

2023

Dossier de Candidature
aux fonctions de
Maître de conférences

Référence 60MCF1637 – Galaxie 1637

École Nationale Supérieure en Génie des Systèmes Industriels
–ENSGSI-
Équipe de Recherche sur les Processus Innovatifs
–ERPI-

Dossier adressé aux rapporteurs

Fabio Alberto CRUZ SANCHEZ

Qualification aux fonctions de maître de conférences
No 20260344837 campagne 2020 60ème section CNU
No 20262344837 campagne 2020 62ème section CNU
E-mail: cruzsanc1@univ-lorraine.fr
Tel: +33 7 78 78 38 07

S E C T I O N C N U 6 0 / 6 2

Table of contents

1	Curriculum Vitae	2
1.1	Présentation	2
1.2	Formations	3
1.3	Expériences Professionnelles	3
1.4	Compétences	3
2	Activités de Recherche	4
2.1	Synthèse quantitative	4
2.2	Synthèse qualitative des mes axes de recherche	5
2.2.1	L'impression 3D open source: validation des standards de fabrication	8
2.2.2	Filière durable de l'impression 3D pour le recyclage	9
2.2.3	Espace d'innovation pour la circularité	10
2.3	Projet de recherche	10
2.3.1	Validation des matières premières secondaires, procédés open source et applications	11
2.3.2	Validation systemique de nouvelle formes de production	11
2.3.3	Soutenabilité pour les systèmes socio-technique de l'impression 3D	11
3	Activités d'Enseignement	12
3.1	Description synthétique	12
3.2	Participation aux modules pédagogiques	14
3.2.1	Module CI15-Recherche, Innovation et Développement	14
3.2.2	Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source / Exploiter durablement les ressources et les partenariats	15
3.2.3	Introduction à l'Age du faire et Do-It-Yourself (DIY)	16
3.3	Projet d'enseignement	16
4	Activités administratives et de valorisation	19
4.1	Activités administratives liées à la pédagogie	19
4.2	Activités d'encadrements pédagogique	19
4.3	Participation coordination et montage de projets	19
4.4	Relations avec le monde socio-économique	22
5	Bibliographie	23
A	Annexes	24
A.1	Liste de la Production Scientifique	24
A.1.1	Articles à comité de lecture dans des revues internationales	24
A.1.2	Articles soumis récemment (en attente de décision) :	24
A.1.3	Communications dans des congrès internationaux à comité de lecture	25
A.1.4	Ouvrages scientifiques	25
A.1.5	Colloques et congrès nationales	25
A.2	Les attestations de l'ensemble des enseignements dispensés	26

1 Curriculum Vitae



27, Rue du Pont de Pierre, 54270 - Essey-lès-Nancy

Tel : 07.78.78.38.07

✉ fabbiocrux.ms@gmail.com

CNU 60, 62

Génie Indus

1.1 Présentation

Je suis ingénieur mécanique formé à l'Université Nacional de Colombie, titulaire d'un Master II en Management de l'Innovation et du Design Industriel et PhD. en Génie des Systèmes Industriels de l'Université de Lorraine.

Mon domaine de recherche est la fabrication additive open source (également appelé Impression 3D) comme vecteur de développement industriel soutenable. Plus précisément, sur l'étude systémique de nouvelles filières distribuées en circuit court pour la valorisation des matières plastiques recyclées via la fabrication additive. Cela implique une approche multi-échelle afin d'appréhender à la fois les enjeux liés au procédé technologique, à la filière associée et au territoire, en privilégiant collaborations avec de multiples acteurs et la mobilisation de différentes méthodologies pour améliorer, tester et expérimenter de nouveaux usages.

Mon travail se décompose en trois échelles fonda-
mentales. Un premier échelle porte sur la valida-
tion du procédé d'impression 3D open source en tant qu'outil reproductible pour la fabrication des pièces
imprimées en thermoplastique. Une attention particulière est portée sur la précision géométrique, résis-
tance mécanique et vibratoire de ce procédé à l'échelle industrielle standard. Une deuxième échelle centrale
est la faisabilité technique et logistique du recyclage des thermoplastiques pour les processus d'impression.
J'ai travaillé pendant ma thèse sur les caractérisations mécaniques et chimiques de la matière recyclée
dans la chaîne d'impression en co-tutelle avec l'Équipe de Recherche sur les Processus Innovatifs (ERPI)
et le Laboratoire des Réactions et Génie des Procédés (LRGP — UMR 7274) à Nancy. Je collabore
avec le groupe de recherche FAST (Free Appropriate Sustainability Technology) de Western University
de Canada sur le développement open source hardware dans une vision de démocratisation de la tech-
nologie associé au recyclage distribué. Une troisième échelle en cours de développement est l'analyse de
la soutenabilité d'une filière de recyclage distribuée en collaboration avec l'équipe InSyTe de l'Université
Technologique de Troyes. Le développement d'indicateurs (au-delà des indicateurs technico-économiques)
intégrant la capacité de charge des écosystèmes et leurs services est un enjeu prometteur pour rendre les
filères industrielles plus résilientes.

J'ai une forte expérience en montage et conduite de projet européens. J'ai l'opportunité de mettre en œuvre ces travaux de recherche dans le cadre du projet H2020 **INEDIT** qui vise le transfert des approches 'Do-It-Yourself' (DIY) vers un contexte industriel. Je développe donc le démonstrateur de recyclage des

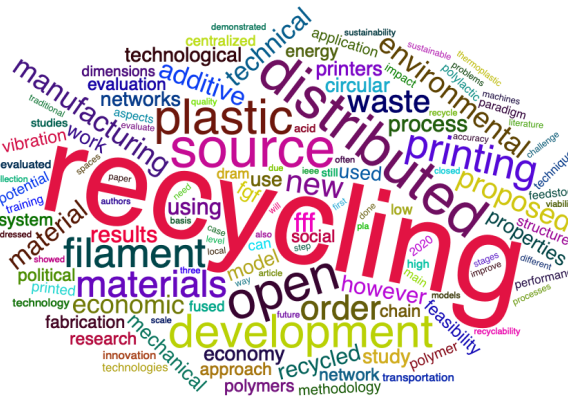


Figure 1: Nuages de mots fait à partir des résumés
des mes articles scientifiques

plastiques pour l'impression 3D (le [Green Fablab](#)) afin de tester l'approche appelée 'Do-It-Together' (DIT). C'est une excellente opportunité pour mieux comprendre l'opérationnalisation et la démultiplication de la démarche de recyclage distribué auprès des acteurs et des communautés locales. En parallèle, je pilote également dans le projet [Erasmus+ Climatelabs](#) qui cherche à renforcer les capacités de recherche appliquée et d'innovation de dix universités partenaires du Mexique, du Brésil et de la Colombie par la conception et la mise en œuvre des espaces d'innovation sociales pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique.







