



Demande de renouvellement de la chaire MATUR



Porteur de projet : Samir ALLAOUI

ITheMM

Sommaire

1. Rappel du contexte du montage de la chaire MATUR.....	3
2. Positionnement et orientations scientifiques et stratégiques de la chaire.....	3
2.1. Objectifs scientifiques :.....	5
2.2. Objectifs pédagogiques	9
3. Gouvernance	11
4. Indicateurs.....	11
5. Personnes impliquées.....	12
6. Budget prévisionnel.....	12



1. Rappel du contexte du montage de la chaire MATUR

La Champagne-Ardenne possède un bassin important dans le secteur de la métallurgie dont les entreprises doivent évoluer pour affronter la concurrence mondiale et développer de nouveaux marchés. Cela passe par une montée en gamme des produits associée à une montée en compétences en R&D dans le domaine **des matériaux et des procédés de mise en œuvre**, en particulier au niveau du **triptyque matériau/procédé/produit** et de leurs interactions. C'est dans ce cadre que la chaire MATUR (Matériaux architecturés) a été créée afin d'accompagner le tissu industriel dans le cadre de la mutation vers **l'industrie 4.0** et plus particulièrement les **procédés innovants** et les **matériaux** associés.

Cette création s'intègre dans un dispositif plus large de participation à l'action régionale sur la fabrication additive, sur le bassin carolomacérien, constitué entre autres de la plateforme Platinium3D, comme outil moteur pour le développement des entreprises à travers la sensibilisation et l'appropriation des techniques de fabrication additive pour le développement de nouveaux produits, ainsi que le développement des formations universitaires en sciences pour l'ingénieur sur le site de Charleville Mézières de l'URCA.

La chaire MATUR repose sur trois volets complémentaires : la recherche, la formation et le transfert technologique. En effet, l'objectif principal de la chaire est l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques et technologiques à travers les activités de recherche portant sur la thématique de la caractérisation et de l'optimisation des interactions du triptyque Matériaux/Procédés/Propriétés qui devront mener à la levée de verrous inhérents au déploiement des procédés innovants et spécifiquement de la fabrication additive.

Ces nouvelles connaissances, une fois capitalisées, sont amenées à être transférées auprès des partenaires industriels de la région, en s'appuyant sur la plateforme Platinium 3D, et constitueront un accélérateur de compétitivité pour le développement de nouveaux produits/services. De plus, ces connaissances sont aussi amenées à être diffusées au niveau des formations dispensées à l'Ecole d'Ingénieurs en Science Industrielles et Numérique (EiSINe), anciennement IFTS, composante de l'université de Reims Champagne-Ardenne localisée à Charleville Mézières, afin de renforcer la notoriété de l'école et de ses formations dans le domaine de procédés innovants. La finalité de cette action est de pouvoir répondre aux besoins des entreprises, du secteur de la métallurgie, en termes de diplômés ayant des compétences en procédés innovants et en développement de produits.

Malgré les contraintes liées au lancement et au déroulement de la chaire, listées dans le rapport d'activités, les objectifs et les indicateurs fixés ont été largement atteints grâce à l'implication des personnes rattachées à la chaire mais surtout à un effort sur la valorisation des travaux, l'animation et la structuration de la recherche de l'équipe de la chaire initié à la suite COPIL du 29/11/20018. A noter qu'entre temps, l'environnement a évolué avec la création de l'association Platinium 3D, de l'école d'ingénieurs EiSINe et de l'unité de recherche ITheMM pour lesquels les acteurs de la chaire ont été acteurs.

2. Positionnement et orientations scientifiques et stratégiques de la chaire

Depuis plusieurs décennies, la part de l'industrie manufacturière dans le PIB des pays développés n'a cessé de baisser au profit des pays émergents et asiatiques. Pour reconquérir des parts de marché et maintenir l'emploi, dans un environnement mondialisé et très concurrentiel, les différents pays ont mis en place différentes stratégies pour aborder la 4ème révolution industrielle (**Industrie du futur 4.0**), qui s'appuient sur la digitalisation des outils et produits industriels afin de gagner en flexibilité et en compétitivité.



Au niveau national, des plans stratégiques ont été lancés, à la suite du rapport Gallois de novembre 2012 qui a mis en évidence le retard de l'industrie française, afin de remettre l'industrie au centre du développement économique en stimulant son renouveau. Pour y parvenir, différents leviers de compétitivité ont été identifiés pour permettre aux entreprises françaises, notamment les PMI, de gagner en compétitivité et en flexibilité, tout en ayant un meilleur impact environnemental, social et sociétal. Parmi ces leviers, on citera **les technologies de production avancées, notamment la fabrication additive et les procédés de composites** identifiés parmi les sept technologies clés pour le développement de l'Industrie du Futur, et les **matériaux/produits écoconçus et fonctionnalisés** qui ne peuvent être dissociés de ces procédés (Référence : « Guide des technologies de l'industrie du futur », Alliance Industrie du Futur (AIF), édition de mars 2018).

Au niveau régional, la création de la région Grand Est en 2016 a été l'occasion d'une revue des politiques publiques avec une structuration autour de trois schémas directeurs stratégiques (**SRESRI, SDREII et S3**) dans l'objectif **d'accroître l'innovation, le dynamisme, le rayonnement et l'attractivité du territoire**. Les leviers cités précédemment ont été identifiés comme étant des thématiques à fort potentiel d'innovation sur le territoire dans le cadre de ses stratégies de spécialisation intelligentes (S3). Ceci s'explique par le fait que l'industrie représente près de 20% du PIB de la région ce qui en fait le second territoire le plus industrialisé de France. Pour maintenir, voire augmenter, cet avantage, les entreprises doivent innover régulièrement à travers le développement de **nouveaux produits fonctionnalisés, intelligents et écoconçus**, pour divers secteurs (aéronautique, médical, robotique, énergie...), qui nécessite l'utilisation de technologies de production avancées, permettant l'intégration facile de fonctionnalités, telles que la fabrication additive et les procédés de composites. Les **verrous scientifiques et technologiques** identifiés par l'AIF, mais aussi par la littérature, comme étant des leviers de développement à moyen terme de ces procédés sont :

- (i) L'élaboration de méthodologies robustes de conception, de modélisation et d'optimisation topologique ;
- (ii) La maîtrise du triptyque matériaux/procédé/propriétés à travers la caractérisation et la modélisation multi-physique et multi-échelle des mécanismes.
- (iii) L'élargissement des gammes de matériaux et des procédés ;

Un essor considérable de la littérature a été observé ces dernières années. Cependant, les résultats prometteurs obtenus sur ces différents axes restent insuffisants et ce pour plusieurs limitations. En effet, les nouvelles méthodologies de modélisation des matériaux manquent de robustesse car **n'intégrant pas la capacité des technologies et les propriétés multi-échelles et multiphysiques induites par les procédés**.

De plus, il apparaît dans ces études un manque de connaissances du **triptyque matériaux/procédé/propriétés**, et plus précisément des **relations procédé-structures induites**, car, contrairement aux procédés classiques, le développement d'un produit se fait en même temps que le matériau ainsi que le procédé et non séquentiellement. Par conséquent le développement doit se faire avec une approche systémique, et non parcellaire, sur le triptyque. Ceci implique un **changement de paradigme** et nécessite l'association de compétences pluridisciplinaires dans le domaine de la mécanique, des matériaux, de la thermique, des procédés de mise en œuvre ...

Enfin, malgré l'émergence de plusieurs solutions technologiques, la plupart de celles-ci sont fermées et la **disponibilité de références matériaux, ainsi que l'accès restreint à leurs caractéristiques complètes**, sont des freins pour une approche systémique nécessitant une maîtrise de toute la chaîne de valeur du procédé. Donc le fait de **disposer de toute la chaîne de valeur** (outils et équipements pour la mise en œuvre, la caractérisation et la modélisation de la matière jusqu'au produit final) est une nécessité pour la maîtrise fine



des phénomènes multiphysiques et multi échelles mis en jeu dans le triptyque matériaux/procédé/propriétés.

C'est dans ce cadre que s'inscrit la chaire MATUR, en tant que **chaire d'excellence**, qui vise à contribuer à lever les verrous scientifiques et technologiques cités plus haut à travers la mise en place d'actions et de travaux autour de la thématique de « la caractérisation et la modélisation des interactions du triptyque Matériaux/Procédé/Propriétés » qui a été actée lors du COPIL du 16/12/20219. A travers cela, la Chaire ambitionne donc à œuvrer pour l'excellence scientifique et technologique et contribuer à accentuer **l'attractivité du territoire et de l'établissement dans le domaine des transitions industrielle en environnementale**. Pour y parvenir, la chaire se fixe comme objectif d'œuvrer pour la création de connaissances scientifiques et technologiques dans le domaine des **matériaux et des procédés innovants**, qui sont deux grands domaines clés de la région Grand Est pour la création de valeur et d'emploi, et plus spécifiquement dans quatre des huit domaines identifiés par la stratégie de spécialisation intelligente (S3) de la région :

- **Les technologies et équipements pour la transition industrielle**
- **Le recyclage et la fonctionnalisation des matériaux**
- **Les dispositifs médicaux**
- **Les matériaux biosourcés**

Ces nouvelles connaissances seront valorisées et diffusées à travers les différentes formations dispensées à l'EiSINe (Licence, Master, ingénieur, doctorat) afin de former des cadres pour relever le défi de la transition industrielle, mais aussi auprès des partenaires industriels de la région, en s'appuyant sur la plateforme Platinum 3D et les projets de recherche collaboratifs, pour servir d'accélérateur de compétitivité pour le développement de nouveaux produits fonctionnels et intelligents.

Pour atteindre ses objectifs, la chaire MATUR s'appuiera sur des chercheurs et des enseignants, rattachés à l'unité de recherche ITheMM et/ou la composante EiSINe, ayant des compétences pluridisciplinaires nécessaires et poursuivra le travail de structuration et d'animation des activités, entamé lors du précédent contrat, afin d'accroître la visibilité et l'excellence des formations et de la recherche sur la thématique des matériaux et des procédés au niveau national et international.

Les différentes actions envisagées et leurs objectifs sont décrits dans les sections suivants.

2.1. Objectifs scientifiques :

La chaire a adopté un positionnement scientifique portant sur les interactions du triptyque Matériaux/Procédé/Propriétés qui tiens compte des équipements et des compétences en présence mais aussi de orientations stratégiques l'université de Reims Champagne-Ardenne et de la région Grand Est. Ainsi, les objectifs scientifiques ci-dessous ont été identifiés :

- Développement et/ou fonctionnalisation de matériaux
- Caractérisation et optimisation de l'effet des procédés sur le comportement multiphysique et multi-échelle des matériaux obtenus
- Développement de règles métier dans l'optique d'outils d'aide à la décision

L'aboutissement de chacun de ces objectifs nécessite l'adoption d'une approche systémique sur le triptyque matériaux/procédé/propriétés, qui est la **première originalité du positionnement de la chaire**, qui requiers de disposer de compétences pluridisciplinaires nécessaires (mécanique, matériaux, numérique, thermique, chimie des matériaux ...) mais aussi de disposer et de maîtriser la chaîne de valeur complète des matériaux concernés par le développement.



Ainsi, depuis deux ans, la chaire s'est renforcée pour combler son déficit de compétences dans certains domaines disciplinaires (numérique, chimie des matériaux, thermique, ...) à travers l'intégration de nouveaux chercheurs de l'unité, ne faisant pas partie initialement, ou des recrutements. Cette ouverture à l'intégration de nouveaux chercheurs de l'unité de recherche va se poursuivre afin que la chaire joue son rôle d'outil de structuration et d'animation de la recherche au sein de l'unité. Par ailleurs, cette démarche permettrait de créer des synergies autour des matériaux et des procédés, de faire émerger de nouvelles thématiques afin que l'unité ITheMM soit identifiée comme un pôle fort et d'excellence dans le domaine de la recherche en SPI au niveau régional, national et international.

Par ailleurs, la chaire a aussi fortement investi ces trois dernières années sur l'acquisition d'équipements de caractérisation et de nouvelles technologies de fabrication additive dont une grosse partie acquise sur fonds propres. Le choix des équipements a été guidé par la complémentarité avec ceux disponibles au sein de la plateforme Platinum 3D, la maîtrise de la chaîne de valeur des technologies dont disposait l'unité ainsi que l'acquisition de nouvelles technologies permettant un positionnement sur des thématiques niches portant sur des matériaux émergents et à fort potentiel.

Ainsi, à l'heure actuelle nous disposons de la chaîne de valeur (de la formulation et la fabrication de matériaux à la fabrication des produits/structures en passant par les étapes de caractérisation, modélisation, optimisation topologique, contrôle, ...) des polymères chargés, des composites et du sable pour la fonderie. A noter que les équipements sont aussi utilisés en pédagogie. La maîtrise de la chaîne de valeur des matériaux étudiés, assez rare au niveau national et international, est la deuxième **originalité** du positionnement de la chaire et de ses travaux de recherche.

Plus en détail, pour atteindre les objectifs fixés les activités suivantes seront en particulier développées. Ces activités sont envisagées à travers des projets en cours, déposé ou futurs.

- **Polymères et composites :**

Depuis quelques années, la chaire MATUR mène des activités sur les **applications de la fabrication additive dans le domaine de la Santé** à travers le développement de matériaux polymères résorbables et biocompatibles pour le comblement osseux. Pour cela, des charges (hydroxyapatite, TiO₂ ...) sont ajoutées à un polymère (PLA, PHA, PBS, ...) afin de lui conférer des propriétés piézoélectriques permettant de stimuler les cellules et accélérer la cicatrisation. Enfin l'utilisation de **matériaux architecturés** tridimensionnelles à porosité ouverte est souvent visée car favorisant l'effet piézoélectrique. Cette **double fonctionnalisation du polymère**, à l'échelle du matériau et de la structure, est étudiée depuis quelques années au sein de la chaire (MIPPI-4D, SantePolym4D, QIMGEN3D, thèse de M. Azouz). Les travaux se poursuivront (projets doctoraux BAPPAS, ECASOCAS) avec de nouvelles formulations de polymères chargés, la caractérisation de leurs propriétés multiphysiques (physicochimique, mécanique, structurale, ...) et leur processabilité qui concernera aussi bien les procédés d'impression 3D visés (procédés Fused Filament Fabrication et Pellet Additive Manufacturing) pour la réalisation de structures architecturées mais aussi ceux obtenus lors de l'extrusion des matériaux pour alimenter les imprimantes 3D (pellet, filament). De plus, le fait de fonctionnaliser le matériau à travers des structures architecturées, qui jouent un rôle prépondérant sur les performances mécaniques, est souvent confronté à la capacité limitée de certaines technologies et leur effet sur les propriétés. Par conséquent, une attention particulière lui sera accordé à travers l'extension des résultats des travaux de thèse de M. Azouz pour les matériaux destinés aux applications de santé.

Enfin, l'élaboration de matériaux à travers l'association des procédés du dépôt électrophorétique et de fabrication additive sera investigué afin d'évaluer cette possibilité technologique et ses performances pour l'obtention de prothèses et des implants à destination de la régénération osseuse (ECASOCAS). La finalité de ces travaux est de permettre de **maîtriser le triptyque matériau/procédé/structure** afin de déterminer les couples matériaux/procédé les plus performants pour les applications de comblement osseux en tenant compte des propriétés induites par le procédé d'impression 3D. A noter qu'un projet ANR (3DP-ARBio, porté



par la chaire, a été déposé cette année sur cette thématique et que les travaux en cours, ou à venir, sont menés avec plusieurs collaborations : Pprime (Poitiers), Unité Transformations & Agro-ressources (UniLaSalle), LMMP (Université de Tunis), University, Kotlarska, Czech Republic, ISCR de Rennes, MEDyC, ICMR, I2S (UHA), ...

