos équipements dans les processus mis en place et à poursuivre.

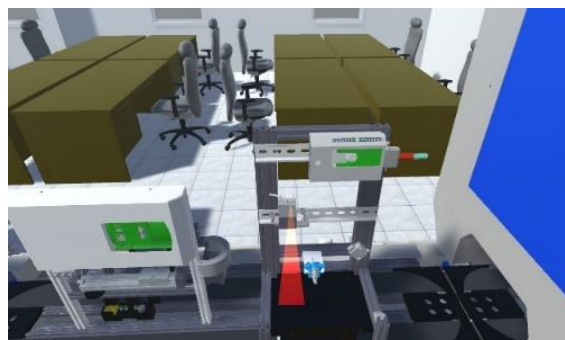
Les travaux sur les jumeaux numériques, initiés dans les différents projets de recherche depuis maintenant 4 ans, vont se poursuivre avec notamment la réponse à l'Appel à Manifestation d'Intérêt « DemoES » 2021 au travers du projet JENII (Jumeaux d'Enseignement Numériques, Immersifs et Interactifs) qui regroupe 4 partenaires : ENSAM, CEA, CNAM et CESI. L'ambition du projet est de proposer une offre de formation spécifique pour l'Industrie du futur fondée sur des environnements immersifs et collaboratifs et des jumeaux numériques de systèmes industriels réels. La mobilisation de ces outils permet de donner accès aux systèmes industriels réels dans leur complexité propre et d'utiliser pour la formation des outils qui font ou feront partie du monde industriel lui-même. Le caractère virtuel de ces outils permet en outre de les intégrer dans les systèmes de formation à distance permettant de gérer le multimodal, la personnalisation et l'accès multi site.

L'humain et son environnement seront toujours au cœur de nos préoccupations, et ces problématiques vont utiliser les ressources de tout le laboratoire, que ce soit les Sciences du Numérique, de l'Informatique, des Sciences Sociales et Cognitives.

- L'humain au cœur de la ville intelligente et durable, plus particulièrement dans le cadre de la Chaire CESI avec le groupe ESSOR,
- L'humain et ses relations avec les objets qui l'entourent, notamment dans les systèmes de production avec les collaborations homme-robot ou nos apprenants avec les environnements instrumentés, avec les technologies liées à l'Intelligence Artificielle, ou plus globalement avec les environnements d'apprentissage,
- L'humain et les processus d'apprentissage, pour repérer les leviers et les freins, et concevoir et animer des espaces, lieux, milieux ou environnements d'apprentissage capacitants,
- L'humain au sein de son groupe social, entreprise/organisme ou formation, autour duquel restent centrées les approches d'innovation, le fil rouge restant les théories de la motivation humaine, et en particulier la théorie de l'autodétermination.

Le plan ambitieux de recrutement d'enseignant-chercheur mis en place va se poursuivre, l'objectif à la fin de 2021 étant de pratiquement doubler le nombre de nos ressources, pour accompagner au mieux nos apprenants et plus largement toute personne ou organisation qui choisit de placer sa confiance en CESI pour son développement.

Enfin, CESI reste très attentif à la mise en œuvre de la Loi pour la Programmation de la Recherche, que ce soit sur les volets financement, recrutement/attractivité de la recherche, organisation ou diffusion auprès des entreprises et plus largement la société civile.



Production scientifique au sein de LINEACT

Janvier 2020 à février 2021

Articles dans des revues internationales ou nationales

1. Stéphanie Guibert, "La didactique professionnelle pour relier travail et formation", Education Permanente, 1, 226, 2021
2. Andréa Boisadan, Stéphanie Buisine, Philippe Moreau, "Towards the Design of a Quick and Universal Questionnaire to Assess the Intuitiveness of Products", Theoretical Issues in Ergonomics Science, 2021
3. Samir Ouchani, "Reliability-driven Automotive Software Deployment based on a Parametrizable Probabilistic Model Checking", Expert Systems With Applications, 2021
4. Anastácio Silva Junior, Kátia Cordeiro Mendonça, Rogério Vilain, Marcelo Luiz Pereira, Nathan Mendes, "On the development of a simplified model for thermal comfort control of split systems", Building and Environment, 2020
5. Souleymane Moussa, Belgacem Bettayeb, M'hammed Sahnoun, Fabrice Duval, Abdelaziz Bensrhair, "Modular mobile manipulators coalition formation through distributed transportation tasks allocation", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 2020
6. Samir Ouchani, "Assessing the Severity of Smart Attacks in Industrial Cyber Physical Systems", ACM Transaction on Cyber Physical Systems, 2020
7. Fatima Souad Bezzaoucha, M'hammed Sahnoun, Sidi Mohamed Benslimane, "Multi-component modeling and classification for failure propagation of an offshore wind turbine", International Journal of Energy Sector Management, 1-25, 2020
8. Salah Eddine Bellal, Leila Hayet Mouss, M'hammed Sahnoun, Mourad Messaadia, "User behaviour-based approach to define mobility devices needs of disabled person in Algeria: a questionnaire study", DISABILITY AND REHABILITATION: ASSISTIVE TECHNOLOGY, 2020
9. Mustapha Anwar Brahmi, Mohammed Dahane, Mehdi Souier, M'hammed Sahnoun, "Sustainable capacitated facility location/network design problem: a Non-dominated Sorting Genetic Algorithm based multiobjective approach", Annals of Operations Research, 2020
10. Mohamed Amin Benatia, David Baudry, Anne Louis, "Detecting counterfeit products by means of frequent pattern mining", Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2020
11. Bernard Blandin, "Les pédagogies actives par problèmes et par projets à l'épreuve de la distance : questions à l'ingénierie", Distances et Médiations des Savoirs, 31, 2020
12. Marcos Batistella Lopes, Viviana Cocco Mariani, Kátia Cordeiro Mendonça, Claudine Béghein, "On the use of particle-wall interaction models to predict particleladen flow in 90-deg bends", Building Simulation: An International Journal, 2020
13. Abhinandana Boodi, Karim Beddiar, Yassine Amirat, Mohamed Benbouzid, "Simplified Building Thermal Model Development and Parameters Evaluation Using a Stochastic Approach", Energies, 13, 2899, 2020
14. Jérôme Guegan, Julien Nelson, Lubomir Lamy, Stéphanie Buisine, "Actions speak louder than looks: The effect of avatar appearance and in-game actions on subsequent prosocial behavior", Cyberpsychology: Journal of Psychosocial Research on Cyberspace, 14, 4, 2020
15. Vincent Havard, M'hammed Sahnoun, Belgacem Bettayeb, Fabrice Duval, David Baudry, "Data architecture and model design for Industry 4.0 Components integration in Cyber-Physical Production Systems", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 0954405420979463, 2020

16. Aurélien Agnès, Sylvain Fleury, Aristide Auzerais, Isaline Bisson, Eva Dulau, Stéphanie Buisine, Simon Richir, "Text input tools' complementarity in immersive virtual environments", International Journal of Design and Innovation Research, 2020
17. Tom Børsen,, Yann Serreau, Kiera Reifschneider, Andre Baier, Rebecca Pinkelman, Tatiana Smetanina, Henk Zandvoort, "Initiatives, experiences and best practices for teaching social and ecological responsibility in ethics education for science and engineering students", European Journal of Engineering Education, 1-24, 2020
18. Lazher Zaidi, Corrales Ramon Juan Antonio, Sabourin Laurent, Belhassen Chedli Bouzgarrou, Youcef Mezouar, "Grasp Planning Pipeline for Robust Manipulation of 3D Deformable Objects with Industrial Robotic Hand + Arm Systems", MDPI APPLIED SCIENCES, 2020
19. MUHAMMAD M. Iqbal, Muhammad Zia, Karim Beddiar, Mohamed Benbouzid, "Optimal Scheduling of Grid Transactive Home Demand Responsive Appliances Using Polar Bear Optimization Algorithm", IEEE Access, 2020
20. Yiyi Xu, M'hammed Sahnoun, Fouad Ben Abdelaziz, David Baudry, "A Simulated Multi-Objective Model for Flexible Job Shop Transportation Scheduling", Annals of Operations Research, 2020
21. Andréa Boisadan, Stéphanie Buisine, Philippe Moreau, Yasmine Boumenir, "DESIGNING UNIVERSAL VISUOTACTILE PICTOGRAMS FOR ORIENTATION MAPS", Journal of Accessibility and Design for All, 2020
22. Omar Doukari, David Greenwood, "Automatic generation of building information models from digitized plans", Automation in Construction, 113, 103129, 2020
23. Marcos Antonio Garcia, Luciano Antonio Mendes, Joaquim Manoel Gonçalves, Kátia Cordeiro Mendonça, Nathan Mendes, "Comparative analysis of hydraulic refrigeration and mechanical vapour compression water cooling technologies in designing a technical system for oyster conservation", Annals of the brazilian academy of sciences, 2020

Brevet

1. C. Bourgognon, J. Penot, T. Morin, D. Failly, "Unité De Fabrication Modulaire Et Transportable Offrant Une Haute Sécurité Industrielle Notamment Pour La Fabrication Additive Métallique", NR, 2020