1.2 Formations

- 2013 – 2016 **Ph.D., Université de Lorraine**, spécialité Génie des systèmes industriels
Titre de thèse: *Methodological proposition to evaluate polymer recycling in open-source additive manufacturing contexts*
Défendu publiquement le 9 Décembre de 2016 à Nancy devant le jury:
Rapporteurs:
- Prof. Nicolas PERRY – ENSAM, Bordeaux - France
 - Dr. Salim BELOUETTAR – LIST, Esch-sur-Alzette - Luxembourg
- Examineurs:**
- Prof. Joshua M. PEARCE – MTU, Michigan - USA
 - Prof. Nadia BAHLOULI – Université de Strasbourg, Strasbourg - France
 - Prof. Mauricio CAMARGO (*Directeur*) – UL, ERPI, Nancy - France
 - M^dC. Hakim BOUDAUD (*co-directeur*) – UL ERPI, Nancy - France
 - Dr. Sandrine HOPPE (*co-directeur*) – LRGP, Nancy - France
- 2012 – 2013 **Master II. Management de l'Innovation et du Desing Industriel, Université de Lorraine, FR**
Titre: *Proposition d'un Protocole d'expérimentation standard pour la fabrication additive open source*
- 2004 – 2012 **B.Sc. Ingénieur Mécanique**, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombie

1.3 Expériences Professionnelles

- 2022 – ... **Chercheur contractuel** Université de Lorraine, Université de Lorraine, Nancy – France
- 2021 – 2021 **Chercheur contractuel** Université de Technologie de Troyes, Équipe InSyTe (Anciennement CREIDD) Troyes – France
- 2017 – 2021 **Post-doctorant** Université de Lorraine, Université de Lorraine, Nancy – France
- 2010 – 2011 **International trainee** [Entreprise MIP Engenharia S/A](#) Belo Horizonte, Brazil
Projet: Aide à la création d'un plan stratégique pour le projet d'internationalisation de MIP.
- 2008 – 2009 **Étudiant adjoint ingénieur** *Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia*
Projet: Conception et construction d'une machine de coulée centrifuge pour la fabrication de cylindres en fonte ASTM 40.

1.4 Compétences

-  Langue Maternelle  Courante  Courante  Professionnel
-  CAO (Solid-Works, Onshape), Matlab, Data analysis / visualization, R, HTML, CSS
-  Academic research, Mendeley, L^AT_EX and Rmarkdown publishing.

2 Activités de Recherche

2.1 Synthèse quantitative

Sur la période 2014-2023, 9 articles dans des revues internationales à comité de lecture et 6 conférences internationales ont été publiés comme illustré dans la Figure 2. Cette production scientifique relève de mes travaux de recherche dans les différentes échelles auxquelles je développe mon domaine d’investigation au sein du laboratoire ERPI.

Au cours de l’année 2023, 3 propositions d’articles ont été soumis dans des revues à comité de lecture (en attente de décision) et 2 chapitres d’ouvrages collectifs à destination de la communauté du recyclage des matériaux sont en cours de révision par les éditeurs. Le tableau montre les différents journaux dans lesquels nos propositions ont été publiées. L’annexe A présente une liste complète de la production scientifique.

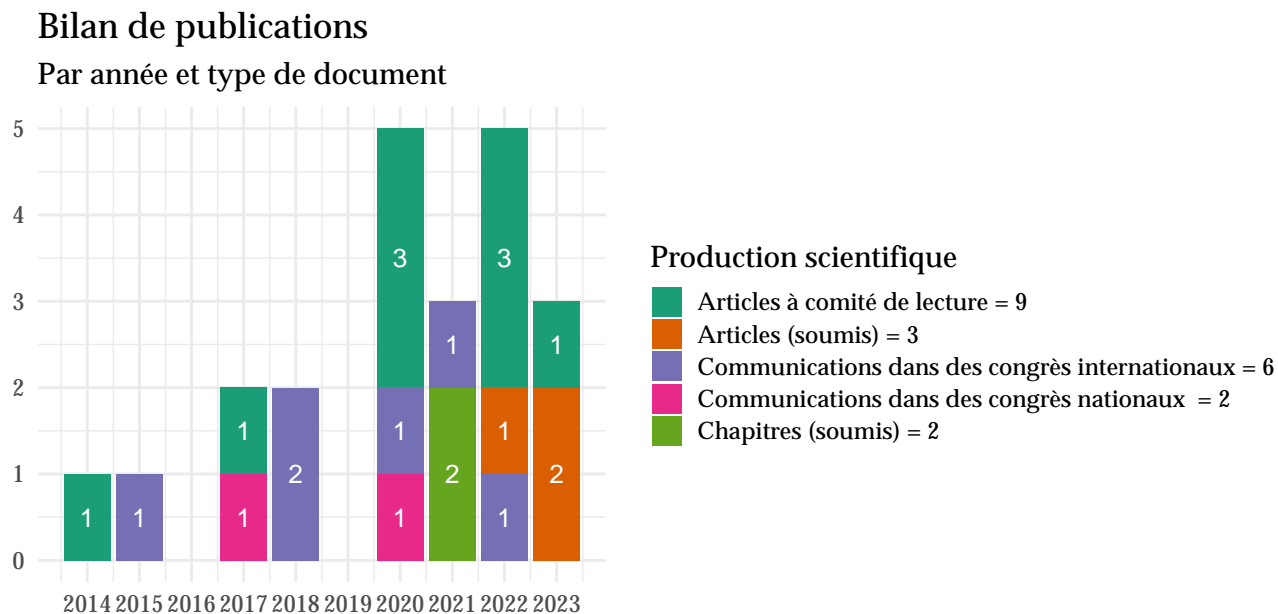


Figure 2: Bilan de production scientifique

Les tableaux montrent les revues internationales auxquelles j’ai fait des contributions scientifiques. Les revues dans mon domaine sont liées à la **fabrication additive** (AM, 3DP, VPP et PB:JEM et JOM), la **soutenabilité** et **développement durable**(JCLP, RCR et CET) et depuis cette année l’**open source hardware** (HX).

Concernant les conférences, sont principalement autour de la fabrication additive (Solid Freeform Symposium) et l’innovation et management de la technologie (ICE/IEEE)

Journaux	IF (2020)	Conferences et congrès
Additive Manufacturing –AM-	10.998	
Resources, Conservation & Recycling –RCR-	10.204	3 Communications dans des conférences internationales en ingénierie et management de la technologie (ICE/IEEE)
Journal of Cleaner Production –JCLP-	9.297	3 Communications conférences sur la fabrication additive (Solid Freeform Fabrication Symposium)
Virtual and Physical Prototyping –VPP-	8.092	1 Participation aux congrès de la Société française de génie des procédés (SFGP)
3D Printing and Additive Manufacturing –3DP-	5.449	1 Participation à summer school (spring of innovation and circular economy)
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture –PB:JEM-JOM	2,759	
Cleaner Engineering and Technology –CET- (indexe à Scopus)	2.474	
HardwareX –HX- (indexe à Scopus)	–	

2.2 Synthèse qualitative des mes axes de recherche

💡 En quelques mots

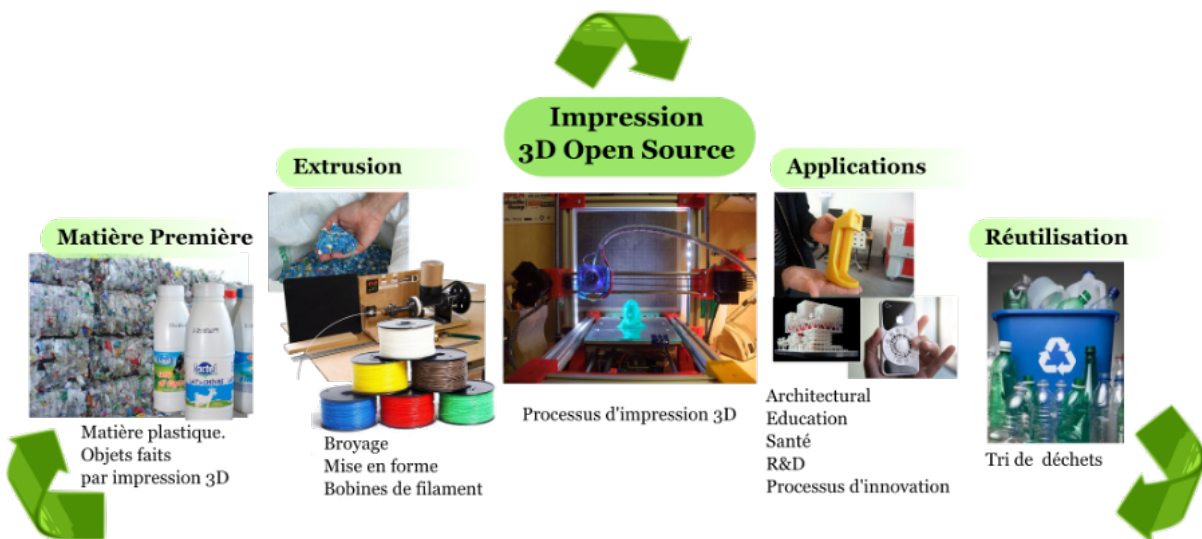


Figure 3: Recyclage distribué pour la Fabrication additive Open source

Mes travaux de recherche portent sur l'étude systémique multi-échelle (produit / procédé / filière / territoire) de nouvelles filières distribuées en circuit court pour la valorisation des matières plastiques recyclées via la fabrication additive open source.