Un autre thème important de notre recherche porte sur le développement de **composites biosourcés** obtenus par la fabrication additive (FA). Ce développement s'intéresse à la valorisation de sous-produits agricoles (fibres de lin, fibre de chanvre, fibre de typha, marc de café ...), dans une démarche de **bioéconomie**, et permet d'allier les avantages de la FA et les performances mécaniques spécifiques intéressantes, associées avec une empreinte environnementale réduite, des composites biosourcés. Cette thématique va se poursuivre à travers plusieurs axes. La formulation, l'optimisation, la caractérisation et la production de nouveaux filaments de composites biosourcés pour l'impression 3D. Par la suite, il s'agira de caractériser et d'optimiser le procédé de FA à travers des études paramétriques tenant compte des paramètres procédé et de la stratégie de dépose. Les comportements multi-échelles et multiphysiques du matériau imprimé et des filaments seront caractérisés afin d'identifier les interactions du triptyque **Matériaux/Procédé/Propriétés** d'usage. Ces résultats permettront de construire et de valider des **modèles multi-échelles numériques** permettant de simuler et de valider le procédé de fabrication et de prédire les propriétés du matériau imprimé, notamment pour permettre le dimensionnement des pièces fabriquées.

Parmi ces matériaux, les composites biosourcés à fibres longues sont ceux qui suscitent le plus d'intérêt et d'attentes, selon l'Alliance pour l'Industrie du Futur, vu leurs avantages et leur fort impact sur le développement de plusieurs secteurs industriels (aéronautique, outillage, médical, automobile ...). Partant de ce constat et du peu d'équipes travaillant sur cette thématique, la chaire MATUR s'est positionnée sur cette niche. Dans un premier temps, la chaire s'est dotée d'une chaîne de valeur complète de fabrication additive de polymères chargés (fibres longues, fibres courtes, charges ...) à travers l'acquisition d'une imprimante 3D de composites et d'une co-extrudeuse de filaments. Les premiers travaux menés sur ces procédés ont permis d'obtenir des résultats intéressants permettant ainsi de se positionner sur des projets structurants (portage de projets ANR CoCoFadd, MAPPYRO, MoDAM). La suite des travaux dans cette **thématique de niche**, envisagée à travers le projet doctoral BioADD, visera à **formuler et fonctionnaliser de nouveaux filaments de composites biosourcés** à base de fibres longues pour l'impression 3D, caractériser le triptyque Matériaux/Procédé/Propriétés d'usage et développer d'un modèle multi-échelle numérique permettant de prédire les propriétés du matériau imprimé pour le dimensionnement des pièces structurales. On s'appuiera sur FRD (Fibre Recherche Développement) pour la fourniture de fibres et fils, à travers une collaboration, ce qui présente le double avantage de développer cette technique en cohérence avec le tissu industriel régional et d'avoir une connaissance précise de tous les constituants utilisés. L'**originalité** du positionnement de MATUR réside dans la considération, expérimentale et numérique, de toute la chaîne de valeur du procédé (du filament aux propriétés d'usage) afin d'aboutir à une méthodologie permettant de résoudre efficacement le développement et l'optimisation de matériaux composites à fibres longues obtenus par la FA. De plus, dans cette thématique, nous sommes l'une des rares équipes à disposer de toute la chaîne de valeur.

Dans l'optique de répondre à des besoins applicatifs (outillage, pièces structurales, ...) pour nos partenaires industriels, mais aussi de garder notre avance dans cette thématique de niche, la chaire MATUR va s'équiper, dans le cadre du CPER « Matériaux Grand Est (MAT-GE) » (MAT_CA 2021-2027), d'une imprimante 3D de polymères et de **composites hautes performances** pour des pièces de grandes dimensions. Cet équipement permettrait l'**hybridation des matériaux** (composites, polymère seul, polymère chargé ...) **et des procédés** (impression 3D et usinage) permettant ainsi l'impression de plusieurs matériaux sur une même pièce (« le bon matériau et au bon endroit »), permise à travers plusieurs buses, et l'usinage des surfaces fonctionnelles, avec un centre d'usinage robotisé intégré, pour avoir la pièce finale en « **Net Shape** ». Cet équipement, qui



sera développé sur mesure courant 2023-2024, permettrait d'ouvrir de nouvelles perspectives en allant de la formulation du matériau jusqu'aux démonstrateurs de grande dimension.

Ces travaux seront menés en collaboration avec l'IRDL, le CETHIL, LAMCOS, Nanovia,

En parallèle des axes de fabrication additives, la chaire s'intéresse également à d'autres axes connexes:

- Etudier les voies de valorisation par le recyclage des matériaux thermoplastiques et particulièrement dans le contexte **d'économie circulaire**. Cette partie de recherche s'oriente davantage vers le transfert de technologie, notamment auprès de la société Valopteam, avec l'identification de matières, des protocoles de caractérisation, des essais de mise en forme et des élaborations de cahiers des charges et de fiches matières. Cette thématique concerne l'ensemble des polymères thermoplastiques et peut donc s'appliquer également à ceux utilisés en fabrication additive.
- Etudier la mise en forme de composites techniques et les propriétés induites sur les composites. Dans cette activité on s'intéresse spécifiquement à la mise en forme de renforts techniques à travers la caractérisation de la formabilité ainsi que la caractérisation des défauts mis en jeu et leur effet sur le comportement du composite. Les travaux visent deux objectifs. Le premier est de proposer une méthodologie et une géométrie modèle, qui n'existe pas à l'heure actuelle, pour caractériser la formabilité de renforts textile pour la mise en forme de pièces techniques à géométries complexes. Le deuxième objectif consiste à caractériser les propriétés induites sur le composite par les défauts de mise en forme ainsi que leur criticité. La finalité est de pouvoir maîtriser les interactions matériaux/procédé/propriétés afin de proposer des outils et des méthodes d'aide à la décision pour le développement et l'industrialisation de pièces composites techniques à géométrie complexes pour **l'allègement de structures** entre autres. Ces travaux sont menés en collaboration avec l'équipe MAGC de l'unité ITheMM, permettant de créer des synergies inter-équipes, et d'autres partenaires : Venture Orbital Systems, LaMé, IRDL, Université Mouloud Mammeri (Algérie), ...

Dans le cadre de cet axe, la chaire MATUR participera courant 2022 à un **Benchmark international** sur la compressibilité des renforts techniques, coordonné par « National Physical Laboratory » (NPL, Angleterre) et impliquant une trentaine d'unités de recherche à travers le monde.

- **Matériaux métalliques par les procédés direct et indirect :**

En collaboration avec Platinum 3D, des travaux seront menés sur les matériaux métalliques obtenus par impression directes et indirectes. Pour des applications de fonderie, des travaux envisagés porteront sur le développement de nouvelles formulations (mélanges) de **sables fonctionnalisés**, à haute **performances thermomécaniques**, et optimisés pour l'impression 3D de moules et de noyaux de fonderie (demande d'allocation doctorale PERSIFF). Ces travaux seront menés suivant trois axes : formuler la composition des sables imprimés avec additif (graphite) adapté à la technologie d'impression 3D ; caractérisation multi-physique et optimisation des matériaux et des paramètres du procédé d'impression ; modélisation thermomécanique du matériau et du procédé de coulée. La caractérisation du comportement mécanique des matériaux fera appel à des essais spécifiques (essai de Luong, in-situ ...). Cette **première originalité**, dont la viabilité a été démontrée tout récemment au laboratoire, permettra d'avoir accès aux propriétés intrinsèques, et donc plus fines, du matériau et au phénomènes qui le régit. La **seconde originalité** de ces travaux réside dans le fait de tenir compte des propriétés finales du moule, mais aussi de la processabilité des matériaux, ce qui permettrait d'accroître la capacité du procédé et de produire des pièces jusqu'ici impossibles à réaliser d'un point de vue technique ou économique. L'objectif est d'optimiser les performances thermomécaniques des sables, paramètre critique pour les microstructures et le développement des défauts dans les pièces de fonderie, pour répondre au manque de capacité des matériaux sables/liants, existants sur le marché, et leurs caractéristiques multi-physiques qui ne permettent

pas une fonctionnalisation aisée. Ces travaux, dans la continuité de l'ANR MONARCHIES (2015-2019) porté par la chaire, sont **structurant** pour l'unité de recherche ITheMM car ils impliquent des chercheurs des deux équipes (Equipes MAPI et Thermique) dont les compétences complémentaires sont nécessaires.

Dans le cas des matériaux métalliques obtenus par impression directe, des travaux sont envisagés sur l'optimisation numérique et la simulation de structures mécaniques pour l'impression 3D. Pour ce faire, la caractérisation de l'effet du procédé sur le comportement mécanique du matériau imprimé en sollicitation de fatigue sera menée et un modèle de comportement développé. Ce dernier sera implémenté dans les modèles numériques afin d'améliorer leur robustesse et leur prédiction. Ainsi, l'objectif est de développer les méthodologies d'optimisation de formes des structures mécaniques, qui seront utilisées en phase de **conception, intégrant les contraintes et les capacités de la fabrication additive métallique**. Cela permettrait de disposer **d'outil robuste** permettant de concevoir la conception d'une pièces « bonne », à moindre coût, et de son procédé.

A noter que sur cette thématique, liée aux matériaux métalliques, la chaire MATUR accuse un déficit de compétences qu'il serait nécessaire de résorber pour pouvoir répondre aux sollicitations fortes du bassin industriel régional.

- **Animation et structuration**

La chaire d'excellence MATUR poursuivra son travail d'animation et de structuration de la recherche à travers les travaux de recherche inter-équipe permettant de créer et des synergies et l'intensification du dépôt de projets de recherche en réponses à des AAP (région, national, européen et international).

Parmi les travaux potentiellement à mener à court terme et à fort potentiel de synergie, on citera les mesures in situ pendant le procédé de l'ensemble des constantes multiphysiques du matériau et du procédé. Ces travaux nécessiteront de développer et/ou d'adapter des **instrumentations multiphysiques des procédés**, faisant appel à l'association de diverses compétences multidisciplinaires (équipes MAPI et thermique), et permettront, in fine, de caractériser et modéliser finement les procédés innovants de mise en œuvre.

L'effort de l'implication active dans les instances et associations savantes régionales (AddaGe, GE@2M, ...) ou nationales (GRD Alma, GDR MIC, ...) sera poursuivi afin que l'unité ITheMM, et par conséquent l'URCA, soit identifiée comme un acteur majeur ayant une expertise d'excellence dans le domaine des matériaux architecturés et des procédés innovants.

2.2. Objectifs pédagogiques

Pour accompagner les entreprises dans la transition vers l'industrie 4.0, il est nécessaire de former les diplômés ayant des **compétences** sur le développement de produits intelligents et les **technologies de production avancées**. Dans ce cadre, le développement de l'EiSINe, en tant qu'école d'ingénieurs, répond à ce besoin en proposant de former des diplômés (niveaux licence, licence professionnelle, master et ingénieur) opérationnels dans les technologies de pointe dans le domaine des procédés innovants, la mécanique et les matériaux. Ces diplômés ont vocation à **alimenter le tissu socio-économique régionale et spécifiquement le bassin Champardennais où cette demande est cruciale**.

Les formations en lien avec ce besoin sont celles proposées au sein du département Matériaux Procédés Maintenance (**MPM**) de l'EiSINe. Elles sont centrées autour de la mécanique, la conception, les matériaux et les procédés et abordent la mise en forme des matériaux (métalliques, polymères et composites), la caractérisation, la modélisation et la simulation numérique qui sont indispensables pour analyser, comprendre et maîtriser les phénomènes physiques éventuellement couplés. La fonctionnalisation des produits est abordée par le biais des enseignements de capteurs et d'automatique.

L'ensemble des actions menées, depuis 2016, grâce à l'investissement de tout le personnel enseignant, administratif et technique, dont les acteurs de la chaire MATUR qui a été un outil moteur a permis de créer



l'EiSINe, d'ouvrir des formations d'ingénieurs, de mettre en place des réformes pédagogiques, d'augmenter les effectifs de l'école (**triplés pour le département MPM**), ... Le travail va se poursuivre sur la période à venir avec comme objectifs de stabiliser les flux d'étudiants, vu le **déficit en encadrement qu'accuse notre école et spécifiquement le département MPM**, et accroître la visibilité et la reconnaissance des formations et de l'école à l'échelle nationale afin d'augmenter la qualité des recrutements. Pour se faire, différentes actions ci-après sont envisagées.

- **Actions pédagogiques :**

Pour acquérir les compétences pluridisciplinaires **l'EiSINe favorise les séquences de travaux pratiques et le travail en projet pour mettre les étudiants en situation réelle**. Ces TP/projets sont d'autant importants dans le cas des procédés car permettant aux étudiants de mieux appréhender les différentes technologies/techniques, leurs subtilités, et le lien structure/procédé leur permettant ainsi d'acquérir des compétences sur l'optimisation des procédés de fabrication en termes de qualité/coût/cadence mais aussi sur le développement de produits innovants, intégrant à la fois des spécifications techniques, environnementales et réglementaires. Pour assurer ces enseignements pratiques, l'école dispose d'une **plateforme à Charleville Mézières avec divers équipements associés aux procédés de mise en forme** (plasturgie, forge, fonderie, fabrication additive de polymères, ...) mais accuse un déficit sur les **procédés de mise en œuvre de composites et la fabrication additive métallique** dont l'utilisation est en très forte croissance dans les industries de pointe. C'est dans ce cadre que le projet « **Procédés avancés pour la transition industrielle** », porté par la chaire MATUR, a été déposé à la suite de l'AAP « Pacte Compétences » de la région Grand Est. Le projet a été retenu par la région et l'acquisition des équipements, d'une valeur de 248K€, est prévue pour 2022. Après l'acquisition, les équipements seront installés et mis en service dans le but de les intégrer dans les enseignements de TP et de projets afin de parfaire la formation des étudiants et de répondre au besoin industriel dans le domaine des procédés innovants.

La maîtrise des techniques de mise en œuvre, classiques et par fabrication additive (FA), des différents matériaux se fait en partie à travers des séquences d'enseignement basées sur la pédagogie par projet. La précédente période a vu la mise en place, dans le cadre des réformes des cartes pédagogiques, des séquences de projet à différents niveaux (L1, L2, L3, M1 et M2). Ces séquences ont des contenus et des objectifs différents, en lien avec la taxinomie de BLOOM, qui dépendant de l'année dans laquelle la séquence pédagogique est intégrée. La mise en place de la dernière séquence (en M2) se fera à la rentrée 2022/2023. Une fois l'ensemble des séquences de projet fonctionnelles, un travail sera mené afin de coordonner les sujets qui y sont proposés afin que la progressivité dans la montée en compétences soit lisible et visible par les étudiants. Ces séquences permettront d'introduire des études technicoéconomiques comparatives, afin de choisir pour une application donnée le procédé ayant un meilleur compromis coût/cadence/qualité, et aideront à la formation de cadres disposant de solides compétences pour accompagner les entreprises dans le développement de produits fonctionnels et intelligents.

Enfin, une démarche de montage d'un **master international « Ingénierie Durable »** de l'URCA, piloté par l'unité de recherche ITheMM et la chaire MATUR et qui sera co-porté par l'EiSINe et l'ESIREims, est en cours avec des partenaires Béninois. Ce master est envisagé avec un Master 1 commun suivi de trois parcours en M2 :

- Matériaux, Procédés et Fabrication Additive
- Analyse et Caractérisation Thermiques
- Energie et Construction Durables

Le parcours « **Matériaux, Procédés et Fabrication Additive** » sera adossé au master Ingénierie de conception et axé vers l'utilisation et l'optimisation des procédés innovants comme la fabrication additive. Il s'agit aussi d'identifier, caractériser et modéliser les couplages du triptyque Matériaux/Procédé/Propriétés. La



formation vise à contribuer à l'émergence de start-up dans ce secteur et à réduire la dépendance vis-à-vis des importations de certaines pièces industrielles tout en utilisant des matériaux autochtones dans une démarche de développement durable en privilégiant les circuits courts.