Communications avec actes dans un congrès international

1. S. Ouchani, "A Review on Cyber-Physical Systems: Models and Architectures", WETICE, Bayonne, France, 2021
2. S. Buisine, A. Taton, A. Boisadan, "Need-seeking: Creating, discovering or recovering needs?", IEA, Vancouver, Canada, 2021
3. A.. Syarif, A. Brahmia, J.F. Dollinger, A. Abouaissa, L. Idoumghar, "RPL-OC: Extension of RPL Protocol for LLN Networks based on the Operator Calculus approach", ICICT 2021, London, United Kingdom, 2021
4. S. Ouchani, "Towards an Automatic Evaluation of the Performance of Electronic-based Physical Unclonable Functions", IC-AIRES, Cherchel, Algeria, 2020
5. S. Ouchani, "Ensuring the Correctness and Well Modeling of Intelligent Healthcare Management Systems", icost, Hammamet, Tunisia, 2020
6. S. Ouchani, "Security Assessment and Hardening of Autonomous Vehicles", CRISIS, Paris, France, 2020
7. M.A. Garcia, N.. Silveira Jr., L.A. Mendes, K. Cordeiro Mendonça, "On the development of a technological solution to mitigate summer mortality in Brazilian oysters' crops: reporting experimental results", CYTEF 2020, Pamplona, Espagne, 2020
8. S. Ouchani, "Towards Enhancing Security and Resilience in CPS: A Coq-Maude based approach", CPS'CAPP, Antalya, Turkey, 2020
9. M.A. Benatia, A. Louis, D. Baudry, "Alarm Correlation to improve industrial fault management", IFAC-WC'20, Berlin (Distanciel), Allemagne, 2020
10. A. Brahmia, J. Dollinger, S. Ouchani, W.M. Dahmane, "A BIM-based framework for an Optimal WSNDeployment in Smart Building", NOF2020, Bordeaux, France, 2020

11. Z. Chevallier, B. Finance, B. Cohen Boulakia, "A Reference Architecture for Smart Building Digital Twin", SeDiT 2020, Heraklion, Grèce, 2020
12. A. Assila, T. Guidini, A. Dhouib, D. Baudry, V. Havard, "Towards the specification of an integrated measurement model for evaluating VR cybersickness in real time", HCII, Copenhagen, Denmark, 2020
13. I. Bouzarkouna, M. Sahnoun, D. Baudry, M.A. Benatia, C. Gout, "Fog-based Logistic Application Modeling in an Industry 4.0 Framework", ICMT 2020, Seattle, USA, 2020
14. M. Sahnoun, N. He, B. Bettayeb, M. Gonzalez-Romo, D. Zhang, S. Moussa G, "Integrated Scheduling of Machines and AGVs in Flexible Manufacturing System", Production Economics 2020, Innsbruck, Austria, 2020
15. S. Moussa G, M. Sahnoun, F. Duval, A. Bensrhair, "Bi-Objective Indirect Optimization of Robotic Transportation Task Assignment Based on Auction Mechanism", EDTM 2020, Penang, Malaysia, 2020
16. M. Mazar, B. Bettayeb, N. Klement, "Ordonnancement dynamique des tâches robotisées pour le traitement du mildiou par radiation UV-c dans l'horticulture", RoAdef 2020, Montpellier, France, 2020
17. J. Vasnier, M. Messaadia, N. Maranzana, A. Aoussat, "Efficient Identification Model of Strategic Key Dimensions in SMEs", IEOM, Dubai, United Arab Emirates (UAE), 2020
18. A. Badets, V. Havard, K. Richard, D. Baudry, "Using collaborative VR technology for Lean Manufacturing Training: a case study", VRIC, Laval, France, 2020
19. J. Vasnier, "Preliminary analysis of the behavioural intention to use a risk analysis dashboard through the technology acceptance model", PLM 2020, Rapperswil, Witerland, 2020
20. A. Assila, D. Beladjine, M. Messaadia, "Towards AR/VR maturity model adapted to the Build-ing Information Modeling", PLM, Rapperswil, Switzerland, Suisse, 2020
21. M. Dallel, V. Havard, D. Baudry, X. Savatier, "InHARD - Industrial Human Action Recognition Dataset in the Context of Industrial Collaborative Robotics", ICHMS 2020, Online (Roma), Online (Italy), 2020
22. R. Shekhawat, A. Benatia, D. Baudry, "A Novel Strategy for Energy optimal designs of IoT and WSNs", MOSICOM 2020, Dubai, UAE, 2020
23. J. Vasnier, "Preliminary design and evaluation of strategic dashboards through the technology acceptance model", DESIGN 2020, Zagred, Croatia, 2020
24. N. Haddam, D. Barth, B. Cohen Boulakia, "A model-free reinforcement learning approach for the energetic control of a building with non-stationary user behaviour", ICSGSC 2020, Osaka, Japon, 2020
25. M. Eslahi, "BIM and Contribution to IFC-Bridge Development: Application on Raymond Barre Bridge", EBF, Istanbul, Turkey, 2019
26. S. Ouchani, "A Meta Language for Cyber-Physical Systems and Threats: Application on autonomous vehicle", ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications, Abu Dhabi, UAE, 2019
27. A. Adam, S. Guibert, C. Delgoulet, F. Barcellini, "Des FabLabs pour apprendre à innover : rôles des fabmanagers", eCONFERE 2020, Paris, France, 2020
28. V. Gerbeau, F. Segonds, V. Meyrueis, S. Buisine, "ACDC: Augmented Creativity for Design Collaboration", CONFERE, Paris, France, 2020
29. S. Ouchani, "Towards a Security Reinforcement Mechanism for Social Cyber-Physical Systems", SADASC, Merrakech, Morocco, 2020
30. S. Ouchani, "Modeling Attack-Defense Trees' Countermeasures using Continuous Time Markov Chains", Software Engineering and Formal Methods, Amsterdam, Netherlands16/, 2020

Ouvrage Scientifique

1. K. Beddiar, A. Cleraux, P. Chazal, "construction hors-site", DUNOD, 2020

Thèses de doctorat

1. A. Silva Júnior, "Desenvolvimento De Um Sistema De Controle Para Ambientes Climatizados Por Sistemas Do Tipo Split", PUCPR, PPGEM, Jul 2020, N. Mendes, K. Cordeiro Mendonça

ANNEXE 2

PROJETS AU SEIN DE LINEACT

6 ANNEXE 2 : Projets en cours

6.1 Récapitulatif des projets en cours

projet	financeur	Programme/AAP	notifica tion / lancem ent	durée (mois)	impacts - Objectifs	thème LINEACT	partenaires (en gras le chef de file)	budget global	budget CESI	région porteuse CESI
DEFI&Co	Banque des Territoires	PIA - Partenariats pour la formation professionnelle et l'emploi	juil-16	60	Développement de formations innovantes et qualifiantes de niveaux 3 à 1 dans le but de qualifier plus de 10 000 étudiants, apprentis ou stagiaires de la formation continue, avec une attention toute particulière à l'intégration des femmes aux emplois de demain. Ces formations concernent l'Industrie du futur (gestion du cycle de vie de produits ou PLM, production et maintenance), le Bâtiment du futur (maquette numérique pour le bâtiment ou BIM, performance énergétique), les métiers de l'analyse de données liés à ces deux axes (« Data Scientists »).	Transverse	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, Luxemburg Institute for Science and Technology, Université Régionale des métiers et de l'artisanat Nord-Pas de Calais, BTP- CFA Ile de France.	17,8 M€	12,2 M€	DG
										IdF
COROT	Europe - FEDER	Interreg V France Manche Angleterre	dec- 2016	42	Dans le cadre de l'Usine du Futur (Stratégie de Spécialisation Intelligente fabrication), ce projet vise à améliorer la compétitivité des entreprises manufacturières, notamment les PME, en leur fournissant des solutions technologiques innovantes (robots de service) et des outils numériques pour un système de production flexible, ainsi que les savoirs associés	Ingénierie et Outils Numériques	CESI , BA Systèmes, CERI, Autofina, ESIGELEC (IRSEEM), Université du Havre (GREAH), University of Greenwich (CIPDM), University of Exeter (XMEC)	3,9 M€	740 k€	NO (porteur) et SO