La particularité de la recherche que je développe au sein du laboratoire ERPI est de mieux comprendre le système technologique du processus de recyclage que l'impression 3D open source est en train de rendre factible. Les statistiques sur la problématique de déchets plastiques font preuve que d'autres approches au-delà de la centralisation et de l'économie d'échelle doivent être explorées. L'enjeu majeur est de pouvoir décrire, modéliser, opérationnaliser et évaluer un système productif et de revalorisation des déchets de façon locale et distribuée. Figure 4 présente une visualisation de réseau en utilisant les mots-clés de ma

recherche à l'aide du logiciel VOSviewer avec la temporalité 2016-2022. Je travail principalement sur trois échelles 1) étude de la relation matériau-procédé-qualité pour la fabrication additive open source, 2) conception de filière associé afin de répondre aux exigences de plus en plus complexes d'un nouveau produit/processus et 3) exploration des espaces d'innovation en tant que nouvelles formes de production urbaine et leur lien avec la soutenabilité au niveau territorial.

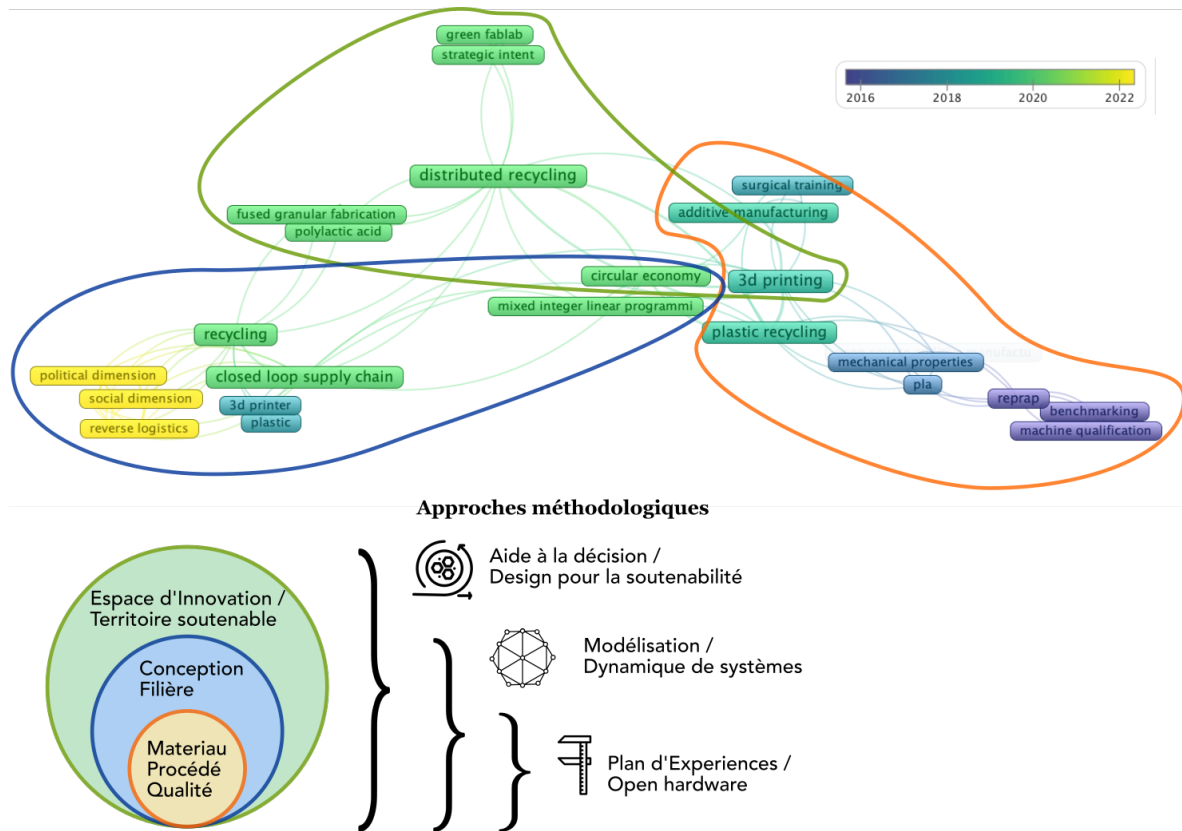


Figure 4: Réseau d'occurrence des mots-clés associés aux publications (articles + conférences internationales) et évolution dans le temps

Donc, l'étude sur la notion distribué, sur sa dimension opérationnelle du système, et également l'implication systémique de cette nouvelle filière pour un territoire en identifiant un ensemble d'indicateurs multicritères afin d'évaluer ce type de propositions est un gap dans la littérature scientifique auquel je travaille pour donner une proposition scientifique.

Mes activités de recherche ont un fort lien avec la plateforme de recherche du Lorraine Fab Living Lab, car depuis quelques années, il y a une interet croissance sur les espaces d'innovation ouverte type Fab Labs / hackerspaces. Ces types d'espaces sont un levier fort pour la multiplication des capacités de production distribuées, où le vecteur industriel de la fabrication additive est intrinsèquement déployé. Cela permet une démocratisation des processus de prototypage et de matérialisation des idées.

Mes travaux de recherche ont abouti à une proposition de cadre conceptuel pour le déploiement d'une filière de recyclage des thermoplastiques pour l'impression 3D en considérant les étapes clés comme illustré dans la Figure 5.

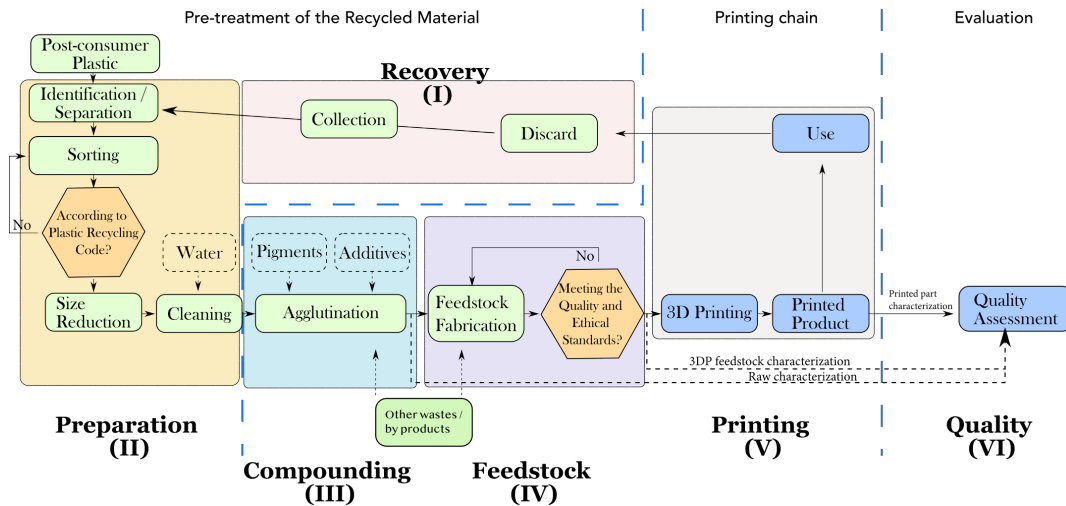


Figure 5: Récyclage distribué via la fabrication additive

Je travaille au sein du laboratoire ERPI avec différents collègues en France et à l'étranger pour pouvoir clarifier étape par étape (I-VI) les implications, les verrous scientifiques et technologiques afin de démocratiser une démarche locale de recyclage distribuée. Chaque élément est très important, notamment dans un contexte où la société doit agir à tous les niveaux (produit-procédé / filière / territoire) vers modes de production, de fabrication et de consommation plus soutenables et résilients à long terme.