Le montage du master fait suite à diverses actions et collaborations avec l'agence gouvernementale Sèmè City (XTechLab et le projet « Fabrication Additive au Bénin pour lutter contre la COVID-19 (FABCO19,) », porté par MATUR et financé par l'Agence Universitaire de la Francophonie). L'objectifs du Master est de proposer une offre de formation d'excellence, associée à une coopération scientifique, permettant une montée en compétences des talents locaux afin de répondre aux enjeux et défis socio-économiques et environnementaux de demain dans le domaine de l'ingénierie, qui associe Matériaux, Procédés, Thermique et Energétique. Parmi les défis identifiés, on citera la construction durable ; la gestion énergétique des ressources ; et enfin l'utilisation des ressources locales pour la conception, l'élaboration et l'utilisation de matériaux alternatifs et autochtones (Typha, carreaux revêtus ...).

Il s'agit en effet ici de promouvoir un partenariat en matière d'enseignement mais aussi de recherche avec comme objectif à moyen termes de créer un laboratoire de recherche susceptible d'accueillir les étudiants de master en thèse et de faire fructifier ces domaines de recherche.

- **Actions de promotion**

- Les membres de la chaire MATUR participeront activement à la promotion de l'école et de ses formations lors des diverses manifestations (JPO, salons, ...).
- Continuer l'action au sein du comité pédagogique de la Fabadd-Académie et participer à la proposition et au montage de MOOC autour de la fabrication additive.
- Ouverture de l'alternance en M2 du master Ingénierie de Conception (parcours Mécanique, Matériaux et procédés). De plus, des contacts sont en cours afin d'étudier la possibilité de mettre en place une éventuelle certification du master par la « fédération de la métallurgie » et/ou d'intégrer des certifications de fabrication additive en partenariat avec l'association « France Additive ». Ces deux actions visent à accroître la visibilité et l'attractivité de ce master.

3. Gouvernance

L'animation et la coordination des activités de la chaire seront assurés par le porteur. La gouvernance de la chaire sera quant à elle assurée par un comité de pilotage dont la composition est proposée ci-dessous :

- Représentant de la Région Grand Est
- Etablissement : le VP Recherche et le VP CFVU
- EiSiNe : Directrice de l'école et du département MPM
- Unité de recherche : Directeur de l'unité
- Membre : 1 à 3 membres Prof/HDR de l'équipe de la chaire.
- Représentant de Materialia

Le porteur de la chaire convoquera une réunion annuelle du COPIL afin d'exposer les travaux et activités menés, les résultats scientifiques et budgétaires, le suivi des indicateurs et les ajustements éventuelles des orientations stratégiques. De même, un rapport annuel présentant le bilan des activités sera établi.

4. Indicateurs

Des indicateurs de suivi du développement de la chaire pour les 3ans à venir sont listés ci-dessous :

- 20 publications dans des revue à comité de lectures
- Montage du master international « Ingénierie Durable » de l'URCA au Bénin.
- Soutenances de 4 thèses.
- Lancement de 3 thèses supplémentaires.



- 4 stages master
- Introduction d'une pédagogie par projet innovante au niveau du Master 2 IC.
- Formations de 150 étudiants de différents niveaux (LP, Master, Ingénieur) aux procédés innovants.

En plus de ces indicateurs, les membres de la chaire seront investis dans toutes les réformes ou création de nouvelles formations dont celles d'ingénieurs en FISE.

5. Personnes impliquées

Les personnes qui seront impliquées dans la chaire MATUR, avec le % ETP estimé, sont listés sur le tableau ci-dessous. Les nouveaux enseignants et enseignants chercheurs qui vont intégrer l'équipe de la chaire pour le prochain contrat sont surlignés en rouge. D'autres collègues seront amenés à être intégré par la suite. Une des difficultés majeures réside dans le fait que les enseignants chercheurs impliqués dans la chaire, et spécifiquement ceux rattachés au département MPM de l'EiSINe, ont des charges administratives et d'enseignement est importantes (certains atteignant un double service pour assurer le bon fonctionnement des formations) ce qui handicape les activités de recherche. Un renforcement de l'équipe pédagogique par le biais de recrutement est nécessaire pour alléger ces charges et tendre vers une situation acceptable.

Unité	Composante	Nom/Prénom	Statut	ETP (en %)
ITheMM	EiSINe	ALLAOUI Samir	PR	100
ITheMM	EiSINe	PAUX Joseph	MCF	100
ITheMM	EiSINe	MOULART Raphael	MC	100
ITheMM	EiSINe	ALIX Sébastien	MC	50
ITheMM	EiSINe	LABBE Eric	MC	50
ITheMM	ESIReims	VROMAN Isabelle	PR	30
ITheMM	EiSINe	MARQUET Vincent	IGE	20
ITheMM	EiSINe	BUET Stéphane	IGE	20
	EiSINe	FEKIH AHMED Walid	Enseignant	50
ITheMM	UFR SEN	DUVAUT Thierry	PR	20
ITheMM	ESIReims	LACOSTE Catherine	MC	20
ITheMM	EiSINe	IGR à recruter en CDI	IGR	100
	EiSINe	Pr à recruter (J.P. Chopart)	PR	50

6. Budget prévisionnel

Pour mener à bien le présent projet, nous sollicitons le financement ci-dessous :

- Demande 2 thèses (220 K€)
- Un Postdocs de 2 ans (100K€)
- 50 K€ en investissement
- 40K€ en fonctionnement

De même, la chaire accuse un manque de compétences sur certains aspects sur lesquels elle souhaite se renforcer à travers des recrutements:

- 1MC : sur la fabrication additive de matériaux métalliques
- 1 PR : pour piloter la thématique, à forte activités, des matériaux polymères pour la santé.





Rapport d'activités de 2016-2021



Porteur du projet : Samir ALLAOUI

ITheMM



Sommaire

1. Fiche d'identité	3
2. Rappel du contexte :.....	3
3. Rappel des objectifs généraux du projet	3
4. Rappel du déroulement.....	4
5. Résultats obtenus et discussion	4
5.1. Indicateurs et livrables	4
5.2. Situation sanitaire.....	7
5.3. Bilan des activités de la recherche scientifique.....	8
5.4. Bilan des activités de valorisation économique	11
5.5. Bilan des activités de développement pédagogique.....	12
Annexe 1.....	15
Annexe 2.....	17
Annexe 3.....	19
Annexe 4.....	22
Annexe 5.....	23
Annexe 6.....	26



1. Fiche d'identité

Acronyme: **MATUR**

Dénomination du projet : Chaire industrielle **Matériaux Architecturés**

2. Rappel du contexte :

La Champagne-Ardenne possède un bassin important dans le secteur de la métallurgie dont les entreprises doivent évoluer pour affronter la concurrence mondiale et développer de nouveaux marchés. Cela passe par une montée en gamme des produits associée à une montée en compétences en R&D dans le domaine **des matériaux et des procédés de mise en œuvre**, en particulier au niveau du **trptyque matériau/procédé/produit** et de leurs interactions. C'est dans ce cadre que la chaire MATUR (**Matériaux architecturés**) a été créée afin d'accompagner le tissu industriel dans le cadre de la mutation vers **l'industrie 4.0** et plus particulièrement les **procédés innovants** et les **matériaux** associés.

Cette création s'intègre dans un dispositif plus large comprenant entre autres la création de la plateforme de Fabrication Additive Platinum3D et l'ouverture d'une filière d'ingénieurs en apprentissage à Charleville Mézières. La chaire MATUR a bénéficié d'un financement de la région et du Feder, dans le cadre de l'AAP « Chaire d'innovation territoriale », ainsi que de l'UIMM par le biais du fonds pour l'innovation dans l'industrie (F2I).

3. Rappel des objectifs généraux du projet

De façon plus spécifique, la chaire MATUR, orientée vers la Fabrication Additive, vise à permettre aux entreprises régionales de s'approprier cette technologie qui représente un défi et une opportunité pour répondre aux nouveaux besoins industriels du 21^{ème} siècle. Pour y parvenir, les objectifs ont été définis suivant trois axes complémentaires :

Valorisation/transfert :

Développement des entreprises du bassin Champardennais grâce à l'appropriation des techniques de Fabrication Additive (FA). Cet objectif se décline en sous objectifs progressifs : sensibilisation aux procédés de fabrication additive ; maîtrise des procédés ; accompagnement dans le développement de nouveaux produits fonctionnalisés. Les entreprises visées sont celles relevant du domaine de la métallurgie, avec un focus sur les PMI.

Recherche :

Acquisition de nouvelles connaissances à travers de nouveaux projets de recherche collaboratifs. Le thème fédérateur des actions de recherche ciblées est « la caractérisation et l'optimisation des interactions du triptyque Matériau/procédé/propriétés ». Cet objectif vise aussi à répondre aux besoins en recherche des entreprises pour leur montée en compétences.

Formation :

Diffusion des connaissances sur la fabrication additive au niveau des formations dispensées à l'Ecole d'Ingénieurs en Science Industrielles et Numérique (EiSINE), anciennement IFTS, composante de l'université de Reims Champagne-Ardenne localisée à Charleville Mézières. La finalité de cette action est de pouvoir répondre aux besoins des entreprises en termes de diplômés ayant des compétences en procédés innovants et en développements de produits.



4. Rappel du déroulement

La chaire MATUR a démarré effectivement le 1 janvier 2016 pour une durée de 36 mois avec un engagement des financements et des actions scientifiques. Cependant, le recrutement des enseignants chercheurs prévus pour la création de la chaire, entre autres le titulaire, n'a été possible que le 1 septembre 2018 à la suite de campagnes de recrutement infructueuses. De septembre 2018 à août 2019, l'actuel titulaire a géré et animé la chaire en qualité de chargé de mission de la présidence de l'URCA, donc ne bénéficiant pas de décharge. La nomination effective en tant que titulaire de la chaire est intervenue le 1 septembre 2019 pour une durée de 3 ans (jusqu'à décembre 2022).

Tout cela a conduit à la prolongation de la durée de réalisation du projet, avec des dates variables en fonction des financeurs, qui ne coïncident pas avec la durée de titularisation du porteur:

- Prolongation de deux ans de la convention F2I de l'UIMM avec une fin le 31 décembre 2020.
- Prolongation de trois ans de la convention Région/Feder avec une fin le 31 décembre 2021.

Ce démarrage et déroulement hachés est l'une des principales difficultés rencontrées ce qui n'a pas empêché d'atteindre globalement les objectifs fixés.

5. Résultats obtenus et discussion

La chaire MATUR a bénéficié d'un support financier de la part de deux partenaires (Région/Feder et UIMM/F2I) qui ont chacun défini des livrables et des indicateurs de suivi différents. Par conséquent, ce rapport va présenter une synthèse des résultats en lien avec l'ensemble de ces livrables et indicateurs sur la période du 01/01/2016 au 31/12/2021.

5.1. Indicateurs et livrables

Dans cette section, un rappel des indicateurs et des livrables ainsi que leur suivi purement comptable seront présentés. La discussion et les détails seront abordés dans les sections suivantes.

a. Indicateurs et livrables de la convention Région/Feder

Rappel et suivi des indicateurs

La synthèse des résultats obtenus, sur la base des indicateurs définis dans le dossier Région/FEDER, est illustrée dans le tableau ci-dessous. Ces résultats ont été obtenus, sur la période de janvier 2016 à décembre 2021, par les personnels permanents impliqués dans la chaire et dont la liste est donnée en **Annexe 1**.

N° indic	intitulé	Unité	Cible	Indicateurs 2021	Remarque
CO24	nombre de nouveaux chercheurs, dans les entités bénéficiant d'un soutien, recrutés spécifiquement au titre du projet	ETP	5	13	
CO25	Nombre de nouveaux chercheurs travaillant dans des structures de recherche améliorées (statutaires ou permanents impliqués dans le projet)	ETP	4,5	5,9	
CO26	Nombre d'entreprises coopérant avec des organismes de recherche		10	44	
CO27	Investissement privés complétant un soutien public aux projets dans les domaines de l'innovation ou de la recherche et du développement	€	202700	202 700 €	Financement F2I

Les indicateurs ont tous été atteints et ce malgré les conditions de démarrage de la chaire ainsi que la crise sanitaire, liée à la COVID, qui ont handicapé les activités. Pour l'indicateur CO27, les investissements privés donnés dans le tableau concernent seulement ceux engagés pour le cofinancement de la chaire par l'UIMM



à travers le fond F2I. Les financements engagés par les autres partenaires privés ou publics dans le cadre de projets de recherche collaboratifs ou de prestations (qui s'élèvent à plus de 2 M€) ne sont pas comptabilisés.

Livrables :

Dans le dossier de la chaire les livrables, ci-dessous ont été listés :

- [Liv 1] Dans le délai de 3 ans, deux thèses sur la fabrication additives sont finalisées.
 - 3 thèses ont été soutenues :
 - Marjorie Jacques-Hulin, le 19/12/2019
 - Alexandre Damiens, le 30/09/2021
 - Conard Mastalerz, le 16/12/2021

- [Liv 2] Des montages de projets sur la fabrication additive sont déposés en réponses aux AAP (ANR, conseil régional, FUI, Feder, ...).
 - Projets Acceptés ; 11 projets (1 international AUF, 1 interreg, 1 FUI, 1 ANR, , 6 région et 1 ARS) et 3 projets doctoraux.
 - Projets non sélectionnés ou en cours d'expertise : 2 internationaux, 8 ANR, 3 région et 5 demandes d'allocations doctorales.

- [Liv 3] Des nouveaux marchés sont ouverts aux entreprises partenaires (aéronautique, médical, automobile, énergie, ...)
- [Liv 4] Des nouveaux produits intelligents commercialisés ou en voie de l'être par les partenaires industriels

Les livrables 3 et 4 ([Liv 3][Liv 4]) sont difficiles à quantifier vu que peu de retours sont donnés par les partenaires après les travaux de collaboration. Cependant, plusieurs indicateurs militent dans ce sens tels que: le nombre important d'entreprises ayant été accompagnées scientifiquement (44 entreprises accompagnées dont certaines à plusieurs reprises), Le développement d'un « aide de coupe à usage unique», obtenu par FA, pour des opérations de chirurgie orthopédique dont un dépôt de brevet est en cours, la commercialisation de nouveaux modèles de diffuseurs par ITW SprayTech à la suite d'une collaboration ...

- [Liv 5] Des entreprises se sont investies dans le cadre de thèses CIFRE sur l'appropriation de la technologie de la fabrication additive.
 - 1 Thèse CIFRE a eu lieu et a été soutenue (Alexandre Damiens).

- [Liv 6] Une action de diffusion scientifique sur la fabrication additive vers les entreprises est réalisée au travers de séminaires
 - Organisation ou co-organisation de 5 symposiums et de 2 journées scientifiques (Voir la section diffusion).

- [Liv 7] Des formations initiales (dont certaines en alternance) et continues au niveau licence, master et ingénieur sont opérationnelles
 - Ouvertures de 2 formations d'ingénieurs au sein du département MPM de l'EiSINE : Matériaux et Génie des Procédés MGP (2019) et Maintenance et Génie Industriel MGI (2020).
 - Des formations sont opérationnelles :
 - Cycle préparatoire aux grandes écoles (CUPGE)
 - Licence « Sciences Pour l'Ingénieur » (L1 à L3)
 - Master 1 et 2 en Ingénierie de conception (IC) parcours « Mécanique, Matériaux et Procédés (M2P) »
 - Licence professionnelle « Conception et Processus de Mise en Forme des Matériaux »(CPMFM)
 - Formations d'ingénieurs par alternance MGI et MGP.