VISTA-AR	Europe - FEDER	Interreg V France Manche Angleterre	mars-17	42	Permettre aux acteurs du patrimoine culturel d'attirer plus de visiteurs en établissant d'une part des modèles économiques innovants et d'autre part des solutions de réalité augmentée (RA) pour améliorer l'expérience de ces mêmes visiteurs	Ingénierie et Outils Numériques	Université d'Exeter , Région Bretagne, EESAB, NEOMA BS, CESI, Commune de Fougère, Cathédrale d'Exeter, Université de Bournemouth	7,9 M€	620 k€	NO
UV Robot	Europe - FEDER	Interreg V Nord Ouest Europe	sept-17	48	Problématiques associées à la robotisation du traitement par UV-C (UV de type C) dans l'horticulture: Développement de robots pour le traitement autonome du mildiou, Intégration du traitement UV-C dans les stratégies de protection intégrées IPM actuelles, Mise en œuvre de l'innovation par les producteurs.	Ingénierie et Outils Numériques	Proefcentrum Hoogstraten , CESI, Octinion, STC research foundation, Roboscientific Limited, Comité d'Action Technique et Economique, Comité Départemental de Développement Maraîche, NIAB EMR	2,26 M€	320 k€	NO
GPS	Europe - FEDER Région Ile-de France	FEDER IdF	mai-18	30	Mettre en œuvre des démonstrateurs in situ relatifs au pilotage de la performance énergétique de bâtiments et d'usages de la mobilité électrique organisés sous forme de microgrid, ie d'un réseau électrique intelligent à l'échelle de l'éco-quartier	Ingénierie et Outils Numériques	CESI , Evolution Energie, Luceor, Clem', Dot Vision, Elum, Ecole Polytechnique	2 M€	145 k€	IdF
ANR CREAM	ANR	ANR Appel à projets générique 2018	nov-18	36	Suite d'outils et de méthodes pour stimuler la créativité des concepteurs en s'appuyant sur le potentiel inspirationnel des procédés de fabrication additive. Les méthodes conçues reposeront notamment sur des objets intermédiaires démontrant les capacités de ces procédés, afin de favoriser la sensibilisation, la créativité et l'intégration organisationnelle de la fabrication additive auprès des équipes de conception.	Apprendre et Innover	ENSAM , CESI, Université Paris Descartes	904 k€	328 k€	IdF

COOP	Région Nouvelle Aquitaine	Fond Régional pour l'Innovation dans les Formations (Région Nouvelle Aquitaine)	janv-19	18	Créer une plateforme technique et pédagogique pour le prototypage rapide afin d'une part de former les apprenants à la culture d'innovation et l'entrepreneuriat et d'autre part d'accompagner les entreprises dans leurs projets.	Transverse	CESI	178 k€	178 k€	SO
NUMERILAB	Région Normandie-Europe FEDER Normandie	FEDER Normandie	juil-19	36	Environnements Numériques Instrumentés pour les Apprentissages Humains	Transverse	CESI	520 k€	520 k€	NO
RIN action sup 2019	Région Normandie	Région Normandie	sept-19	12	Mise en œuvre d'un Tiers Lieu décloisonné d'innovation, d'orientation professionnelle au service de la promotion de l'industrie du futur	Transverse	CESI, APEC		298 k€	NO
Rouen Mobilités	Banque des Territoires	Territoire d'Innovation Grande Ambition (TIGA)	sept-19	120	Rouen Mobilités Intelligentes pour tous	Transverse	Métropole de Rouen Normandie, CESI		443 k€	NO
PLFADDT	Région Normandie	CPIER "Transition écologique et valorisation économique"	sept-19	24	Le Parc Logistique du Futur Acteur d'un Développement Durable des Territoires	Ingénierie et Outils Numériques	CEREMA, CESI, LSN, NOVALOG, Neoma business school, ENSA		48 k€	NO
Etude Confinement	Interne		Mars-20	12	Analyser le vécu des apprenants et formateurs vis-à-vis des projets de pédagogie active qui ont dû être menés en distanciel du fait du confinement	Apprendre et Innover	CESI	-	-	DG

Label d'excellence Campus des Métiers et des Qualification Aéronautique et Spatial Occitanie	Banque des Territoires	PIA label d'excellence des Campus des Métiers et des Qualifications	Mars- 20	120	Comment les facteurs favorisant la persistance dans les situations d'apprentissage instrumentées jouent dans le processus Capabilité	Apprendre et Innover	CMQ aéronautique et Spatial Occitanie, Lycée Saint Exupéry, UIMM Occitanie, Université Fédérale de Toulouse	4 M€	223 k€	SO
EVAL-ACP	Région Occitanie	Volet "Expérimentations" du programme Innov-Emploi	Jan-21	18	Développer et valider une échelle des aptitudes et comportements professionnels facilitant l'employabilité des apprenants	Apprendre et Innover	CESI, CNAM Montpellier, ICAM Toulouse, 3IL Rodez	51 k€	39 k€	SO

6.2 DEFI&Co - Développer 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

Résumé du projet :

Le projet DEFI&Co ambitionne de développer pendant cinq années, à partir de travaux de recherche, des formations innovantes et qualifiantes de niveaux 3 à 1 dans le but de qualifier plus de 15 000 étudiants, apprentis ou stagiaires de la formation continue, avec une attention toute particulière pour l'intégration des femmes aux emplois de demain. Ces formations concernent :

- L'Industrie du futur (gestion du cycle de vie de produits ou PLM, production et maintenance),
- Le Bâtiment du futur (maquette numérique pour le bâtiment ou BIM, performance énergétique),
- Les métiers de l'analyse de données liés à ces deux axes (« Data Scientists »).

Il développera deux plateformes technologiques pour la recherche et pour la formation, l'une à Rouen, l'autre à Nanterre, ouvertes aux territoires. Une troisième plateforme logicielle de support aux formations, appuyée sur un cloud privé sera mise en place au niveau national, ainsi que, dans chaque région participant au projet, des salles de formation équipées pour les pédagogies par projets, la réalité virtuelle et la réalité augmentée.

En tant que projet de recherche, DEFI&Co comporte deux thèses, une liée à l'industrie du futur (*Analyse prédictive et Big Data pour l'industrie du futur*), l'autre au bâtiment du futur (*Modèle de pilotage énergétique d'un bâtiment «Smart Ready» par apprentissage intégrant l'usager*), ainsi qu'un programme de recherche sur les situations d'apprentissage instrumentées. Les deux thèses contribuent au développement de modèles qui seront intégrés dans les travaux pratiques réalisés sur les équipements utilisés pour les formations ou sur leur jumeau numérique. Les travaux sur les situations d'apprentissage instrumentées sont destinés à mieux comprendre comment on apprend dans de telles situations, afin de concevoir une pédagogie adaptée.

En tant que projet d'évolution des formations, DEFI&Co finance la réingénierie des dispositifs diplômants de CESI, ce qui permet d'intégrer comme supports ou environnement d'apprentissage les équipements acquis au titre des investissements, et de concevoir des situations d'apprentissage permettant le développement des compétences attendues par les métiers du futur en intégrant des résultats des travaux de recherche, que ce soit ceux financés par le projet, ou par d'autres.

Réalisations au 31 décembre 2020 :

Investissements : Equipements salles pédagogiques et LAB'CESI dans diverses régions ; démonstrateur Smart Building (Nanterre) ; démonstrateur FAM (Nanterre) ; bâtiment Nanterre 2 (dont équipements salle RA/RV) ; plateforme Usine du Futur à Rouen, avec équipement FAM et Cave pour la RA/RV.

Ingénierie de formation : Module sensibilisation Big Data ; 6 capsules d'initiation à l'usine du futur ; 2 capsules d'initiation au BIM ; 12 capsules vidéo sur les logiciels BIM + 6 supports de cours (PPT) ; Maquette numérique Nanterre 2 ; Module sensibilisation RA /RV ; Module formation Lean 4.0 (en réel et en RV, simulation de flux sous Delmia, opérations d'assemblage en Motion Capture) ; Module formation Entrepôt 4.0 (RV) ; Module formation Implantation 4.0 (RV) ; projets 3 et 7 FI généraliste ; projets 1, 3, 5, 9 et 12 FI BTP ; projet robot FI informatique ; Module Data Science FI informatique 3e année ; plusieurs options 5e année ingénieur (FAM, Robotique, Cybersécurité, Data Science, BIM, BTP, TP, Economie de la construction, Collectivités territoriales, Ingénierie de projets...) ; projets intégrés au Cycle Préparatoire ingénieurs (projet 3 BTP, projet Mécanique des fluides en A2) avec reconception des mineures ; refonte complète des Mastères Spécialisés avec création de projets ; création de projets pour la FIFC (Projets fil rouge en robotique, en mécanique et performance énergétique) ; refonte des cursus performance industrielle de l'ESA / EFM (GOPI et RPI).

Recherche : La thèse sur le pilotage intelligent du bâtiment se poursuit ; l'autre sur la maintenance a été arrêtée par le doctorant, mais les travaux sont poursuivis par un chercheur du LINEACT à Rouen ; les travaux sur les situations d'apprentissage instrumentées (sur les FabLab, sur l'efficacité de la RV) se sont poursuivis ; une recherche sur les raisons de la réussite du PCA CESI pendant le confinement a été menée (voir plus loin). Au total, 3 communications ont été acceptées et présentées dans des conférences internationales en 2020 ; 1 article a été publié dans une revue internationale à comité de lecture en septembre 2020, et une communication, qui a été soumise en 2020 pour un colloque national qui se tiendra en 2021, vient d'être acceptée.