Actuellement, dans le cadre du projet INEDIT, qui vise le transfert des approches 'Do-It-Yourself' vers un context industriel, nous sommes en train de mettre en place un démonstrateur qui permettra de tester l'approche appelé 'Do-It-Together' dont la particularité consiste à coupler les phases de co-création et conception produit avec une notion de fabrication ouverte grâce à des plateformes numériques en incluant la réalité virtuelle (Figure 6).



Figure 6: Récyclage distribué via la fabrication additive

Le développement de ce projet mobilise un panel de méthodologies de recherche dans la conception mécanique (e.g: plan d'expériences, validation statistique/ANOVA, simulation) et en innovation

(e.g. recherche opérationnelle, analyse multicritère, systèmes dynamiques) en ouvrant un champ d'expérimentation non négligeable pour la créativité de solutions avec des étudiants en ingénierie.

A partir de ce contexte, les axes de recherche peuvent être décrits d'un point de vue technologique (micro) vers une vision système (macro) de l'implication de la filière de recyclage en tant que système socio-technique.

2.2.1 L'impression 3D open source: validation des standards de fabrication

La fabrication additive est reconnue comme un sujet disruptif. Elle est en train de changer les repères technologiques des domaines industriels, de la conception et du design, mais aussi à une échelle globale dans la société. Le principe de la fabrication couche-par-couche offre un nouvel espace de liberté pour la conception mécanique et la fabrication grâce à une meilleure maîtrise de l'apport en matière première.

La technologie de dépôt de fil fondu (Fused Filament Fabrication –FFF- en anglais) est la plus répandue grâce à son principe d'extrusion de polymère qui offre une grande flexibilité. Sa démarche de conception open source permet un processus collaboratif d'amélioration distribué à moindre coût. Cependant, la démultiplication des types de machines, des matériaux utilisés et des expérimentations appellent à la détermination de standards de performances permettant ainsi une comparaison et une validation des procédés techniques.

Une première échelle d'analyse sur laquelle je travaille concerne la validation des procédés open source en tant qu'outil de fabrication reproductible et fiable pour un usage semi-industriel. J'ai eu l'opportunité de me concentrer sur la caractérisation de la performance géométrique à travers des modèles de benchmarking¹, des expérimentations pour des applications médicales² où j'ai exploré le comportement mécanique des matériaux. Systématiquement, des plans d'expériences et d'analyses statistiques ont été mis en œuvre grâce à la mobilisation de méthodologies adaptées. Nous explorons également le comportement vibratoire et d'amortissement des échantillons à partir de FFF³ avec les collègues du Laboratoire d'Études des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) à Metz - France. Ces travaux permettent de positionner la FFF open source auprès de la communauté scientifique et industrielle en tant qu'outil fiable et reproductible.

D'un autre côté, le procédé de dépôt par granulés (Fused Granular fabrication –FGF- en anglais) est une avancée technologique récente et représente une grande opportunité dans la démocratisation de l'impression 3D. Ce procédé utilise directement de la matière première en forme de pellet. Cela ouvre un champ d'exploration afin de faciliter l'impression de grande taille pour des matériaux élastomères thermoplastiques et de matière composites. J'ai pu entamer un travail de comparaison de procédé FGF avec le FFF dans la performance mécanique⁴. Cependant, le défi actuel réside dans une meilleure compréhension de la communauté scientifique des caractéristiques du procédé au sens précision dimensionnelle, imprimabilité des matériaux et faisabilité économique de cette technologie .

¹**Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Muller, L., Camargo, M., 2014. Towards a standard experimental protocol for open source additive manufacturing. *Virtual Phys. Prototyp.* 9, 151–167. <https://doi.org/10.1080/17452759.2014.919553>

²Albuquerque, R., Arbelaez, G., **Cruz, F.**, Camargo, M., Joseph, D., Tran, N., 2018. Modelling, Printing and Validation of Dental Dry Models for Implantology Skills Training, in: 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). IEEE, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436302>

³Xue, F., Robin, G., Boudaoud, H., **Cruz Sanchez, F.A.**, Daya, E.M., 2022. General Methodology to Investigate the Effect of Process Parameters on the Vibration Properties of Structures Produced by Additive Manufacturing Using Fused Filament Fabrication. *JOM* 74, 1166–1175. <https://doi.org/10.1007/s11837-021-05051-9>

⁴Alexandre, A., **Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Camargo, M., Pearce, J.M., 2020. Mechanical Properties of Direct Waste Printing of Polylactic Acid with Universal Pellets Extruder: Comparison to Fused Filament Fabrication on Open-Source Desktop Three-Dimensional Printers. *3D Printing and Additive Manufacturing* 3dp.2019.0195. <https://doi.org/10.1089/3dp.2019.0195>

2.2.2 Filière durable de l'impression 3D pour le recyclage

Une deuxième échelle de ma recherche concerne la proposition d'une méthodologie systématique permettant d'évaluer la fabrication et l'évaluation de la matière recyclée utilisée dans le procédé d'impression. Cette méthodologie facilite l'étude et la modélisation d'une filière de recyclage en circuit court pour l'impression 3D open source.

L'enjeu essentiel de ma thèse et de mon projet de post-doc 2017-2019 a été de démontrer l'imprimabilité des matières recyclées. En ce sens, j'ai réalisé le couplage de tests de caractérisation des propriétés mécaniques (e.g. résistance à la traction, module d'élasticité) et chimiques (e.g. viscosité, calorimétrie) avec de multiples cycles d'extrusion, impression et de moulage par injection. L'un de mes premiers résultats est une démarche de caractérisation chimique⁵, et mécanique⁶ de la dégradation de l'acide polylactique (PLA) qui est le thermoplastique le plus utilisé dans le domaine FFF. Mon travail de thèse a eu pour résultat principal de montrer que le recyclage distribué du plastique à l'aide de technologies 3D open source (imprimantes 3D et extrudeuses) est une option possible pour la valorisation des déchets plastiques. Cette approche pour évaluer la recyclabilité permet de simuler le cycle de vie prolongé des produits recyclés.

D'autre part, au vu des ces résultats encourageants, j'ai eu l'opportunité d'accompagner les travaux de thèse de Pavlo Santander pendant la période 2017-2020. Nous avons donc changé de perspective dans le but de prouver la faisabilité de recyclage au niveau de la chaîne d'approvisionnement afin de mieux comprendre les paramètres logistiques liés à cette filière de recyclage.