- Certaines cartes pédagogiques ont été modifiées afin de mieux intégrer les procédés innovants (Master, Licence SPI, CUPGE, LP CPMFM)

b. Indicateurs et livrables de la convention F2I/UIMM

N°	Indicateur	Cible	Indicateurs 2021	Remarques
1	Nbre de projets de recherche collaboratifs	6	11	(PolyFabAdd, Elastoplast, SAI, MIPPI4D, Monarchie, Quickmold, Cornet, Perform3D, QuimGen3D, Compo). 3 projets ont commencé en 2015 et clôturés après le lancement de la chaire (2018)
2	Nbre de journées techniques	6	7	5 Syposiums + 1 GDR MIC + 1 journée Elasto-plast. Symposium de 2020 décalé pour début 2021 sous forme d'une série de Webinaires (en cours de préparation)
3	Nombre de thèses CIFRE	4	1	Plusieurs contacts n'ayant pas aboutis. La situation sanitaire a eu un impact sur cet indicateur.
4	Nombre de publications internationales	9	12	Seules les articles sur la fabrication additive ou en lien avec les thèses de la chaire sont listés ici
5	Nombre de communications dans des congrès internationaux	6	18	Communications en lien avec la fabrication additive ou les thèses de la chaire: 18 communications internationales + 20 autres (conf invité, magazine, formation doctorale, ...)
6	Nombre de PMI pilotes de la chaire industrielle	12	12	12 PMI impliquées dans les projets en lien avec la chaire dont 3 sur des projets ayant commencé en 2015 et clôturés après le lancement de la chaire (2018)
7	Nombre de PMI de la métallurgie accompagnées dans le process de FA	16	25	25 PMI ont été accompagnées. Il y'a eu aussi plus de 20 Groupes ou PME accompagnés et non listés dans cet indicateur. Certaines entreprises (dont les PMI), accompagnées à plusieurs reprises (exemple: 11 fois pour PSA 11 fois, 5 fois pour Ardenplast) n'ont été comptabilisées qu'une seule fois,
8	Nombre de PMI de la métallurgie formées aux process de la FA	24	63	de 2017 à 2021: 42 Lpro + 21 Ingé. Ajouter 75 formés (26 Lpro + 49 Ingé) pour d'autres entités (Groupe, CRT, PME, ...)

Le taux d'accomplissement des indicateurs est bon dans son ensemble. D'un point de vue macroscopique, on peut noter que les indicateurs liés aux volets valorisation/transfert et formation sont atteints et même dépassés. Le seul indicateur non atteint est celui du nombre de thèses CIFRE et ce malgré plusieurs contacts pris avec des partenaires industriels qui n'ont pas aboutis et ce à cause de la crise sanitaire entre autres.

c. Difficultés rencontrées

Plusieurs difficultés ont été rencontrées depuis le début de la chaire en 2016, et spécifiquement celles de l'année écoulée, sont listés ci-dessous :

➤ Début non optimale de la chaire :

La chaire a débuté en janvier 2016 mais n'a pas eu de professeur titulaire malgré l'ouverture du poste en recrutement. Ceci a engendré un manque d'animation scientifique, pendant plus de deux années, et plusieurs conséquences :

- Un début tardif des trois thèses prévues dans la chaire.
- La recherche des compléments de financement pour les thésards, vu le début décalé des recrutements par rapport aux conventions avec les financeurs (5 mois de salaires sur fonds propres), en plus de la recherche de financement d'une demi-thèse à la suite de la perte de celui de l'agglomération de Charleville Mézières.
- Recherche de complément de financement nécessaires (plus de 100K€) pour le déroulement des thèses vu que les investissements prévus dans les conventions ont été réalisés en 2016 sans considérer l'orientation scientifique des thèses. L'ensemble de ces financements ont été fait sur fond propre (URCA, ITheMM, EiSINe) pour l'achat d'équipements nécessaires pour mener à bien les travaux de thèses (dispositifs de caractérisation in-situ, imprimantes 3D, réparation de l'imprimantes Sable VoxelJet VX200...).



- Plusieurs problèmes administratifs ont été géré par rapport à l'éligibilité des dépenses engagées entre 2016 et 2018 sur la chaire.
- La charge administrative et d'enseignement est importante pour les enseignants chercheurs impliqués dans la chaire, dépendant majoritairement de l'EiSINE, d'où la difficulté de valoriser les travaux. Il faudrait doubler les effectifs, ce qui est peu probable, pour converger vers une situation « normale ».
- Les deux dernières années ont été marquée par la pandémie de la COVID19 qui a eu un impact négatif sur nos activités propres et collaboratives. En effet, au-delà des deux confinements qui ont fortement freiné nos activités propres, la pandémie a eu un effet négatif sur nos activités partenariales vu que les industriels ont restreint ou bloqué leur engagement dans de nouveaux projets.
- Retard dans la mise en place du nouveau statut de Platinum 3D, et donc du recrutement du directeur opérationnel, ce qui a conduit, entre autres, à la réorientation des financements des postdocs prévus dans la chaire pour le maintien en poste des ingénieurs de Platinum 3D ainsi qu'à revoir le positionnement et le fonctionnement de la chaire vis-à-vis de Platinum 3D avec ses nouvelles missions.

5.2. Situation sanitaire

Les deux dernières années ont été marqué par la crise sanitaire de la COVID 19 qui a eu un impact sur nos activités et celles de nos partenaires industriels. Cette crise a aussi créé des besoins prioritaires. Les acteurs de la chaire MATUR se sont fortement impliqués dans la lutte contre la COVID 19 à travers plusieurs actions :

- Participation à la création de la cellule Ardennes/Marne, en mars 2020, pour lutter contre la COVID. Cette cellule était constituée de plusieurs entités (URCA, Fablab Smart Materials, 3D Metal Industrie, Platinum 3D, 3D Morphoz ...) et de Makers a permis de produire et de livrer plus de 3000 visières aux personnels soignants, forces de l'ordre, pharmaciens... Plus du tiers de ces visières ont été produites par les personnels impliqués dans la chaire.
- Développement, production et mise à disposition de protections ophtalmologiques pour les hôpitaux de Reims, Epernay et Chalon en Champagne.
- Accompagnement de l'Agence de Développement de Sémè City (ADSC) du Bénin dans le cadre de la « Task Force Innov COVID 19 Bénin » financée par le Fonds des Nations Unies pour la Population (UNFPA) et pilotée par l'ADSC.



- Dépôt d'un projet « Fabrication Additive au Bénin pour lutter contre la Covid 19 (FABCO19) », à la suite de l'AAP Covid de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), en collaboration avec l'ADSC de Sémè City et l'Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi (EPAC). Ce projet fait partie des 92 projets sélectionnés sur plus de 1800 déposés. Dans le cadre de ce projet, nous avons accompagné nos collègues du Bénin dans la montée en compétences sur les procédés de fabrication additive et les avons équipés en imprimantes 3D et en consommables. Plus de 2000 visières ont été produites localement dans le cadre de ce projet et livrées au ministère de la santé du Bénin.

5.3. Bilan des activités de la recherche scientifique

Lors du premier COPIL, qui s'est tenu le 29/11/2018, un plan d'action a été proposé suivant deux objectifs :

- Consolider les indicateurs de la chaire.
- Augmenter la visibilité de l'équipe à travers un positionnement scientifique et technologique judicieux.

Les différentes actions menées depuis trois ans ont permis d'atteindre l'ensemble des objectifs et spécifiquement ceux en lien avec la valorisation scientifiques qui étaient très bas en 2018. De plus, le positionnement scientifique proposé lors du COPIL, portant sur les interactions du triptyque Matériaux/Procédés/Propriétés, repose sur deux piliers majeurs

- La maîtrise de la chaîne de valeur de la fabrication additive (FA) pour un matériau donné. Cela implique de disposer de l'ensemble des moyens et dispositifs nécessaires en partant de la formulation du matériau d'entrée jusqu'à la caractérisation multiphysiques et multi-échelles du matériau fabriqué voire d'une pièce structurale. Ceci nous a conduit à faire des investissements judicieux sur fonds propres ayant permis de :
 - Compléter la chaîne de valeur de la FA des polymères chargés et des composites à travers l'acquisition de différentes imprimantes 3D et d'une extrudeuse de filaments. Ceci nous permet aujourd'hui d'être l'une des rares équipes, au niveau national et international, à maîtriser l'ensemble de la chaîne de valeur et à disposer d'une large gamme de technologies d'impression de polymères chargés.
 - Réparation de l'imprimante de sable (Voxel 200) et acquisition d'une imprimante de céramique.
 - Acquisition des moyens de mesures optiques (corrélation d'images 2D et 3D) et d'un système de caractérisation mécanique in-situ (sous tomographe) avec un logiciel de corrélation volumique associé.
 - Des moyens de rétroconception (scanner 3D, interféromètre, ...).

Actuellement, nous disposons de toute la chaîne de valeur pour la FA de polymères chargées, de composites, de sable pour fonderie et de céramiques.

- S'appuyer sur des compétences pluridisciplinaires nécessaires pour répondre au mieux aux problématiques multi-échelles et multiphysiques mises en jeu dans les procédés et/ou les matériaux concernés. Ne disposant pas de l'ensemble des compétences au début de la chaire, nous avons procédé au :
 - Renforcement de l'équipe de la chaire par le recrutement de 3 enseignants chercheurs et d'un ingénieur de recherche ayant des compétences complémentaires.
 - Implication dans la chaire, ou ses travaux, de chercheurs de l'unité de recherche ITheMM au-delà des personnes impliquées initialement. Cet élargissement devrait se poursuivre afin que la chaire joue un rôle majeur dans la création de synergies scientifiques au sein de l'unité ITheMM.



Le bilan des différentes actions menées durant cette période est détaillé ci-dessous suivant différents items en lien avec les indicateurs et les livrables définis dans le dossier de la chaire MATUR.

a. Renforcement de l'équipe de recherche de la chaire

- Renforcement de l'équipe impliquée dans la chaire. Initialement constitué de 8 personnes, le nombre de chercheurs statutaires impliqués dans la chaire est porté à douze personnes. Pondéré par le taux d'implication de chaque chercheur, on obtient un nombre d'ETP de 5.9 pour l'indicateur CO25 dont la cible était de 4.5 (voir **Annexe 1**).
- Le nombre de nouveaux chercheurs (postdocs, doctorants, IGR, ...) recrutés spécifiquement au titre du projet (indicateur CO24) est de treize personnes (voir liste en **Annexe 1**).
- En plus des chercheurs, 15 stagiaires M2 ont été recruté en support des activités de recherche menées dans la cadre de la chaire MATUR (voir **Annexe 1**).
- Huit thèses, dont trois soutenues, ont été lancées dans le cadre de la chaire.

b. Activité de projets

L'activité de projets a été très soutenue depuis 2016. On dénombre onze projets acceptés, à la suite de réponses aux AAP, qui se répartissent comme suit (**Annexe 2**):

- 1 projet international AUF avec le Bénin (FABCO 19)
- 1 projet ANR (Monarchie)
- 1 projet FUI (Compo)
- 1 projet Interreg (ElastoPlast)
- 6 projets Région (PloyFabAdd, Quickmold, Perform3D, Smart Alternative Injection, QuimGen3D, PTR Cornet, MIPPI4D)
- 1 projet financé par l'agence régionale de la santé (QuimGen3D)

On dénombre aussi trois projets doctoraux acceptés sur la même période (FabriPERfom, BioAdd, BAPPAS).

En plus de ces projets acceptés, plusieurs projets ont été déposés, malgré le contexte sanitaire défavorable, dont certains sont en cours d'expertise (ceux déposés en 2021) ou n'ont pas été sélectionnés. On dénombre: 2 projets ANR internationaux, 8 projets ANR, 3 projets régionaux et 5 demandes d'allocations doctorales (voir **Annexe 2**).

Plusieurs éléments sont à noter sur la stratégie adoptée pour les dépôts de projets :

- Un accroissement significatif du nombre de projets déposés ces deux dernières années et spécifiquement des projets nationaux, dont plusieurs portés par des chercheurs de notre unité de recherche, afin de donner une visibilité accrue aux activités de la chaire.
- L'élargissement de l'implication des chercheurs au-delà des personnes impliquées dans la chaire. Cet élargissement est guidé par le besoin de pluridisciplinarité nécessaire pour répondre au mieux aux problématiques multi-échelles et multiphysiques mises en jeu dans les procédés et/ou les matériaux concernés. Cet élargissement devrait se poursuivre afin que la chaire joue un rôle majeur dans la structuration des activités scientifiques et la création de synergies au sein de l'unité ITheMM.

Les détails sur les différents projets sont donnés en **Annexe 2**.



c. Structuration de la recherche

Depuis septembre 2018, un grand effort a été fait sur l’animation et la structuration de la recherche de l’équipe avec pour objectif d’accroître la visibilité, la reconnaissance et la production scientifique. Parmi les actions menées en 2020, on citera :

- Contribution à l’animation et la structuration de la recherche à travers :
 - Participation active à la création de l’unité de recherche ITheMM (Institut de Thermique, Mécanique, Matériaux EA 7548) en 2019 et implication dans l’animation de l’unité (S. Allaoui directeur adjoint de l’unité ; S. Alix responsable de l’équipe « Matériaux et Procédés Innovants »).
 - Participation active à la création de la fédération Grand Est de la Mécanique des Matériaux (GE@2M) lancée en 2021 (S. Allaoui est membre du groupe de pilotage et du bureau de la SFR).
 - L’adhésion au Groupement de Recherche (GdR) CNRS Alma « Alliages Métalliques par/pour la fabrication additive ».
 - La contribution aux travaux de l’Alliance de la Fabrication Additive du Grand Est (AddaGe) à travers la participation de S. Allaoui à la commission scientifique de l’alliance.
 - Pilotage de la démarche d’adhésion d’ITheMM au Carnot ICEEL (en cours)
- Le portage d’une action sur « la fabrication additive de matériaux architecturés » dans le cadre du projet CPER « Matériaux Grand Est (MAT-GE) » pour le contrat 2021-2027.
- Initiation de plusieurs collaborations scientifiques (LASMIS, Pprime, LaMCoS, IRDL, Roberval, ...).

d. Valorisation et diffusion scientifiques

Malgré la forte activité de recherche, la valorisation scientifique des travaux était faible et délaissée . Par conséquent, un effort de sensibilisation et une politique de valorisation scientifique a été instauré depuis 2018 et qui a donnée des fruits puisque les indicateurs en lien avec ce point ont été rempli au bout de deux années. Le tableau ci-dessous donne la synthèse du nombre d’articles (ACL), de communications internationales (ACTI) et de communications nationales (COM) avec une différenciation entre celles liées à la fabrication additive et les autres. A titre d’exemple, on note 26 articles publiés dont 12 en lien avec la fabrication additives pendant la période de la chaire. Le détail est donné en **Annexe 3**.

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
ACL			2	6	6	12	26
ACL FA			0	0	4	8	12
ACTI	2	3	5	3	3	6	22
ACTI FA	0	3	4	3	3	5	18
COM	1	1	5	5	5	3	20
COM	1	1	5	5	5	3	20

En plus de la valorisation à travers des publications, on notera aussi plusieurs actions de diffusion/valorisation scientifiques listées ci-dessous :

- Organisation ou co-organisation de plusieurs manifestations scientifiques pendant lesquelles il y’a eu aussi une participation à travers des présentations ou l’animation de tables rondes par exemple.

	journée technique	Année	Lieu
1	Symposium sur la fabrication additive	2016	Charleville Mezières
2	Symposium sur la fabrication additive	2017	Charleville Mezières
3	Symposium sur la fabrication additive	2018	Charleville Mezières
4	GDR MIC Week 2018	2018	6 au 9 novembre 2018 à Orléans
5	Symposium sur la fabrication additive	2019	Charleville Mezières
6	Journée Projet Interreg Elastoplast	2020	Journée Elasto-Plast « L’impression 3D : La fabrication aux multiples possibilités », Webinar, 8/12/2020.
7	Symposium sur la fabrication additive	2021	Webinaires 29 Janvier 2021

- Soutenances de 3 thèses ainsi qu’une Habilitation Diriger la Recherche (Sébastien Alix en 2020).