6.3 CoRoT - Improving the design of flexible and responsive manufacturing systems involving autonomous and Collaborative Robots

Partenaires : chef de file CESI, partenaires : BA Systèmes CERI, Autofina, ESIGELEC (IRSEEM), Université du Havre (GREAH), University of Greenwich (CIPDM), University of Exeter (XMEC)

Appel à projet : INTERREG VA France Manche Angleterre

Budget global du projet : 3,9 M€

Budget CESI du projet : 739 k€

Financement global : 2,6 M€

Lancement du projet : 1^{er} décembre 2016

Durée du projet : 42 mois



Résumé du projet :

Dans le cadre de l'Usine du Futur (Stratégie de Spécialisation Intelligente fabrication), ce projet vise à améliorer la compétitivité des entreprises manufacturières, notamment les PME, en leur fournissant des solutions technologiques innovantes (robots de service) et des outils numériques pour un système de production flexible, ainsi que les savoirs associés. CoRoT renforce également le transfert entre les universités et l'industrie dans la zone France-Manche-Angleterre (FMA). Pour atteindre ces objectifs, des instituts de recherche (LINEACT CESI, ESIGELEC, Université du Havre, Université d'Exeter, Université de Greenwich) innovent avec des PME fournisseurs de technologies (BA Systèmes, Autofina, ...) pour répondre aux besoins des utilisateurs finaux (FORD et ses fournisseurs - MJ Allen, Yeo Valley et les membres de cluster et filières industriels, ...).

Depuis 2008, la productivité moyenne des PME a baissé de 2 % en France et 12 % au Royaume-Uni, due notamment à la concurrence importante sur les coûts des économies émergentes. De récents rapports sur les tendances de la fabrication en Europe montrent que les outils numériques et les systèmes de fabrication flexibles impliquant des robots autonomes sont des technologies clés pour des usines reconfigurables et réactives et pour accroître la productivité (jusqu'à 30 % attendu). Pour les PME, en raison de la variabilité importante en volume, de petites séries et de délais réduits, le EU Business Innovation Observatory indique, comme solution innovante pour relever ce défi, l'automatisation et les plates-formes de robots mobiles connectées et collaboratives dans un système de fabrication flexible (FMS). Ces solutions représentent le cœur du projet CoRoT, à savoir (Figure 16) :

- Développer des briques logicielles pour des bras robotisés et manipulateurs mobiles.
- Intégrer ces briques logicielles dans deux plateformes mobiles (plateforme industrielle et plateforme ouverte bas coût).
- Développer une plateforme logicielle de supervision et de simulation de système de production flexible avec ou sans robotisation.
- Tester et valider ces technologies à travers des cas d'usages industriels.

Une tâche importante de CoRoT est également la valorisation transfrontalière via des rencontres B2B et des ateliers de formation, ainsi que l'étude de nouvelles opportunités pour le marché des robots mobiles (inspection et surveillance, ...).

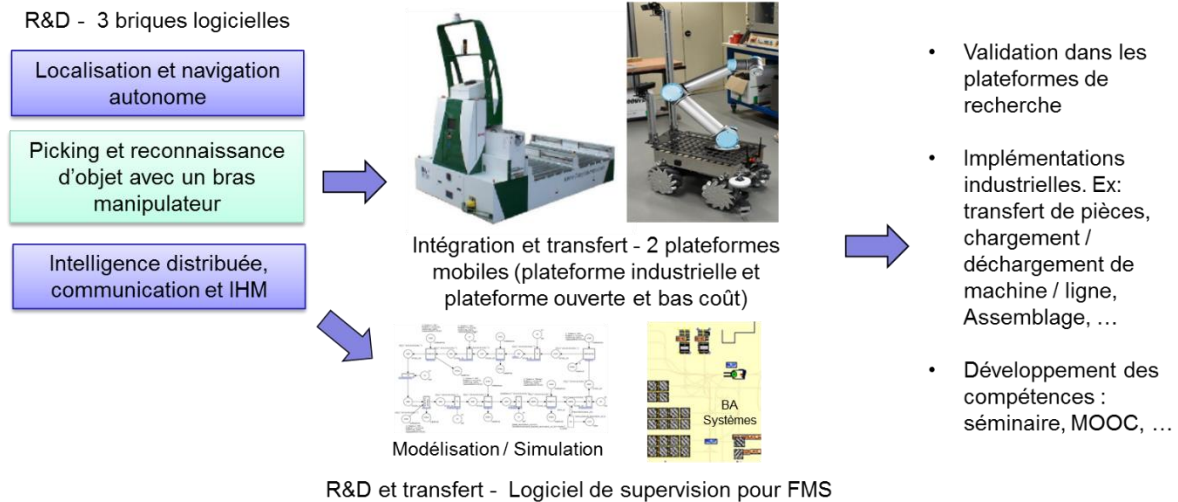


Figure 16 : Objectifs du projet COROT

Ce projet a été labellisé par le pôle de compétitivité NOVALOG.



Réalisations au 31 décembre 2020 :

Outre le rôle de chef de file du projet, les travaux de LINEACT CESI portent sur les problématiques d'allocation de ressources robotique pour le transport et d'ordonnancement dans un contexte de collaborations multiples entre robots et machines de production dans des ateliers de production flexible intégrant plusieurs types de robots et manipulateurs mobiles, robot mobile uniquement, robot manipulateur et machines de production. Malgré que l'interaction homme-robot fait partie de nos axes de recherche dans le laboratoire LINEACT, elle n'est pas très présente dans le cadre du projet CoRoT. En effet, l'interaction homme-robot est la base des robots collaboratifs, nous avons commencé à explorer les allocations dynamiques des tâches entre l'opérateur humain et le robot à travers une thèse qui n'a malheureusement pas pu continuer. Nous nous sommes intéressés aussi à l'exécution complète de la tâche de transport en impliquant un groupe de robots manipulateurs ou mobiles ainsi que des opérateurs humains. Nous avons travaillé donc sur la mise en place du système de supervision dans l'atelier de production en impliquant des collègues, une thèse, des stagiaires et une étroite collaboration avec les équipes de l'université d'Exeter et de Greenwich. Ces efforts ont donné leur fruit à travers le développement d'un mécanisme de supervision distribuée basé sur un algorithme d'ordonnancement simultané de production et de transport. Nous avons aussi réussi la thèse de Souleymane Moussa qui a fini sa thèse dans les temps et trouvé un poste dans l'industrie tout de suite après sa soutenance. Cela reflète la qualité de la formation de nos doctorants et l'importance des thématiques que nous traitons dans le laboratoire LINEACT. En plus des stagiaires qui ont contribué aux travaux du projet CoRoT dans les années précédentes, nous avons recruté deux stagiaires durant l'année 2020 pour travailler sur le développement de la gestion de flotte de robots mobiles (Abdessamad BENAÏSSA) et le développement de la simulation 3D de la solution CoRoT afin de tester le séquenceur (HUYNH Vu-Hoi).

Les réalisations ont porté sur :

- La publication de plusieurs papiers scientifiques dans des conférences internationales (EDTM et IJPE workshop) et un journal international (JoEM),
- La participation au déploiement de la deuxième phase de l'enquête industrielle,
- Le développement d'un séquenceur permettant la synchronisation des actions du bras manipulateur et un robot mobile,
- La mise en place d'une base de donnée pour synchroniser, informer et mettre à jour les actions des différents organes de l'atelier de production,
- Déploiement d'un mécanisme de supervision distribuée des ateliers de production flexibles et intelligents,
- Amélioration du cas d'usage CESI en exécutant des tâches d'un manipulateur mobile,
- Développement d'un algorithme de formation de coalition de robots dans un atelier de production flexible,
- Développement d'un simulateur de gestion de flotte de robot sur des trajectoires,

- Développement de simulation 3D du use case CESI en utilisant une présentation des outil ROS (Gazebo),
- Développement de séquenceur permettant la synchronisation locale des actions du bras manipulateur et du robot mobile,
- Participation à l'installation du robot CoRoT dans l'atelier de CERI et installation du PC de supervision,
- Participation dans le B2B meeting CoRoT organisé en collaboration avec EMC2 à Nantes.



6.4 VISTA – AR Innovation concernant l'expérience visiteur au moyen d'une analyse systématique de textes et de la réalité augmentée

Partenaires : Chef de file : Université d'Exeter –partenaires : Région Bretagne, EESAB, NEOMA BS, CESI, Commune de Fougère, Cathédrale d'Exeter, Université de Bournemouth

Appel à projet : INTERREG VA TRANSMANCHE

Budget global du projet : 7,9 M€

Budget CESI du projet : 620 k€

Financement global : 5,4M€



Lancement du projet : 1^{er} janvier 2017

Durée du projet : 48 mois

Résumé du projet :

Le projet VISTA-AR a pour ambition de permettre aux acteurs du patrimoine culturel d'attirer plus de visiteurs en établissant d'une part des modèles économiques innovants et d'autre part des solutions de réalité augmentée (RA) pour améliorer l'expérience de ces mêmes visiteurs. C'est pourquoi le projet rassemble des acteurs du tourisme (la commune de Fougères pour le château exceptionnel qui se trouve sur son territoire, et la cathédrale d'Exeter), des collectivités locales (la région Bretagne, pour à la fois la gestion de son patrimoine et son investissement dans le numérique), une école d'art (École Européenne Supérieure d'Art de Bretagne – EESAB, contenu numérique et RA), des écoles de commerce (NEOMA, pour son expertise en marketing et la Business School de l'université d'Exeter, modèles économiques) et des écoles d'Ingénieurs (CESI sur la réalité augmentée et l'analyse des données numériques des visiteurs et l'université de Bournemouth pour la gestion des contenus numériques). Le très riche patrimoine culturel des deux côtés de la Manche ainsi que les connaissances de tous les partenaires du monde du numérique permettent d'afficher une bonne cohérence. Un système cloud, accessible au public, hébergera les modèles de RA pour accéder à une technologie avancée en contenant les coûts.

