LINEACT cesi

RAPPORT D'ACTIVITES LINEACT 2019

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

Mai 2020

cesi CAMPUS D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE FORMATION PROFESSIONNELLE

HESAM UNIVERSITÉ

Table des matières

1 Présentation de la recherche à CESI 5
1.1 Organisation 8
1.2 Stratégie 9
1.3 Moyens Matériels 10
1.3.1 Campus Nanterre 11
1.3.2 Campus Rouen 12
2 Thèmes de recherche 14
2.1 Thème de recherche Apprendre et Innover 15
2.1.1 Moyens mis en œuvre et projets en cours 18
2.1.2 Tableau des effectifs à décembre 2019 21
2.1.3 Produits et activités de recherche du thème Apprendre et Innover 22
2.2 Thème de recherche Ingénierie et Outils Numériques 24
2.2.1 Moyens mis en œuvre et projets en cours 25
2.2.2 Tableau des effectifs à décembre 2019. 31
2.2.3 Produits et activités de recherche du thème Ingénierie & Outils Numériques 34
3 Les Projets structurants 35
3.1 DEFI&Co 35
3.2 CoRoT 35
3.3 Chaire Robotics-by-Design 36
3.4 Chaire Ville du futur et Economie circulaire 36
4 Perspectives 37
5 ANNEXE 1 : Publications 38
6 ANNEXE 2 : Projets en cours 43
6.1 Récapitulatif des projets en cours 43
6.2 PFPI - Phase 2 de la Plateforme de Recherche et d'Innovation en Performance Industrielle 48
6.3 X TERM Systèmes Complexes, Intelligence Territoriale, Mobilité 49
6.4 ATELYN – trAçabilité Longitudinale hYbride uNitaire appliquée aux emballages de grande consommation 50
6.5 DEFI&Co - Développer l'expertise future pour l'industrie et la construction 52
6.6 CoRoT - Improving the design of flexible and responsive manufacturing systems involving autonomous and Collaborative RoboTs 54
6.7 VISTA – AR Innovation concernant l'expérience visiteur au moyen d'une analyse systématique de textes et de la réalité augmentée 56
6.8 LaVI&Co - Laboratoires Virtuels pour l'Industrie et la Construction 58
6.9 Jumeaux Numériques démonstrateur Usine du Futur 59
6.10 UV Robot - Innovative UV-robotics to improve existing IPM strategies and to benefit farmers, consumers and the environment 61
6.11 LOCADYN - Localisation et sécurisation dynamique des flux de personnes, d'objets et d'information sur les sites industriels 63
6.12 ROBOTICIPATION 65

6.13 RIN ACTION SUP 2018 66
6.14 FEDER GPS – Grid Power Sustainability 67
6.15 ANR CREAM - CREativity in Additive Manufacturing 68
6.16 COOP - Culture innOvation et PrOtotypage pour l'entrePreneuriat 69
6.17 Projet de NumeriLab sur les Environnements Numériques Instrumentés pour les Apprentissages Humains 70
6.18 RIN Action SUP 2019 71
6.19 Rouen Mobilités Intelligentes pour tous 72
6.20 PLFADDT « Le Parc Logistique du Future Acteur d'un Développement Durable des Territoires» 73
6.21 Label d'excellence Campus des Métiers et des Qualification Aéronautique et Spatial Occitanie 75

A la suite des importants efforts de structuration de la recherche au sein de CESI ces trois dernières années, ainsi que de l'évaluation positive de LINEACT par le HCERES et l'obtention du label Equipe d'Accueil, les interactions avec l'écosystème dans lequel CESI évolue ont été profondément modifiées. Mais au-delà de ces interactions, c'est l'écosystème entier qui a lui-même été profondément bouleversé, encore plus peut-être que lors des décennies précédentes -- ces derniers mois ayant une fois de plus complètement changé la donne et accéléré encore la nécessité de devoir et pouvoir agir vite et ensemble. Les années qui sont devant nous, malgré toutes les incertitudes qu'elles génèrent, l'exigeront très probablement encore plus.
Nous allons, tous, devoir nous projeter dans un monde dont les évolutions et leur rapidité deviennent difficilement maitrisables voire compréhensibles, et qui demande à tous ses acteurs une agilité, une vigilance, une ouverture et une capacité d'adaptation accrues. 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.

Pour cela, au-delà de notre maitrise technologique, technique et scientifique, nous avons mis, ou remis, au centre de notre développement une de ses ressources fondamentales : l'humain. Un humain dont nous saurons utiliser et renforcer les capacités de compréhension et de dialogue, au sein d'un écosystème lui-même toujours plus intelligent et connecté, qu'il soit industriel ou environnemental. Ce que nous appelons modestement la transition numérique n'est rien de moins que la quatrième révolution industrielle que vit notre monde moderne, elle se double voire se triple de profondes mutations sociétale et environnementale que nous avons intégrées dans nos évolutions.

Dans cette logique, un des grands axes de développement de LINEACT CESI au cours de 2019 a été de définir les possibilités d'évolution à proposer pour les différentes fonctions du laboratoire afin que chacun puisse se projeter dans un futur à court ou moyen terme. Les nouveaux enseignants-chercheurs qui nous rejoignent, souvent issus de laboratoires et organismes de recherche extérieurs à CESI, doivent avoir les outils pour s'intégrer de manière méthodique et c'est ce qui leur est proposé depuis l'année dernière avec l'établissement d'un Projet de Recherche Individuel qui leur permet de s'insérer en souplesse dans l'un des deux thèmes de LINEACT.
En parallèle, la direction des Etudes de CESI Ecole d'Ingénieurs a travaillé avec LINEACT CESI pour créer le statut d'ECA (Enseignant-Chercheur Associé) : l'Ecole a une demande forte sur la composante recherche des enseignants, que ce soit pour les formations d'ingénieurs actuelles ou pour les bachelors à venir, et la création de ce statut permet d'avoir des enseignants pour lesquels le bloc recherche est renforcé, sans impératif de production scientifique pour autant. Les ECA sont associés à tous les séminaires nationaux et régionaux de LINEACT CESI.
Le statut de Directeur de Recherche CESI a été également souhaité, conçu et lancé, avec des conditions d'accès proches de celles observées dans les organismes de formation et de recherche et pour une intégration dans des statuts équivalents : les principales conditions étant d'être titulaire d'une HDR et qualifié par le Conseil National des Universités (CNU) pour le grade de professeur, le candidat doit élaborer un projet de recherche étayé par sa pratique depuis l'obtention de son doctorat et mettre en avant ses contributions en pédagogie. Une première campagne a été lancée en ce début d'année 2020 avec quatre postulants, dont les candidatures ont été retenues par le comité de sélection et nommés par le Directeur Général de CESI. Ce statut de directeur de recherche CESI permet aux EC d'avoir des perspectives d'évolution et de se projeter dans une autre fonction d'encadrement de la recherche.

Si la formule « Penser global, agir local » date de 1972, elle est plus que jamais d'actualité et pertinente en termes de développement durable. CESI étant membre de la ComUE HESAM, LINEACT CESI s'est inséré dans le collège doctoral de cette ComUE et a rejoint l'Ecole Doctorale (ED) 432 SMI. Néanmoins, LINEACT CESI poursuit sa politique d'ancrage dans les territoires, notamment en Normandie, et une convention a été signée entre HESAM et Normandie Université qui permet, entre autres, à nos doctorants inscrits à l'ED 432 SMI de participer à toutes les activités doctorales mises en œuvre par le Conseil de l'Ecole Doctorale de Normandie Université, en particulier les offres de formation proposées par Normandie Université ou l'une des ED normandes ; nous souhaitons développer cette approche dans d'autres régions lorsque ce sera pertinent en termes de volume recherche. L'approche régionale reste une constante à CESI, avec de nombreux projets élaborés pendant les deux séminaires recherche de 2019 et 2020, sur lesquels les équipes de toutes les régions travaillent ensemble, ainsi que le projet DEFI&Co qui se déploie au national.

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 actuellement 31 enseignants-chercheurs et 10 en cours d'intégration, ainsi que 23 doctorants, dont 7 à l'international.

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, 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.

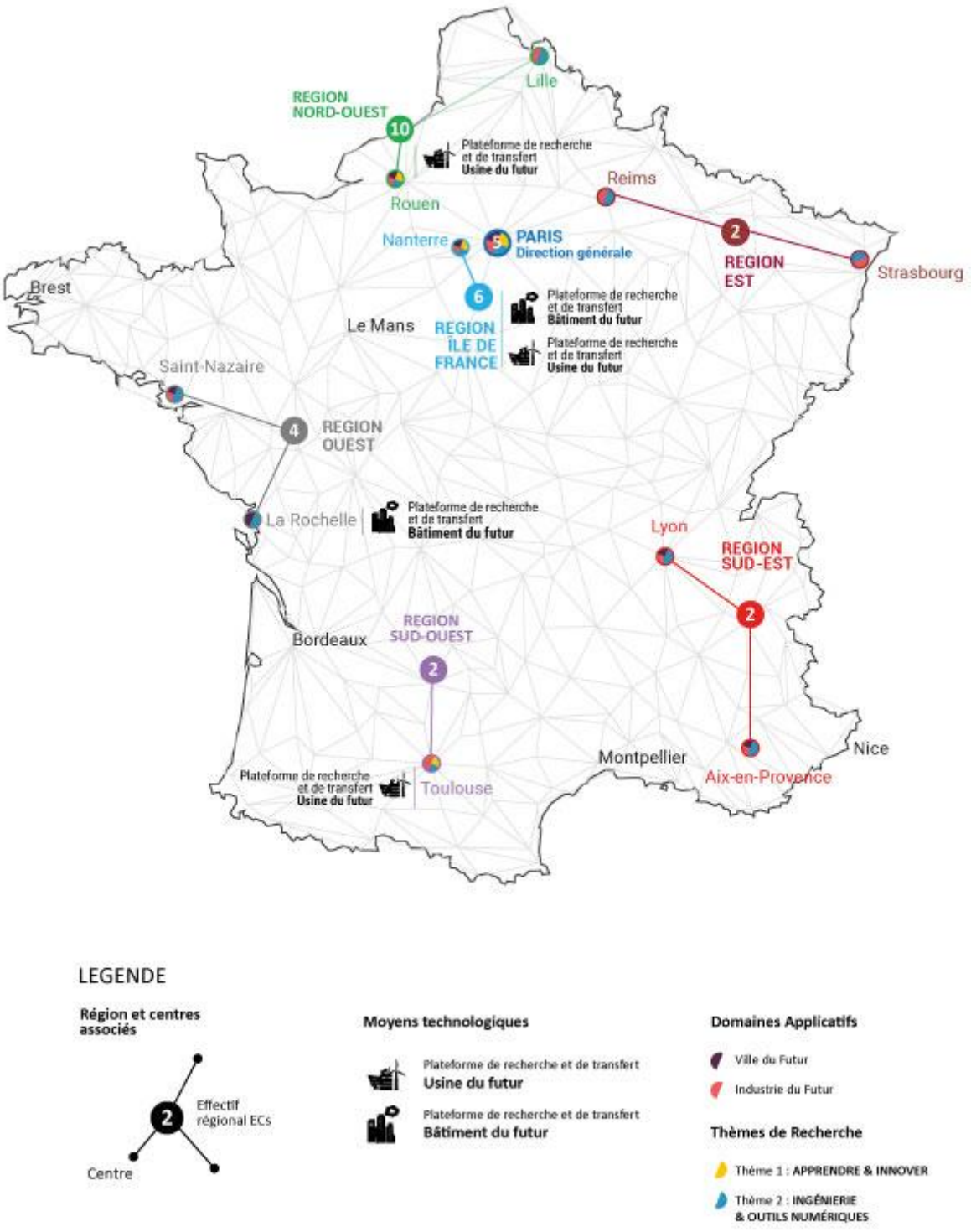


Figure 1 : Organisation territoriale de la recherche

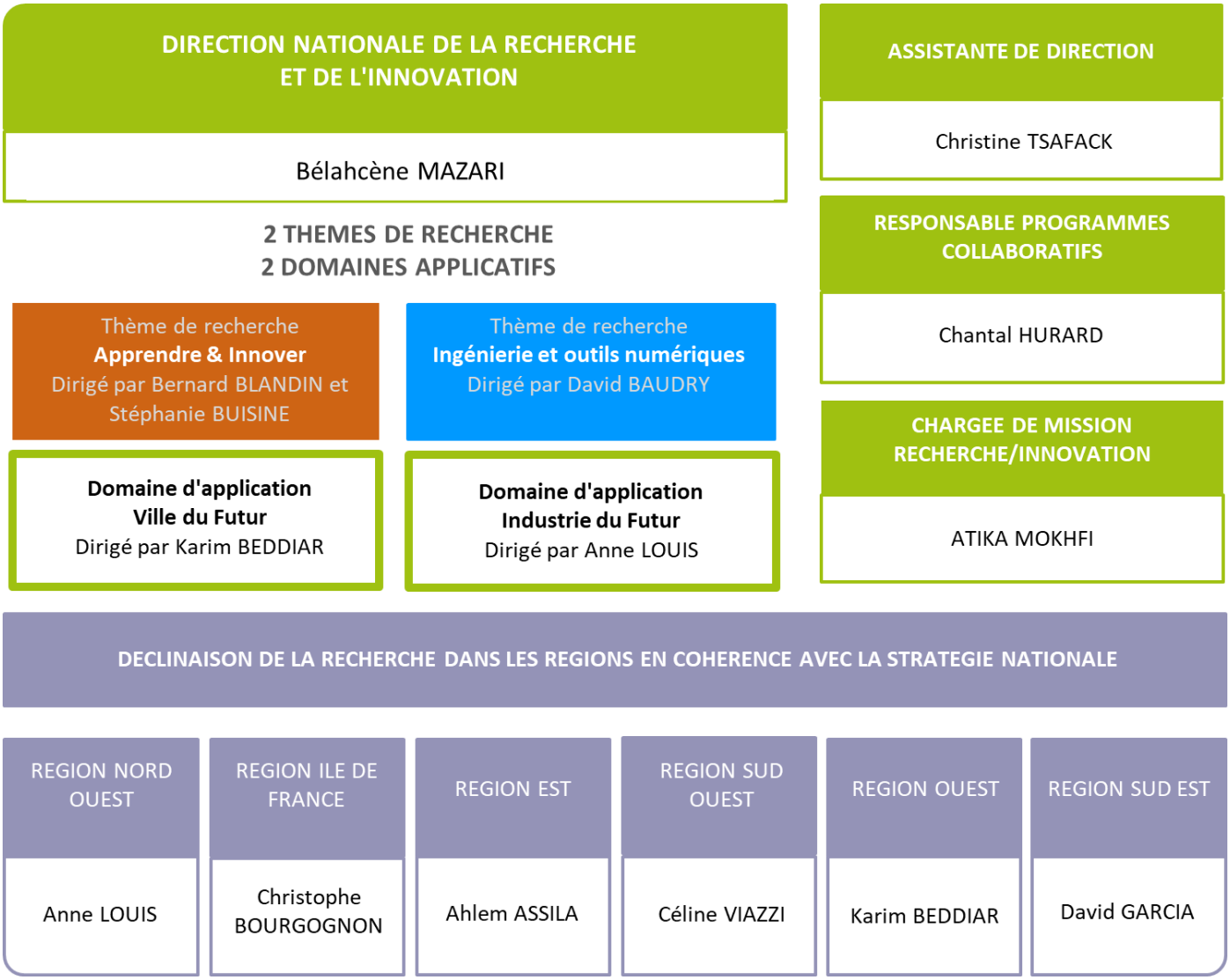
Les missions de LINEACT CESI sont diverses, et comprennent :

- L'adossement des activités de formation de nos écoles à une activité de recherche en lien avec les domaines pédagogiques abordés par nos écoles,
- Le développement des compétences et de l'expertise du corps enseignant,
- L'exposition des élèves à cette activité à travers des conférences et des visites de plateformes, pour favoriser la culture de l'innovation et de la recherche, l'émergence de projets de création d'activités et la vocation pour la poursuite d'étude en doctorat,
- Le renforcement du positionnement de CESI en tant qu'acteur important du monde de l'enseignement supérieur et de la recherche dans les politiques de site et l'insertion dans les structures de coopération en région,
- Le renforcement de l'attractivité de l'école,
- Le renforcement des collaborations existantes et le développement de nouveaux partenariats à l'international, la recherche pouvant permettre de faciliter ces échanges,
- Le renforcement des collaborations avec les partenaires industriels notamment à travers notre présence dans les filières industrielles et les pôles de compétitivité,
- L'anticipation et l'accompagnement des mutations technologiques des secteurs et des services liés à l'industrie, au BTP et aux services numériques,
- L'accompagnement des actuelles évaluations / labellisation CTI et Bachelors grade licence à venir,
- L'implication de CESI dans des projets structurants et les faire bénéficier d'installation de plateaux techniques et d'innovation au niveau de leur usage (ex : jumeaux numériques).