5.4. Bilan des activités de valorisation économique

L'un des objectifs de la chaire est d'accompagner le développement des entreprises du bassin Champardennais grâce à l'appropriation des techniques de Fabrication Additive. Pour atteindre cet objectif, des actions ont été menées suivant les trois axes ci-dessous.

a. Accompagnement dans le développement de nouveaux produits

L'accompagnement des entreprises nécessite des compétences techniques et scientifiques, disponibles au sein de l'équipe de la chaire MATUR, mais aussi des équipements de fabrication additive pour la réalisation de démonstrateurs ou de produits. Pour cela, l'équipe de la chaire s'est appuyé sur les moyens, matériel et humain, disponibles sur la plateforme Platinium 3D et le Fablab « Smart Materials » de l'EiSINE qu'il a fallu pérenniser à travers :

- La réorientation du financement prévu pour des postdocs dans la chaire pour pérenniser, durant l'année 2019, les deux postes d'ingénieurs de Platinium 3D (Mr Pacheu et Mr Faynot), placés sous la responsabilité du titulaire de MATUR, en attendant la création affective de la structure Platinium3D.
- Le financement sur fond propre du poste de FabManager du fablab qui est un lieu de sensibilisation et d'accompagnement des industriels et des particuliers sur les procédés de FA.
- La participation active au processus de création de l'association Platinium3D (l'assemblée constitutive le 3 juillet 2019).

Ces actions ont permis d'accompagner plusieurs entreprises dépendantes du secteur de la métallurgie, malgré le contexte sanitaire qui a freiné l'activité, dans le cadre de travaux de développement de produits avec les procédés de FA. Ainsi, on dénombre **44** entreprises qui ont été accompagnés (indicateur CO26) dont **12** à travers des projets collaboratifs (**Annexe 4**).

Il est difficile de quantifier les livrables 3 et 4 ([Liv 3][Liv 4]) concernant l'ouverture de nouveaux marchés aux entreprises partenaires ou la commercialisation effective des nouveaux produits développés vu que peu de retours sont donnés par les partenaires après la collaboration. Cependant, plusieurs indicateurs militent dans ce sens tels que:

- Le nombre important d'entreprises ayant bénéficié d'un accompagnement sur des sujets divers : optimisation de produits, développement de moules et/ou de produits, maîtrise de procédés, ...
- Certains partenaires industriels ont été accompagné à plusieurs reprises comme cela est le cas de PSA (11 fois) ou ArdenPlast (5 fois).
- Le développement d'un « aide de coupe à usage unique », obtenu par FA, pour des opérations de chirurgie orthopédique. Projet en collaboration avec l'hôpital de Charleville Mézières et le CRITT MDTs. Un dépôt de brevet est en cours.
- La commercialisations de nouveaux modèles de diffuseurs par ITW SprayTech à la suite d'une collaboration pour la réalisation de démonstrateurs.

b. Maîtrise des procédés et acquisition de nouvelles connaissances

Cet axe concerne des études permettant de lever des verrous technologiques et/ou scientifiques en lien avec les procédés de fabrication additive. Ces études ont lieu dans le cadre des nombreux projets collaboratifs (Monarchie, Elastoplast, Compo, ...), listés précédemment, et des thèses CIFRE. On notera quelques exemples des résultats de ces études:



- L'apport de connaissances scientifiques permettant une meilleure maîtrise du procédé de FA de sable, utilisé pour les moules et noyaux de fonderie, ainsi que le développement d'une méthodologie de conception de moules hybrides (ANR Monarchie).
- Optimisation des procédés de FA pour la fabrication d'outillages d'injection plastique (Projet Quickmold)

Cependant, peu de PMI se sont investies dans cette démarche malgré l'effort important de sensibilisation aux procédés qui a été fait en leur direction et leur accompagnement à travers Platinum 3D. En effet, cette étape est un préalable pour entamer des travaux de recherche qui ont pour objectif de lever des verrous scientifiques et/ou technologiques identifiés. En effet, malgré le nombre important de PMI accompagnées et sensibilisées, peu se sont engagées dans ce processus pour plusieurs raisons : nombreuses PMI du bassin sont des sous-traitants (fabriquent des produits mais ne les conçoivent), crise sanitaire, peu de changement de paradigme, A noter que plusieurs contacts initiés avec des partenaires industriels pour le montage de thèses CIFRE n'ont pas aboutis.

c. Sensibilisation et formation aux procédés de fabrication additive

La formation des PMI aux procédés de FA s'est faite à travers la formation des étudiants, par l'école d'ingénieurs EiSINe, en statut d'apprenti ou bénéficiant d'un contrat professionnel en licence Pro. Depuis 2017, on dénombre **63** étudiants ayant fait leur formation professionnalisante ou d'apprentissage en étant dans des PMI dépendant du secteur de la métallurgie et **75** autres étudiants ont été formés en étant au sein de groupes/PME (voir

- **Annexe 5).**
- Formation des industriels sur les équipements disponibles sur Platinum3D ou le Fablab.
- Sensibilisation à l'intérêt des procédés de FA à travers les trois Webinaires cités précédemment (Voir la section « Valorisation et diffusion scientifiques »).

5.5. Bilan des activités de développement pédagogique

Le bilan des activités menées depuis 2016, sur le volet du développement pédagogique, est listé ci-dessous :



- Création de l'EiSINe : La transformation de l'Institut de Formation Technique Supérieure (IFTS) en Ecole d'ingénieurs en Science Industrielles et Numérique (EiSINe), par décret du 26/07/2019, après l'accréditation de la commission des titres d'ingénieur (CTI).
- Consolidation de la tendance d'augmentation du flux d'étudiants, amorcée depuis cinq ans, avec une stabilisation, depuis la rentrée 2020/2021, du nombre d'étudiants autour de 650 équitablement répartis entre les deux départements. Ainsi on dénombre un peu plus de 300 étudiants sur le département MPM, localisé à Charleville Mézières, ce qui représente une augmentation de près de **200%** depuis le début de la chaire (112 étudiants en 2015/2016 et 306 étudiants en 2021/2022). On retrouve cette même tendance sur les formations en lien avec les procédés et la fabrication additive (Master Ingénierie de Conception, LP CPMFM, la formation d'ingénieur MGP). Le détail de ces évolutions est illustré en **Annexe 6**.
- Ouverture de formation ou modification de cartes pédagogiques :
 - Ouvertures de 2 formations d'ingénieurs au sein du département MPM de l'EiSINe :
 - Matériaux et Génie des Procédés MGP (2019)
 - Maintenance et Génie Industriel MGI (2020).
 - Des formations (sous statut étudiant et en alternance), où les étudiants sont formés aux procédés de FA, sont opérationnelles, au sein du département MPM. Il s'agit de :
 - Cycle préparatoire aux grandes écoles (CUPGE)
 - Licence « Sciences Pour l'Ingénieur » (L1 à L3)
 - Master en Ingénierie de conception, « Mécanique, Matériaux et Procédés (M2P) »
 - Licence professionnelle « Conception et Processus de Mise en Forme des Matériaux »(CPMFM)
 - Formations d'ingénieurs par alternance MGI et MGP.
 - **Montage en cours d'un Master International « Ingénierie Durable », avec le Bénin, qui sera porté par l'URCA. Le montage est porté par l'unité de recherche ITheMM et le master sera adossé à l'EiSINe. Il est envisagé trois parcours dont un sur la mécanique des matériaux des procédés. L'ouverture est prévue en septembre 2022.**
- Formation aux procédés, spécifiquement de FA, et pédagogie par projets.
 - L'augmentation du taux des procédés de FA dans les cartes pédagogiques des formations proposées par le département MPM de l'EiSINe. Ce choix fort, fait en 2016, a permis d'atteindre aujourd'hui près de 40% en licence Pro CPMFM (Conception et Processus de Mise en Forme des Matériaux) et 30% en formation d'ingénieurs MGP (Matériaux et Génie des Procédés).
 - Initiation et mise en place de réformes de cartes pédagogiques de :
 - Licence SPI dont le volet Mécanique/Matériaux/procédés a été piloté par la chaire MATUR
 - Master Ingénierie de Conception, piloté par la chaire, avec comme objectif le recentrage du contenu de la formation sur la mécanique des matériaux et des procédés et ouverture de la formation pour l'alternance en M2 dès la rentrée 2022/2023.
 - Intégration de la pédagogie par projets en licence SPI (sur les trois années) en en Master 2 (sur les deux années) avec une adaptation et une progressivité des sujets proposés en lien avec la Taxinomie de BLOOM.



- Pilotage des formations par les chercheurs impliqués dans la chaire (S. Allaoui responsable du master, R. Moulart responsable de la licence CPMFM, S. Alix responsable de 2^{ème} et 3^{ème} années MGP, P. Billaudel responsable MGP).
 - Formation de quinze stagiaires en Master 2 recrutés sur des sujets de recherche en lien avec la fabrication additive (**Annexe 1**).
- La pérennisation, sur fond propre, du poste de la FabManager du fablab « Smart Materials » de l'EiSINE qui est un lieu de formation sur les procédés de FA et d'accompagnement des étudiants lors des périodes de projets.
 - Adhésion à la FabAdd-Académie qui promeut les formations de FA à travers le développement et la mise à disposition de MOOC en ligne. Plusieurs actions ont été menées :
 - Le responsable de la chaire est membre du comité pédagogique chargé de proposer des contenus de MOOC et de veiller à la cohérence des contenus.
 - Participation à l'animation de deux webinaires organisés par la FabAdd-Académie :
 - «L'innovation pédagogique pour la fabrication additive », le 21/10/2020.
 - «Procédés additifs métalliques pour l'industrie du futur », le 22/06/2021.
 - Référencement des formations de l'EiSINE sur le site de la FabAdd-Académie
- Portage ou participation au montage de projets d'investissements à la suite d'AAP :
 - PIA : deux projets déposés dans le cadre des AAP « Territoire d'innovation » et « Fabrique ardennaise ». Les deux projets déposés, non sélectionnés, visent la montée en compétences de l'EiSINE et l'acquisition de moyens et équipements de procédés de FA.
 - Pacte Compétences lancé par la région Grand Est (2021) : portage du projet « Procédés avancés pour la transition industrielle » qui a **été accepté (248 K€)**. Ce projet, qui sera mené sur la période 2022-2023, permettra de renforcer la plateforme de l'EiSINE par des moyens de fabrication additive métallique et des procédés de mise en œuvre de composites qui seront mis à la disposition de la formation des étudiants.

Fait à Charleville-Mézières, le 03/01/2022

Samir ALLAOUI



Annexe 1

a) Personnels permanents impliqués dans la chaire MATUR

Unité	Nom/Prénom	Statut	ETP (en %)	Fin
ITheMM	ALIX Sébastien	MC	50	
	BONNEFOY Hervé	MC (émérite)	60	31/08/2020
	BUET Stéphane	IGE	20	
	CHOPART Jean-Paul	PR	10	
	LABBE Eric	MC	(50)	
	MARQUET Vincent	ASI	40	
	MIGNOLET Renaud	MAST	20	31/08/2019
	ALLAOUI Samir	PR	100	
	MOULART Raphael	MC	100	
	VROMAN Isabelle	PR	30	
	PAUX Joseph	MCF	100	
CReSTIC	BILLAUEDEL Patrice	PR	10	

En rouge : les départs intervenus. En vert : les arrivées intervenues.



b) Nouveaux chercheurs recrutés spécifiquement au titre du projet

N° indic	intitulé	Unité	Cible	Type	Nom/Prenom	Dates	Taux	H/année	Rmq	
CO24	nombre de nouveaux chercheurs dans les entités bénéficiant d'un soutien	ETP	5	Doctorants	Conrad Mastalerz	2018-2021	1	3	Matur/SantePolym4D	
					Azouzi Meher	2019-2022	1	3	Matur	
					Rym Azouz	2019-2022	1	3	Matur/URCA	
					Marjorie Jacques-Hulin	2016-2019	1	3	Monarchies	
					Alexandre Damiens	2016-2019	1	3	Manquillet-Parize!	
					Xikun WU	2021-2024	1	3	GE/Ardennes Metrop	
					Paul Burel	2021-2024	1	1	GE/Unilasalle	
					IGR	Samir Kasmi	2017-2020	1	3	SAI + Elastoplast
						Foued Teldjani	2019-2020	1	1	SAI + Elastoplast
						Geoffrey Ginoux	2020-2022	1	2	URCA/ CDD Renouvelabl
					IGE	Thomas Pacheu	2019	1	1	Matur
					ASI	Brice Faynot	juin-19	1	0,6	Matur
			ATER	Hotait Hassane	sept-20	1	1			
					Total Indicateur		13	26,6		

c) Thèse dans le cadre de la chaire MATUR

1	Marjorie Jacques-Hulin	2016-2019	soutenance 19/12/2019	
2	Alexandre Damiens	2016-2019	Soutenance 30/09/2021	
3	Conrad Mastalerz	2018-2021	Soutenance 16/12/2021	Financ Matur
4	Azouzi Meher	2019-2022		Financ Matur
5	Rym Azouz	2019-2022		Financ Matur
6	Djerhouni El-Hachimi	2019-2023	co-direction Algérie	
7	Xikun Wu	2021-2024		
8	Paul Burel	2021-2024		

Financement Matur

d) Stagiaires en support des activités de recherche menées dans la cadre de la chaire



1	Maiky Pineau	H. Bonnefoy		2016
2	Marjorie Jacques	H. Bonnefoy		
3	Sarra HELAOUI	A. Alix		2018
4	François COURMONT	S. Alix		
5	Kawtar Douay	S. Allaoui		2019
6	Imane Belfadil	S. Alix		
7	Vincent Vanthuyne	S. Alix		
8	Saber Arfaoui	S. Allaoui/S. Alix		2020
9	Mohamed Amine FREIDJ	S. Alix		
10	Srilakshmi RAMALINGAM	R. Moulart/S. Alix		
11	Mohamed Ben Hadj Sghaier	S. Allaoui/W. Fekih		
12	Ranim Najib	S.Allaoui/M. Ould Ouali	Collaboration Algérie/Liban	
13	XIKUN Wu	G. Ginoux/S. Allaoui		2021
14	S. Pulickan	J. Paux/S. Allaoui		
15	Paul Burel	S. Alix		

Financement Matur

Annexe 2

a) Synthèse des projets acceptés

	Acronyme	Titre	Type	Durée/années	Durée/années	Partenaires	Budget total (K€)
1	PolyFabAdd	Polymères chargés pour la fabrication additive	Région (ESSAIMAGE)	2015-2018	3		115
2	QUICKMOLD	Optimiser le triptyque délais/coût/fonctionnalité pour la réalisation d'outillages d'injection par fabrication additive	Région (PRC)	2015-2018	3	Amphenol Air LB (08), Carbody (51), Ceva Technologies (08), URCA-LISM/Grespi, CRITT MDTs	1055
3	PRERFORM3D	Réduire le coût et accroître la durée de vie des outillages de forge et fonderie réalisés par fabrication additive	Région (PRC)	2015-2018	3	Bourguignon Barré (08), Groupe PSA (08), Ateliers des Janves (08), URCA_LISM, CRITT MDTs	856
4	Elasto-Plast	Les élastomères thermoplastiques, de l'existant aux nouvelles générations	Interreg V	2016-2020	4	Centexbel, Materia Nova, Uilille, IMT Lille-Douai, KULAK	2 370
5	MONARCHIE	MOules et Noyaux ARCHitecturés par ImprESSION 3D Sable	ANR	2016-2020	4	La Fonte Ardennaise (08), Fonderie Rocroyenne d'aluminium (08), Fonderie de Brousseval (52), Fonderie Vignon (08), URCA-LISM, ENSAM-LAMPA, Ecole Centrale de Nantes-Irccyn	1546
6	SAI	Smart Alternative Injection	Région (PRC)	2017-2019	3	Cotuplas, CReSTIC, ENSAM Chalons	3 150
7	QUIMGEN3D	Qualité et innovation pour le Genou en impression 3D	ARS	2018	1	ARS, Critt, hospital	20
8	PTR Cornet	outillage de Thermocompression avec conformal cooling	PTR Région	2018	1	Modelage industriel CORNET (08)	17,59
9	Compo	Conception pour la Métallurgie des Poudres de containers innovants	FUI	2019-2022	3		1682,36
10	MIPPI4D	Matière informée programmable pour l'impression 4D	Région (FRCR)	2019-2022	4	ICS, ICPEES, INSERM, MIPS, ICMR, LRGP, IJL	2970
11	FABCO19	Fabrication Additive au Bénin pour lutter contre la Covid 19	Agence Universitaire de la Francophonie (AUF)	2020	1	URCA, ADSC, EPAC	15

Projets ayant commencé en 2015 et achevé après le début effectif de la chaire (en 2018).