La phase de développement se déroule sur deux sites d'étude (Château de Fougères et Cathédrale Saint-Pierre d'Exeter), la phase de mise en œuvre se concentrera sur quatre sites supplémentaires qui utiliseront le cloud pour développer eux-mêmes leurs solutions. Les partenaires apporteront leur soutien à la conception, la mise en œuvre et l'évaluation pour augmenter le nombre de visiteurs de 20 %. L'impact potentiel du projet est important : 671 musées labellisés, 14 000 monuments, 23 sites protégés d'épaves, 5 sites du patrimoine mondial identifiés. Une fois le projet mené à son terme, le système cloud de RA sera géré par l'EESAB, avec le soutien du Conseil Régional de Bretagne.

Réalisations au 31 décembre 2020 :

Sur cette période, les actions de CESI ont été orientées vers le développement du Digital Profiling Tool (DPT), intégration des beacons dans la solution de géolocalisation, évaluation de la solution Voice to Text (V2T) Déploiement dans la cathédrale d'Exeter et la communication via journée thématique et Publications scientifiques.

La géolocalisation en environnement indoor implique des infrastructures qui, malgré leurs coûts, ne sont pas permises dans les sites culturels historiques. Sur la base d'une étude comparative entre les différentes solutions et les exigences liées aux sites partenaires, nous avons convergé vers l'utilisation des IMU et du champ magnétique. Ainsi, la solution peut être embarquée sur smartphone et utilisée par les visiteurs. Cette solution, comme tant d'autres, possède des points positifs et négatifs. La difficulté dans cette solution est de la cartographie qui va différer d'un site à l'autre, ce qui nous a poussé à enrichir le DPT et intégrer les balises BLE (Bluetooth) afin de cartographier les sites et identifier les signatures magnétiques des différents points d'intérêts (POI).

La solution proposée utilise la fusion des capteurs du smartphone (accéléromètre, gyroscope, capteur magnétique) pour prédire la position du visiteur. Afin de réduire l'erreur, nous intégrons la signature magnétique qui permet d'ajuster la position.

Un questionnaire a été intégré à la solution, permettant la collecte des avis des utilisateurs afin d'améliorer leur expérience. Un tableau de bord a été développé permettant le stockage, la visualisation et la génération de rapports. Pour tester la solution, CESI a développé une interface en « python » qui permet de visualiser les données collectées sur une carte et d'évaluer les parcours et temps passé devant les points d'intérêts.

Déploiement

En collaboration avec l'Université d'Exeter et la cathédrale d'Exeter nous avons réalisé deux déploiements.

Un premier déploiement du DPT consistait à placer les Beacons pour équiper les visiteurs de smartphones (solution DPT) et collecter les données afin de reconstruire les trajectoires de chaque visiteur. Le test a visé cent utilisateurs et a duré deux jours. A la suite, nous avons acquis 75 autres Beacons que nous avons utilisés pour le second déploiement et qui ont permis une plus grande couverture. Les données collectées ont été mises en forme et transmises au partenaire UNAI. Un troisième déploiement a ciblé le musée sous-marin de Lorient juste avant le confinement.

En parallèle, nous menons régulièrement des déploiements fictifs au laboratoire pour les tests ainsi que des visites fictives sur les sites ayant déjà été intégrés (Fougères et cathédrale d'Exeter). Cette dernière solution est en cours d'implémentation et d'amélioration afin de faire face aux situations de crise telles que la COVID.

Communication

- Roadef : Recommandation de contenus dans les Site Culturels et Patrimoniaux (SCP) avec prise en compte des contraintes spatio-temporelles.
- Xterm : Recommandation de parcours dans les sites historiques basée que le q-learning
- Médiation numérique du patrimoine : quels enjeux ? Rencontre du 15 octobre 2019 à Rouen : https://www.youtube.com/watch?v=dXtvVBOYzcl&feature=emb_logo&fbclid=IwAR1xujEiuoOpTt7eLNxIDM MrhwxRMdmcOofOTP-Xh3Wk-boVI1xYm22kqol

6.5 UV Robot - Innovative UV-robotics to improve existing IPM strategies and to benefit farmers, consumers and the environment

Partenaires : Chef de file : Proefcentrum Hoogstraten—partenaires : Octinion, STC research foundation, CESI, Roboscientific Limited, Comité d'Action Technique et Economique, Comité Départemental de Développement Maraîcher, NIAB EMR

Appel à projet : Interreg VB NWE

Budget global du projet : 2,26 M€

Budget CESI du projet : 320 k€

Financement global : 1,35 M€



Lancement du projet : 20 septembre 2017

Durée du projet : 48 mois

Résumé du projet :

Les avancées technologiques en robotique, en particulier le développement de robots mobiles autonomes, ont permis à plusieurs secteurs économiques d'automatiser des tâches complexes, irréalisables et/ou trop risquées pour être effectuées par un humain. De plus, quand leurs utilisations sont optimisées, ces robots sont vecteurs de compétitivité pour l'entreprise, vu leurs impacts positifs sur ses indicateurs de performance en termes de coûts, qualité, délais et sécurité. Cependant, l'optimisation de l'utilisation des robots est souvent constituée de problématiques décisionnelles complexes liées à la planification, la supervision et le pilotage de leurs activités.

Dans le secteur agricole, le traitement avec des rayons UV-C (ultraviolets de type C) représente une alternative durable au traitement chimique actuellement utilisé contre certaines maladies comme le mildiou et l'oïdium. L'application manuelle de l'UV-C étant dangereuse pour des opérateurs, l'automatisation et l'optimisation de cette opération est nécessaire pour permettre son introduction en horticulture de façon efficace, sûre et rentable.

Le projet de recherche UV-ROBOT s'intéresse aux problématiques associées à la robotisation du traitement par UV-C dans l'horticulture. Ce projet a une durée de quatre ans et s'articule autour des trois objectifs principaux suivants :

- Développement de robots pour le traitement autonome du mildiou,
- Intégration du traitement UV-C dans les stratégies de protection intégrées IPM actuelles,
- Mise en œuvre de l'innovation par les producteurs.

Au cours du projet, nous développerons et testerons des robots UV-C et démontrerons leur rentabilité pour combattre le mildiou dans trois types de cultures:

- Cultures sphériques: fraises,
- Cultures verticales: tomate et concombre,
- Horizontal: laitue et basilic.

Les experts en horticulture de Belgique, de France et du Royaume-Uni trouveront ensemble les moyens d'inclure les UV-C dans les stratégies actuelles de lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) pour chaque culture. L'expertise belge en automatisation et l'expertise française en analyse de données vont développer ensemble des robots innovants capables d'utiliser les UV-C de manière autonome. De plus, la co-crédation de capteurs innovants pour la surveillance automatique du mildiou réduira la charge de travail des producteurs et assurera un contrôle optimal de la maladie. Ceci est fourni par un partenaire britannique spécialisé dans le développement de nez électroniques. À la fin du projet, les robots développés seront disponibles pour les producteurs avec une interface conviviale et une stratégie de mise en œuvre spécifique à la culture. Des démonstrations dans la région de l'Europe du Nord-Ouest et une communication approfondie pendant et après le projet informeront les producteurs pour assurer la mise en œuvre de l'innovation. Avec cela, nous voulons rendre les producteurs moins dépendants de la protection des cultures chimiques et ainsi réduire l'utilisation de pesticides et la quantité de résidus dans l'horticulture dans le nord-ouest de l'Europe.



Réalisations au 31 décembre 2020 :

Dans le projet UV-Robot, LINEACT CESI est leader du WP LT (Long Term) sur l'évaluation de l'impact économique à long terme de la solution UV-Robot. Il est aussi impliqué dans le développement de l'interface utilisateur qui permet le contrôle du robot et la définition de ses missions (WP T1).

Dans le cadre du WP LT, l'équipe CESI a continué le travail sur les modèles économiques envisageables pour la solution UV-Robot en améliorant l'estimation des coûts et la prédiction des pratiques. Nous avons aussi commencé l'étude du marché et la prédiction de la demande dans la zone Interreg. Plusieurs réunions ont été organisées avec les partenaires pour discuter les différentes alternatives identifiées. CESI a livré un simulateur des coûts pour les différents modèles économiques envisagés. En même temps, l'équipe a continué son travail sur le développement de la simulation des traitements effectués par le robot dans une serre, en introduisant un modèle stochastique pour l'évolution de la maladie. Différentes simulations ont été effectuées pour tester plusieurs scénarios de fonctionnement du robot et de stratégies de traitement (préventif, correctif ou mixte). Par conséquent, un algorithme d'ordonnancement dynamique a été conçu pour adapter le traitement dynamiquement à l'évolution de la maladie dans l'ensemble de la serre. Ce travail a fait l'objet d'une publication et présenté dans une conférence internationale (Sohoma2020) et une conférence nationale (ROADEF2020).