Le faible taux actuel de recyclage des plastiques montre les limites de l'approche actuelle de gestion centralisée des déchets. Ce processus centralisé est complexe, coûteux et polluant en raison des multiples étapes de tri, de collecte et de transport. Le recyclage distribué des plastiques peut être imaginé comme une sorte de "réseau intelligent", composé de petites unités de recyclage coordonnées fournissant des matières premières secondaires (eg: filaments recyclés) à une communauté (e.g. collègues / lycées, espaces fablabs et de prototypage). Le modèle conceptuel⁷, et son application dans le contexte de Nancy en lien avec le projet Green Fablab⁸ ont prouvé son approche originale et une mise en œuvre reproductible. Récemment, une stratégie que nous visons pour renforcer cet échelle est la conception et développement d'un ensemble de technologies open source hardware pour chaque étape de recyclage afin de rendre viable cette filière⁹.

Cette nouvelle approche du recyclage propose un système local adapté aux petites quantités de déchets. Sous ce nouveau paradigme, les problèmes économiques et environnementaux d'un recyclage centralisé seraient limités, principalement en raison de l'utilisation d'une technologie open source moins coûteuse, de plus courtes distances entre le lieu de récupération et le point de traitement.

Cet axe est en cours de recherche, et fait l'objet du développement dans le projet de démonstration appliqué INEDIT .

⁵**Cruz, F.**, Lanza, S., Boudaoud, H., Hoppe, S., Camargo, M., 2015. Polymer Recycling and Additive Manufacturing in an Open Source context : Optimization of processes and methods, in: Solid Freeform Fabrication. Austin, Texas, pp. 1591–1600.

⁶**Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Hoppe, S., Camargo, M., 2017. Polymer recycling in an open-source additive manufacturing context: Mechanical issues. Addit. Manuf. 17, 87–105. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.05.013>

⁷Pavlo, S., **Fabio, C.**, Hakim, B., Mauricio, C., 2018. 3D-Printing Based Distributed Plastic Recycling: A Conceptual Model for Closed-Loop Supply Chain Design, in: 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). IEEE, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436296>

⁸Santander, P., **Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Camargo, M., 2020. Closed loop supply chain network for local and distributed plastic recycling for 3D printing: a MILP-based optimization approach. Resour. Conserv. Recycl. 154, 104531. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104531>

⁹Gabriel, A., **Cruz, F.**, 2023. Open source IoT-based collection bin applied to local plastic recycling. HardwareX 13, e00389. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00389>

2.2.3 Espace d'innovation pour la circularité

La troisième échelle porte sur la compréhension des espaces d'innovation comme un levier fort pour l'intégration de projets locaux participatifs, dans notre cas, la création d'une filière de recyclage plastique. Les espaces d'innovation sont un sujet de profond intérêt pour les industriels et les académiques car ces espaces permettent de développer des compétences d'innovation participative et de créativité collective ainsi que de nouvelles pratiques de travail reposant sur des approches de collaboration, de co-conception, de co-production et de co-crédation.

J'ai pu travailler en collaboration avec l'École d'ingénieur du CESI sur la façon dont un projet de recyclage pédagogique est développé au sein du laboratoire d'innovation en observant l'évolution des intentions stratégiques du projet et du laboratoire d'innovation¹⁰. Les impacts tangibles et intangibles ont été mis en évidence dans la manière dont ils se répercutent sur le pilotage d'un projet d'innovation avec des élèves ingénieurs. Cette recherche exploratoire représente un axe de travail intéressant pour le développement mettre en évidence l'aspect multidisciplinaire qu'implique

Ainsi, dans une échelle européen de partage d'expériences et de renforcement de capacités de recherche, je suis le responsable du projet du projet [Erasmus+ Climatelabs](#) dont l'enjeu essentiel est de concevoir et mettre en œuvre des espaces d'innovation avec 10 partenaires de l'Amérique latine (5 en Colombie, 3 au Brésil et 2 Mexique). Chaque université met en œuvre un projet pilote en fonction des leurs besoins, forces et défis locaux et des caractéristiques des institutions de leur propre territoire. Ce projet est une opportunité pour partager la connaissance et l'expérience que ERPI/ENSGSI a mûri lors de la création et du développement du projet de Green Fablab. Les notions de "fabrication personnelle", de pratiques Do-It-Yourself ou de "making" sont souvent des approches sociales et collaboratives, impliquant le partage et la modification de conceptions en ligne, la coopération sur des projets et/ou l'utilisation d'outils dans des espaces partagés. En conséquence, ces terrains d'expérimentations en conception (mécanique et des systèmes socio-techniques) pour chercheur et pour étudiants ingénieur prennent tout leur sens.

2.3 Projet de recherche

La fabrication additive va jouer un rôle très important dans le devenir de notre société en tant qu'outil pour la soutenabilité ([Despeisse et al., 2017](#)). Cette technologie permet d'avoir une utilisation efficiente de la matière première par rapport aux technologies traditionnelles de fabrication. Le principe de dépôt couche-par-couche fait que les procédés de l'impression 3D peuvent avoir un impact environnemental réduit en considérant le ratio du dépôt de matière, le type de matière et la géométrie optimisée pour l'usage adéquat. Dans le contexte du recyclage de matière première, (dans mon cas, le recyclage de polymères spécifiquement), la FA est une voie de recherche fondamentale pour explorer de nouvelles méthodes d'éco-conception à multiples échelles ([Wu et al., 2022](#)).

En partant de cette base, le projet de recherche que je visualise aujourd'hui concerne trois éléments importants:

1. La validation des matières premières (secondaires), et développement d'une techno-diversité des procédés open source et des applications de la valeur ajoutée.
2. L'évaluation systémique de nouvelles formes de production robustes.
3. Vers une soutenabilité forte pour la fabrication additive

Le but à long terme est d'inscrire cette démarche dans l'ambition du plan d'action de l'économie circulaire de l'Union Européenne afin de répondre aux enjeux

¹⁰Roux-Marchand, T., **Cruz, F.**, Dupont, L., Camargo, M., Osorio, F., 2020. Connecting the strategic intent of innovation labs and projects: the case of the Green Fablab, in: 2020 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). IEEE, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC49519.2020.9198320>

2.3.1 Validation des matières premières secondaires, procédés open source et applications

La validation de la faisabilité technique de recyclage a été faite pour l'acide polylactique (PLA) qui est la matière la plus utilisée dans ce domaine. Cependant, d'autres types de matériaux doivent être évalués et caractérisés en incluant leurs applications.

Du point de vue technique, il est nécessaire de développer une ingénierie de conception et de fabrication utilisant l'approche open source/hardware (Pearce, 2020, 2017) afin de promouvoir des technologies low-cost (Heikkinen et al., 2020). Pour continuer à démocratiser un recyclage distribué fiable, il faut assurer l'identification, la séparation et le nettoyage des niches de gisements traités localement. Afin de concevoir des produits et des systèmes qui répondent à des besoins ponctuels pour valoriser des niches de recyclage qui n'ont pas de valorisation dans le processus traditionnel.

2.3.2 Validation systemique de nouvelles formes de production

L'impression 3D est une brique technologique très importante pour la conception de nouvelles formes de production distribuée (Herrmann et al., 2020 ; Kleer and Piller, 2019) et pour les technologies de l'industrie 4.0. (Culot et al., 2020). Ce changement dans la façon de fabriquer conduit au besoin de développer de nouvelles méthodes d'analyse des configurations industrielles. L'acceptabilité du processus de recyclage distribué et sa diffusion plus importante passe par l'identification des leviers technologiques et de leur intégration dans les politiques publiques et sociales. Du point de vue méthodologique, je suis intéressé par l'analyse systémique des démarches de conception pour la soutenabilité. Ces démarches peuvent se placer au niveau du produit, du produit-service, et aller jusqu'aux systèmes socio-techniques (Ceschin and Gaziulusoy, 2016).