➤ **Projet doctoraux retenus:**

2019 :

1. Apports de la fabrication additive dans les performances d'outillages de mise en forme de composites (FabriPerform). Dispositif d'allocations doctorales région. Porteur : S. Allaoui.

2021 :

2. « Bio-composites à fibres longues pour la fabrication additive : développement et optimisation (BioAdd) ». Dispositif d'allocations doctorales région. Porteur : S. Allaoui.
3. « Biomatériaux Architecturés Piézoélectriques Pour des Applications en Santé (BAPPAS) ». Dispositif d'allocations doctorales région. Porteur : P. Millet/S. Alix.

b) Projets déposés non retenus ou en cours d'expertise:

➤ **Internationaux :**

2019 :

1. PHC HIBISCUS: "Fabrication of cobalt chrome hip implant using direct metal laser sintering technique focusing on Malaysian population ». Partenaires: ITheMM, Universiti Pendidikan Sultan Idris (Malaysia)

2020 :

2. Projet, ANR PRCI : « AI-based algorithm for real-time predictive Diagnosis of Embedded Microelectronic system in complex environments under Multiphysics Constraints (AIDE-2MC) », porté par l'IMT Douai. Partenaire: IMT Douai, ITheMM, IM2NP, EMC Laboratory (Suisse), CSEM (Suisse), IICT (Suisse), Thales, Ariane Group.

➤ **AAP nationaux :**

2019 :

1. CORROFA (ANR PRCE) : Etude du comportement en corrosion et fatigue de matériaux obtenus par FA.

2020 :

2. Projet PRCE : "Design and modeling of composites for additive manufacturing (CoCoFadd)", Porteur S. Allaoui, partenaires: ITheMM, IRDL, LaMCoS, CETHIL, Nanovia, CADSIM3D, ESI, INOVSYS.
3. Projet PRCE : "3D Printed Advanced Regenerative Biomaterials (3DP-ARBio)", Porteur S. Alix, partenaires: ITheMM, BioS, LASMIS, Central Supélec, Nanovia, Pollen.
4. Projet PRCE : "Méthodologie de mesures thermo physiques appliquée aux procédés de FA (MAPPYRO) », porté par l'ITheMM. Partenaires : ITheMM, IRDL, IUSTI, Certes, Themacs.

2021 :

5. Projet PRC : "Modeling and design optimization for additive manufacturing of continuous fiber composites (MoDAM)", Porteur S. Allaoui, partenaires: ITheMM, IRDL, LaMCoS, CETHIL.
6. Projet PRC : "3D Printed Advanced Regenerative Biomaterials (3DP-ARBio)", Porteur S. Alix, partenaires: ITheMM, BioS, LASMIS, Central Supélec.
7. Projet PRCE : "Méthodologie de mesures thermo physiques appliquée aux procédés de FA (MAPPYRO) », porté par l'ITheMM. Partenaires : ITheMM, IRDL, IUSTI, Certes, Themacs.
8. Projet, ANR JJC : « Modeling of the liquid composite molding processes: from the woven fabric to the composite material », porteur: J. Paux.



➤ **AAP Régional**

2019 :

1. Projet “Tomoprinting”, AAP Fonds régional de coopération pour la recherche (LASMIS, ITheMM, LEM3, CIRTES, ERPI).

2021 :

2. “Développement de réservoirs pour lanceur de nanosatellites (RESESATT) », projet AMI pour l’industrie du futur. ITheMM, Venture Orbital Systems.
3. “Développement d’une coiffe pour lanceur de nanosatellites (RESESATT) », projet AMI pour l’industrie du futur. ITheMM, Venture Orbital Systems.

➤ **Dispositif d’allocations doctorales :**

2019 :

1. 3DARBM: 3D Printed Advanced Regenerative BioMaterial, AAP allocations doctorales Docsit, UTT-EPF-URCA (ITheMM/BIOS).
2. « Valorisation des sous-produits agricoles dans les Matériaux Composites Biosourcés (MatCompBio) ». Porteur : I. Vroman. Dispositif d’allocations doctorales région

2021 :

3. « Optimisation des performances thermomécaniques de sable imprimé pour la fonderie ». Dispositif d’allocations doctorales région. Porteur : S. Allaoui/ T. Duvaut
4. « Elaboration et Caractérisation de Substituts Osseux Composites pour des Applications en Santé (ECASOCAS) ». Dispositif d’allocations doctorales région. Porteurs : H. Benhayoune/ S. ALIX
5. « Composites Biosourcés à partir de cascara : Relations formulations/procédés/propriétés ». Dispositif d’allocations doctorales région. Porteurs : I. Vroman/ C. Lacoste

Annexe 3

Listes des publications en lien avec la FA :

NB : Les articles et communication en lien avec la fabrication additive sont listées en rouge.

ACL : [Publication dans des revues internationales avec comité de lecture répertoriées](#)

- [ACL 1] Mrad, H., Alix, S., Migneault, S., Koubaa, A., & Perré, P. (2018). Numerical and experimental assessment of water absorption of wood-polymer composites. *Measurement*, 115, 197-203.
- [ACL 2] Ragoubi, M., Zouari, R., Ben Abdeljawad, M., Terrie, C., Baffoun, A., Alix, S., & Leblanc, N. (2018). Design of doum palm fibers biocomposites by Reactor/elongational flow MiXer: Evaluation of morphological, mechanical, and microstructural performances. *Polymer Composites*, 39, E519-E530.
- [ACL 3] Beaufils, S., Rouillon, T., Millet, P., Le Bideau, J., Weiss, P., Chopart, J. P., & Daltin, A. L. (2019). Synthesis of calcium-deficient hydroxyapatite nanowires and nanotubes performed by template-assisted electrodeposition. *Materials Science and Engineering: C*, 98, 333-346.
- [ACL 4] Daltin, A. L., Beaufils, S., Rouillon, T., Millet, P., & Chopart, J. P. (2019). Calcium phosphate powder synthesis by out-of-phase pulsed sonoelectrochemistry. *Ultrasonics sonochemistry*, 58, 104662.
- [ACL 5] Kacimi, B., Djebbar, A., Allaoui, S., Hivet, G., & Teklal, F. (2019). Effect of reinforcement shear and mesoscopic defects on the low velocity impact behavior of a GFRP. *International Journal of Material Forming*, 1-15.
- [ACL 6] Mahieu, A., Alix, S., & Leblanc, N. (2019). Properties of particleboards made of agricultural by-products with a classical binder or self-bound. *Industrial Crops and Products*, 130, 371-379.
- [ACL 7] Shanwan, A., & Allaoui, S. (2019). Different experimental ways to minimize the preforming defects of multi-layered interlock dry fabric. *International Journal of Material Forming*, 12(1), 69-78.



- [ACL 8] Scida, D., Alix, S., Buet, S., Saidane, E. H., Courmont, F., Behloul, K., & Ayad, R. (2019). Hygrothermal/UV aging effect on visual aspect and mechanical properties of non-woven natural-fiber composites. *Journal of Renewable Materials*, 7(9), 865-875.
- [ACL 9] Masmoudi, F., Alix, S., Buet, S., Mehri, A., Bessadok, A., Jaziri, M., & Ammar, E. (2020). Design and Characterization of a New Food Packaging Material by Recycling Blends Virgin and Recovered polyethylene terephthalate. *Polymer Engineering & Science*, 60(2), 250-256.
- [ACL 10] Paux, J., Bettaieb, M. B., Badreddine, H., Abed-Meraim, F., Labergere, C., & Saanouni, K. (2020). An elasto-plastic self-consistent model for damaged polycrystalline materials: Theoretical formulation and numerical implementation. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 368, 113138.
- [ACL 11] G. GINOUX, P. Dony, I. VROMAN, S. ALIX, « *Decrease in non-linear viscosity of a polylactide nanocomposite with regard to the clay volume fraction* », *Rheologica Acta*, Vol 59, Issue 5, pp269-268, 2020, <https://doi.org/10.1007/s00397-020-01199-4>.
- [ACL 12] A. Damiens, H. Bonnefoy, I. Titeux-Peth, "Influence of processing parameters on mechanical and fatigue properties of 316L steel manufactured by Selective Laser Melting". *Journal Welding in the World*, <https://doi.org/10.1007/s40194-020-00885-4> DOI: 10.1007/s40194-020-00885-4, 2020.
- [ACL 13] G. GINOUX, I. VROMAN, S. ALIX, "Influence of fused filament fabrication parameters on tensile properties of polylactide/layered silicate nanocomposite using response surface methodology", *Journal of Applied Polymer Science*, 2020. <https://doi.org/10.1002/app.50174>
- [ACL 14] F. Masmoudi, S. Alix, S. Buet, A. Mehri, A. Bessadok, M. Jaziri, E. Ammar, "Design and Characterization of a New Food Packaging Material by Recycling Blends Virgin and Recovered polyethyleneterephthalate", *Polymer Engineering and Science* 2020;60(2):250-256.
- [ACL 15] Luong, V. D., Bonnin, A. S., Abbès, F., Nolot, J. B., Erre, D., & Abbès, B. (2021). Finite Element and Experimental Investigation on the Effect of Repetitive Shock in Corrugated Cardboard Packaging. *Journal of Applied and Computational Mechanics (accepted paper)*.
- [ACL 16] Nkonta, D. T., Drevet, R., Fauré, J., & Benhayoune, H. (2021). Effect of surface mechanical attrition treatment on the microstructure of cobalt–chromium–molybdenum biomedical alloy. *Microscopy Research and Technique*, 84(2), 238-245.
- [ACL 17] Yong, A. X., Aktas, A., May, D., Endruweit, A., Lomov, S. V., Advani, S., ..., Allaoui, S., ... & Wang, J. H. (2021). Experimental characterisation of textile compaction response: A benchmark exercise. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 142, 106243.
- [ACL 18] A. Shanwan, S. Allaoui, J. Gillibert, G. Hivet, "Development and implementation of an experimental machine to study woven fabric preforming defects", *Experimental Techniques*, 2021, DOI: [10.1007/s40799-021-00483-z](https://doi.org/10.1007/s40799-021-00483-z).
- [ACL 19] Samir Kasmi, Geoffrey Ginoux, Samir Allaoui, Sébastien Alix, « Investigation of 3D printing strategy on the mechanical performance of coextruded continuous carbon fiber reinforced PETG », *J. of applied polymer science*, 2021, DOI: 10.1002/app.50955.
- [ACL 20] C. Mastalerz, I. Vroman, X. Coqueret, S. Alix, "Effects of electron beam irradiation on 3D-Printed biopolymers for bone tissue engineering", *Journal of Composites Science*, 2021, DOI: 10.3390/jcs5070182.
- [ACL 21] R. Azzouz, S. Allaoui, R. Moulart, "Composite preforming defects: a review and a classification", *International Journal of Materials Forming*, 2021, DOI :10.1007/s12289-021-01643-7
- [ACL 22] Ginoux, G., Dony, P., Vroman, I., & Alix, S. (2021). "Improving thermomechanical properties of fused filament fabrication printed parts by using nanocomposites", *Composites Part B: Engineering*, 224, 109227. [doi:10.1016/j.compositesb.2021.109227](https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109227)
- [ACL 23] Mastalerz, C., Vroman, I., Coqueret, X., & Alix, S. (2021), « *Effects of Electron Beam Irradiation on 3D-Printed Biopolymers for Bone Tissue Engineering* ». *Journal of Composites Science*, 5(7), 182. [doi:10.3390/jcs5070182](https://doi.org/10.3390/jcs5070182).
- [ACL 24] Mastalerz, C., Vroman, I., Millet, P., Coqueret, X., Dubus, M., Kerdjoudj, H., & Alix, S. (2021). *Journal of International Scientific Publications, Materials, Methods & Technologies* 15, 68-77. <https://www.scientific-publications.net/en/article/1002199/>
- [ACL 25] S. Kasmi, G. Ginoux, E. Labbe, S. Alix « Multi-physics properties of thermoplastic polyurethane at various fused filament fabrication parameters », *Rapid Prototyping Journal* 2021, DOI : 10.1108/RPJ-08-2021-0214.
- [ACL 26] M.S. Rezali, K. Khimeche, R. Melouki, A. Boudjellal, I. Vroman, S. Alix, N. Ramdani, "Preparation and properties enhancement of poly(lactic acid)/calcined-seashell biocomposites for 3D printing applications", *Journal of Applied Polymer Science*, 2022, 139(5), 51591

ACTI : Communication dans des congrès internationaux

- [ACTI 1] Mahieu, A., Alix, S., & Leblanc, N. (2016). Valorisation de coproduits agricoles dans des panneaux composites biosourcés. *1^{ère} Conférence EuroMaghrébine des BioComposites – Marrakesh (Maroc) – 28-29 Mars 2016*.
- [ACTI 2] Masmoudi, F., Alix, S., Buet, S., Bessadok, A., Mehri, A., Jaziri, M., & Ammar, E. (2016). Design and characterization of new materials made by blends of virgin PET and recovered plastic waste through recycling. *15^{ème} Journées Internationales de Biotechnologie, Sousse (Tunisie), 18-23 Décembre 2016*.
- [ACTI 3] Ginoux, G., Isabelle, V., & Alix, S. (2017). Influence of FDM process parameters on PLA/OMMT nanocomposites: a rheological and mechanical approach. *EUPOC 2017: Polymers and Additive Manufacturing, Gargnano (Italie), 21-25 Mai 2017*.
- [ACTI 4] M. Jacques, V. Marquet, H. Bonnefoy, D. Auzène, "Technical-economic study of injection mould in plastics processing