Dans le cadre du WPT1, CESI est responsable de l'activité A3 sur le développement d'une interface utilisateur interactive pour la supervision et le contrôle du robot ainsi que la surveillance de l'évolution des infections et les traitements de la serre par le robot. Une première version de l'application web, permettant la supervision et le contrôle du robot dans la serre, a été présentée pendant la réunion annuelle du projet. Suite aux remarques des partenaires lors de la réunion annuelle, une deuxième version a été développée. La version actuelle comporte un "back-end", pour la gestion de la base de données, et un "front-end" pour l'affichage des données de supervision et l'interaction avec l'utilisateur.

L'équipe LINEACT CESI a participé aux différentes réunions du projet, notamment l'assemblée générale annuelle qui a été organisée dans les locaux de STC Stockbridge Technology, Cawood, Royaume-Uni entre le 12 et le 13 Février 2020. De plus, l'équipe a organisé et animé deux réunions techniques du WP LT et a participé à une réunion technique du WP T1.

Concernant la dissémination et diffusion, cette période a été marquée par la présentation du projet lors des conférences ROADEF2020 et Sohoma2020. Les techniques utilisées dans projet dans le thème d'optimisation et de simulations ont été également présentées aux étudiants du CESI lors de certains cours.

6.6 FEDER GPS – Grid Power Sustainability

Partenaires : CESI, Evolution Energie, Luceor, Clem', Dot Vision, Elum, Ecole Polytechnique

Appel à projet : FEDER IDF

Budget global du projet : 2,06 M€

Budget CESI du projet : 145,2 k€

Lancement du projet : Mai 2018

Durée du projet : 30 mois

Résumé du projet :

L'objectif du projet est de mettre en œuvre des démonstrateurs *in situ* relatifs au pilotage de la performance énergétique de bâtiments et d'usages de la mobilité électrique organisés sous forme de microgrid, c'est à dire d'un réseau électrique intelligent à l'échelle de l'éco-quartier. Les résultats seront orientés vers l'avenir pour s'intégrer dans les constructions d'éco-quartier et de "smart cities". Ils contribueront à la volonté de la région Ile-de-France d'améliorer l'efficacité énergétique des territoires.

Le projet #GPS permettra de créer des synergies entre les différentes initiatives et de les relier entre elles. Compte tenu des défis potentiels où les enjeux énergétiques et numériques seront très liés, ce projet s'inscrit à la fois dans les secteurs « Ingénierie des systèmes complexes et logiciels », « Création numérique », « Ecoconstruction et quartiers à forte performance environnementale » de la SRI-SI et dans les secteurs numériques et éco-activités de la SRDEI, et s'intègre dans deux des priorités de la Région : « le renforcement des PME/PMI d'Ile-de-France » (6 PME) et « la valorisation du potentiel d'innovation de la région ».



Réalisations au 31 décembre 2020 :

Le projet FEDER GPS comporte deux volets : un premier volet, technique, pour l'intégration de sous-compteurs fournis par les partenaires industriels, un second, scientifique, sur l'étude et la conception d'algorithmes pour le pilotage distribué de la Smart Grid.

Pour le premier volet, les actions suivantes sont achevées :

- Déploiement de VPN pour les connexions sortantes et sécurisation de l'accès aux données en cours de finalisation.
- Le déploiement des sous-compteurs sur l'ensemble des sites expérimentaux est également achevé.

Pour le volet scientifique, les actions réalisées sont les suivantes :

- Gestion des données du Smart Building :
 - Conception et implémentation d'un annuaire IoT basé sur un modèle hiérarchique LDAP
 - Implémentation des ontologies alignées IoT et BIM à partir des IFC et de l'annuaire IoT
 - Modélisation de l'intégration des flux de données issus des co-simulations dans le Jumeau Numérique (la co-simulation en elle-même n'a pas encore été implémentée)
- Apprentissage pour le pilotage des Smart Building au sein des SMART Grid :
 - État de l'art finalisé,
 - Modélisation terminée et validée,

- Algorithme d'apprentissage pour le pilotage des acteurs de la Smart Grid (Smart Building ou autre) conçu et implémenté,
- Développement d'un outil de simulation stochastique de la Smart Grid pour l'évaluation des algorithmes de pilotage en cours,
- Conception de plan d'expérimentation pour l'étude du comportement de l'algorithme dans différentes configurations de Smart Grid (selon les profils stochastiques des différents acteurs) en cours,
- Rédaction d'un article pour soumission dans une revue en cours.

6.7 ANR CREAM - CREativity in Additive Manufacturing

Partenaires :

- Chef de file : Arts et Métiers – Laboratoire Conception de Produits et Innovation
- Partenaires : CESI – LINEACT ; Université Paris Descartes – Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées

Appel à projet : ANR Appel à projets générique 2018

Budget global du projet : 904,6 k€

Budget CESI du projet : 327,84 k€

Financement global : 456,66 k€

Lancement du projet : 1^{er} janvier 2019

Durée du projet : 36 mois



Résumé du projet :

Le projet CREAM (CREativity in Additive Manufacturing) a été retenu par l'Agence Nationale de la Recherche pour être financé sur la période 2019-2022. L'objectif est de proposer une suite d'outils et de méthodes pour stimuler la créativité des concepteurs en s'appuyant sur le potentiel inspirationnel des procédés de fabrication additive. Les méthodes conçues reposeront notamment sur des objets intermédiaires démontrant les capacités de ces procédés, afin de favoriser la sensibilisation, la créativité et l'intégration organisationnelle de la fabrication additive auprès des équipes de conception. Ce projet s'inscrit dans la stratégie de développement de LINEACT pour contribuer à l'Industrie du Futur, en cohérence avec l'installation 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 au 31 décembre 2020 :

- Déclinaison des complexités de Gibson (ex : complexité géométrique, hiérarchique, fonctionnelle) en 14 opportunités de la fabrication additive. Croisement avec les principes inventifs de TRIZ, ces derniers correspondant à des modèles génériques de solutions à interpréter. Pour des novices de la fabrication additive, les principes inventifs permettent de s'inspirer de solutions. Cet effort de croisement conceptuel a abouti à la conception de 14 objets inspirationnels illustrant chacun une opportunité de la fabrication additive matérialisée suivant les principes de TRIZ. Ces objets inspirationnels ont été reconçus et améliorés itérativement.
- Expérimentation avec 18 étudiants internationaux, 6 chercheurs et 5 membres du réseau industriel de validation expérimentale du projet : test de la capacité d'évocation de chaque objet inspirationnel lorsque les opportunités ne sont pas explicitées. Analyse lexicométrique.
- Expérimentation avec 17 étudiants : utilisation des objets inspirationnels en séance de créativité, avec ou sans explication. Les explications permettent d'accélérer le processus inspirationnel, dans le cas de démarches de créativité courtes.
- Expérimentation avec 10 étudiants sur l'ensemble d'un projet de conception innovante (2 semaines). Réalisation de la condition contrôle en 2019 (sans objets inspirationnels) ; 1^{ère} condition expérimentale (avec objets inspirationnels) menée en 2020.
- Expérimentation en milieu industriel chez Richemont : comparaison de 2 workshops de créativité "la fabrication additive et nos métiers", avec et sans les objets inspirationnels.
- Expérimentation en milieu industriel chez Arcelor : comparaison du pouvoir inspirationnel des objets entre eux. Participants : spécialistes de la fabrication (procédés traditionnels).
- Expérimentation avec 37 participants tout public : créativité flash en 5 minutes sur le thème "un bijou en fabrication additive". Comparaison du pouvoir inspirationnel des objets entre eux.
- Conception d'un serious game pour scénariser l'utilisation des objets inspirationnels.
- Expérimentation du serious game avec 33 participants.
- Publications : 3 communications en Conférences (2 nationales, une internationale) en 2019 et 2 articles de revues soumis, une communication en Conférence nationale, un brevet en cours de rédaction en 2020.

6.8 COOP - Culture innOvation et PrOtotypage pour l'entrePreneuriat

Partenaires : CESI Campus Sud-Ouest

Partenaires : CESI Campus Sud-Ouest

Appel à projet : Fond Régional pour l'Innovation dans les Formations (Région Nouvelle Aquitaine)

Budget global du projet : 178 k€

Budget CESI du projet : 178 k€

Financement global : 119 k€

Lancement du projet : 1^{er} septembre 2019

Durée du projet : 18 mois, délais étendus en raison du contexte sanitaire à novembre 2020.