En vue de favoriser des symbioses industrielles dans une échelle micro et meso (e.g. éco-quartier) nous pouvons envisager plusieurs pistes telles que la co-création avec l'utilisateur final de produits intégrant de la matière recyclée ou la conception d'une diversité technologique (e.g. pas que l'impression 3D) pour la valorisation de matières recyclées. Cependant, il faut identifier les possibles 'effets rebond' afin de vérifier si la solution de recyclage en circuit court est pertinente et jusqu'à quels niveaux.

2.3.3 Soutenabilité pour les systèmes socio-technique de l'impression 3D

Depuis 2021, je travaille pour le Projet Everest Bio, financé par l'institut Carnot ICEEL, qui a pour objectif d'évaluer les services écosystémiques rendus par des activités industrielles fonctionnant en circuit court afin d'améliorer la prise de décisions des acteurs industriels et du secteur public.

Dans ce cadre, je tire les constats qu'aujourd'hui les systèmes industriels sont centrés principalement sur l'évaluation technico-économiques (Bakshi et al., 2019). Si bien, les approches de l'analyse de cycle de vie et de méthodes de calcul d'impact environnemental sont assez souvent utilisées, ils ne considèrent pas systématiquement l'ensemble des impacts d'une activité sur les écosystèmes (Liu and Bakshi, 2019). Au vu des rapports des comités scientifiques comme le GIEC (IPCC, 2017) ou IPBES (IPBS, 2019), les efforts de réduction de l'impact des activités humaines est un enjeu majeur.

Le verrou scientifique essentiel sera de clarifier une approche méthodologique propice à une action plus en synergie avec la nature qui reconnaît les limites planétaires et en minimise la perte de capital naturel et de biodiversité. L'identification et quantification des impacts des services écosystémiques pertinents pour une filière industrielle et son territoire local doivent converger pour une démarche de soutenabilité forte (Barbier, 2019; Dietz and Neumayer, 2007) afin que les concepteurs perçoivent leur métier et leur action dans le monde. A long terme, ceci relève d'une approche inter-, voir trans-, disciplinaire de recherche (Jacobi et al., 2022).

3 Activités d'Enseignement

3.1 Description synthétique

Mes activités d'enseignement ont débuté en 2017 en tant que chercheur contractuel vacataire. Mes enseignements font partie dans le parcours principalement de l'École Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation (ENSGSI) et de l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) Nancy-Charlemagne à Nancy depuis 2020. Dans une moindre mesure à l'IUT Metz et à l'UFR Science Humaines et Sociales de Nancy. Le volume global de mes activités d'enseignement représentent un **total de 386.92 heures équivalent TD**. Tableau 1 présente un récapitulatif par année.

Comme illustré par la Figure Figure 7, la majorité des mes enseignements ont été dispensés à l'ENSGSI (66.2%), principalement à des niveaux BAC+2 (34%) et BAC+5 (31%) en modalité TD au sein du pôle de **Conception et Innovation**. Le Tableau 2 détaille mes enseignements depuis 2015 pour chaque formation. Les attestations d'enseignement sont présentées en Annexe.

Tableau 1: Synthèse des activités d'enseignement

Année	HETD
2022 - 2023	94,92
2021 - 2022	91
2020 - 2021	69
2019 - 2020	57
2017 - 2019	75
Total	386.92

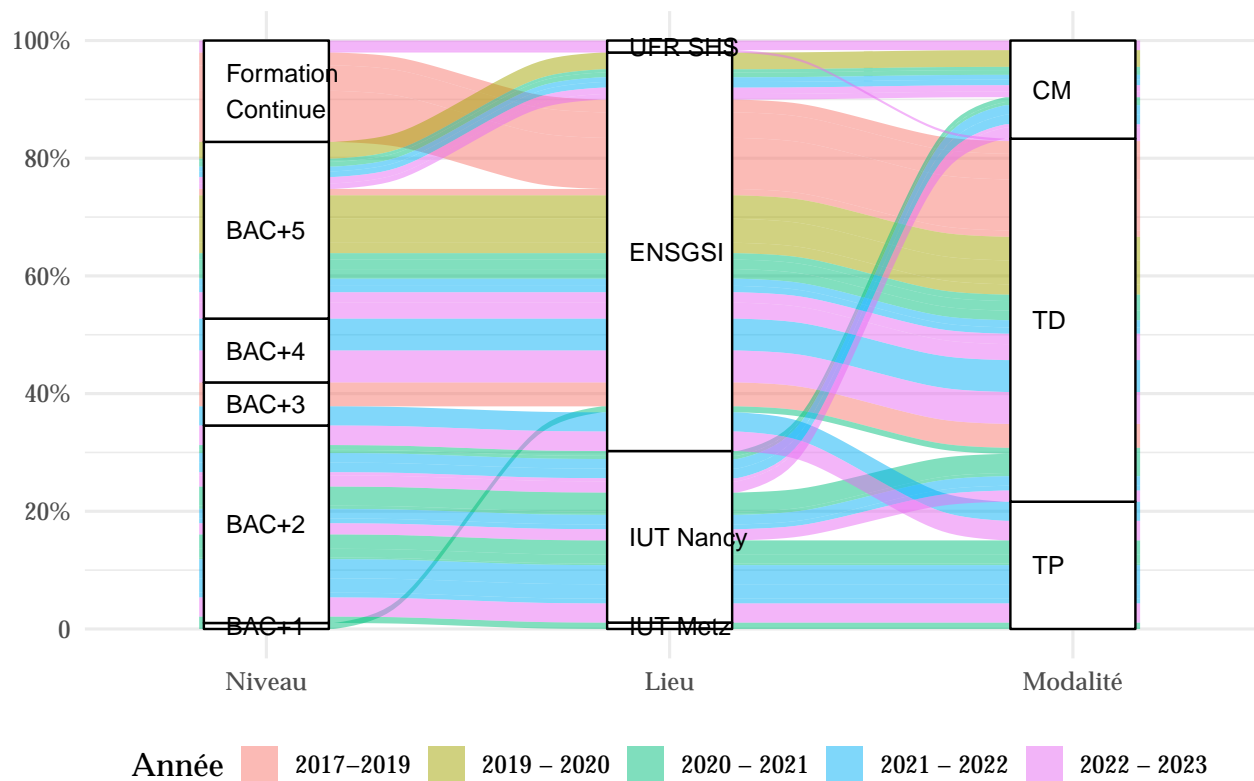


Figure 7: Synthèse des enseignements dispensés

Au vue de mon expérience en recherche sur thématique le recyclage de plastique pour la fabrication additive open source, mes thématiques enseignement portent majoritairement sur **l'introduction à la méthodologie de recherche** pour des étudiants BAC+5 (cycle ingénieur et Master II), et l'introduction à la fabrication additive (et recyclage), modelisation CAO et prototypage pour des étudiants de BAC+1/BAC+2.