- manufactured by SLM*”, International Congress on Welding, Additive Manufacturing (CWAM), Metz, 17-19 May, 2017.
- [ACTI 5] Renou, A., Auzene, D., Dangla, G., Buet, S., Bonnefoy, H., Cauwe, B., Popot, J.M., “Characterization of zirconia produced by additive manufacturing”, Proceedings Euro PM 2017: International Powder Metallurgy Congress and Exhibition 2017, Milan; Italy; 1-4 October 2017 (Code 140833)
- [ACTI 6] Damiens, A., Bonnefoy, H., & Titeux-Peth, I. (2018). Manufacture and optimization of railway parts using Selective Laser Melting. *3rd Workshop on Metal Additive Manufacturing, Liège (Belgium), 28-29 May 2018.*
- [ACTI 7] Hulin, M., & Bonnefoy, H. (2018). Characterisation and design optimisation of 3D printed sand moulds for foundry. *3rd Workshop on Metal Additive Manufacturing, Liège (Belgium), 28-29 May 2018.*
- [ACTI 8] Scida, D., Alix, S., Buet, S., El Hadi, S., Courmont, F., Behloul, K., & Ayad, R. (2018). Hygrothermal and UV cyclic aging study of non-woven composite materials with natural fibers. *EUROMAGH BioComposites 2018, Hammamet (Tunisie), 1-3 Novembre 2018.*
- [ACTI 9] Alexandre Damiens, Hervé Bonnefoy, Isabelle Titeux-Peth, « *Manufacture and optimization of railway parts for Selective Laser Melting* », Assises Européennes de la Fabrication Additive, Orsay (France) - 19-21 Juin 2018.
- [ACTI 10] M.Hulin, H.Bonnefoy, « *Développement d'une méthode de conception de moules hybrides en fonderie* », Assises Européennes de la Fabrication additive (AEFA)-Gif-sur-Yvettes-Juin 2018
- [ACTI 11] Damiens, A., Bonnefoy, H., & Titeux-Peth, I. (2019). Influence of post-treatment on fatigue life of SLM 316L. *International Conference on Welding and Additive Manufacturing 2019, Metz (France), 5-7 Juin 2019.*
- [ACTI 12] Damiens, A., Bonnefoy, H., & Titeux-Peth, I. (2019). Influence of porosity and post-treatment on fatigue life of SLM 316L. *Fatigue Design 2019, Senlis (France), 20-21 Novembre 2019.*
- [ACTI 13] Hulin, M., & Bonnefoy, H. (2019). Characterization of 3D printed moulds and cores for sand casting. *2nd International Congress on Welding, Additive manufacturing and Associated nondestructive testing (ICWAM 2019), Metz (France), 5-7 juin 2019.*
- [ACTI 14] Ginoux, G., Dony, P., Isabelle, V., & Alix, S. (2020). Characterisation, optimisation and viability of polylactide/layered silicate nanocomposite for fused filament fabrication. *EUROMAGH 2020, Rouen (France), 19-20 Octobre 2020.*
- [ACTI 15] Mastalerz, C., Vroman, I., Kowandy, C., Coqueret, X., & Alix, S. (2020). Effects of electron beam irradiation on 4D-printed biopolymers for bone tissue engineering. *EUROMAGH 2020, Rouen (France), 19-20 Octobre 2020.*
- [ACTI 16] Kasmi, S., Cayuela, J., de Backer, B., Labbé, E., & Alix, S. (2020). Improving the impact resistance of PLA by adding a thermoplastic elastomer and the influence of 3D printing process on the mechanical properties of the modified PLA. *EUROMAGH 2020, Rouen (France), 19-20 Octobre 2020.*
- [ACTI 17] Meher Azouzi, Raphael Moulart, Éric Labbe, Samir Allaoui. “Optimisation des paramètres du procédé d'impression 3D FFF pour la fabrication des structures architecturées.” In Colloque national DEformation des Polymères Solides. Du 28/09/2021 au 01/10/2021, Mandelieu- La Napoule. ID 345635
- [ACTI 18] Meher Azouzi, Raphael Moulart, Éric Labbe, Samir Allaoui “Characterization of the fabrication of architectural structures obtained by Additive Manufacturing.” In ASTM International Conference on Additive Manufacturing”. November 1-5 2021, virtual. ID 1040037
- [ACTI 19] R. Azzouz, S. Allaoui, R. Moulart, The preforming defects of woven reinforcement triggered by the geometry., *10th International Conference on Composite Testing and Model Identification Comptest, Lille, 18- 20 May 2021.*
- [ACTI 20] S. Pulickan, J. Paux, G. Ginoux, S. Allaoui, « Numerical investigation of the Influence of the SHApe of the cavities on the rigidity and the anisotropy of FFF printed material based on X-ray tomography results”, *ADDFABCOMP– Additive Fabrication of Composite n°2, Online conference 23-24 November 2021.*
- [ACTI 21] Xikun Wu, Geoffrey Ginoux, Joseph Paux, Samir Allaoui, “Formulation of bio-based composite filaments by extrusion/coating for fused filament fabrication: a structural and mechanical analysis”, *ADDFABCOMP– Additive Fabrication of Composite n°2, Online conference 23-24 November 2021*
- [ACTI 22] A. Shanwan, S. Allaoui, J. Gillibert, G. Hivet, Development of an experimental approach to study preforming mesoscopic defects of woven fabrics, Esaform 2021, 14-16 april 2021, Liege (Webinar, ID 398).

Autres Communications:

- [COM 1] Alix S., Ginoux G., Renaux L., Marquet V., Vroman I., Bonnefoy H., « Polymères chargés pour la fabrication additive », foire de chalons en Champagne, 02/09/2016.
- [COM 2] S. Alix, H. Bonnefoy, « Projets collaboratifs en fabrication additive », rendez-vous CARNOT, Espace Champéret Paris, 19/10/2017
- [COM 3] Marjorie HULIN, Hervé BONNEFOY, « Développement d'un outil d'aide à la conception de moules hybrides en sable et caractérisation des moules imprimés en 3D », *1^{ère} Journée doctorale transfrontalière - Reims- 2018*
- [COM 4] Alexandre Damiens, Hervé Bonnefoy, Isabelle Titeux-Peth, « *Tenue en fatigue et optimisation de pièces ferroviaires obtenues par fabrication additive* », 1^{ère} journée doctorale transfrontalière - Reims (France) - 7 Mars 2018.
- [COM 5] Ginoux, G., Vroman, I., Alix, S., “*Nanocomposites à base de polylactide/silicate lamellaire en fabrication par filament fondu* », 1^{ère} journée doctorale transfrontalière - Reims (France) - 7 Mars 2018.
- [COM 6] S. Alix, H. Bonnefoy, La fabrication additive polymère/§métal », Journées MAPTEX , Mulhouse (IFTH), 29/01/2018
- [COM 7] H. Bonnefoy, « la fabrication additive : une technologie disruptive », formation doctorale due la GDR Week MIC, Orléans le 6-7 novembre 2018.



- [COM 8] M.Hulin, H.Bonnefoy, « Projet Quickmold : La fabrication additive métallique au service de la productivité en plasturgie », *A3DM Magazine n°19 Février-Mars 2019*.
- [COM 9] S. Allaoui, H. Bonnefoy, « Procédés industriels innovants et Matériaux intelligents », journée « Industrie du futur et matériaux », organisé par l'ESR, le 22/05/2019, URCA.
- [COM 10] S. Allaoui, table ronde « Formation en Fabrication additive », Symposium fabrication additive et métiers de la métallurgie, Charleville Mézières, 17/10/2019.
- [COM 11] S. Alix, table ronde « Fabrication additive de composites », Symposium fabrication additive et métiers de la métallurgie, Charleville Mézières, 17/10/2019.
- [COM 12] H. Bonnefoy, table ronde « Fabrication additive de pièces de grandes dimensions », Symposium fabrication additive et métiers de la métallurgie, Charleville Mézières, 17/10/2019.
- [COM 13] S. Kasmi, S. Allaoui, S. Alix, « Caractérisation de composites à fibres continues de carbone et de basalte obtenus par impression 3D », JST AMAC Fabrication Additive des Matériaux Composites, 14-15 Octobre 2020.
- [COM 14] S. Allaoui, « La fabrication additive combinée à la pédagogie par projet comme outil d'innovation pédagogique à l'EiSINe », Tables rondes « L'innovation pédagogique pour la fabrication additive », Webinar organisé par la FabbAdd-Académie, 21/10/2020.
- [COM 15] S. Allaoui, « Mise en forme des renforts textiles », formation doctorale de la GDR Week MIC, Mulhouse le 17-18 novembre 2020.
- [COM 16] S. Kasmi, L. Renaux, « Fabrication additive de polymères et de composites », Journée du projet Interreg Elast-Plast « L'impression 3D : La fabrication aux multiples possibilités », Webinar, 8/12/2020.
- [COM 17] R. Moulart, « Conception dédiée à la fabrication additive, ADFM », Journée du projet Interreg Elast-Plast « L'impression 3D : La fabrication aux multiples possibilités », Webinar, 8/12/2020.
- [COM 18] Xikun Wu, Geoffrey Ginoux, Samir Allaoui. « Manufacturing of bio-based composite filaments by extrusion/coating and their properties for additive manufacturing », *17ème Journée Scientifique GFP Section Grand-Est*, Jul 2021, Mulhouse, France
- [COM 19] Meher AZOUZI, Raphael MOULART, Éric LABBE, Samir ALLAOUI. "Effet Des Procédés de Fabrication Additive Sur La Fabrication Des Structures Architecturées." In *17e Journées Scientifiques GFP-Section Est / FRMNGE*. Le 6 et 7 juillet 2021, en ligne.
- [COM 20] R. Azzouz, S. Allaoui, R. Moulart, Effet de la géométrie sur la génération des défauts de mise en forme de renforts tissés.. *JNC 22 - 22^{es} Journées Nationales sur les Composites, Conférence virtuelle*, 28-30 Juin 2021.

Annexe 4

a) Détails de l'indicateur CO26 :

Projets collaboratifs ou de prestation avec les noms des entreprises accompagnées dans chacun.



			Nom du projet	Nom de l'entreprise	Nbre entreprises partenaires	Fonds privés/Publics (€)	Période	Rmq	
CO26	coopérant avec des organismes de recherche	10	Magotteaux	Magotteaux, RM Technologies	2	20 000 €	2017-2020		
			Realisation d'inserts pour pièce						
			Elasto-Plast	CemtexBel, Materia Nova	2	340332,78	2016-2020		
			SAI	Cotuplas	1	580000	2016-2020		
			Smart Alternative Injection						
			ANR Monarchies	Rocroyenne d'Aluminium, Fonderie Vignon, Fonderie Brousseval	4	150 000 €	2016-2020		
			MOules et Noyaux ARCHitectu						
			QUICKMOLD	Amphenol Air LB, Ceva Technologies, Carbody	3	245 000 €	2015-2018		
			Optimiser le triptyque délais/coût/fonctionnalité pour la réalisation d'outillages d'injection par fabrication additive						
			PERFORM3D	Bourguignon Barré, PSA, Ateliers des Janves	3	241 000 €	2015-2018		
			Réduire le coût et accroître la durée de vie des outillages de forge et fonderie réalisés par fabrication additive						
			Formabilité pour Chomarat	Chomarat	1	4 380 €	2019		
			Manquillet-Parizel	Manquillet Parizel	1	65 400 €	2016-2019		
			QUIMGEN3D	Hopital Charleville M	1	59 200 €	2018		
			Renault Trucks	Renault	1	9 090 €	2018-2019		
			Prestations	Nexans, ITW SprayTech, Cotuplas, Ardenplast, PSA, ABB, Areva, Manoir Bouzonville, Cadsim3D, Biopolynov, Amphenol, Hanon System	12	44 704 €	2018-2021		
			ACAPI	Beroudiaux, SN Fonderies Colignon, Fonte Ardennaise, Fonderie Vignon, Fontes de paris, Fonderie de brousseval Montreuil, Fonderie Rollinger,	7	36 000 €	2018-2019		
			Compo	Fonderie Collignon, Manoir Bouzonville, Framatome, Société de chaudronnerie générale inoxydable	4	82 900 €	2019-2022		
	Conception pour la Métallurgie des Poudres de containers innovants								
	Prestations	Venture Orbital System, Hanon System	2	8843	2021				
			Total Indicateur		44	1 886 850 €			

Annexe 5

a) Formation aux procédés de FA

PMI



Nom	Prénom	LMD	Année	entreprise	PMI/Autre	coordonnées
CARBON	Ludovic	CPMFM	2017	EJ Ardennes	PMI	ZA de Braux – Rue des Aulnes, 08120 BOGNY SUR MEUSE
DEBAILLEUL	Alexy	CPMFM	2017	MECANYSOIS	PMI	ZI du champ Raymond, 08110 CARIGNAN
LAIR	Terry	CPMFM	2017	LA FONTE ARDENNAISE	PMI	22 rue Joliot Curie, 08440 VIVIER AU COURT
QUODOT	Adrien	CPMFM	2017	SAS TRICOFLEX	PMI	17 Avenue Jean Juif, 51300 VITRY LE FRANCOIS
ZOL	Jordan	CPMFM	2017	Bourguignon Barré	PMI	45 rue du Comodo, 08800 LES HAUTES RIVIERES
MALHERBE	Matthieu	CPMFM	2017	LA FONTE ARDENNAISE	PMI	22 rue Joliot Curie, 08440 VIVIER AU COURT
PAPIER	Maxime	CPMFM	2017	AFS Sedan SAS	PMI	Route départementale 29 – BP 70311, 08200 GLAIRE
BONIFACE	Dorian	CPMFM	2018	INDUSTRIE TECHNIQUE & SERVICES (08)	PMI	RUE EDMOND MICHELET, 08140 BAZEILLES
DUPONT	Jason	CPMFM	2018	Aldem (08)	PMI	: Rue des Panses Brûlées, 08330 Vrigne-aux-Bois
GOI	Victor	CPMFM	2018	Bourguignon-Barré Pere Et Fils (08)	PMI	45 Rue du Comodo, 08800 Les Hautes-Rivieres
HANESSE	Simon	CPMFM	2018	FTS JARDINIER MASSARD (08)	PMI	34 Avenue de la Marne, 08200 Sedan
ROLLIN	Matthieu	CPMFM	2018	MC Modelage (08)	PMI	40 Bis Rue Parmentier, 08700 Nouzonville
DILLIERE	Clément	CPMFM	2018	FAB21	PMI	601 rue Francis de Pressencé, 08170 FUMAY
GALBIATI	Corentin	CPMFM	2018	NPL	PMI	54 route de Pussemange, 08700 GESPUNSART
JARDIN	Yoan	CPMFM	2018	MECA-SYSTEME	PMI	3 rue principale, 77320 St Rémy de la Vanne
LEFEVRE	Léo	CPMFM	2018	FORBO REIMS SNC	PMI	63 rue Gosset, 51100 REIMS
SLEZIAK	Lucas	CPMFM	2018	Léon & Jean Badré	PMI	10 rue du Bois Jean, 08800 LES HAUTES-RIVIERES
BENBOURNANE	Léo	CPMFM	2018	Fonderies Nicolas	PMI	5 rue de la Haillette, 08700 NOUZONVILLE
BIVERT	Aurélien	CPMFM	2018	AFS Sedan	PMI	Route Départementale 29 – BP 70311, 08200 GLAIRE
BRUNEAU	Antoine	CPMFM	2018	ESTAMFOR	PMI	32 rue de l'Espérance, 08800 LES HAUTES-RIVIERES
FERNANDEZ	Jérémy	CPMFM	2018	FORGEX RAGUET	PMI	1 rue André Compain - BP 15, 08800 MONTHERME
GOUESNARD	Félix	CPMFM	2018	AFC	PMI	38 rue de Vannes, 35600 REDON
MARIS	Alexis	CPMFM	2018	La Fonte Ardennaise	PMI	22 rue Joliot Curie, 08440 VIVIER AU COURT
ROLLIN	Matthieu	CPMFM	2018	Fonderies Beroudiaux	PMI	846 rue Waldeck Rousseau, 08500 REVIN
VAUTRIN	Pierre	CPMFM	2018	NUMALLIANCE	PMI	Rue Henri Dunant, 08140 BAZEILLES
VILLEVAL	Noël	CPMFM	2018	La Fonte Ardennaise 4	PMI	RD 8051, 08170 HAYBES
HENRYON	JULIEN	CPMFM	2019	MCR SOLUTIONS (51)	PMI	9 zone artisanale Piece de Champagne, 51400 SEPT SAULX
ANNEQUIN	JOACHIM	CPMFM	2020	TECHFINA SA (57)	PMI	2 rue Augustin Fresnel, B.P. 8202, F-57082 Metz Cedex 3
BOUGAULT	JIMMY	CPMFM	2020	ALDEM (08)	PMI	Rue des Panses Brûlées, 08330 Vrigne-aux-Bois
HENRYON	TANGUY	CPMFM	2020	MCR SOLUTIONS (51)	PMI	9 zone artisanale Piece de Champagne, 51400 SEPT SAULX
HENRYON	JULIEN	CPMFM	2020	PLUMETAL NORD (08)	PMI	Rue Albert Deville, 08090 Tournes
MISSET	ETIENNE	CPMFM	2020	FERRY CAPTAIN (52)	PMI	Forges de Bussy, 52300 Vecqueville
Blitek	Alexis	CPMFM	2021	ERMHES	PMI	23 Rue Pierre et Marie Curie, 35504 Vitré
Bressel	Bastien	CPMFM	2021	Société industrielle des fontes	PMI	Allée Saint-Lazare, 02100 Saint-Quentin
Dekerle	Gwendoline	CPMFM	2021	Linamar Light Metal	PMI	1 Rue de Nogent, 60290 Laigneville
Lamouroux	Maxime	CPMFM	2021	EAC	PMI	65 Allée du Dauphiné, 26300 Bourg-de-Péage
Loup	Samuel	CPMFM	2021	CICA	PMI	Rue de la Gare, 51140 Muizon
Marquis	Axel	CPMFM	2021	Fonderies Vignon	PMI	6 Chemin de Raucourt, 08450 Haraucourt
Rigoulot	Maxime	CPMFM	2021	ACNP	PMI	Z.A., Devant Nouzon, 08700 Nouzonville
Jacquemin	Antoine	CPMFM	2021	LARBALETIER	PMI	10280 FONTAINE LES GRES
Loup	Samuel	CPMFM	2021	C.I.C.A	PMI	51140 MUIZON
Blitek	Alexis	CPMFM	2021	A2A Ascenseurs	PMI	51430 BEZANNES
CHANTÔME	Hugo	ingé	2016-2019	MANQUILLET PARIZEL ET CIE	PMI	26 rue de l'Industrie, Sorendal, 8800, LES HAUTES RIVIERES
CARRIERE	Renaud	ingé	2017-2020	ELECTRONIE	PMI	460 Avenue de la Quiera, 06370 MOUANS-SARTOUX
LEMPEREUR	Corentin	ingé	2017-2020	DELFINGEN	PMI	rue Émile Streit, 25340, ANTEUIL
NDJOGO	Branly Merwel	ingé	2017-2020	MAGNA LORRAINE EMBOUTISSAGE	PMI	Megazone Départementale, 57450 HENRIVILLE
PIETREMENT	Théophile	ingé	2017-2020	LA FONTE ARDENNAISE	PMI	22 rue joliot curie, 08440 VIVIER AU COURT
SIVAKUMAR	Gowtham	ingé	2017-2020	TAGAR	PMI	Route d'osnes, 08110 CARIGNAN
JARDIN	Yoan	ingé	2018-2021	FABER	PMI	Rue Dunant, 08140, BAZEILLES
PEYRINEL	Laurelen	ingé	2018-2021	G. Manquillet Parizel & Cie	PMI	26 Rue Industrie, 08800, LES HAUTES RIVIERES
VITRY	Ludovic	ingé	2018-2021	BOURGUIGNON BARRE	PMI	45 Rue du Comodo, 08800, LES HAUTES RIVIERES
DA SILVA	Flora	ingé	2018-2021	BAUDIN CHATEAUNEUF	PMI	45110, CHATEAUNEUF
GOMES DO NASCIMENTO	Dylan	ingé	2018-2021	ACTEMIUM	PMI	51300, THIEBLEMONT FAREMONT
LABROSSE		ingé	2018-2021	FABER	PMI	Rue Dunant, 8140 Bazeilles
LELÉVRE	Chléa	ingé	2018-2021	Wheelabrator Group	PMI	20B rue Camille Didier, 8000 Charleville Mézières
MIRABELLE	Charles	ingé	2018-2021	POCLAIN HYDRAULICS INDUSTRIE	PMI	60410 Verberie
PERRROT	Antonin	ingé	2018-2021	G. Manquillet Parizel & Cie	PMI	8800 les hautes rivières
VOIZEUX	Rémi	ingé	2018-2021	BOURGUIGNON BARRE	PMI	8800 Les hautes Rivières
JARDIN	Yoan	ingé	2018-2021	FABER	PMI	Rue Dunant, 8140 bazeilles
LEBON	Thomas	ingé	2018-2021	Wheelabrator Group	PMI	20B rue Camille Didier, 8000 charleville mezière
MARGUERITAT	Benoît	ingé	2018-2021	POCLAIN HYDRAULICS INDUSTRIE	PMI	60410 VERBERIE
PEYRINEL		ingé	2018-2021	G. Manquillet Parizel & Cie	PMI	8800 Les Hautes Rivières
VITRY	Ludovic	ingé	2018-2021	BOURGUIGNON BARRE	PMI	8800 SAINTE MENEHOULD