Plusieurs plateformes de recherche et de transfert viennent soutenir l'ensemble de ces missions et travaux. Elles sont consacrées à l'usine du futur sur les campus de Nanterre, Rouen et Toulouse, et au bâtiment du futur sur le campus de Nanterre ; par ailleurs, conventionnée avec le centre de La Rochelle, une plateforme dédiée au bâtiment du futur accueille des chercheurs CESI. Les plateformes de Rouen et Nanterre, en raison de leur taille et de leur volume d'activités, peuvent être qualifiées de remarquables. Des ateliers de prototypage de type FabLab, appelés Lab'CESI, complètent le dispositif. Les plateformes sont à la fois des objets de recherche technologique et expérimentale, des environnements interdisciplinaires d'apprentissage et d'innovation et des équipements de démonstration et de transfert des résultats de recherche.

1.1 Organisation

Une direction nationale de la recherche et de l'innovation, dirigée par Bélahcène MAZARI, a été mise en place pour 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 maitriser 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, au 30 avril 2020, 31 enseignants-chercheurs, 23 doctorants dont 7 internationaux, un technicien, un ingénieur de recherche, 3 cadres administratifs et financiers et 2 assistantes.
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.

1.2 Stratégie

CESI, depuis sa création il y a plus de soixante ans, a toujours eu pour objectif de répondre aux besoins des entreprises, des hommes et des territoires à travers le développement de compétences liées aux enjeux d'aujourd'hui tout en préparant ceux de demain. Sa raison d'être étant de répondre aux enjeux de compétitivité, emploi et justice sociale au service des territoires et des filières professionnelles, la gouvernance de CESI a évolué en 2019 et s'est dotée d'un conseil d'administration composé de cinq Fédérations Professionnelles, resserrant encore les liens étroits avec ses partenaires naturels que sont les entreprises.

Accompagnant le groupe depuis sa création, LINEACT CESI est porteur d'une stratégie qui consiste à nourrir les formations de CESI au travers tout d'abord de son activité de production scientifique ; le laboratoire a un rôle d'observateur des pratiques au sein des écoles CESI, pour favoriser la créativité au sein des formations et des espaces de formation.

Une veille permanente est pratiquée par les enseignants-chercheurs, afin de pouvoir détecter toute activité nouvelle, même la plus ténue, dans les domaines technologiques qui concernent les formations CESI. Le COMEX, éclairé par les travaux du Conseil Scientifique de CESI, revisite régulièrement les thèmes scientifiques de LINEACT CESI et sa déclinaison en différents axes pour les orienter ou ré-orienter vers les évolutions constatées et confirmées au niveau des entreprises.

Enfin, en partenariat avec les structures de la recherche académique des sites où il est implanté, dans une logique de site et de complémentarité, le laboratoire a également une approche collaborative avec les acteurs du monde économique. Ainsi la majorité des programmes de recherche portés par LINEACT CESI sont de type partenarial et impliquent acteurs académiques et entreprises ; la recherche ne peut se créer et se dérouler qu'en collaboration étroite avec les industriels.

1.3 Moyens Matériels

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

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

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

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

La quatrième plateforme, située à Toulouse, va principalement traiter les activités de recherche sur le thème de la collaboration homme/robot. Elle est constituée d'une flotte de deux robots mobiles MIR et d'un robot FESTO, associés à des postes de travail dédiés à la modélisation des flottes de robots. Des postes d'impression 3D plastique sont mis à disposition pour des travaux d'entreprises ou pédagogiques, et des outils de réalité virtuelle (casque Oculus Rift) sont utilisés pour des activités de formation. En 2019, une salle collaborative mettant à disposition une table tactile a été mise en place pour de tester de nouveaux modes collaboratifs en lien avec les recherches de LINEACT.

Enfin, une collaboration forte a été nouée avec la plateforme Tipee, installée à La Rochelle ; en partenariat avec les collectivités locales, cette plateforme est dédiée à la réhabilitation des bâtiments, labellisée par le Plan Bâtiment Durable et partenaire du CSTB. Tipee est devenue la première plateforme technologique du bâtiment durable.

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.

21 ateliers de prototypage ou Lab'CESI complètent les équipements de recherche ; l'objectif est, au-delà de l'accompagnement des projets des élèves des Ecoles, CESI École d'Ingénieurs, CESI Ecole Supérieure de l'Alternance et CESI Ecole de Formation des Managers, d'être acteur de l'innovation auprès des entreprises. Une équipe dédiée à l'organisation, la maintenance, l'animation, permet la création de maquettes numériques, la réalisation de prototypes d'objets 3D, le développement de systèmes embarqués et d'objets communicants en open source pouvant comporter des capteurs et actionneurs. CESI est également équipé d'un atelier mobile dans la région Normandie.

1.3.1 Campus Nanterre

Plateforme Industrie du Futur

Campus CESI IDFC

Fabrication Additive

FA Métallique technologie SLM

FA Métallique technologie FDM (extrusion poudre liée)

FDM PLA

FA polymères et composites

Polymères fibrés (verre, carbone, kevlar)

Réalité Virtuelle & Augmentée

Casques HTC (RV)

Projection 3D immersive (RV)

Smartphones (RV ou RA)

Tablette de RA

Prototypage (hors FA et RA-RV)

Découpes et gravures laser

Commandes numériques

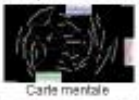
Scanner Industriel

Electronique embarquée

Innovation & entrepreneuriat

Logiciels CESI

Brainstorming augmenté



Carte mentale

Business Model Canvas

Left de pensée

Salle de créativité

Robotique

Pédagogique

Poppy

Drones

Industrielle (2020)

Cobots et robots mobiles

Plateforme Ville Intelligente et Durable

Campus CESI IDFC

Bâtiment connecté, intelligent

SMART Building

Technologies : POE, IoT, BIM,

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

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

Réalité Virtuelle & Augmentée

Casques HTC (RV)

Projection 3D immersive (RV)

Lunette Hololenz (RA)

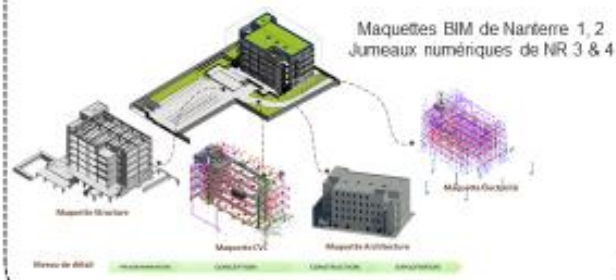
Smartphones (RV ou RA)

Tablette de RA

Modélisation & simulation BIM

Salle BIM avec plateforme logicielle dédiée

Scan Professionnel FARO (Fin 2019)



Maquettes BIM de Nanterre 1, 2
Jumeaux numériques de NR 3 & 4

1.3.2 Campus Rouen

Système flexible de production (180 m²)

Atelier flexible de Production et postes manuels

Robotique et cobotique

Interactions Homme Machine et Jumeau Numérique

Plateforme de recherche et de formation Industrie du Futur

LINEACT cesi

JANVIER 2020

Salle de Réalité Virtuelle (95 m²)

Installation d'un cave (avril 2020)

- Casques de RV/RA
- Dispositifs d'interaction
- Système de capture de mouvement

Plateforme de recherche et de formation en Réalité Virtuelle

LINEACT cesi

JANVIER 2020

Laboratoire de Fabrication Additive (100 m²)

Imprimante plastique HP JET FUSION 4200

Logiciel de préparation de pièces (MAGICS)

Imprimante métallique Markforged Metal X

Imprimante Desktop metal

Plateforme de recherche et de formation en Fabrication Additive

LINEACT cesi

JANVIER 2020

Creativ'lab – Learning lab (120 m²)

- Table tactile
- Écran interactif
- Système Webex
- Espaces de coworking

Creativ' lab / Learning Lab – des espaces pour la formation et la recherche

LINEACT cesi

JANVIER 2020

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 ; ce thème peut s'adresser à des domaines d'application plus larges que ceux de la Ville ou de l'Industrie du Futur. Les principaux objectifs scientifiques visés par ce thème sont la compréhension des effets de l'environnement, et plus particulièrement des situations instrumentées par des objets techniques (plateformes, ateliers de prototypage, systèmes immersifs...) sur les processus d'apprentissage et de créativité.

- 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 de données, 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.

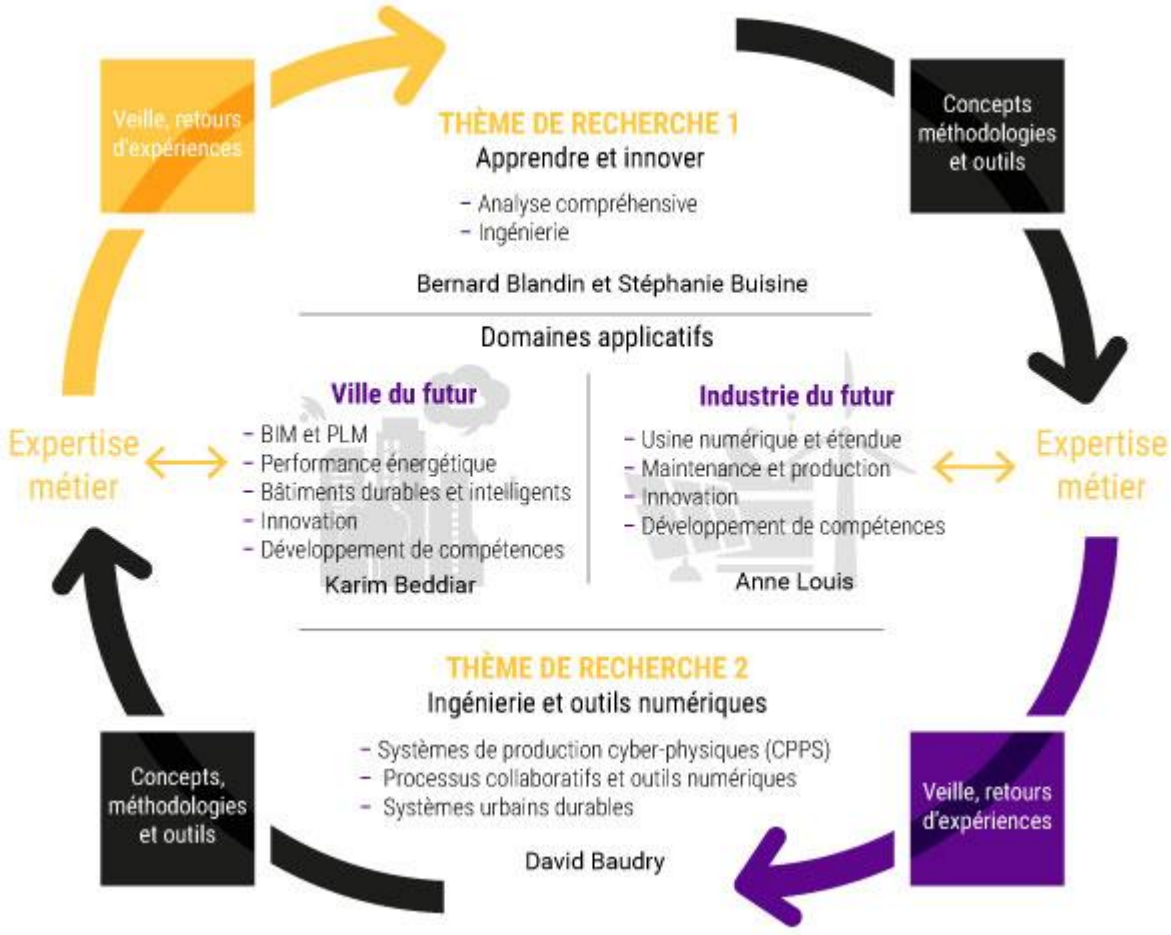


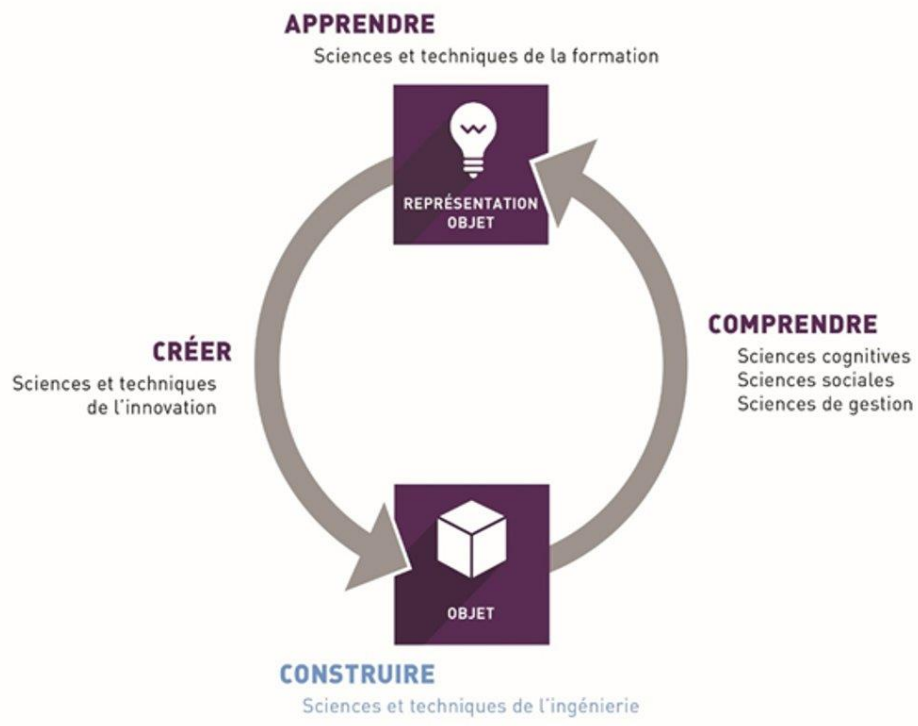
Figure 2 : Structuration de l'activité de recherche

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
- Les approches cognitives des instruments
- Les théories 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) :*



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

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 formations de CESI et peuvent mobiliser les compétences de l'ensemble des formateurs et enseignants formateurs, 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) 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, 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 originale, 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 organisationnelle visant à modéliser des environnements capacitants et les modes de management favorisant l'apprentissage et l'innovation. 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'analyse sociologique et psychologique et ainsi à 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" : il s'agit essentiellement des projets DEFI&Co et LaVI&Co qui se sont poursuivis en 2019. 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 2019), 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). LaVI&Co, dont le volet francilien s'est achevé au troisième trimestre 2019, avait pour objectif de développer des jumeaux numériques des plateformes Usine du futur de Rouen, Bâtiment du futur et Unité autonome de fabrication additive métallique de Nanterre, de sorte à ouvrir à tous les sites l'accès à ces plateformes, utilisées comme support ou terrain d'apprentissage dans les projets A2P2 ou les modules de formation issus de DEFI&Co.

- 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.
- Les jumeaux numériques développés dans LaVI&Co commencent à être utilisés comme supports des pédagogies actives mises en œuvre dans les formations. Les situations ainsi créées deviendront des sujets de recherche pour l'équipe (voir ci-dessous), et permettront également d'alimenter les formations de CESI.
- 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 une première série d'observations menées dans les Lab'CESI de Saint-Nazaire et de Nanterre a permis d'orienter les travaux de recherche futurs sur deux axes : *Analyser des activités en situations de prototypage pour comprendre les effets de l'environnement sur l'Apprendre, et Comprendre la transmission et le partage de schèmes pour construire un environnement capacitant.*
- Un deuxième 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).
- 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 a été décidé d'organiser un colloque sur ce thème à Rouen, les 4 et 5 novembre 2020. L'organisation de ce colloque mobilise plusieurs chercheurs du thème Apprendre et Innover.

Processus "Innover" : plusieurs actions ont été initiées ou se sont poursuivies en 2019 :

- 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 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.
- 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'Ericka 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 personnelle 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 terme la place de la robotique et de l'IA dans la société. La chaire rassemble actuellement cinq partenaires industriels (SNCF, Spoon, BNP Cardif, Korian et Altran) et quatre partenaires académiques français (Strate, ENSTA, Université de Paris Est Créteil 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 une thèse CIFRE avec 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. L'objectif de cette thèse 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.
- 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 facilitent-elles 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, et 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.