Tableau 2: Répartition des heures d'enseignement depuis 2017

Année	Module	Niveau	CM	TD	TP
UFR Science Humaines et Sociales de Nancy					
2022 - 2023	Conduite de projets complexes	F.Cont	6.0	1.50	
ENSGSI					
2017-2019	Module Ingénierie de L'innovation II / Design Thinking	BAC+3		15.00	
2017-2019	Introduction à la Recherche	BAC+5		4.00	
	Neuromarketing and Innovation	F.Cont		8.00	
	From Idea to Market	F.Cont		16.00	
	Introduction au prototypage et à l'Impression 3D	F.Cont		32.00	
2019 - 2020	Innovation, développement et recherche	BAC+5	10.5	14.75	
	Pratiques de pilotage des entreprises innovantes	BAC+5		15.00	
	Atelier d'écriture scientifique et de publications	BAC+5		6.50	
2020 - 2021	Résistance des matériaux	BAC+1		3.75	
	Innovation, développement et recherche	BAC+5	2.0	4.00	
	Atelier d'écriture scientifique et de publications	BAC+5		6.00	
	Méthodologie de recherche appliquée à l'innovation	BAC+5	3.0	6.00	
2021 - 2022	Conception mécanique/CAO	BAC+3			12.00
	48h pour innover	BAC+4		20.00	
	Innovation, développement et recherche	BAC+5	3.0	4.50	
	Méthodologie de recherche appliquée à l'innovation	BAC+5	3.5	4.00	
2022 - 2023	Introduction à l'Age du faire et DIY	BAC+2			12.25
	48h pour innover	BAC+4		20.00	
	Innovation, développement et recherche	BAC+5	4.0	6.50	
	Méthodologie de recherche appliquée à l'innovation	BAC+5	3.5		
2022 - 2023	Atelier d'écriture scientifique et de publications	BAC+5		10.00	
IUT Nancy-Charlemagne					
2020 - 2021	Exploiter durablement les ressources et partenariats	BAC+2	3.0	12.00	9.00
	Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source	BAC+2	2.0		5.50
	Animation d'un lieu	BAC+2		2.00	1.00
2021 - 2022	Exploiter durablement les ressources et partenariats	BAC+2	6.0	6.00	12.00
	Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source	BAC+2	6.0		9.00
	Animation d'un lieu	BAC+2		3.00	3.00
2022 - 2023	Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source	BAC+2	2.0		12.00
	Exploiter durablement les ressources et partenariats	BAC+2	7.0	7.00	
IUT Metz					
2020 - 2021	Economie Circulaire	BAC+2			4.00

Je présente en détail le contenu pédagogique et de mes contributions aux modules de formations qui donnent une aperçu de mes expériences enseignement : 1) Module CI15 – Recherche, Innovation et Développement, 2) Deux modules de Licence Professionnelle: (i) Recyclage des matériaux à l’aide de techniques open source et (ii) Exploiter durablement les ressources et les partenariats, et 3) Introduction à l’Age du faire et Do-It-Yourself (DIY)

3.2 Participation aux modules pédagogiques

3.2.1 Module CI15–Recherche, Innovation et Développement

Ce module a pour objectif de faire une introduction à la méthode scientifique afin de maîtriser les concepts et étapes clés d’un processus de recherche. Le public visé sont des étudiants de 3ème année ingénieur (BAC+ 5) et l’ensemble des étudiants de Master Design (BAC+ 5) IDEAS (Innovation et Design Évalués par les Usages), Master Urbanisme et Aménagement IUVTT (Innovation Urbaine pour des Villes & Territoires en Transformation) de l’ENSGSI.

Ce module permet d’acquérir les compétences suivantes :

- Avoir une compréhension sur les étapes de la méthode scientifique en identifiant le contexte, le problème de recherche, le cadre théorique, la méthodologies et les implications.
- Avoir une connaissance globale sur les modes de financement de la recherche et l’importance sur la notion d’Open Science pour la France et l’EU.
- Structurer une démarche de recherche documentaire ciblée (essentiellement en langue Anglaise) en identifiant des bases de données scientifiques pertinentes.
- Savoir faire une analyse bibliométrique qualitative et quantitative à travers l’utilisation des outils de visualisation des réseaux et de gestion de références.
- Développer une analyse critique des travaux de recherche, en utilisant une grille de lecture pour les articles scientifiques.
- Planifier et mettre en œuvre un protocole expérimental de collecte des données en utilisant des méthodologies de recherche scientifique.
- Synthétiser sous la forme de la rédaction d’un article la proposition d’un projet de recherche appliquée.

Approche pédagogique: Ce module est divisé en quatre séances d’enseignement, avec deux grands volets: 1) méthodologie de la recherche et 2) atelier d’écriture. Pour faire cela, les séquences pédagogiques sont structurées sur une alternance entre cours magistraux et mises en application de travaux dirigés au sein de séances. Chaque séance comporte un travail à rendre à la fin de la séance.

Une spécificité de ce module concerne une attente pédagogique particulière. Par le fait que les étudiants sont ad-portas à réaliser un stage en entreprise pour valider le cycle d’ingénieur ou bien le diplôme de Master M2, chaque étudiant doit faire une article d’état de l’art sur l’objet de son stage hors des séances de cours en présentiel. Il s’agit d’un premier écrit synthétique visant à mobiliser les outils vus en cours pour analyser une thématique de leur choix en identifiant des données / articles issues de la littérature scientifique pertinentes. Cet écrit est révisé par un binôme d’enseignants, dont ils font un retour afin d’améliorer et cadrer le problème et les attentes scientifiques et industrielles. Un accompagnement tout au long de ce processus de rédaction est proposé.

Mes contributions à ce module :

- Montage du module de formation en collaboration avec 1 enseignant de l’ENSGSI et 1 chercheur du laboratoire ERPI. D’abord pensé comme module de spécialisation, il est passé en 2020 dans le tronc commun des étudiants ingénieurs de dernière année et de Masters ENSGSI et IUVTT. Le nombre d’étudiants participant à la formation est donc passé d’une dizaine à une soixantaine.

- Réalisation des séances cours magistral sur la méthodologie de recherche en identifiant des articles scientifiques support à la recherche en Innovation.
- Animations de séances de travaux dirigés sur l'application de la méthode de revue systématique de la littérature à partir d'une équation ciblée.
- Proposition d'un travail dirigé sur la recherche reproductible en utilisation de logiciels open source comme R et Github.
- Développement de la plateforme Web support au cours avec pour le suivi et la publication des productions des étudiants: <https://ci15.netlify.app/>

3.2.2 Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source / Exploiter durablement les ressources et les partenariats

Les modules 1) *Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source*, et 2), *Exploiter durablement les ressources et les partenariats* sont deux modules de la licence professionnelle Animateur et facilitateur de tiers-lieux éco-responsables (AFTER). Cette licence est portée par l'ENSGSI et l'IUT Charlemagne à Nancy et vise à former des personnes pouvant gérer et animer des tiers lieux. Les tiers-lieux sont des nouveaux espaces socio-techniques qui se font de plus en plus nombreux dans le cadre d'associations et des organismes de l'Économie Sociale et Solidaire (ESS). Ils sont source de médiation et d'innovation favorisant la co-creation, l'échange de compétences sur des pratiques numériques et de fabrication pour les citoyens, entrepreneurs, étudiants, salariés, artistes, etc qui veulent expérimenter des nouvelles formes d'entrepreneuriat plus respectueux de la planète. Le public visé (BAC+2) ont un profil intéressé par l'approche de «faire soi-même» ayant une forte attention portée aux enjeux environnementaux. :::

Ces deux modules permettent d'acquérir les compétences suivantes :

- Acquérir une culture et une philosophie de l'univers du « faire » : découvrir et comprendre les valeurs des tiers-lieux, fablabs
- Identifier des initiatives et principales technologies utilisées pour la revalorisation de matériaux secondaires (plastique, bois) dans une approche de conception dites low tech et/out frugale.
- Maîtriser le procédé de recyclage via injection plastique et utilisation de l'impression.
- Création d'une animation autour de recyclage pour un publique ciblée.