Autres entreprises (Groupe/PME, ..)

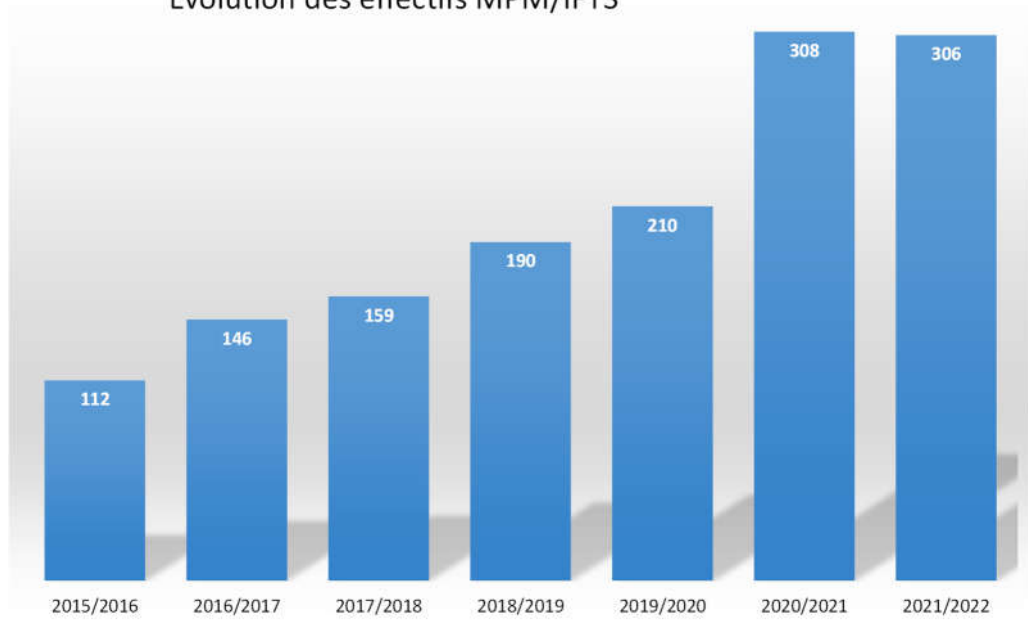


Nom	Prénom	LMD	Année	entreprise	PMI/Autre	coordonnées
CORNIL	Clément	CPMFM	2017	FAURECIA AUTOMOTIVE INDUSTRIE	autre	13 route de Villemonty, 08210 MOUZON
SIMON	Théo	CPMFM	2017	TARKETT France	autre	2 avenue François Sommer, 08200 SEDAN
GERMAIN	Maxime	CPMFM	2017	RENAULT TRUCKS	autre	402 avenue Charles de Gaulle, 69200 VENISSIEUX
MADELEINE	Brandon	CPMFM	2017	STAUB FONDERIE	autre	Rue des Fondeurs, 59660 MERVILLE
BRUNEAU	Antoine	CPMFM	2018	Setforge Estamfor (08)	Autre	
FOSTIER	Marie	CPMFM	2018	La Fonte Ardennaise (08)	Autre	
LEBRUN	Logan	CPMFM	2018	Cabanes Industries (55)	autre	
MARTIN	Benoît	CPMFM	2018	CEVA Technologies (08)	autre	
DA SILVA	Flora	CPMFM	2018	FAURECIA AUTOMOTIVE INDUSTRIE	autre	BP 13 – Zi François Sommer, 08200 MOUZON
SINGERY	Alexis	CPMFM	2018	CARBODY SAS	autre	17 rue du Moulin Florent, 51420 WITRY LES REIMS
ANDRIETTI	MAXIME	CPMFM	2019	KNORR BREMSE SYSTEMES (51)	autre	
ANNEQUIN	JOACHIM	CPMFM	2019	TECHFINA (57)	autre	
BAUDIER	MARCELLIN	CPMFM	2019	SEW USOCOME (57)	autre	
HENRYON	TANGUY	CPMFM	2019	CENTRALESUPELEC (57 ?)	Autre	
MISSET	ETIENNE	CPMFM	2019	FERRY CAPITAIN (52)	Autre	
BAUDIER	MARCELLIN	CPMFM	2020	SEW Usocom	Autre	Zone industrielle, Technopôle Forbach Sud, 57604
ANDRIETTI	MAXIME	CPMFM	2020	KNORR BREMSE SYSTEMES (51)	Autre	9 route Champigny, ZAC Mont Saint Pierre, 51430
Crouet	Alexis	CPMFM	2021	La fonte Ardennaise (FA1)	Autre	11 rue Joliot Curie, 08440 Vivier-au-Court
Jaquemin	Antoine	CPMFM	2021	LARBALETIER	Autre	2 Route d'Echemines, 10280 Fontaine-les-Grès
Rigoutot	Maxime	CPMFM	2021	Ardennes CN	Autre	08700 NOUZONVILLE
Crouet	Alexis	CPMFM	2021	La fonte ardennaise	Autre	08440 VIVIER AU COURT
Dekerle	Gwendoline	CPMFM	2021	LINAMAR LIGHT METALS	Autre	60290 LAIGNEVILLE
Paulus	Baptise	CPMFM	2021	Copac	Autre	51370 SAINT-BRICE-COURCELLE
Ancel	Clément	CPMFM	2021	TOURNEVILLE SECURES	Autre	28230 EPERNON
Lamoureux	Max	CPMFM	2021	EAC ornements métalliques	Autre	26300 BOURG DE PEAGE
Marquis	Axel	CPMFM	2021	Fonderie Vignon	Autre	08450 HARAUCOURT
AUTRET	Romain	ingé	2016-2019	RENAULT TECHNOCENTRE	autre	
BEAUDIEUX	Célestin	ingé	2016-2019	DILLINGER FRANCE	autre	Port 3032, 3032 rue du Comte Jean, DUNKERQUE
BOURDIN	Caroline	ingé	2016-2019	SAFRAN HELICOPTER ENGINES	autre	417 avenue du Bearn, 78200, MANTES BUCHELAY
CUBIZOLLES	Prunel	ingé	2016-2019	EDF CNPE CHINON	autre	CENTRALE DE CHINON
DELIENCOURT	Maxime	ingé	2016-2019	NEXANS FRANCE	autre	86, Avenue J.B Clément
GILLAU	Valentin	ingé	2016-2019	CNPE DE CHOOZ	autre	EDF CNPE de Chooz
LESPINE	Matthieu	ingé	2016-2019	PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES	autre	Zi des Avelles
MOREUIERE	Claire	ingé	2016-2019	RENAULT TECHNOCENTRE	autre	1 avenue du Golf
NADARADJANE	Nandini	ingé	2016-2019	PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES	autre	Zi des Avelles
SCHLEGEL	Hugo	ingé	2016-2019	MICHELIN	autre	USINE DE PUY EN VELAY
VERHOEVEN	Yann	ingé	2016-2019	EDF - SEPTEN	autre	12 - 14 avenue DUTRIEVOZ
BENSENOUCI	Billal	ingé	2017-2020	SIEMENS	autre	150 Av. de la République
BOULAHROUF	Adel	ingé	2017-2020	MANNESMAN PRECISION TUBE SAS	autre	Zi de Marolles
DIEYE	Cheickh	ingé	2017-2020	ARIANE GROUPE	autre	51 – 61 route de verneuil
LE NOANE	Julien	ingé	2017-2020	SOGEFI SUSPENSIONS	autre	Route de Saint-Urbain
LE SCIELLOUR	Nicolas	ingé	2017-2020	UTC AEROSPACE	autre	43 rue des Prés
LENUD	Emerick	ingé	2017-2020	SAFRAN	autre	171 boulevard de Valmy
ORY	Gwec'Hen	ingé	2017-2020	ARCONIC HOWMET	autre	ZAC des Grands Prés
PAIMBOEUF	Gaëtan	ingé	2017-2020	NEXANS FU MAY	autre	86 Av. J. B. Clément
ROBERT	Esteban	ingé	2017-2020	LISI AEROSPACE	autre	Avenue du Général Leclerc
ROCHE	Justin	ingé	2017-2020	CRITT	Autre	3 Boulevard Jean Delautre, CHARLEVILLE MEZIERES
TAING	Jean-Pierre	ingé	2017-2020	Renault	autre	10 allée cornuel
BONAZZO	Simon	ingé	2017-2020	HUTCHINSON SNC	autre	23 Rue des Martyrs, 37300,Joué-lès-Tours
CAFE	Yoann	ingé	2017-2020	CAILLAU	autre	65 bd Jean Jaurès, ROMORANTIN
CHAUMETON	Maxence	ingé	2017-2020	NEXTER SYSTEMS	autre	7 route de query, 18000, Bourges
CLARISSOU	Laurent	ingé	2017-2020	L'OREAL	autre	11 rue Dora Maar, 93400, St Ouen
GALTAVRIES	Adrien	ingé	2017-2020	RATP	Autre	16 Rue Jean Jacques Rousseau, 93120 Fontenay sous bois
BEDOS	Natacha	ingé	2018-2021	CRITT-MDTS	autre	3 boulevard Delautre, 8000 Charleville Mezières
BENAOUDIA	Zidane	ingé	2018-2021	X-FAB FRANCE	autre	224 boulevard John Kennedy, 91105 vcorbeil essonne
CHOURAQUI	Bastien	ingé	2018-2021	BAUDIN CHATEAUNEUF	autre	45130, CHATEAUNEUF
DA SILVA	Flora	ingé	2018-2021	Faurecia Automotive Industrie	autre	Zi François Sommer, 8210 mouzon
DJAMBOURIAN	Anthony	ingé	2018-2021	John Deere Power Systems - European Engine Engineering	autre	1 rue John Deere – BP11013, 45401 fleury les aubrais
DJILALI	Sarah	ingé	2018-2021	Thales Research & Technology	autre	Route Départementale, 91120 Palaiseau
DUBOIS	Yohann	ingé	2018-2021	LISI AEROSPACE	autre	Avenue du Général Leclerc, 10200 bar sur aube
GEROUDET--DALLE	Victor	ingé	2018-2021	EDF CNPE DAMPIERRE	autre	B.P. 18, 45570 ouzouer sur loire
GOLOVKINE--JOLLET	Tom	ingé	2018-2021	ACTEMIUM	autre	51300 THIEBLEMONT FAREMONT
GOMES DO NASCIMENTO	Dylan	ingé	2018-2021	PSA Automobiles	autre	Route de Gisy, 78943 vlizy vilacoublay
GRANGÉ	Théo	ingé	2018-2021	Faurecia Automotive Industrie	autre	Zone Industrielle François Sommer, BP 27, 8210 mouzon
LABROSSE		ingé	2018-2021	Valeo Engine Electrical Equipment	autre	2 rue André Charles Bouille
LAYEC	Annaëlle	ingé	2018-2021	Renault Technocentre	autre	1 Avenue du Golf, 78280 guyancourt
LELÉVRE	Chléa	ingé	2018-2021	TARKETT FRANCE	autre	2 Avenue François SOMMER, 8200 sedan
MIRABELLE	Charles	ingé	2018-2021	Faurecia Sièges d'Automobiles	autre	Le Pont de Vère – BP 59, 61100 caligny
PERROT	Antonin	ingé	2018-2021	AIRBUS OPERATIONS	autre	
TERROINE	Cyrielle	ingé	2018-2021	ALBEA Tubes France	autre	Zone des Accrues 2, 51800 SAINTE MENEHOULD
VINCENT	David	ingé	2018-2021	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternative	autre	D36, 91190 saclay
VOIZELUX	Rémi	ingé	2018-2021	EDF - DIRECTION INDUSTRIELLE	autre	93200 SAINT-DENIS
WARY	Valentin	ingé	2018-2021	FAURECIA AUTOMOTIVE INDUSTRIE	autre	Zi François sommer
WEIL	Alexandre	ingé	2018-2021	VALEO	autre	78322 LE MESNIL SAINT DENIS
WELSCH	Lucas	ingé	2018-2021	ArceIormittal Construction FRANCE	autre	55800 Contrisson



Annexe 6

Evolution des effectifs MPM/IFTS



Evolution des effectifs de formations sur les les procédés