Résumé du projet :

L'objectif de COOP est de créer une plateforme technique et pédagogique pour le prototypage rapide afin d'une part de former les apprenants à la culture d'innovation et l'entrepreneuriat et d'autre part d'accompagner les entreprises dans leurs projets. Les différentes phases du projet construit sur 18 mois sont les suivantes :

1/ Développement de la plateforme technique (T0 à T0+4mois) :

- Amélioration d'un laboratoire de prototypage rapide existant au sein du CESI Campus de Bordeaux avec notamment l'inclusion de technologies liées à l'internet des objets développées par des structures locales telles le CATIE (exemple du projet 6TRON).
- Mise en place d'une salle de créativité et de travail collaboratif
- Recrutement d'un pilote, animateur de la plateforme COOP
- Construction est mise en œuvre d'un site internet permettant d'identifier les projets et les besoins d'offres de compétences sur ces projets

2/ Développement de supports de formation et mises en œuvre de formations (T0+2mois à T0+18 mois)

- Développement de supports de formation liés à l'utilisation d'outils de prototypage rapide et de créativité/collaboration

- Accompagnement de projets préconstruits par le pilote de la plateforme COOP

3/ Dissémination auprès du public et des entreprises (T0+5 mois à T0+18 mois)

- Actions de communication à destination des étudiants décrocheurs offres de compétences, grand public et des scolaires ainsi qu'auprès de l'ensemble des acteurs de la formation qui peuvent être prescripteurs et/ou utilisateurs de la plateforme COOP.
- Ouverture des portes au public (scolaires et grand public) pour des actions de sensibilisation
- Captation de projets d'accompagnement, en lien avec les pépinières, incubateurs du territoire, venant d'entreprises pour servir de support à la mise en pratique de compétences acquises.

Réalisations au 30 novembre 2020 :

- Réalisation de 7 supports de formation pour l'utilisation des outils de prototypage rapide
- 345 personnes touchées par les actions de sensibilisation ou de formation
- 6 projets entrepreneuriaux accompagnés
- 9 événements à destination du grand public et des scolaires organisés



6.9 NUMERILAB - Environnements Numériques Instrumentés 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 : 36 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.

Réalizations au 31 décembre 2020 :

- 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 premières expérimentations ont été réalisées fin 2020 et les algorithmes de traitement de données commencent à être mis en place.

- 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.
- Ces travaux ont fait l'objet de deux communications scientifiques internationales en 2020 :
 - Assila, Ahlem, Taisa Guidini Gonçalves, Amira Dhouib, David Baudry, et Vincent Havard. « Towards the Specification of an Integrated Measurement Model for Evaluating VR Cybersickness in Real Time ». In *Virtual, Augmented and Mixed Reality. Design and Interaction*, édité par Jessie Y. C. Chen et Gino Fragomeni, 12190:38196. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49695-1_25.
 - Badets, Alexandra, Vincent Havard, Killian Richard, et David Baudry. « Using collaborative VR technology for Lean Manufacturing Training: a case study ». In *Proc. VRIC*, 11827. Laval, France, 2020.

6.10 RIN Action SUP 2019

Partenaires : CESI

Appel à projet : RIN Action sup

Budget global du projet : 279,8 k€

Budget CESI du projet : 49,2 k€

Financement Région: 216,2 k€

Autre financement : 14,4 k€



Lancement du projet : 1^{er} septembre 2019

Durée du projet : 12 mois

Résumé du projet :

CESI, avec son arrivée sur le site du Madrillet, a entamé le déploiement d'un environnement décloisonné de médiation scientifique et d'accompagnement à l'innovation et aux nouvelles manières de travailler.

Les deux cibles principales du projet sont :

- Les publics éloignés du monde numérique et/ou aux orientations stéréotypées, pour les sensibiliser aux thématiques, et leur permettre de se projeter dans un avenir ambitieux,
- Des publics sensibilisés aux problématiques des mutations technologiques (apprenants, entreprises, partenaires du supérieur) pour leur proposer un accompagnement au plus proche des besoins du territoire et de l'industrie du futur.

Deux axes de déploiement du projet ont donc été définis :

Axe 1 : Diffusion de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle, via une série d'équipements et de services pour outiller les actions de médiation, et visant à développer le goût pour les disciplines scientifiques, permettre aux étudiants, élèves du secondaire, partenaires, et grand public de découvrir les métiers de demain et les accompagner dans la transition numérique, encourager les vocations pour les carrières scientifiques, et cultiver le dialogue avec le territoire.

Axe 2 : L'environnement des études et de la vie étudiante : accompagner les étudiants dans la formalisation de leurs projets entrepreneuriaux.

Dans l'optique d'offrir aux apprenants la possibilité de se tester à l'entrepreneuriat, CESI développe des services et équipements visant à outiller l'accompagnement de projets entrepreneuriaux pour des apprenants CESI et partenaires, en deux sous-axes :

- **Project Lab :** espace d'apprentissage dédié à l'hébergement de projets entrepreneuriaux étudiants. Ce lieu de type coworking permettra aux porteurs de projets de bénéficier d'un espace pour échanger avec d'autres apprenants entrepreneurs, rencontrer divers interlocuteurs et travailler sur leur idée afin de faire mûrir leur projet d'innovation.
- **Toolkit du project innovator :** développement d'outils pédagogiques pour formaliser un projet et expérimenter sa validité économique sur le marché.

6.11 Rouen Mobilités 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

La Métropole Rouen Normandie, porteuse du projet, « Rouen Mobilités Intelligentes pour tous » lauréate de l'appel à projets Territoire d'Innovation Grande Ambition (TIGA).

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 impliquée 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 décembre 2020 :

- Action Hyperviseur
 - Etat de l'art sur les outils et modèles pour la planification et la supervision d'un système de transport multimodal.
 - Rédaction du projet de recherche doctoral.
- Action Living Lab
 - Identification et étude de dispositif d'accompagnement à l'idéation et à l'innovation en s'appuyant sur les fablab et creativ'lab de CESI pour faire remonter les besoins en terme de mobilité et explorer les solutions associées. Dispositifs identifiés :
 - Ateliers Lego® Serious Play® ou Métaplan
 - Challenge innovation et ateliers de co-développement permettant de faire émerger de nouvelles idées
 - Proposition d'un projet de recherche sur les pratiques Living Lab en expérimentant de nouvelles configurations d'acteurs, de méthodes et outils.

6.12 PLFADDT « Le Parc Logistique du Future Acteur d'un Développement Durable des Territoires »

Partenaires : Chef de file Cerema, partenaires Logistique Seine Normandie, NOVALOG, l'ENSA, CESI et Neoma-BS.

Appel à projet : CPIER Vallée de la Seine

Budget global du projet : 498 k€

Budget CESI du projet : 48 k€

Financement global : 1,54 M€



Lancement du projet : 1^{er} septembre 2019

Durée du projet : 24 mois

Résumé du projet :

La logistique se présente comme une interface nécessaire des systèmes productifs. Située à la croisée des chemins entre activités productives, dynamiques de territoires et demande de clients, cette activité fondée sur les échanges d'informations et de marchandises et ses acteurs sont dans l'obligation de raisonner en collaboration. Pour faire face aux transitions rapides et simultanées dans les domaines énergétiques, écologiques, numériques, organisationnels et sociétaux, l'industrie se réinvente en « usine du futur » pour « faire plus avec moins » et bouleverse ses modes d'organisation pour répondre à une économie de la fonctionnalité et l'usage des produits plutôt que l'achat simple du produit.

Confrontée aux enjeux généraux de préservation de la biodiversité, du réchauffement climatique de limitation des ressources, et de raréfaction des disponibilités foncières, l'usine du futur recompose ses modes de conception, production et commercialisation. Ainsi l'évolution du modèle d'affaires conduit à instaurer un dialogue permanent avec les parties prenantes pour inscrire l'usine du futur dans un écosystème vertueux des territoires.

Les nouveaux matériaux et les outils numériques de l'entreprise étendue (*cloud, crowd sourcing, maquette numérique et simulation, big data, réseaux sociaux, espaces collaboratifs, tablettes, robots collaboratifs, capteurs RFID, imprimante 3D et fabrication additive, internet des objets, ...*) révolutionnent les processus. Tout au long de la chaîne de valeur, le dialogue avec les parties prenantes (clients, fournisseurs, actionnaires) et l'écosystème local (territoires, salariés, associations) se renforce pour réussir des projets intégrés au territoire et aptes à diminuer l'empreinte environnementale tout en développant l'emploi à chaque stade.

L'ambition est de construire une nouvelle approche de l'implantation logistique répondant aux enjeux de l'économie 4.0 et d'aller plus loin pour accompagner l'excellence logistique du territoire et renforcer son attractivité.

Ainsi la Vallée de la Seine serait le premier territoire en mesure de réaliser le parc logistique du futur répondant aux enjeux de l'usine du futur et du territoire, inscrits tous deux dans l'économie 4.0.

Le projet PLFADDT s'inscrit dans la vision d'une logistique plus durable pour laquelle les zones d'activités jouent un rôle clé. Les entreprises et les territoires sont impactés par les transformations majeures en matière de mobilité, transition écologique et énergétique et de révolution digitale.

Les zones d'activités se présentent alors comme des espaces de service au territoire permettant de répondre à la mobilité des marchandises aux différents échelles, de l'international au dernier kilomètre, facilitant les ruptures de charge entre mode de transports et intégrant les réponses aux différents risques à l'échelle de la zone d'activité plutôt qu'à l'échelle de la parcelle.