2.1.2 Tableau des effectifs à décembre 2019

Responsables du thème	**Bernard BLANDIN, HDR** **Stéphanie BUISINE, HDR**
Enseignants-chercheurs	Alexandra BADETS Andréa BOISADAN Yasmine BOUMENIR Christophe BOURGOGNON Muriel DAVIES Stéphanie GUIBERT Atika MOKHFI Yann SERREAU Céline VIAZZI

Doctorants		Direction de thèse		Année de début de thèse	Titre de la thèse	ED de rattachement
PILLON	Elodie	LOILIER Thomas, Univ. Normandie	LOUIS Anne, CESI	2015	Les processus de couplage en matière d'innovation ouverte : quelles pratiques organisationnelles pour les PME ?	ED 242 EGN
ROTTEMBERG	Ericka	BUISINE Stéphanie, CESI		2017	Evolution des pratiques managériales en entreprise	ED 261 3CH
TATON	Amandine	BUISINE Stéphanie, CESI	BOISADAN Andréa, CESI	2019	Opportunités d'innovation relatives à la Silver Economie sur le territoire Chalonnais	ED 432 SMI
SARTORE	Mégane	Stéphanie BUISINE, CESI	OCNARESCU Ioana, 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

2.1.3 Produits et activités de recherche du thème Apprendre et Innover

Thèses soutenues en 2019

- Thèse CESI de Muriel Davies, intitulée “Diagnostiquer et développer la culture innovation dans les organisations françaises” : la Commission Nationale d’Evaluation des Politiques d’Innovation démontre qu’en quinze ans, le soutien financier de l’Etat à l’innovation a doublé en euros constants, et est aujourd’hui plus important que le budget de la Justice. Or, assurer un financement à l’innovation ne suffit pas et plusieurs rapports ministériels soulignent la nécessité de développer la culture de l’innovation et de l’entreprenariat en France. Cette thèse propose un modèle de culture innovation dans les organisations ainsi qu’un outil de diagnostic. Après validation en laboratoire, le modèle et l’outil ont été déployés auprès de 432 dirigeants d’entreprises françaises (étude menée en partenariat avec France Stratégie et Ayming). Les résultats montrent une certaine prédictibilité entre culture innovation et performance d’innovation autoévaluée. Le potentiel d’innovation lié à la culture apparaît presque trois fois plus important que celui lié aux processus mis en place par les entreprises. En ce qui concerne l’évolution de la culture innovation des organisations, plusieurs contributions sont proposées, s’appuyant sur les mécanismes d’engagement et sur le rôle primordial des dirigeants dans l’évolution de la culture organisationnelle. Un jeu de plateau a été conçu dans le cadre du projet IDEFI InnovENT-E afin de sensibiliser les dirigeants de PME à l’innovation ; ce jeu a été déployé en Lorraine via des clubs de dirigeants. Le développement de la culture innovation a également été intégré à un tronc commun de formation destiné aux 800 alternants de Mastère Spécialisé® de CESI (estimé à 10 % du flux des étudiants préparant ce diplôme labellisé par la CGE). Ce parcours pédagogique d’environ 200 heures vise à favoriser l’appropriation des concepts de base en innovation et le développement de la culture innovation, quel que soit le métier ciblé.

Publications 2014-2019

Type	Catégorie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Articles	ACL	1	5	4	8	4	3	25
	ASCL			1				1
Congrès	C-ACTI	4	2	10	8		8	32
	C-ACTN		4	3	1		4	12
	C-AFF				2			2
	C-COM	1					5	6
Ouvrages scientifiques	CH				2	2		4
	OS			1		2		3
Thèses	TH	1			1	3	1	6
Conférences invitées	INV	2	3	3			2	10
Brevets	BRE					3		3
Total		9	14	22	22	14	23	104

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

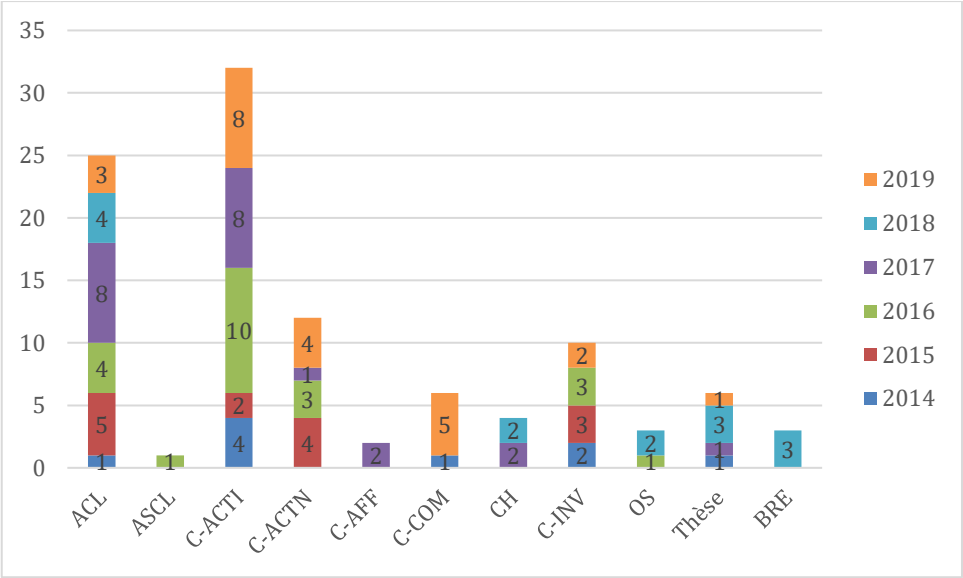


Figure 4 : Publications du thème Apprendre & Innover

Développements instrumentaux et méthodologiques

Plusieurs développements instrumentaux ont été réalisés pour le processus Apprendre dans le cadre des projets DEFI&Co et LaVI&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 Homme-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

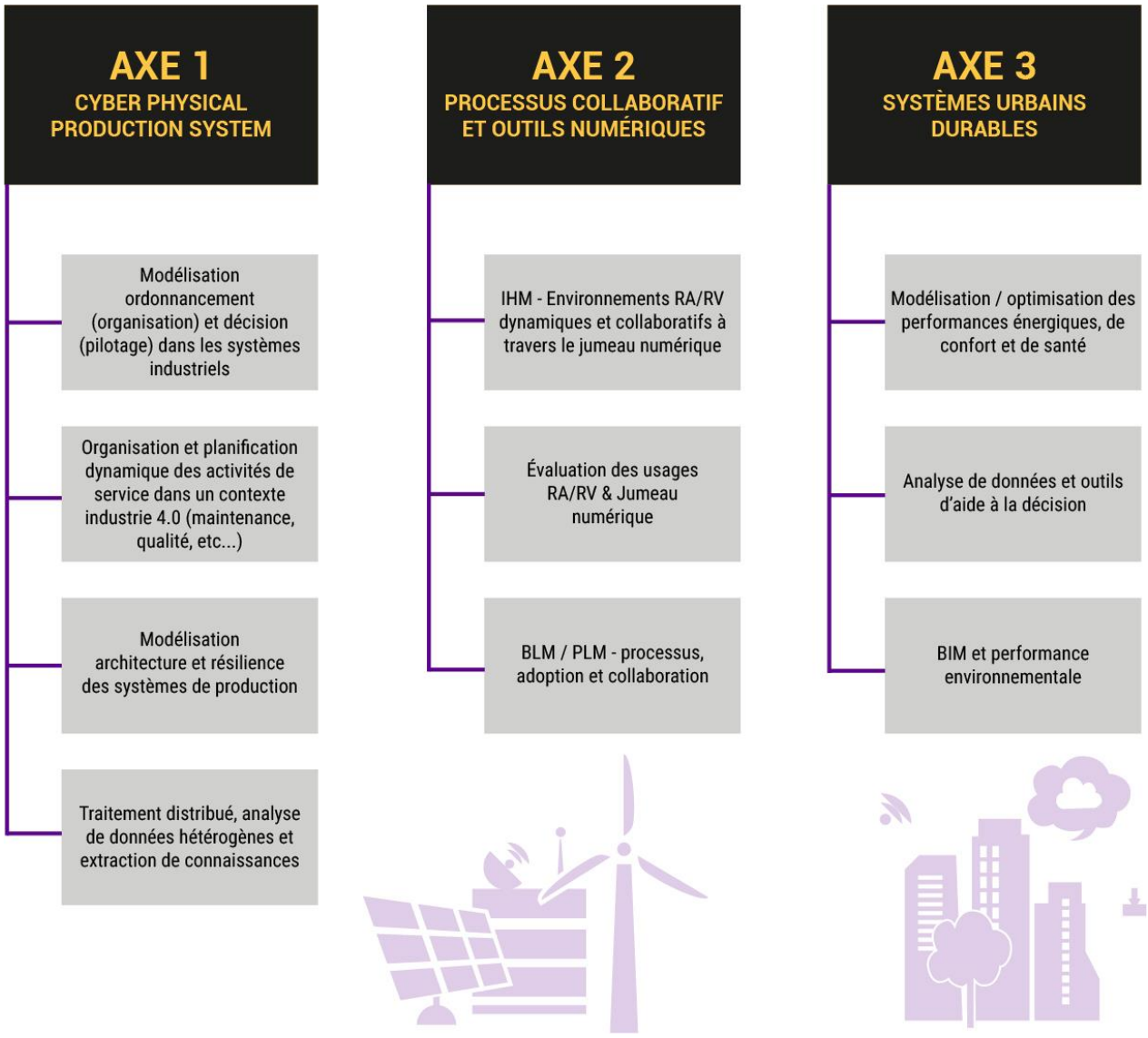


Figure 5 : Thème de recherche Ingénierie & Outils numériques

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 Science 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.

Sur 2018 et 2019, 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, Normandie Université – GREAH EA 3220, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines – David EA 7431, LAAS – CNRS à Toulouse, ENSAM - LISPEN EA 7515.

Dans le contexte des verrous technologiques et des transformations liés aux deux défis de la Ville du futur et de l'Industrie du futur et du projet scientifique du thème Ingénierie et Outils Numériques, les travaux menés en 2019 portent sur le développement et le renforcement des axes de recherche initiés. Dans le cadre de l'évaluation de LINEACT début 2018, le projet scientifique a été développé en cohérence avec la stratégie globale du laboratoire, les orientations stratégiques définies dans la chaire CESI - Cisco – VINCI Energies 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 en 2018 et poursuivies en 2019 au travers de :

- L'intégration dans l'équipe de quatre nouveaux enseignants-chercheurs en 2019 qui viennent de rejoindre LINEACT.
- Le renforcement du nombre d'habilités à diriger des recherches de l'équipe : M'hammed Sahnoun a obtenu son HDR de l'Université de Rouen Normandie le 8 Avril 2019 sur le thème : « Contribution à la modélisation, la simulation et le pilotage de systèmes complexes ». Deux autres dossiers sont en préparation sur 2020-2021.
- 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 CESI - Cisco – VINCI Energies, Chaire ESSOR-CESI, Pilgrim, ENGIE, Vinci Construction…).
- 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'analyse de données ou la RA/RV notamment dans le cadre du projet DEFI&Co.

Plus spécifiquement, les travaux de recherche conduits en 2019 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, XTERM, UV-ROBOT) à l'étude de filière industrielle. A titre d'exemple, dans le cadre du projet européen CoRoT, porté par CESI et impliquant quatre partenaires académiques et trois PME (Figure 7), nous nous intéressons aux problématiques d'allocation et d'ordonnancement dans un contexte de collaboration multiple entre opérateurs, robots et machines. 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. Le projet XTERM s'est terminé fin 2019 et nous avons notamment travaillé sur cette dernière année à la proposition d'architecture du système cyber-physique du système de production associé à son jumeau numérique.
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 domaine de l'analyse des données et de la décision, des premiers travaux portent sur la classification, l'analyse et la visualisation de grands jeux de données pour une application de traçabilité unitaire de produits (
Figure 5) dans le cadre du projet FUI ATELYN clôturé début 2019.
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 pour introduire des algorithmes de décisions multi-niveaux. Nous les complétons dans le cadre du projet DEFI&Co, portant sur la classification et l'utilisation de méthodes d'analyses prédictives sur des systèmes industriels pour obtenir des outils d'aide à la décision pour planifier des actions de maintenance prévisionnelle ou étudier des signaux faibles pour optimiser des opérations de production.

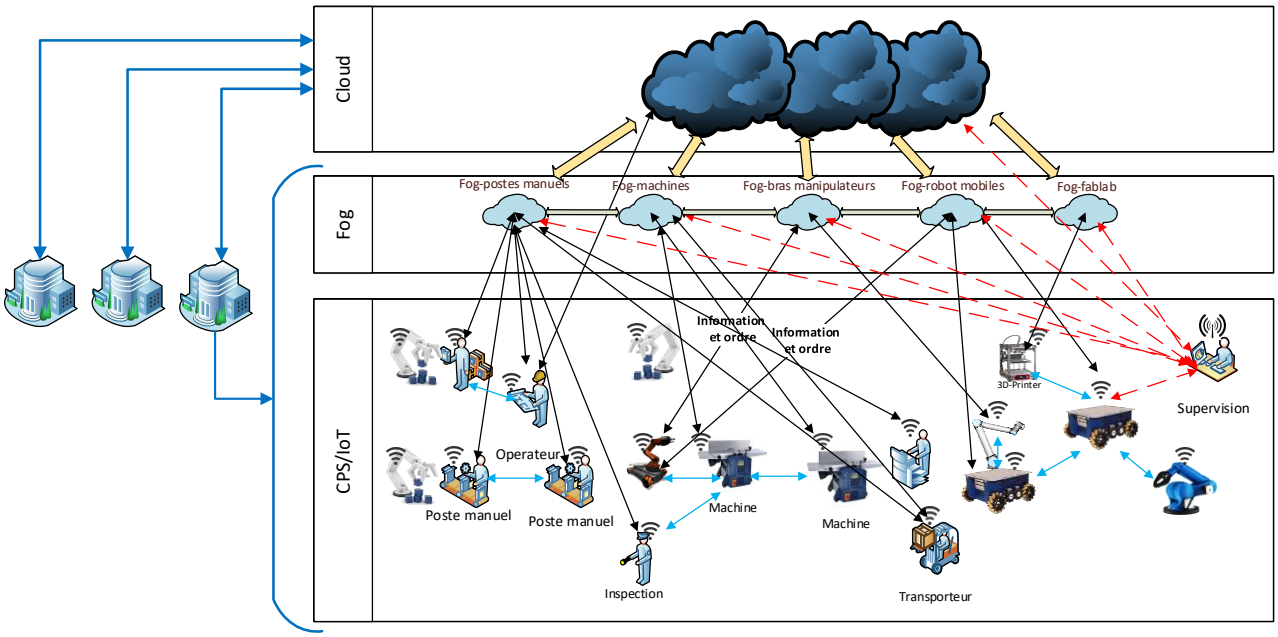


Figure 6 : Fog computing et CPPS

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.

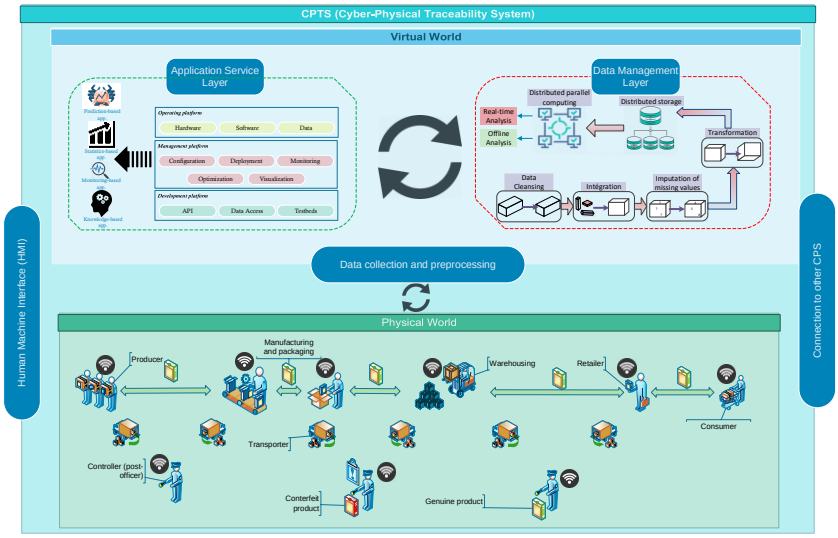


Figure 7 : Travaux développés dans le cadre du projet FUI ATELYN.

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 démarré une thèse CIFRE avec la société OREKA Ingénierie sur ces problématiques de modélisation et de scénarisation d'environnements RA/RV. 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 Usine du futur 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 (Figure 8).

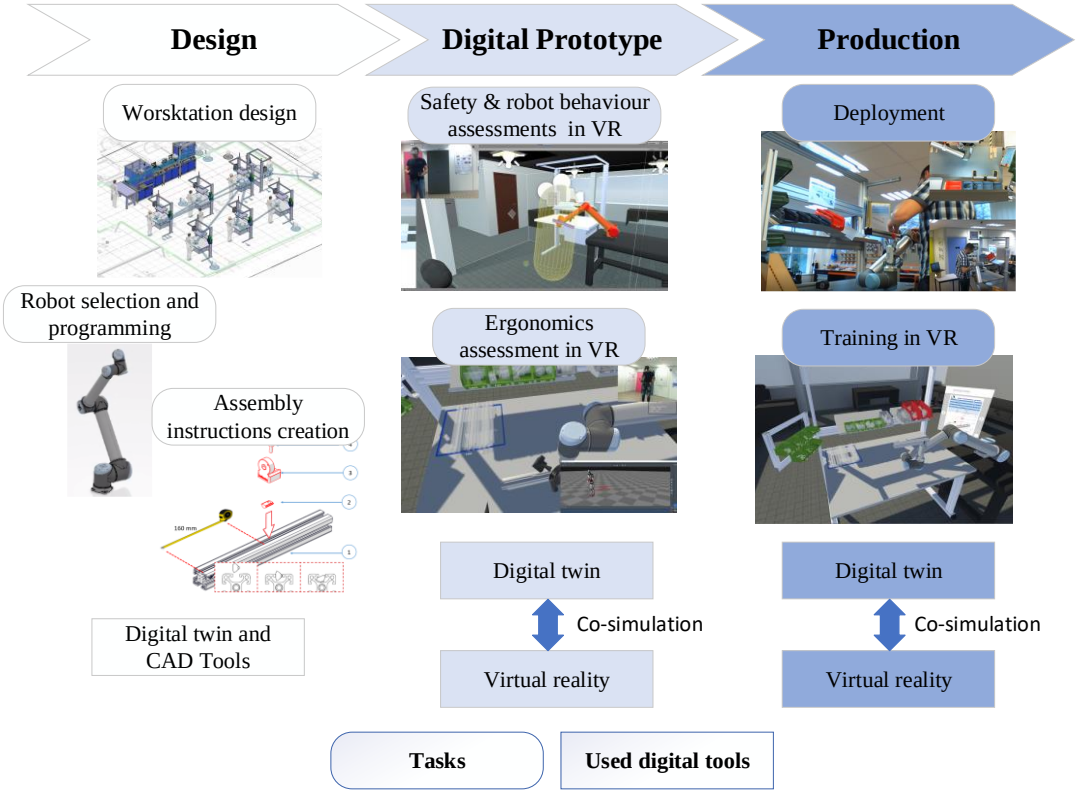


Figure 8 : Jumeau numérique et environnement virtuel dans un contexte industriel

Nous avons également initié un projet de recherche s'appuyant sur une thèse en collaboration avec l'IRSEEM ESIGELEC sur la reconnaissance d'action humaine basée sur des approches de deep learning pour des applications de collaboration Homme-robot. Les pistes de recherche que nous souhaitons explorer portent sur de la génération de données à partir du jumeau numérique et d'environnement virtuel permettant de simuler le processus d'assemblage (Figure 9).
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 démarré, avec l'équipe du thème 1 Apprendre et Innover, le projet NUMERILAB, soutenu par le Région Normandie et les fonds européen 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, traces et données d'apprentissages, en introduisant des méthodes d'IA, pour permettre des mises en situation (simulation) dynamiques et adaptatives et pour évaluer les impacts sur les acquisitions de connaissances et de compétences. Cela passe également par une évolution du plateau technique dédié aux environnements virtuels et aux interactions Homme-machine avec l'installation d'un CAVE 4 faces prévue au premier semestre 2020 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, …).

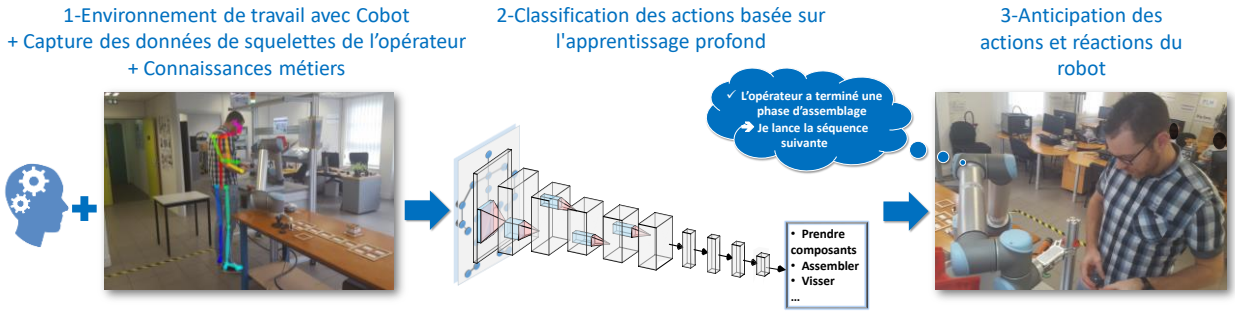


Figure 9 : Collaboration Homme-Robot et reconnaissance d'actions

En complément du domaine de l'industrie, 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 déposée avec VINCI Construction France.

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 LCPI de l'ENSAM.
Des travaux sont positionnés sur les processus de construction en couplant les outils Lean et BIM : ils ont fait l'objet d'un dossier CIFRE déposé avec ENGIE Axima, portant 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 ainsi démarré sur les modèles de maturité du BIM. 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.
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. 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 10).

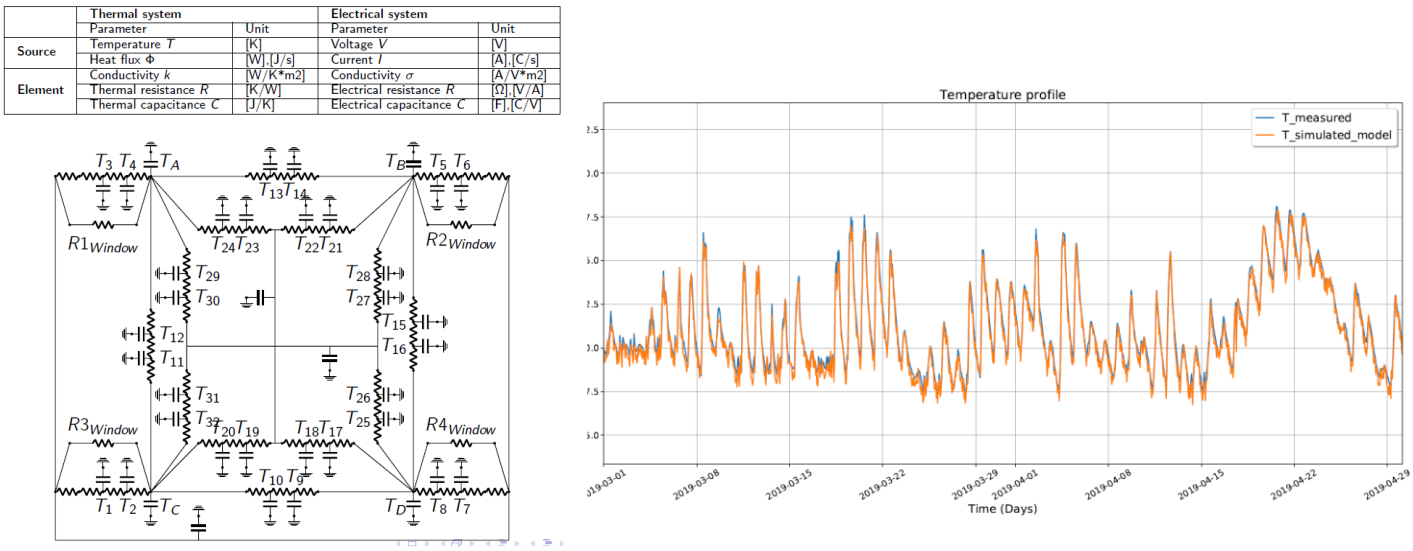


Figure 10 : Modélisation multizones et commande prédictive pour optimiser l'énergie dans un bâtiment intelligent.

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 d'une thèse en cours de montage avec l'Institut IRMAS de l'Université de Haute Alsace.

Dans le cadre de la Chaire d'enseignement et de recherche « Ville du futur et économie circulaire » créée par CESI et le groupe ESSOR en juin 2019, des perspectives de recherche portent sur l'analyse prédictive et le BIM dans le contexte de la ville intelligente et durable. Une thèse CIFRE est en cours de montage sur cette thématique.

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.

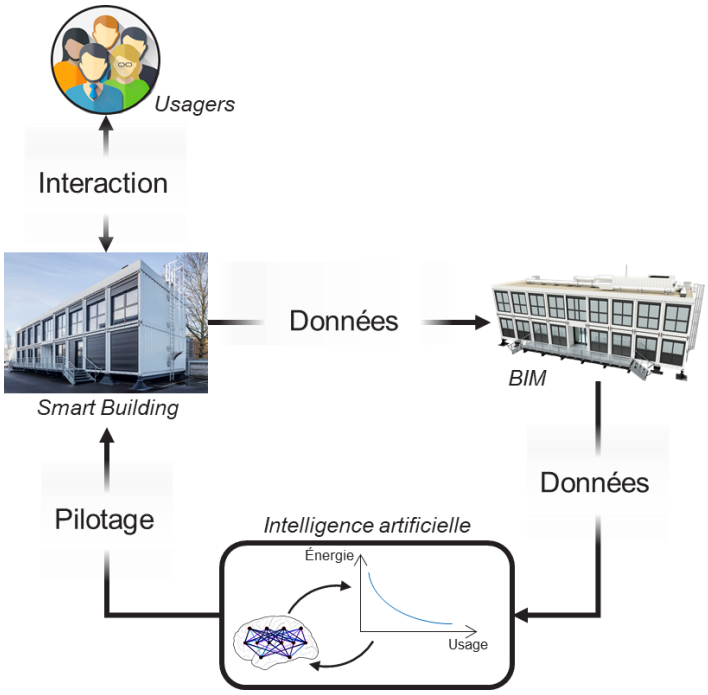


Figure 11 : Apprentissage dynamique pour le pilotage intelligent de bâtiments

2.2.2 Tableau des effectifs à décembre 2019.

Equipe :

Responsable du thème	David BAUDRY, HDR	
Enseignants-chercheurs	Ahlem ASSILA Antoine BAILLY Sara BEDDIAF Karim BEDDIAR Djaoued BELADJINE Amin BENATIA Belgacem BETTAYEB Amine BRAHMIA Benjamin COHEN BOULAKIA Katia CORDEIRO Jean François DOLLINGER Omar DOUKARI Fabrice DUVAL, HDR Madeleine EL ZAHER David GARCIA	Vincent HAVARD Benoit JEANNE Anne LOUIS, HDR Bélahcène MAZARI, HDR Abdelkader MEKHLEF Mourad MESSAADIA Ahmed NAIT CHABANE Sylvain NOBLECOURT Samir OUCHANI Gaël PALLARES M'hammed SAHNOUN, HDR Abderrahmane SOUFI Houda TLAHIG Ivan YASSUDA Lazher ZAIDI
Ingénieur de recherche	Jordan HIS	

Doctorant		Direction de thèse		Co-encadrement		Année de démarrage	Titre de la thèse	ED de rattachement
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 pilotage énergétique intelligent de Bâtiments	ED STIC 580
DALLEL	Mejdi	D. BAUDRY, CESI	X. SAVATIER, ESIGELEC	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		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 Energétique	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
MOUSSA	Souleymane	A. BENSHRAIR, INSA Rouen	F. DUVAL, CESI	M. SAHNOUN, CESI		2017	Supervision d'un atelier de production flexible constitué de robots collaboratifs mobiles	ED MIIS 590

Le tableau ci-dessous présente les activités de co-encadrement scientifique de thèses internationales par des enseignants-chercheurs de l'unité.

Doctorant	Université / école partenaire	Directeur de thèse	Co-encadrement LINEACT	Année de début de thèse	Titre de la thèse
Wassila ABDELLAOUI	Université de Tlemcen	Mehdi SOUIER	M.SAHNOUN	2016	Modélisation, ordonnancement d'un système de transport multi-produits - un cas d'étude Algérien-
Anis ALLAL	Université de Djillali Liabes - Sidi Bel Abbes (Algérie)	Sidi Mohammed BENSLIMANE	M. SAHNOUN	2015	Conception et développement d'outil d'aide à la décision pour la gestion de la maintenance, la production et le remanufacturing dans le cadre des énergies renouvelables
Salah Eddine BELLAL	Université de Batna (Algérie)	Leila MOUSS	M. SAHNOUN	2014	Exploration du potentiel de la vision artificielle pour la reconnaissance d'objets en vue d'une conception d'un dispositif intelligent dans un contexte industriel
Fatima BEZZAOUCHA	École Supérieure en Informatique Sidi Bel Abbes (Algérie)	Sidi Mohammed BENSLIMANE	M. SAHNOUN	2017	Modélisation de la propagation de pannes à base d'architecture distribuée pour l'implémentation de la maintenance proactive dans des systèmes de production énergétique
Walid Miloud DAHMANE	Université de Blida (Algérie)	Hafida BOUARFA	S. OUCHANI	2018	Security by Construction through Formal Methods and Blockchain: Application on IoT Networks in Smart Cities
Radhwane FELLAHI	Université de Bouira (Algérie)	Djamal BENNOUAR	S. OUCHANI	2018	Preserving Privacy in IoT Systems
Anastácio da SILVA JUNIOR	PUPCR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná (Brésil)	Nathan MENDES	K. CORDEIRO	2016	Développement d'un modèle de confort thermique et d'un système de contrôle pour des locaux climatisés par des équipements de type SPLIT

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

Thèses soutenues en 2019

Marcos BATISTELLA LOPES a soutenu sa thèse intitulée « Numerical modeling of particle deposition and resuspension in ventilation duct bends » le 3 décembre 2019 à PUPCR - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (Brésil). Ce travail a été co-encadré par Katia Cordeiro pour LINEACT. L'étude propose l'application de la simulation numérique pour prévoir l'écoulement turbulent gaz-solide dilué à l'intérieur d'un conduit courbé d'un système CVC (Chauffage, Ventilation et Climatisation). Les principaux objectifs sont d'obtenir des résultats fiables et d'évaluer l'importance de certains paramètres tels que la section transversale par rapport au dépôt de particules. Les simulations numériques ont été effectuées avec le code OpenFOAM® avec une formulation Eulerienne-Lagrangienne et des modèles d'interaction particule-paroi modifiés. Par ailleurs, cette thèse a implémenté de nouvelles fonctionnalités dans la bibliothèque Lagrangienne de l'OpenFOAM®.