Le rôle de CESI dans ce projet se concentre sur le WP3 intitulé « de la zone logistique au parc logistique » et consiste à proposer un modèle du parc logistique du futur qui se base sur la multi-modalité et l'intégration dans le tissu économique local.

Réalisations au 31 décembre 2020 :

CESI est responsable du WP 3 concernant la logistique 4.0, ses technologies et son déploiement. Le principal contributeur avec CESI dans ce WP est NEOMA-BS. Pour cela, nous avons établi avec ce partenaire un plan de travail que nous avons présenté et validé avec les autres partenaires du projet.

Nous avons recruté un stagiaire du Master 2 *Économie et Développement des Territoires* de l'université de Rouen. Durant cette année 2020, les actions menées par CESI sont les suivantes :

1. Réalisation d'un état de l'art sur la logistique 4.0, les entrepôts modernes 4.0 et les technologies utilisées dans ce type d'entrepôt,
2. Etablissement d'une liste d'indicateurs de performances d'un system de logistique 4.0,
3. Définition et classement des technologies nécessaires au fonctionnement d'un entrepôt 4.0 en prenant en compte leur maturité et leur nécessité d'utilisation,
4. Classification des activités industrielles dans la région autour de l'axe seine et proposition de spécialisation de l'entrepôt qui sera développé,
5. Définition des indicateurs de performance des entrepôt 4.0 et leurs liens avec les technologies utilisées.
6. Réflexion avec les collègues de Neoma-bs afin de définir une stratégie d'intégration de ces installations dans le territoire,
7. Développement d'un modèle de simulation qui est à compléter et à exploiter durant l'année 2021. Le but est de tester et analyser l'effet d'une éventuelle nouvelle plateforme logistique 4.0 sur les installations existantes et sur l'activité économique de la région.

Nous avons finalisé l'état de l'art et nous l'avons livré au chef de file. Un document d'analyse et de recommandations a été rédigé et livré aussi. Nous avons rédigé un sujet de stage pour la deuxième période sur le développement du simulateur.

Notre travail s'effectue principalement avec NEOMA-BS et nous avons participé à toutes les réunions de partenaires. Le travail effectué par le stagiaire a fait l'objet d'une publication dans la conférence *eCONFERE2020*.

6.13 Etudes Confinement

Projet interne CESI

Lancement du projet : 24 mars 2020

Durée du projet : 12 mois

Résumé du projet :

L'objectif de cette série d'études était d'analyser le vécu des apprenants et formateurs vis-à-vis des projets de pédagogie active qui ont dû être menés en distanciel du fait du confinement, afin (1) de documenter un retour d'expérience sur cette modalité inédite de formation, (2) d'améliorer les formations en distanciel, d'identifier les points fort et points faibles du plan de continuité des activités qui a été mis en œuvre et (3) d'en induire également des pistes d'amélioration des formations en présentiel. Les recueils de données pour ces études ont été réalisés lors du 1er confinement, de mars à mai 2020. Les traitements de données se sont poursuivis jusqu'à fin 2020.

Ce projet a donné lieu à 3 études.

Etude 1- L'une des études a porté sur l'analyse du décours temporel de la motivation des apprenants pendant le projet Innovation de la formation d'ingénieurs généraliste par apprentissage. D'autres variables sociocognitives ont également été collectées (flow, identification au groupe, performance auto-estimée), puis mises en relation avec des indicateurs de performance (notes obtenues par chaque équipe lors des soutenances finales et notes individuelles au CCTL final). 281 apprenants de 4 campus CESI (Nanterre, Pau, Ecully et Bordeaux) ont participé à cette étude.

Les résultats ont montré que les niveaux les plus intégrés de motivation (motivation intrinsèque et motivation identifiée) ont augmenté au cours du projet, qui a duré 10 jours. Flow, identification au groupe et performance auto-estimée ont également augmenté pendant le projet. Ces résultats suggèrent que la situation de pédagogie active en groupe à distance a permis de répondre aux besoins d'autonomie et de compétence des apprenants, sans pénaliser leur besoin de relations sociales. Par ailleurs, l'analyse des prédicteurs de la performance (notes collectives aux soutenances finales et notes individuelles aux CCTL) fait apparaître des pistes pour améliorer la scénarisation de ce projet, en stimulant la motivation intrinsèque et la motivation identifiée des apprenants à des moments-clés du projet.

Réalisations au 31 décembre 2020 :

- Etude de l'évolution du vécu de 281 apprenants (motivation, flow, identification au groupe, performance auto-estimée) lors d'un projet A2P2 mené à distance. Mise en relation avec les notes collectives et individuelles obtenues à l'issue du projet.
- 1 article de revue soumis.

Etude 2- La deuxième étude faisait partie d'un projet plus global, entamé en 2019 autour du même projet Innovation de la formation d'ingénieurs, et portant sur les impacts de différents environnements d'apprentissage sur les apprenants, en termes de construction des identités professionnelles (plusieurs facteurs, dont le sentiment d'efficacité sur des compétences « types » d'ingénieurs : organisation, collaboration, créativité). Ce projet a pour terrain la formation d'ingénieurs généralistes du campus de Rouen. La deuxième étude, qui s'est déroulée en distanciel pendant le premier confinement, visait à comprendre les interactions entre les dispositions des répondants (en termes de travail autodirigé et de collaboration) et la réalisation de ce projet à distance, en fonction de différents outils de coopération qu'ils ont pu utiliser. Le recueil de données a été réalisé par des questionnaires en ligne en début (261 réponses) et en fin de projet (204 réponses). 135 apprenants ont utilisé les mêmes identifiants, et composent donc le panel traité. Les principaux résultats de cette étude sont les suivants: il apparaît 3 stades différents d'autodirections, corrélés avec le SEP, avec des différences significatives selon le genre. Ce projet semble avoir aussi redessiné la carte des motivations en mettant en premier le plaisir d'apprendre (voir étude ci-dessus).

Il a aussi modifié la carte des préoccupations (vient en premier la préparation des livrables et des restitutions, puis la communication entre les membres de l'équipe) et des difficultés (en premier vient la compréhension des objectifs à atteindre). Enfin, il apparaît que le rapport au tuteur n'a pas été modifié par la distance, et que l'outil Teams a contribué à faciliter l'organisation du travail à distance, ce qui n'a pas été le cas des outils non institutionnels mobilisés en parallèle (Messenger, Discord...).

Réalisations au 31 décembre 2020 :

- Etude de l'évolution du vécu de 135 apprenants (capacité d'autodirection, SEP, motivations, préoccupations, relation au tuteur et aux outils de communication) lors d'un projet A2P2 à distance.
- Projet de publication non finalisé suite au départ prévu début 2021 du chercheur.

Etude 3- La troisième étude avait pour objectif de comprendre pourquoi le Plan de continuité d'activité (PCA) CESI semblait globalement avoir bien fonctionné dès le premier jour du confinement, alors que ce n'était pas le cas général dans l'enseignement et la formation professionnelle. Elle a été menée avec l'accord du COMEX, qui souhaitait en connaître les résultats. Cette étude a été menée dans une perspective compréhensive. 26 entretiens ont été menés avec des enseignants-formateurs désignés par les Direction des études des écoles CESI, et 25 entretiens avec des élèves désignés par ces enseignants-formateurs. Au total, plus de 44 heures d'enregistrement ont été recueillies, portant sur 7 thématiques: les réactions au moment du confinement, les interactions à distance, la pédagogie à distance, les outils utilisés, le télétravail / la formation à distance, l'environnement de travail à distance, les réactions au moment de l'entretien (entre 2 et 4 semaines après). Les enregistrements ont été intégralement transcrits, afin de faciliter l'analyse. Les principaux résultats sont les suivants : le moteur premier de la réussite est la motivation et l'engagement des salariés de CESI, reposant sur des valeurs partagées, l'importance accordée aux relations humaines et la pratique de l'accompagnement individuel. Cela a généré une présence cognitive, sociale, pédagogique et institutionnelle à distance qui a favorisé l'engagement des élèves à poursuivre leur formation. Le deuxième élément ayant permis la réussite du PCA est une organisation et des ressources facilitantes : organisation en réseau national, habitude du travail en équipe, existence de la fonction de "pilote" qui coordonne et régule au quotidien, sont les principaux facteurs organisationnels expliquant la réussite ; l'objectivation / la formalisation / la documentation des formations CESI les rendant peu sensibles aux variations de modalité, ainsi que la modularisation des cursus autorisant la flexibilité du calendrier de formation sont les principaux facteurs liés aux ressources expliquant la réussite.

Réalisations au 31 décembre 2020 :

- Un rapport détaillé de 70 pages, illustré par de nombreux verbatim extraits des entretiens, a été remis au COMEX en décembre, ainsi qu'un document de synthèse de 15 pages.
- Un article a été publié dans une revue internationale à comité de lecture en septembre, portant sur la façon dont les pédagogies par projet ont "résisté" à leur mise à distance.

6.14 Label d'excellence Campus des Métiers et des Qualification Aéronautique 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 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).