Publications 2014-2019

Type	Catégorie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Articles	ACL	5	3	6	4	3	7	28
	C-ACTI	11	10	4	10	17	27	79
Congrès	C-ACTN	1	5	4	7	7	3	27
	C-AFF		1			2		3
	C-COM				1	3	2	6
Conférences invitées	C-INV		1					1
Ouvrages scientifiques	OS		1	1	1	1	1	5
Thèses	Thèse			3		1	1	5
Brevets	BRE				1			1
Total		17	21	18	24	34	41	155

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

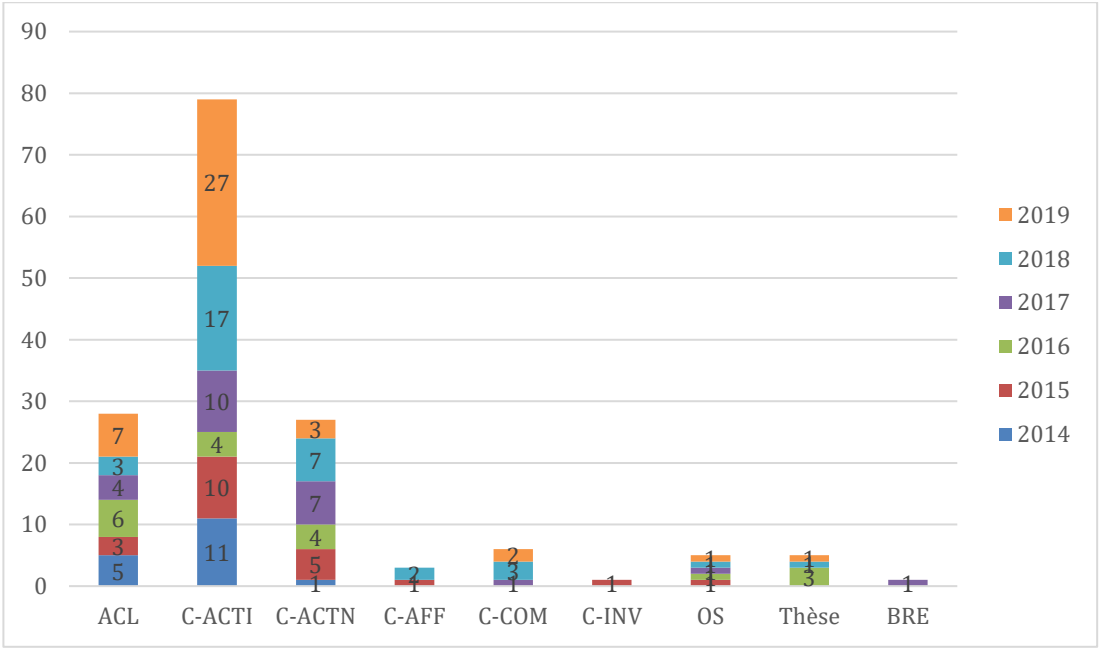


Figure 12 : Publications du thème Ingénierie & Outils Numériques

3 Les Projets structurants

3.1 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.

3.2 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 Chaire Robotics-by-Design

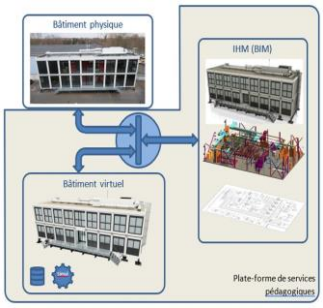
CESI a intégré le consortium de la chaire Robotics-by-Design Lab, portée par Strate Ecole de Design. Il s'agit d'un programme de recherche pluridisciplinaire alliant principalement design, robotique et sciences humaines et intitulé "IA, Robots & Humains ? Ecologies du Vivre Ensemble". L'ambition de la 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 quatre partenaires académiques (Strate Ecole de Design, l'ENSTA Paris de l'Institut Polytechnique, l'Université Paris Est Créteil et CESI) et des chercheurs internationaux de renom tels que Stéphane Vial, Professeur en Design à l'Université de Nîmes et à l'École de Design de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM), Luisa Damiano, Professeure en Epistémologie des Sciences, Ethique et Philosophie des robots sociaux à l'Université de Messine en Italie et Gentiane Venture, Professeure en Robotique au Japon à l'Université TUAT de Tokyo.
La chaire 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.

3.4 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.



Jumeau numérique plateforme Bâtiment du Futur

4 Perspectives

Les perspectives sont nombreuses, et l'évolution du regard sur CESI des pouvoirs publics, qu'ils soient nationaux ou européens, évolution due au dynamisme de l'ensemble de nos activités, va permettre d'apporter des changements structurants.
La détermination du caractère public de CESI au regard de la réglementation européenne, ainsi que notre déclaration relative à nos activités économiques auprès de l'ANR (Agence Nationale de la Recherche), toutes deux effectuées en cette fin de premier semestre 2020, nous permettent d'envisager des modes de financement moins contraignants à l'avenir et de multiplier les réponses aux appels à projets qui vont être publiés en fin d'année 2020 ou plus vraisemblablement début 2021, la pandémie COVID 19 ayant retardé de quelques mois la formalisation des nouvelles programmations 2021-2027. Les projets viendront appuyer nos outils de formation dans les domaines du bâtiment et de l'industrie du futur.
L'activité de dépôt de projets s'est intensifiée depuis la fin d'année 2019, et ces derniers mois ont vu la soumission de plus de six projets, ce qui permet d'envisager sereinement la pérennité de l'activité de LINEACT. En parallèle, et le lien avec les ressources nécessaires pour mettre en œuvre les projets en cours et à venir est évident, l'intégration des enseignants-chercheurs s'accélère, dix d'entre eux étant actuellement en train de finaliser la rédaction de leur PRI (Projet de Recherche Individuel) pour s'insérer dans l'un des deux thèmes de LINEACT.

Les premiers travaux sur les jumeaux numériques, initiés dans le cadre de DEFI&Co et des projets de recherche s'appuyant sur les plateformes, font l'objet pour la Recherche et la Formation du groupe CESI de projets structurants en montage sur 2020 afin d'en démultiplier les usages en pédagogie et de renforcer nos travaux inter-thèmes. Objets de recherche pluridisciplinaires, les jumeaux numériques et les environnements virtuels pour les apprentissages humains sont étudiés par les EC des deux équipes de recherche de LINEACT en Sciences de l'éducation et en Sciences du numérique ; les thématiques de recherche abordées portent sur les environnements d'apprentissage instrumentés, l'évaluation des usages et des apports de la simulation, la transférabilité vers les formations, la modélisation des connaissances, l'étude des architectures des jumeaux numériques, ou encore l'intelligence artificielle et les interactions Humain-Machine. Les jumeaux numériques permettent d'utiliser à distance en pédagogie nos plateformes technologiques de Nanterre et de Rouen et d'optimiser leur usage et leur accessibilité.

Enfin, LINEACT va poursuivre sa logique d'ancrage dans les territoires, au-delà des activités et collaborations déjà en cours, par des actions de recherche telles que le Campus des métiers et des qualifications.

5 ANNEXE 1 : Publications

Production scientifique au sein de LINEACT

Janvier 2019 à mars 2020

Articles dans des revues internationales ou nationales

1. 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
2. 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
3. Omar Doukari, David Greewood, "Automatic generation of building information models from digitized plans", Automation in Construction, 113, 103129, 2020
4. 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
5. 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
6. 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
7. Merouane Mazar, M'hammed Sahnoun, Belgacem Bettayeb, Nathalie Klement, Anne Louis, "Simulation and optimization of robotic tasks for UV treatment of diseases in horticulture", Operational Research - An International Journal, 2019
8. Vincent Havard, Benoit Jeanne, Marc Lacomblez, David Baudry, "Digital twin and virtual reality: a co-simulation environment for design and assessment of industrial workstations", Production & Manufacturing Research, 7, 472-489, 2019
9. Elodie Pillon, Mourad Messaadia, "Impact du numérique sur l'adoption de l'innovation ouverte par les PME.", Génie industriel et productique, 2, Numéro Spécial Lean et industrie du futur, 2019
10. Stéphanie Buisine, Jérôme Guegan, "Creativity in virtual teams: Bridging the gap between professional wisdom and scientific insights", Creativity Studies, 12, 2, 198-210, 2019
11. Vincent Havard, David Baudry, "Réalité augmentée dans un contexte industriel", Techniques de l'ingénieur, 2019
12. Wenjin Zhu, Bruno Castanier, Belgacem Bettayeb, "A dynamic programming-based maintenance model of offshore wind turbine considering logistic delay and weather condition", Reliability Engineering & System Safety, 190, 2019
13. Oussama Ben-Ammar, Belgacem Bettayeb, Alexandre Dolgui, "Optimization of multi-period supply planning under stochastic lead times and a dynamic demand", International Journal of Production Economics, 2019
14. Oussama Ben-Ammar, Belgacem Bettayeb, Alexandre Dolgui, "Integrated Production Planning and Quality Control for Linear Production Systems Under Uncertainties of Cycle Time and Finished Product Quality", International Journal of Production Research, 2019
15. Vincent Havard, Anirudh Trigunayat, Killian Richard, David Baudry, "Collaborative Virtual Reality Decision Tool for Planning Industrial Shop Floor Layouts", Procedia CIRP, 81, 1295-1300, 2019

16. Stéphanie Buisine, Jérôme Guegan, "Proteus vs. social identity effects on virtual brainstorming", Behaviour and Information Technology, 2019

Ouvrage Scientifique

1. K. Beddiar, C.. Grellier, E. Woods, "Construction 4.0", Dunod, 2019

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. 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
2. 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 Econnomics 2020, Innsbruck, Austria, 2020
3. 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
4. R. Shekhawat, A. Benatia, D. Baudry, "A Novel Strategy for Energy optimal designs of IoT and WSNs", MOSICOM 2020, Dubai, UAE, 2020
5. J. Vasnier, M. Messaadia, N. Maranzana, A. Aoussat, "Efficient Identification Model of Strategic Key Dimensions in SMEs", IEOM, Dubai, United Arab Emirates (UAE), 2020
6. A. Silva Júnior, K. Cordeiro Mendonça, R. Vilain, M.L. Pereira, N. Mendes, "On the development of a thermal comfort control for classroom conditioned by split-type systems", IMECE 2019, Salt Lake City, USA, 2019
7. M. Pierre, D. Beladjine, K. Beddiar, "Evolution within the maturity concept of BIM", WIT Transactions on the bulding Environment, SEVILLE, ESPAGNE, 2019
8. N. Chelin, G.. Matthíasdóttir, Y. Serreau, L. Tudela, S. Rouvrais, K. Jordan, "To embrace career decision making in STEM education", EDULEARN19 Proceedings, Palma, Spain, 2019
9. A. Boodi, K. Beddiar, M. Benbouzid, Y. Amirat, "A Numerical Approach for Buildings Reduced Thermal Model Parameters Evaluation", ICSPIES, Melbourne, Australie, 2019
10. M.A. Benatia, D. Baudry, A. Louis, "False Maintenance Alarm-Sequence Detection Using Frequent Pattern Mining", X-Term'19, Le Havre, France, 2019
11. A. Badets, "Learning Space Design & Engineering Identity Development Of Students In A Pbl Context", EAPRIL 2019, Tartu, Estonia, 2019
12. M.A. Benatia, M. Messaadia, M. Sahnoun, "Recommandation de contenus dans les Site Culturels et Patrimoniaux (SCP) avec prise en compte des contraintes spatiotemporelles.", ROADEF'19, Le Havre, FRANCE, 2019
13. O. Doukari, "Towards an automatic approach to generating BIM models from digitized plans", 2019 CIB W78, Newcastle, UK, 2019
14. A. Boodi, K. Beddiar, M. Benbouzid, Y. Amirat, "Model Predictive Control-based Thermal Comfort and Energy Optimization", IEEE, Porto, Portugal, 2019
15. M. Sahnoun, Y. Xu, B. Bettayeb, D. Baudry, F. Ben-Abdelaziz, "Optimisation de la taille de flotte de robots dans atelier flexible : Approche par simulation", XTerM2019, Le Havre, France, 2019
16. M. Sahnoun, Y. Xu, F. Ben Abdelaziz, D. Baudry, "Optimization of Transportation Collaborative Robots Fleet Size in Flexible Manufacturing Systems", ICMSAO, Manama, Bahrain, 2019
17. S. Ouchani, "Towards a Fractionation-based Verification: Application on SysML Activity Diagrams", ACM/SIGAPP SAC 2019, Limassol, Cyprus, 2019

18. A. Lang, C. Gazo, F. Segonds, F. Mantelet, C. Jean, J. Guegan, S. Buisine, "A Proposal for a Methodology of Technical Creativity mixing TRIZ and Additive Manufacturing", TFC, Marrakech, Maroc, 2019
19. B. Brik, D. Baudry, A. Louis, "Smart Grid and Industry 4.0 interaction as a non-cooperative game", XTerM 2019, Le Havre, France, 2019
20. B. Blandin, "Ingénierie: les langages formels ont-ils un avenir à l'époque du numérique ?", IPM30, Lille, France, 2019
21. L. Zaidi, M. Sahnoun, B. Bettayeb, "Task allocation based on shared resource constraint for multi-robot systems in manufacturing industry", Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, Berlin, Allemagne, 2019
22. Y. Xu, M. Sahnoun, M. Mazar, F. Ben Abdelaziz, A. Louis, "Packaged Bio-Waste Management Simulation Model Application: Normandy Region, France", ICMSAO, Manama, Bahrain, 2019
23. B. Brik, B. Bettayeb, M. Sahnoun, F. Duval, "Towards Predicting System Disruption in Industry 4.0: Machine Learning-Based Approach", EDI40, Leuven, Belgique, 2019
24. B. Brik, B. Bettayeb, M. Sahnoun, A. Louis, "Accuracy and Localization-Aware Rescheduling for Flexible Flow Shops in Industry 4.0", CoDIT'19, Paris, France, 2019
25. E. Pillon, T. Loilier, "Exploring SMEs' open innovation practices diversity from four countries.", R&D Mangement Conference, Paris, France, 2019
26. A. Badets, "Addressing gender as part of a Multifactorial Model of professional identity formation in a PoPBL engineering learning environment", SEFI 2019, Budapest, Hongrie, 2019
27. A. Silva Júnior, K. Cordeiro Mendonça, R. Vilain, M.L. Pereira, N. Mendes, "On the improvement of thermal comfort in indoor spaces conditioned by split-type systems", CLIMA 2019, Bucarest, Roumanie, 2019
28. V. Havard, M. Sahnoun, B. Bettayeb, D. Baudry, "An architecture for data management, visualisation and supervision of Cyber-Physical Production Systems", ICMR 19, Belfast, Irlande, 2019
29. F.S. Bezzaoucha, M. Sahnoun, S.M. Benslimane, "Wind Turbine Components Classification based on Failure Causes for Proactive Maintenance Simulation", ICMSAO, Manama, Bahrain, 2019
30. W. Abdellaoui, M. Souier, M. Sahnoun, "Modeling the scheduling of a multi products pipeline: A case study in Algeria", ICMSAO, Manama, Bahrain, 2019
31. S. Moussa Goumeye, M. Sahnoun, F. Duval, A. Bensrhair, "Modular Mobile Manipulators Task Allocation Auction-based Approach", ICMR 2019, Belfast, UK, 2019
32. W. Abdellaoui, M. Souier, M. Sahnoun, M. Dahane, "Aggregate modeling of scheduling multiproduct pipeline system with constrains of multi-pumps", ICAAID 2019, Elazig, Turkey, 2019
33. O. Abid, I. Bouzarkouna, M. Sahnoun, B. Brik, D. Baudry, "Deployment of Fog Computing Platform for Cyber Physical Production System Based on Docker Technology", ICAAID 2019, Elazig, Turkey, 2019
34. M. Sahnoun, Y. Xu, B. Bettayeb, I. Bouzarkouna, D. Baudry, A. Louis, "Fractal modeling of Cyber physical production system using multi-agent systems", ICAAID 2019, Elazig, Turkey, 2019
35. E. Pillon, M. Messaadia, A. Louis, T. Loilier, "Strategic and organizational determinants for open innovation practices in SMEs : a conceptual framework", WOIC 2019, Rome, Italie, 2019

Communications avec actes dans un congrès national

1. Y. Denais, J. His, V. Havard, D. Baudry, "Modèle de données pour la création de scénarios d'assemblage en réalite virtuelle dans un contexte industriel", CONFERE 2019, Galway, Irlande, 2019
2. M. Sahnoun, B. Bettayeb, M. Benatia, B. Brik, "Un processus décisionnel basé sur la localisation de ressources pour la planification dynamique des tâches", XTerM2019, Le Havre, France, 2019
3. M. Mazar, M. Sahnoun, B. Bettayeb, M. Benatia, A. Louis, "Optimisation de la planification des tâches de traitement robotisé de maladies en horticulture", ROADEF 2019, Le Havre, France, 2019
4. 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
5. M.A. Benatia, M. Sahnoun, A. Louis, D. Baudry, "Meta-heuristique hybride pour l'optimisation du déploiement de Réseaux de Capteurs Sans Fil (RCSF)", ROADEF 2019, Le Havre, Franec, 2019

6. M. Messaadia, M. Sahnoun, A. Benatia, "Recommandation De Parcours De Visiteurs Dans Les Sites Historiques Basée Sur Le Q-Learning", XTerM2019, Le Havre, France, 2019
7. A. Agnès, S. Fleury, A. Auzerais, I. Bisson, E. Dulau, S. Buisine, S. Richir, "Complémentarité des outils de saisie de texte en environnement virtuel immersif", CONFERE 2019, Galway, Irlande, 2019
8. A. Badets, "Sentiment d'efficacité collective et professionnalisation en contexte d'apprentissage par projets", QPES 2019, Brest, France, 2019
9. M.A. Benatia, M. Sahnoun, A. Louis, D. Baudry, "Meta-heuristique hybride pour l'optimisation du déploiement de Réseaux de Capteurs Sans Fil (RCSF)", ROADEF'19, Le Havre, France, 2019
10. A. Lang, N. Kaufmann, F. Segonds, C. Gazo, F. Mantelet, C. Jean, J. Guegan, S. Buisine, "Créativité par la fabrication additive: Structuration d'une méthodologie fondée sur TRIZ", CONFERE 2019, Galway, Irlande, 2019
11. C. Durouchoux, E. Pillon, "Pratiques d'innovation ouverte adoptées par les PME Normandes", CONFERE 2019, Galway, Irlande, 2019
12. A. Tettelin, E. Pillon, "Les OpanLabs : un état de l'art", CONFERE 2019, Galway, Irlande, 2019
13. N. Briant, E. Pillon, V. Havard, "Outils collaboratifs : impact d'un système cobotique sur l'aide au montage pour des postes manuels industriels", CONFERE 2019, Galway, Irlande, 2019
14. Y. Boumenir, S. Buisine, C. Bourgognon, "Un environnement pour augmenter la collaboration et booster la motivation intrinsèque", IPM30, Lille, France, 2019
15. S. Guibert, "Environnement de prototypage en école d'ingenieurs. Des instruments pour apprendre", SS CIREL, Lille, France, 2019
16. M.. Sahnoun, B. Bettayeb, A. Louis, D. Baudry, "Modélisation multi-agent des systèmes industriels cyber-physiques fractals", MS2C, Poitiers, France, 2019
17. Y. Serreau, "Models for counseling and interviews at Cesi", 2019 CDIO™ European Regional meeting, La Rochelle, France, 2019
18. Y. Serreau, "To train students to make decisions taking in account ethical dimensions", 15th international CDIO conference, Aarhus, Danemark, 2019
19. C. Fortin, A. Nortcliffe, Y. Serreau, "Developing good practices for industrial engagement in co-creation of CDIO curriculum", 15th international CDIO conference, Aarhus, Danemark, 2019
20. Y. Serreau, "To train engineering students to make decision taking in account ethical dimensions", SERSEE, Moscow, Russia, 2019

Conférence invitée

1. Y. Serreau, "L'éthique, une compétence à laquelle former les ingénieurs", II congresco internacional de etica profesional en ingenieria, MEDELLIN, COLOMBIE, 2019

Communications orales sans actes dans un congrès international ou national

1. S. Guibert, "Conception et développement d'instruments pour articuler la formation et le travail", JEN, Nantes, France, 2019

Thèses de doctorat

1. M. Davies, "Diagnostiquer et développer la culture innovation dans les organisations françaises", Université Paris Descartes, 261, Dec 2019, S. Buisine
2. M. Batistella Lopes, "Numerical modelling of particle dispersion and deposition in ventilation duct bends", PUCPR, PPGEM, Dec 2019, V. Cocco Mariani, C. Beghein, 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	notification lancement	durée (mois)	impacts - Objectifs	thème LINEACT	partenaires (en gras le chef de file)	budget global	budget CESI	région porteuse CESI
PFPI 2	Région Normandie-Europe FEDER Normandie	FEDER Normandie	juil-15	54	Concevoir et mettre en place un outil de formation et d'accompagnement des entreprises dans l'amélioration de leurs performances à court, moyen et long terme, pour ainsi favoriser la compétitivité du territoire normand	Ingénierie et Outils Numériques	CESI		1,1 M€	NO
X-Term	Région Normandie-Europe FEDER Normandie	FEDER Normandie	oct-15	48	Optimisation d'atelier de production reconfigurable utilisant des robots autonomes mobiles comme système de transport et de chargement/déchargement de pièces.	Ingénierie et Outils Numériques	**Université du Havre,** Université de Rouen, Université de Caen, INSA Rouen Normandie, IDIT, NEOMA-Business School, ESIGELEC, CESI		308 k€	NO
ATELYN	Région Normandie	FUI - AAP20	nov-15	43	Développement d'une nouvelle technologie de traçabilité de packaging à code unique dans le but d'apporter plus de transparence et de services aux consommateurs.	Ingénierie et Outils Numériques	CESI, ALBÉA Services, ATT, AUTAJON, **DOCAPOST**, P&P, SOREPACK, GREYC, LIFO-SDS / INSA	3,4 M€	122 k€	NO
	BPI	FUI - AAP20	nov-15	43	Développement d'une nouvelle technologie de traçabilité de packaging à code unique dans le but d'apporter plus de transparence et de services aux consommateurs.	Ingénierie et Outils Numériques	CESI, ALBÉA Services, ATT, AUTAJON, **DOCAPOST**, P&P, SOREPACK, GREYC, LIFO-SDS / INSA	3,4 M€	300 k€	IdF

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 PMEs, 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

LaVI&Co / Jumeaux Numériques	Europe - FEDER Région Ile-de France	FEDER IdF	sept-17	24	Développement des jumeaux numériques des démonstrateurs Bâtiment du Futur et Usine du Futur.			430 k€	430 k€	IdFC
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
LOCADYN	Région Normandie-Europe FEDER Normandie	RIN recherche régionale Normandie	oct-17	24	Localisation et sécurisation dynamique des flux de personnes, d'objets et d'information sur les sites industriels	Ingénierie et Outils Numériques	**CESI**, ESIGELEC	385 k€	191 k€	NO
ROBOTICIPATION	Région Occitanie	ADEC Mutations Economiques Direccte Occitanie	nov-17	18	La robotique est au cœur de l'Industrie du Futur, la croissance rapide du marché et l'évolution des technologies nécessitant de faire évoluer les compétences des personnels dans les entreprises qui commercialisent et intègrent les solutions robotiques. L'enjeu de ce projet est de construire les dispositifs et les formations pour faire sauter les verrous qui freinent les PME françaises: eur du changement, méconnaissance des technologies, craintes sociales, méconnaissance des coûts …	Transverse	Toulouse Tech Formation Professionnelle (TTFP), Robotics Place, UPPSITECH, ICAM, CESI Campus Sud-Ouest	298 k€	29 k€	SO

RIN action sup 2018	Région Normandie	Région Normandie	janv-18	12	Avec le développement des technologies de l'information et de la communication, les outils numériques deviennent des supports pédagogiques permettant une personnalisation de l'enseignement et une ouverture sur l'extérieur. Leur diffusion au sein des usages pédagogiques accompagne la transition vers les métiers et les organisations de travail de demain qui se veulent toujours plus collaboratifs.	Ingénierie et Outils Numériques	CESI	191 k€	191 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
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

6.2 PFPI - Phase 2 de la Plateforme de Recherche et d'Innovation en Performance Industrielle

Partenaire : CESI

Appel à projet : FEDER – Région Normandie

Budget global du projet : 1,926M€
Budget CESI du projet : 1,926 M€
Financement global : 1,54 M€

Lancement du projet : 1er juillet 2015
Durée du projet : 54 mois

Résumé du projet :

CESI centre de Rouen souhaite proposer un outil de formation et d'accompagnement des entreprises dans l'amélioration de leurs performances à court, moyen et long terme et de favoriser ainsi la compétitivité du territoire normand. Ce projet a été initié en 2012 par une analyse des besoins auprès de plus d'une cinquantaine d'entreprises régionales représentatives des filières industrielles et des bassins d'emplois pour cibler au mieux les axes de développement et la future activité de la plateforme. La structuration globale des activités de la plateforme est constituée d'un premier volet dédié aux activités de transfert afin d'accompagner les entreprises et notamment les PME/PMI dans leurs projets à court terme d'innovation et d'optimisation de la performance industrielle. Le second volet de la plateforme porte sur les activités de recherche nécessaires à l'accompagnement de projets R&D sur les thématiques de la performance industrielle, de l'innovation et des usages du numérique dans les outils de production et de systèmes d'information de l'entreprise. Ce second volet permet d'apporter les compétences du laboratoire LINEACT au monde économique.
La phase 1 était constituée d'une plateforme de conception mobile (FabLab) et d'une plateforme fixe accueillant une chaine flexible de production automatisée et des outils collaboratifs et PLM. La phase 2 permettra à terme :

- L'évolution vers un atelier de production flexible et reconfigurable automatisé et manuel, avec l'acquisition de postes manuels et la mise en œuvre de robots de transport entre postes de travail,
- L'évolution des équipements de prototypage, avec l'acquisition d'imprimante à frittage de poudre,
- L'acquisition d'outils dédiés à l'usine numérique et augmentée, avec le développement de la Réalité augmentée (systèmes de visualisation des données et nouvelles interfaces homme-machine) pour les opérations de maintenance et la digitalisation de l'outil de production : Big data, réseaux sociaux d'entreprise et objets connectés.

Réalisations au 31 décembre 2019 :

Aujourd'hui, l'ensemble des équipements ont été mis œuvre. Le démonstrateur est constitué d'une chaine de production automatisée, de robots mobiles autonomes et de bras manipulateurs de type UR5 et UR10 et de postes manuels, une imprimante de fabrication additive plastique est venue compléter le démonstrateur dans les nouveaux locaux de CESI sur le technopôle du Madrillet. En s'appuyant sur ces différents moyens, les travaux de recherche menés au sein de la plateforme portent sur le développement d'outils de réalité augmentée et de réalité virtuelle pour des opérations de maintenance, sur le développement d'outils collaboratifs entre robots mobiles, sur la digitalisation de l'outil de production à travers le développement de son jumeau numérique et enfin sur des problématiques de gestion et analyse de données issus de l'outil de production (big data). Des ateliers de sensibilisation des industriels sont également régulièrement organisés en lien avec les thématiques de l'usine du futur. Des actions de diffusion de la culture scientifique, numérique et industrielle auprès de lycéens, collégiens sont également réalisées au sein de la plateforme.

6.3 X TERM Systèmes Complexes, Intelligence Territoriale, Mobilité

Partenaires : chef de file : Université du Havre ; partenaires Université de Rouen, Université de Caen, INSA Rouen Normandie, IDIT, NEOMA-Business School, ESIGELEC, CESI

Appel à projet : FEDER – Région Normandie

Budget CESI du projet : 307 k€

Lancement du projet : 1er octobre 2015
Durée du projet : 48 mois

Résumé du projet :

Dans le contexte de l'usine du futur (Sûre, Flexible, Connectée et durable) liée aux défis économiques, sociétaux et environnementaux dans une région à forte tradition industrielle, des enjeux importants d'innovations technique et scientifique portent sur l'optimisation des outils de production, de la logistique et des organisations associées.
Dans ce contexte, les laboratoires LINEACT (CESI), IRSEEM (ESIGELEC) et le GREAH (Université du Havre) travaillent sur un projet portant sur l'optimisation d'atelier de production reconfigurable utilisant des robots autonomes mobiles comme système de transport et de chargement/déchargement de pièces.
Le concept de l'usine du futur valorise des avancées dans le domaine de la sûreté, de la flexibilité, des objets connectés et du développement durable. Ce concept peut utilement s'appliquer dans le secteur de la logistique, secteur économique majeur de la région havraise et de la vallée de la Seine.
Un des objectifs de ce projet est de développer des algorithmes et les outils associés pour doter la plateforme de recherche et d'innovation en performance industrielle d'un démonstrateur d'atelier de production reconfigurable intégrant des robots mobiles de transport de pièces. Ces travaux ont pour but la modélisation et la conception de la flotte de robots et l'étude du système d'interaction et de supervision avec la chaine de production de la plateforme de recherche et d'innovation en performance industrielle.

Réalisations au 31 décembre 2019 :

Les travaux de LINEACT CESI portent sur la modélisation, la simulation et l'optimisation des systèmes de production flexibles. Sur la période, nous avons étendu ces travaux pour proposer un outil d'aide à la décision pour dimensionner et optimiser le nombre de robots mobiles ou AGV dans des systèmes de production flexibles. Dans le contexte de l'industrie 4.0, nous nous sommes intéressés pour cette dernière phase du projet à l'intégration des modèles développés et à la proposition d'architecture du système cyber-physique du système de production associé à son jumeau numérique. En 2019, ces travaux de recherche travaux ont été présentés dans la conférence internationale ICMSAO'19 en avril 2019 et lors du workshop MS2C (modélisation systémique de systèmes cyber-physiques) en juin 2019. Ils ont également fait l'objet d'une publication en 2019 dans la revue internationale « Production & Manufacturing Research ».

6.4 ATELYN – trAçabilité Longitudinale hYbride uNitaire appliquée aux emballages de grande consommation

Partenaires :

- Industriels : ALBÉA Services, ATT, AUTAJON, DOCAPOST (Chef de file), P&P, SOREPACK
- Académiques : CESI – Laboratoire LINEACT, GREYC, LIFO-SDS / INSA

Appel à projet : FUI

Budget global du projet : 3,4 M€
Budget CESI du projet : 422 k€

Lancement du projet : 1er novembre 2015
Durée du projet : 43 mois

Résumé du projet :

Véritable alternative au code-barres, le projet collaboratif ATELYN (trAçabiliTE Longitudinale hYbride uNitaire) vise le développement d'une nouvelle technologie de traçabilité de packaging à code unique dans le but d'apporter plus de transparence et de services aux consommateurs. La traçabilité des produits existe mais elle n'est encore effective que sur des lots, freinant une lisibilité optimale des informations relatives au cycle de vie du produit.

Par la mise en commun d'expertises industrielles et académiques complémentaires, ce projet relève le défi d'associer plusieurs briques technologiques pour aboutir à un code unique, infalsifiable et intégrable dans les procédés industriels. Ce code, imprimé numériquement en même temps que les visuels produits, est lisible sur smartphone et donc accessible à tous. Les codes pourront apporter aussi bien des informations ciblées et des services pour le consommateur (conseils d'utilisation, authenticité, jeux, publicités) que des informations spécifiques pour tout acteur intervenant dans le cycle de vie du produit (conditionnement, chaine logistique, services douaniers, contrôles sanitaires, etc.).
Défis :

- Impression unitaire du code nécessitant de développer une chaine d'impression numérique grande série, sans impacter les cadences à haut débit.
- Développement d'une informatique globalisée au niveau mondial avec la problématique de recouvrement des données.
- Gestion de la volumétrie des données et sécurisation de l'information à l'échelle mondiale.

Résultats :

- Développement d'une nouvelle chaine d'impression numérique et mise au point d'un prototype fonctionnel à l'automne 2018.
- Renforcement de l'expertise des partenaires dans leur propres métiers (stockage et sécurisation des données, big data, impression numérique, codification, etc.).
- Identification des limites de la technologie de cryptage homomorphe face à la volumétrie des données à traiter et investigation du potentiel de la technologie de blockchain dans le traçage unitaire.

Perspectives :

- Développement d'un nouveau service ou d'un nouveau produit basé sur cette technologie de traçabilité unitaire.
- Une transformation numérique des industries sera nécessaire pour pouvoir implémenter cette technologie.
- Possibilité de déployer cette technologie vers d'autres industries : pharmaceutique, agro-alimentaire, vins et spiritueux, objets industriels, etc…

Réalisations au 31 décembre 2019 :

Dans le cadre de ce projet, les travaux abordés par le laboratoire de recherche LINEACT portent sur l'analyse des données liées à la plateforme ATELYN et plus spécifiquement sur deux actions de R&D :

- Le développement d'un outil d'analyse et de visualisation d'indicateurs pour les acteurs de la chaine de valeur (ex : caractérisation des flux de produits, trajet de produits non cohérents, …).
- La participation à l'étude des performances et de la sécurité du système dans un contexte de données massives…

Les premiers travaux ont porté sur la réalisation d'un état de l'art scientifique et technologique, qui a été livré en 2017, portant sur :

- La définition des notions intrinsèques au Hub ATELYN : suivi, traçabilité, logistique globale, …
- L'étude des normes et des systèmes d'identification
- L'étude des travaux scientifiques et des technologies et architectures associées pour le suivi et la traçabilité unitaire de produits dans différentes filières.
- L'étude des travaux scientifiques sur l'analyse de données

Ces travaux ont conduit à la proposition d'un modèle de données. Ensuite, étant donné les volumes de données importants et les contraintes fortes liées à la sécurité de la chaine d'information, l'étude des performances et des contraintes d'interopérabilité de la plateforme numérique a été nécessaire. Pour cela, nous avons travaillé sur la mise en place d'un démonstrateur (serveur, BDD NoSQL, Web service et interfaces web) pour pouvoir travailler sur les performances et l'analyse de données. Plus spécifiquement, en 2018 et 2019, nous avons travaillé sur la modélisation et le développement d'un simulateur, basé sur un système multi-agents, permettant d'étudier la traçabilité des produits le long de leur cycle de vie (de l'usine jusqu'au consommateur). Ce simulateur est inclus dans l'architecture d'un système cyber-physique dédié à la traçabilité que nous avons proposée. Ces travaux ont fait l'objet de deux communications scientifiques et d'un article journal.

- Benatia, M. A., De Sa, V. E., Baudry, D., Delalin, H., & Halftermeyer, P. (2018, March). A framework for big data driven product traceability system. In Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP), 2018 4th International Conference on (pp. 1-7). IEEE.
- Benatia, M. A., Remadna, A., Baudry, D., Delalin, H., & Halftermeyer, P. (2018, September). QR-code enabled product traceability system: a Big Data perspective, ICMR conference.
- Benatia, M.A., Baudry, D., Louis, A. (2020) "Detecting counterfeit products by means of Frequent Pattern Mining and Big Data analytics", Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Springer, en cours de parution.

6.5 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, Luxemburg 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 2019 :

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).
Ingénierie de formation : Module sensibilisation Big Data ; 6 capsules d'initiation à l'usine du futur ; 2 capsules d'initiation au BIM ; Module sensibilisation RA /RV ; Module formation Lean 4.0 ; projets 3 et 7 FI généraliste ; projets

1, 3, 5 et 12 FI BTP ; projet robot FI informatique ; plusieurs options 5e année ingénieur (FAM, robotique, cybersécurité...) ; refonte complète des Mastères Spécialisés ; refonte des cursus performance industrielle de l'ESA / EFM (GOPI et RPI).

Recherche : en cours : les 2 thèses citées ; travaux sur les situations d'apprentissage instrumentées.

6.6 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 : 1er 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 PMEs, 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 13) :

- 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, …).

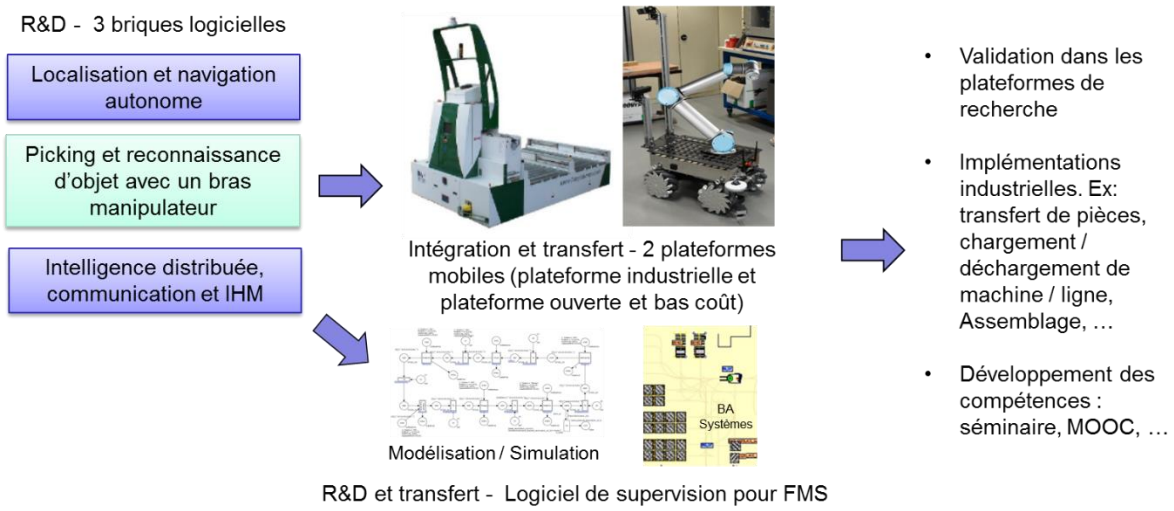


Figure 13 : Objectifs du projet COROT

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

Réalisations au 31 décembre 2019 :

Outre le rôle de chef de file du projet, les travaux de LINEACT CESI portent sur les problématiques d'allocation de ressources robotiques 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. Bien que l'interaction homme-robot fasse 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 étant la base des robots collaboratifs, nous avons commencé à explorer les allocations dynamiques de tâches entre opérateur humain et robot à travers une thèse, qui a malheureusement dû s'interrompre, mais cette thématique se poursuit au travers d'autres projets. Nous nous sommes également intéressés à l'exécution complète de la tâche de transport en impliquant un groupe de robots manipulateurs ou mobiles, et avons travaillé sur la mise en place du système de supervision dans l'atelier de production en étroite collaboration avec les équipes des universités d'Exeter et de Greenwich.
En plus des contributions des permanents dans le projet, nous comptons :

- La thèse de Souleymane Moussa : Supervision d'un atelier de production flexible constitué de robots collaboratifs mobiles. Dans le cadre de ce thème, nous étudions notamment une architecture de supervision distribuée développée par l'Université d'Exeter pour un autre contexte industriel.
- Le stage de Abirami Amudhan : Optimization and simulation decision process distributed in a flexible production system.

Les réalisations ont porté sur :

- L'organisation d'un atelier industriel dans les locaux de CESI,
- La finalisation d'une enquête pour recenser les besoins et cas d'usages auprès des industriels,
- La publication dans deux conférences internationales ICMR 2019 et MIM 2019 sur la supervision distribuée de l'exécution du pilote 2 du cas d'usage CESI,
- Le développement de la base de donnée et l'architecture de contrôle distribué,
- Le développement d'un algorithme d'optimisation simultanée de transport et de production qui a été soumis à la conférence de l'IJPE et par la suite au journal IJPE,
- Le développement d'un algorithme de formation de coalition qui a fait l'objet de soumission d'un journal,
- Le développement d'un simulateur de gestion de flotte de robot,
- La participation à la conception du robot CoRoT et la pince en collaboration avec BA systèmes, l'université du Havre et l'entreprise CERI.

6.7 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€

Interreg
EUROPEAN UNION
France (Channel Manche) England
Fonds européen de développement régional

Lancement du projet : 1er 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 2019 :

Sur cette période, les actions de CESI ont été orientées vers le développement du Digital Profiling Tool (DPT), l'intégration des beacons dans la solution de géolocalisation,l' évaluation de la solution Voice to Text (V2T) , le déploiement dans la cathédrale d'Exeter et la communication via une journée thématique et des publications scientifiques.
L'utilisation du champ magnétique est une solution récente, mais nécessite la réalisation d'une cartographie du site. La difficulté de la cartographie va différer d'un site à l'autre, ce qui a poussé LINEACT CESI à enrichir le DPT et intégrer une autre solution permettant d'adapter le DPT aux sites, et le rendre plus flexible. LINEACT CESI a identifié les Beacons qui sont une solution assez utilisée, à bas coût, à déploiement facile et surtout avec une faible consommation énergétique. Plusieurs solutions existent telles que (Kontakt, Gimbal, iBeek, etc.). Sur la base d'une comparaison selon la technologie, l'autonomie, design etc. LINEACT CESI a retenu la solution Estimote.
Afin d'améliorer la précision du géo-tracking nous avons intégré des balises BLE (Bluetooth). Dans la localisation intérieure utilisant des balises BLE, plusieurs modèles de propagation existent pour modéliser la relation entre les lectures RSSI et les émetteurs. Le modèle de régression polynomiale (log-normal) a été retenu. CESI a développé la solution sur Matlab, ce qui lui a permis d'avoir un environnement de simulation ; cet environnement est utilisé afin de

reconstruire la trajectoire visiteur à partir de données capteurs. Cependant, le travail réalisé comporte des erreurs de géolocalisation en déploiement réel (hors laboratoire).
Aussi, LINEACT CESI a implémenté une solution sur Android studio qui permet, à partir de beacons environnants, de calculer la position d'un visiteur. L'application permet de charger la cartographie et gère les calculs de position et l'affichage de la position ; elle permet aussi la collecte et le stockage des données capteurs à travers une fonction (FileWriter) qui permet de créer des fichiers et d'y écrire.
Pour tester la solution, LINEACT CESI a développé une interface en «python» qui permet de visualiser les données collectées sur une carte et d'évaluer les parcours et le 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 100 utilisateurs et a duré 2 jours. Par 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.

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=dXtvVBOYzcI&feature=emb_logo&fbclid=IwAR1xujEiuo0pTt7eLNxlDMMrhwxRMdmcOofOTP-Xh3Wk-boVI1xYm22kqoI

6.8 LaVI&Co - Laboratoires Virtuels pour l'Industrie et la Construction

Partenaires : CESI,
Appel à projet : FEDER IDF

Budget global du projet : 430 112 €
Budget CESI DG du projet : 237 878 €
Budget CESI IDF du projet : 192 234 €

Lancement du projet : Septembre 2017
Durée du projet : 24 mois

Résumé du projet :
Le campus CESI IDFC a développé depuis 2016 deux démonstrateurs de recherche. Le premier dit « Bâtiment du Futur » ou SMART Building a été inauguré en mars 2017. Il développe différentes thématiques de recherche liées au pilotage intelligent du bâtiment connecté dans le but d'accroitre sa performance énergétique et d'usage. En particulier, le démonstrateur du Bâtiment du Futur permettra de tester et confirmer en situation réelle des scénarios de pilotage.

Le jumeau numérique constitue dès lors un maillon essentiel afin de valider par la simulation les algorithmes de pilotage. Cela permet de tester de multiples hypothèses sans avoir à modifier le comportement du bâtiment réel. Or cela n'est pas possible en raison de l'usage et de l'occupation de ce dernier. Par ailleurs, il permettra de faire travailler simultanément de grandes promotions d'apprentis (jusqu'à près de 195 personnes), ce qui n'est pas possible avec le bâtiment réel.

Un second démonstrateur dédié à la fabrication additive métallique est opérationnel depuis juin 2019. Le jumeau numérique de l'unité industrielle permettra d'étudier différents aspects du processus industriel tant sur les notions de performance énergétique qu'industriels en intégrant les thématiques de la maintenance industrielle dans un environnement à risque que les aspects production, HSE…

Réalisations au 31 décembre 2019 :

Le projet LaVI&Co, achevé en octobre 2019, présente deux axes de travaux : d'une part le développement du jumeau numérique en tant que tel, et les scénarios pédagogiques d'autre part.
A fin septembre 2019 les livrables finalisés sont les suivants :

- Réalisation complète du jumeau numérique du démonstrateur SMART Building,
- Réalisation de modèles convertis pour les simulations thermiques,
- Réalisation des modèles algorithmiques pour l'analyse et la gestion par intelligence artificielle de la performance du bâtiment,
- Réalisation du modèle numérique du démonstrateur UAFAM dédié à la fabrication additive métallique,
- Réalisation de visites virtuelles scénarisées pour l'exploitation pédagogique des démonstrateurs,
- Animation de plusieurs séminaires de production pédagogiques : appropriation par le corps professoral des concepts et usages des jumeaux numériques, identification des formations et modules concernés par l'exploitation pédagogique des jumeaux numériques, développement des premiers scénarios pédagogiques.

6.9 Jumeaux Numériques démonstrateur Usine du Futur

Partenaires : CESI

Appel à projet : FEDER – Région Normandie

Budget global du projet : 183 k€
Budget CESI du projet : 183 k€
Financement global : 124 k€

Lancement du projet : septembre 2017
Durée du projet : 24 mois

Résumé du projet :
Dans le contexte de l'industrie du futur, le développement de jumeaux numériques et d'interfaces Hommes-Machines basés sur la réalité virtuelle 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, ce projet porte sur le développement du jumeau numérique du démonstrateur Usine du Futur et des interfaces basées notamment sur des environnements virtuels ou augmentés (Figure 1).

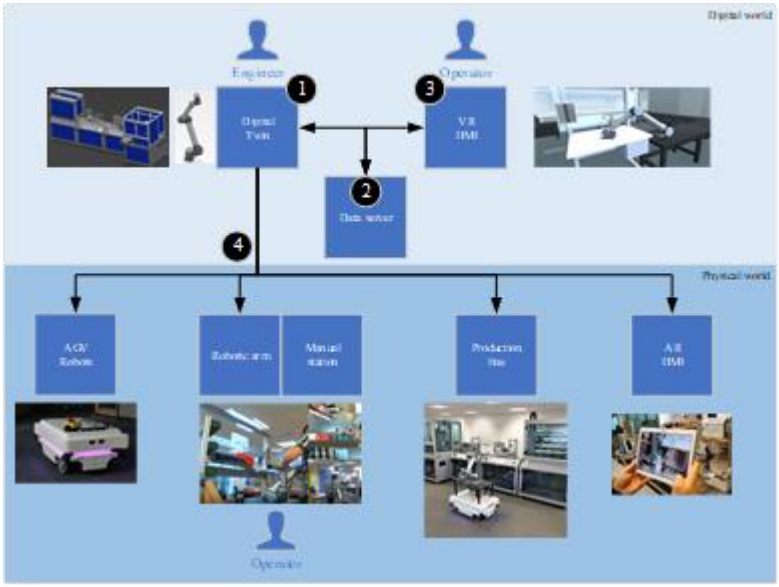


Figure 1 : Architecture du jumeau numérique Usine du Futur

Les travaux de R&D réalisés portent sur l'architecture d'échange de données entre le jumeau numérique et les composants physiques du système de production et sur les architectures permettant la conception d'environnements virtuels collaboratifs et intégrés au jumeau numérique de notre plateforme industrie du futur. Ce jumeau numérique doit pouvoir être utilisé en support aux travaux de recherche de l'Unité et en tant qu'environnement d'apprentissage pour la pédagogie.

Réalisations au 31 décembre 2019 :

- La modélisation basée sur des ontologies et des approches UML des données et connaissances métiers de l'atelier flexible de production pour la conception d'environnements virtuels ou augmentés. Ces travaux ont conduit à la création d'environnements permettant, par exemple, l'étude de scénario de maintenance ou d'assemblage en réalité virtuelle ou en réalité augmentée.

- La mise en place du démonstrateur Usine du Futur nécessite de pouvoir échanger de la donnée entre les divers éléments composant ce démonstrateur (robot mobile, chaine de production, outil de simulation et d'optimisation, réalité virtuelle…). L'hétérogénéité des éléments rend complexe l'échange d'informations. Il est donc nécessaire de définir un modèle de données commun à tous ces éléments. La bibliographie produite par les enseignants-chercheurs a permis de définir les concepts à échanger afin d'obtenir un modèle de données partagé par l'ensemble de l'équipe du laboratoire. Les travaux se sont poursuivis en 2019 sur la mise en place de modèles de données dans une architecture basée sur une API REST et sur les technologies MongoDB et Python. Cette dernière permettra de mettre en œuvre l'interopérabilité entre les éléments du démonstrateur et de tester sur des cas concrets les algorithmes développés dans les travaux de recherche (optimisation, ordonnancement de tâches, jumeau numérique…).
- Le développement du jumeau numérique au sein de la plateforme 3D Experience de Dassault Systèmes et notamment des scénarios de simulation de flux de la chaine de production et des postes manuels. Ces travaux sont complétés par des études R&D portant sur une architecture de communication entre l'outil de jumeau numérique 3DEXPERIENCE et l'outil de réalité virtuelle sur Unity. Cette architecture repose sur un serveur de communication permettant de transférer les données de la simulation multi-physique du bras robot tournant sur le jumeau numérique vers l'interface homme machine en réalité virtuelle.
- La conception et l'intégration pédagogique d'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. En 2019, travaux de R&D se sont poursuivis et une première phase d'expérimentation a été réalisée.
- Sur la période 2019 – début 2020, ces travaux ont fait l'objet d'une publication dans un journal international et de deux communications scientifiques dans le cadre de conférences internationales.

Le développement de ce jumeau numérique est réalisé dans le cadre des projet phase 2 plateforme de recherche et d'innovation et XTERM co-financés par le FEDER et la Région Normandie.

6.10 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-création 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 2019 :

Dans le projet UV-Robot, LINEACT CESI est leader du Module de Travail LT 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 (MT T1).

Dans le cadre du MT T1, LINEACT 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.
Suite à un stage de 5 mois, Kalb Eddine Chelli a conçu et développé une application web pour l'interface de supervision de l'UV-Robot. Ce travail a contribué à la finalisation du livrable D3.1 et correspond à la première version de l'interface utilisateur qui permet à un utilisateur de configurer une nouvelle serre (dimensions, nombre de rangées, etc.), de sélectionner les portions des rangées à traiter ainsi que l'intensité de traitement à appliquer et générer en conséquence le planning de déplacements du robot dans un format de fichier spécifique (JSON).

Dans le cadre du MT LT, le stagiaire Keerthy Prasad (6mois) a travaillé sur les modèles d'évaluation des coûts de l'application UVc robotisée contre le mildiou en horticulture. Il s'agit d'une étude comparative de la solution UV-Robot par rapport au traitement classique par pulvérisation chimique.
Le doctorant Mérouane Mazar a continué son travail sur le développement d'un simulateur du système, capable de reproduire le comportement du robot UV-C dans une serre. Plusieurs méthodes ont été proposées pour la planification optimale des missions de traitement dans le cas d'un seul robot. Ce simulateur sera utilisé pour calculer l'impact économique de la mise en œuvre de la stratégie UV-C-IPM qui intègre le traitement par UV-C comme traitement préventif complémentaire aux traitements classiques.

L'équipe LINEACT CESI a participé aux différentes réunions du projet, notamment l'assemblée générale annuelle qui a été organisée dans les locaux de CESI Rouen les 26 -27 Février 2019.

Concernant la dissémination et diffusion, cette période a été marquée par l'acceptation d'un article de revue (ORIJ, Springer IF 2018=1.485) portant sur les travaux de Marouane Mazar sur la sim-optimisation de traitement robotisé du mildiou par l'UV-C. Ces travaux ont été également présentés dans le congrès de la ROADEF 2019.

6.11 LOCADYN - Localisation et sécurisation dynamique des flux de personnes, d'objets et d'information sur les sites industriels

Partenaires : chef de file CESI, partenaire : ESIGELEC
Appel à projet : RIN recherche régionale Normandie

Budget global du projet : budget global 385 k€
Budget CESI du projet : budget CESI 191 k€
Financement global : 308,4 k€

Lancement du projet : 1er Octobre 2017
Durée du projet : 24 mois

Résumé du projet :

L'amélioration de la performance et le renforcement des conditions de sécurité sur des sites industriels représentent des enjeux majeurs et nécessitent notamment de pouvoir localiser de manière dynamique les personnes et les biens sur le site. Sur de grands sites industriels ou de construction, les interventions de sous-traitants, l'emploi de personnel intérimaires, ou encore les problématiques de localisation des équipements, outillages et pièces détachées peuvent entrainer des dysfonctionnements ou une mauvaise productivité. La sécurisation et la réglementation des accès à des zones avec des caractéristiques différentes telles que les types de tâches, le niveau de risque ou encore le niveau de confidentialité sont souvent réalisés avec des portes à badges ou des systèmes de barrières. Ces moyens présentent plusieurs failles face aux déplacements inopportuns de personnes, mais également d'objets ou d'outils. La difficulté de suivre l'ensemble des biens et des personnes de manière dynamique est une contrainte qui entraine souvent des restrictions d'accès et des contrôles contraignants. Les systèmes technologiques arrivent à leurs limites quand les flux spatiaux et temporels des personnes, de leurs outils et des objets interfèrent.

De plus, on constate une utilisation croissante de dispositifs technologiques nécessitant une localisation précise dans l'environnement industriel tels que des AGVs, robots mobiles ou drones pour de l'inspection et de la surveillance, ou encore des dispositifs de réalité augmentée pour des opérations de maintenance. Il devient donc indispensable d'avoir des outils permettant de gérer de manière dynamique ces flux de personnes ou de biens associés à des technologies de localisation précise. L'utilisation des nouvelles technologies d'information et de communication permet de mettre en place un suivi dynamique des déplacements des personnes et de vérifier en temps réel leurs autorisations et habilitations à accomplir les tâches qu'ils sont en train de réaliser. L'étendue des sites industriels étant très importante, le déploiement d'infrastructure de localisation couvrant tout le site est souvent une solution à écarter. L'évolution des technologies embarquées permet à moyen terme d'envisager des systèmes de localisation autonome. Plusieurs solutions technologiques seront donc étudiées dans ce projet pour identifier rapidement et efficacement des personnes pouvant se retrouver dans des zones non-autorisées ou faire des tâches pour lesquelles ils ne sont pas formés. En plus du suivi dynamique des personnes, ces solutions peuvent résoudre des problèmes de déplacement d'objets et d'outils dans les ateliers de production. Ce suivi d'objet peut être basé sur de la reconnaissance de forme ou de tag, mais pour les équipements de valeurs importantes il est envisagé d'effectuer des suivis participatifs en instaurant une communication unilatérale ou bilatérale entre la supervision et les objets ou outils.

Afin d'augmenter l'efficacité de ce type de solutions technologiques, la mise en place d'un outil de planification et d'ordonnancement des activités et tâches de production ou de maintenance permettra d'éviter les transferts informels d'informations ou de personnes (discussion ouverte dans des salles de réunion en présence de technicien de maintenance, passage de personnes d'une zone à une autre sans badger, présence d'un outil/objet dans une zone impropre, stock incohérent, etc.).

Réalisations au 31 décembre 2019 :

Dans le cadre du projet LOCADYN, les activités de LINEACT CESI concernent deux thématiques étroitement liées :

- la prédiction des risques de perturbations en utilisant les données de localisation de ressources mobiles dans l'atelier de production,
- le ré-ordonnancement dynamique des tâches de production en fonction des données de localisation et dans le but de mitiger le(s) risque(s) détecté(s) et optimiser un critère donné de performance de production. L'outil de prédiction de perturbations que nous avons développé est exécuté dans un environnement de calcul distribué. Un modèle de prévision est généré à partir du planning actuel de tâches et de la localisation réelle des ressources pendant tout le processus de production. Le risque de perturbation du système peut être évalué lors de la comparaison entre la localisation réelle et celles prédites par notre modèle en fonction de la planification des tâches. L'approche de ré-ordonnancement, que nous avons proposée, est basée sur deux étapes : i) ordonnancement initial avec une heuristique constructive et ii) ré-ordonnancement des tâches, lorsqu'une perturbation du système est détectée en temps réel, en utilisant un algorithme de recherche tabou. C'est une méta-heuristique qui explore l'espace de la solution à l'aide de méthodes de recherche locales. Afin de tester les approches proposées, un cas d'étude a été développé sur la plateforme « Industrie du futur » de CESI à Rouen. Ces travaux ont fait l'objet de trois publications dans des conférences internationales et une revue en cours de soumission.

6.12 ROBOTICIPATION

Partenaires : Toulouse Tech Formation Professionnelle (TTFP), Robotics Place, UPPSITECH, ICAM, CESI Campus Sud-Ouest
Appel à projet : ADEC Mutations Economiques Direccte Occitanie

Budget global du projet : 298 k€
Budget CESI du projet : 29,3 k€
Financement global : 149 k€

Lancement du projet : 1er novembre 2017
Durée du projet : 18 mois

Résumé du projet :

La robotique est au cœur de l'Industrie du Futur. La croissance rapide du marché et l'évolution des technologies nécessitent de faire évoluer les compétences des personnels dans les entreprises qui commercialisent et intègrent les solutions robotiques. Les PME Françaises sont sous-équipées pour des raisons diverses : peur du changement, méconnaissance des technologies, craintes sociales, méconnaissance des coûts … L'enjeu de ce projet est de construire les dispositifs et formations pour faire sauter ces verrous. Robotics Place, en prenant en compte tous les acteurs de l'entreprise, en se basant sur ses connaissances de l'écosystème robotique et en s'appuyant sur ses partenaires du monde de la formation, est en mesure de piloter la communication vers les TPE/PME et d'analyser leurs besoins pour faire émerger des solutions parfaitement adaptées.
L'action proposée par ROBOTICIPATION (pour Robot & Anticipation) est de répondre au problème dans sa globalité, aussi bien du côté des fournisseurs de technologies robotiques que des clients, avec des réalisations concrètes et opérationnelles.
Le projet prend en compte 2 axes :

- Le « Push », c'est-à-dire les fournisseurs et les intégrateurs de robots
- Le « Pull », c'est-à-dire les entreprises PME / TPE clientes potentielles de solutions robotiques au niveau des salariés, des encadrants, des décisionnaires, des représentants du personnel et partenaires sociaux.

Il sera opéré en deux phases : analyse des besoins et conception des outils et formations. L'ensemble de ces acteurs seront des bénéficiaires de l'action proposée par ROBOTICIPATION.
A l'issue du projet, les partenaires auront développé et démarré le déploiement d'un package de produits et services:

- Une cartographie des technologies des entreprises intégratrices de solutions robotiques en Occitanie et des besoins entreprises clientes : analyse des niveaux de formation requis, type de compétences nécessaires, volumétrie par métiers et actions à mettre en place.
- Des outils de communication à destination des responsables RH et décideurs : Workshops et bulletins électroniques, catalogue des formations et outils d'amélioration des compétences.
- Des modules de formations continues à distance ou en présentiel (VAE, modulaire, …), de stages pratiques de mise à niveau effectués sur des Plateformes technologiques ou Laboratoires de prototypage.
- Des dispositifs d'accompagnement du changement pour lever les freins qui auront été identifiés dans l'analyse des besoins.

Les entreprises et leurs interlocuteurs seront approchés à travers les réseaux respectifs des membres du consortium. Outre le réseau de Robotics Place, l'ICAM, TTFP et CESI, acteurs de la formation continue et de l'apprentissage, ont un nombre de collaborations significatives avec les TPE / PME dans tous les secteurs et sur l'ensemble du territoire d'Occitanie.

Réalisations au 31 décembre 2019 :

- Audit des intégrateurs de robotique d'Occitanie pour identifier les besoins en compétences-clés,
- Catalogue des formations disponibles sur la Région Occitanie (en présentiel et à distance) dans l'optique d'intégrer la robotique dans les entreprises,
- Mise en ligne sur la plateforme FUN du MOOC 'Réussir un projet de Robotisation dans une PME',
- Clôture du projet en septembre 2019.

6.13 RIN ACTION SUP 2018

Partenaires : CESI

Appel à projet : RIN Action sup

Budget global du projet : 191 k€
Budget CESI du projet : 191 k€
Financement global : 153 k€

Lancement du projet : 1er janvier 2018
Durée du projet : 12 mois

Résumé du projet :

Avec le développement des technologies de l'information et de la communication, les outils numériques (écrans interactifs, tablettes, smartphones…) deviennent des supports pédagogiques permettant une personnalisation de l'enseignement et une ouverture sur l'extérieur. Leur diffusion au sein des usages pédagogiques accompagne la transition vers les métiers et les organisations de travail de demain qui se veulent toujours plus collaboratifs.
Pour outiller les pédagogies actives déployées à CESI et favoriser la collaboration avec l'écosystème (établissements de l'enseignement supérieur, partenaires industriels, institutionnels…) une première action a permis:

- Le déploiement d'équipements de captation mobiles (caméras, logiciels de montage…)
- La mise à disposition des outils de travail et d'apprentissage collaboratifs (Ecran Spark, tablettes…)
- La constitution d'une base d'information et de connaissances principalement dans le domaine de l'innovation et la gestion de projet
- Le déploiement des modes de travail collaboratif et des méthodes actives de remédiation (LEGO® Serious Play®)

Une seconde action a également été menée pour travailler sur les environnements d'apprentissages et les usages de la RA et de la RV, cette action avait pour objectif de développer un programme d'innovation pédagogique pour développer les usages des formations s'appuyant sur ces technologies dans les domaines de l'industrie et du bâtiment. Cette action a permis de mettre en place l'environnement technologique nécessaire aux environnements d'apprentissages collaboratifs basés sur des casques individuels de RV ou de RA.

Réalisation au 31 décembre 2019 :

Pour outiller les pédagogies actives de CESI, des systèmes numériques et collaboratifs ont été mis en place en complément du Creativ'Lab existant. Ainsi, un système de captation mobile composé de deux caméras PTZ et une régie clé en main permet la création de support vidéos essentiels pour réaliser rapidement des supports de cours sous format vidéo et réaliser des vidéos de vulgarisation ou de présentation de projets de recherche. Un ensemble d'outils collaboratifs (un écran tactile de visio-conférence Cisco Spark Board muni de licences WebEx, 40 boitiers de vote et 2 vidéoprojecteurs de poche) a été implanté pour appuyer la collaboration, les interactions et la co-construction, nouvelles composantes qui définissent les nouvelles méthodes de travail et d'apprentissage. Pour favoriser la résolution collaborative de problèmes complexes, en s'appuyant sur la modélisation de la pensée en 3D, du matériel Lego® est mis à disposition pour mener des ateliers et deux collaborateurs ont été formés à la méthode Lego® Serious Play®.

Pour développer les usages dans des formations des technologies de RA ou RV, différents moyens technologiques (PC, casque HoloLens et système de motion capture) ont été mis en place. Un premier cas d'usage de la réalité virtuelle collaborative a été développé pour l'optimisation de la configuration d'une ligne de production. Un second cas d'usage sur l'utilisation de la réalité augmentée avec un casque HoloLens pour l'assistance à l'opérateur sur un poste manuel a été créé. Enfin, un travail sur l'usage de la motion capture et de la réalité augmentée collaborative pour la conception et l'optimisation d'un atelier de production a également été réalisé.

6.14 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 2019 :

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'analyse de données.
Pour le premier volet, les actions réalisées sont les suivantes :

- Déploiement en cours de VPN pour les connexions sortantes et sécurisation de l'accès aux données,
- Le déploiement des sous-compteurs sur l'ensemble des sites expérimentaux a été interrompu lors du confinement et n'a pas encore repris. Le déploiement sera effectué dans le courant du troisième trimestre 2020.

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

- Finalisation de l'état de l'art sur les modèles d'intégration de données basés sur les ontologies alignées des maquettes numériques,
- Réalisation des modèles d'intégration des systèmes communicants dans la maquette BIM via les IFC,
- Apprentissage pour le pilotage des SMART Building au sein des SMART Grid :
    - État de l'art réalisé sur la partie SMART Grid, en en cours de finalisation sur les aspects Learning et théorie des jeux,
    - Réalisation des premiers travaux de modélisation.

6.15 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 : 1er 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 2019 :

- 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) ; 1ère condition expérimentale (avec objets inspirationnels) à mener en 2020.
- Expérimentation en milieu industriel chez Richemont : comparaison de deux 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 cinq minutes sur le thème "un bijou en fabrication additive". Comparaison du pouvoir inspirationnel des objets entre eux.
- Publications : trois communications en Conférences (deux nationales, une internationale).

6.16 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 : 1er 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'offreurs 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 offreurs 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 31 décembre 2019 :

- 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
- 5 projets entrepreneuriaux accompagnés
- 7 évènements à destination du grand public et des scolaires organisés

6.17 Projet de NumeriLab sur les 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 : 1er 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.

Réalisations au 31 décembre 2019 :

- La réalisation en cours d'un état de l'art scientifique et technique sur les solutions de captations et d'analyse de données d'un individu et la modélisation des apprenants en vue d'applications dans des environnements d'apprentissages basés sur des EVAHs.
- Sélection, achat des équipements et mise en place du plateau technique intégrant les équipements de réalité augmentée, de réalité virtuelle et de capture de mouvement déjà présents au sein de la plateforme R&D LINEACT (installation sur le Campus Madrillet en janvier 2020). Ce plateau technique comprend de nouveaux équipements spécifiques dédiés à ces environnements instrumentés tels que des casques de RV avec suivi d'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.
- Le développement d'EVAHs est en cours et de premières expérimentations ont été réalisées.

6.18 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 : 1er 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'entreprenariat, 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.

6.19 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.

6.20 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 : 1er 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 2019 :

Nous avons commencé par définir le concept de la logistique du futur et avons démarré par un état de l'art qui s'articule sur les points suivants :

1. La logistique du futur (logistique 4.0),
2. Les technologies de la logistique 4.0,
3. Les activités de production et de service dans les parcs logistiques modernes,
4. L'entrepôt 4.0 de l'analyse à la mise en œuvre,
5. Les indicateurs de performances (KPI) de l'entrepôt 4.0.

Nous avons livré une bonne partie de cet état de l'art et avons fait les démarches nécessaires pour le recrutement d'un stagiaire de 6 mois que nous avons accueilli dans nos locaux au mois de mars.
Notre travail s'effectue principalement avec NEOMA-BS et nous avons participé à toutes les réunions de partenaires.

6.21 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 : 1er 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).