Approche pédagogique:

Les deux modules sont basés sur une approche pédagogique par la pratique. Le module de recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source est une introduction sur les étapes et les technologies dites "low tech" dans le sens que sont appropriables et répliquables par n'importe quel communautaire tiers-lieux. Ce module valorise mes travaux de recherche car les étudiants apprennent à identifier les types de plastiques qui peuvent être réutilisables localement, à développer une vision systémique sur la possible implantation de filières locales afin de repérer les partenaires nécessaires à une future démocratisation.

Concernant le module d'exploiter durablement les ressources et les partenariats, le but est de sensibiliser les étudiants à la notion de l'écologie industrielle, et surtout faire comprendre que les tiers lieux peuvent être un levier pour mobiliser les acteurs de terrain en faveur de la transition écologique. Cela s'inscrit dans la démarche « réduire, réutiliser et recycler » de l'économie circulaire. Un case pédagogie active est mise en place car les élèves doivent concevoir un atelier pour un groupe d'élèves de l'enseignement secondaire avec un partenaire éducatif local. Cette animation permet de découvrir les tiers lieux comme des espaces d'expérimentation, de leur sensibiliser au recyclage de matière plastique et enfin, de montrer le métier d'animateur tiers lieux et de chercheur dans un même endroit.

Les étudiants découvrent des machines open source pour recyclage et projets phares dans la communauté de recyclage et voir les objets que peuvent être fabriqués.

Ma contribution:

- Création des séquences pédagogiques pour les deux modules.
- Développement et supports techniques de l'open hardware (e.g. machine d'injections manuel) utilisé pour l'animation d'un atelier d'introduction aux recyclage de matière plastiques avec la mise en application des outils technologiques présents au Green Fablab.
- Création de supports pédagogiques aux enjeux sociétaux de l'économie circulaire axés sur le recyclage de matière plastique.
- Montage et organisation de l'atelier pédagogique avec un public d'élèves de collège classé "éducation prioritaire renforcé"

3.2.3 Introduction à l'Age du faire et Do-It-Yourself (DIY)

Au cours de l'année 2022, J'ai eu l'opportunité de proposer un TP appelé 'Introduction à l'Age du faire et Do-It-Yourself (DIY)' à destination des étudiants de 2ème année cycle préparatoire ingénieur (BAC+2) de l'ENSGSI. L'objectif est de les sensibiliser aux différentes technologies qui permettent matérialiser et prototyper rapidement une idée avec les technologies présentes dans le Lorraine Fab Living Lab et le Green Fablab. Ce TP permet:

- Avoir une première connaissance sur les différentes technologies présentes dans le Lorraine Fab Living Lab mobilisés pour le prototypage et la matérialisation physique et virtuelle.
- Formalisation en utilisant un support collaborative

Approche pédagogique: Cette démarche de « réduire, réutiliser et recycler » de l'économie circulaire est applicable aussi dans le geste du prototypage et maquettage dont les écoles d'ingénieurs font preuve. Avec l'expérience des modules développés pour les étudiants de licence AFTER, deux séances TP ont été implémentées courant décembre 2022 dans l'objectif de faire une introduction sur la notion de matérialisation/prototypage physique et matérialisation virtuelle.

La matérialisation physique éco-responsable est de montrer dans une séance de 3h, voir une séquence pédagogique pour passer d'un esquisse vers un prototype personnalisé recyclé. Les étudiants découvrent des machines open source pour recyclage et projets phares dans la communauté de recyclage et voir les objets que peuvent être fabriqués.

Concernant la matérialisation virtuelle, l'objectif est de saisir les possibilités que les environnement immersives et de réalité virtuel permettent pour l'itération d'un concept. Donc, le pari est de sensibiliser le plus tôt possible sur ces technologies afin que dans les cursus du cycle ingénieur, les élèves ingénieurs puissent faire un itération plus complète de conception de nouveau produit. Il a donc été nécessaire d'en adapter le contenu et le format en fonction des connaissances initiales des élèves car c'est une première opportunité de prendre connaissance des méthodes de fabrication.

Ma contribution:

- Adaptation des outils de réalité virtuel développé dans le projet INEDIT pour l'usage pédagogique
- Animations des séances pour l'introduction de design vectoriel et prototypage en 2D en lien avec les ressources technologiques du Lorraine Fab Living Lab.
- Formalisation des étapes de prototypage en utilisant une plateforme pédagogique utilisé dans les cadres de Fablabs (e.g: FabManager <https://fabmanager.lf2l.fr/>)

Cette expérience a été très constructive d'un point de vue pédagogique et ce travail pratique devrait être reconduit pour l'année 2023-2024.

3.3 Projet d'enseignement

Mon constat de départ à travers des travaux de recherche préfigurent une tendance forte dans la démocratisation des moyens de fabrication numérique dans la conception mécanique. L'un des enjeux majeurs

auxquels les futurs élèves ingénieurs vont faire face est de repenser les produits et les moyens de production associés tout en gardant un axe prioritaire sur la résilience des écosystèmes naturels. Ce paradoxe n'est pas simple, et relève de compétences auxquelles les espaces d'innovation comme le Lorraine Fab Living Lab (LF2L) peuvent donner des leviers d'action pédagogiques très concrets.

Mon projet pédagogique s'intègre dans la lignée sur le renforcement de l'espace **Green Fablab** comme support de recherche et à la pédagogie pour continuer à tisser des liens entre les méthodes et outils développés au laboratoire ERPI avec le développement de compétences de conception produit eco-responsable à l'école ENSGSI.

Je souhaite continuer à développer des enseignements de type "*Do-It-Together*" en mobilisant des outils d'éco-conception mécanique via l'open source hardware au sein des enseignements du pôle Conception et Innovation de l'ENSGSI.

L'objectif est de combiner les approches open source hardware et *faire-soi-même* afin d'éco-concevoir des produits et des procédés qui répondent aujourd'hui à la stratégie des enjeux de l'économie circulaire. Je citerai trois orientations envisagées :

1. La compréhension de la caractérisation des matériaux en utilisant l'approche open hardware comme support pédagogique afin de relever le comportement et l'impact de fabrication.
2. La conception de produit en utilisant des critères de soutenabilité tels que la réparabilité, le reconditionnement et le recyclage. Cette phase de conception peut inclure des aides technologiques à la créativité numérique comme la réalité virtuelle afin d'explorer un espace de conception plus large.
3. L'open source comme une pratique disruptive dans la conception mécanique et dans l'innovation produit.

Les matières premières secondaires: D'abord, la compréhension et la caractérisation des matériaux est un pilier essentiel dans la formation des ingénieurs. La communauté scientifique développe de plus en plus de matériaux bio-sourcés. Il y a un champ pédagogique à explorer en utilisant de nouveaux composites à base de déchets qui impliquent la caractérisation des matériaux, ainsi que des évaluations économiques et environnementales du cycle de vie.

Plus spécifiquement pour le cursus d'ingénierie de 2eme année, il s'agit donc de créer une connaissance de caractérisation mécanique open source pour comprendre les impacts qu'ont les choix des procédés de fabrication sur la performance mécanique et d'usage. Assurément, un élément essentiel sera la compréhension des barrières et des opportunités inhérentes à la matière recyclée en tant que matière secondaire. Cet axe peut mobiliser et intégrer les acquis des modules de génie mécanique (GM1-A, GME2A, GME3, GME4).

(Re)conception et Innovation en mode Green Fablab

Ensuite, au vu des impacts écologiques de la surproduction et de surconsommation sur la capacité de charge de nos écosystèmes, il est impératif de favoriser des compétences pour prioriser le 'droit à la réparation'¹¹.

Plus précisément, cette proposition peut faire un complément dans les acquis dans les modules de conception (CI3 — Conception mécanique/CAO et CI6 — Conception, ergonomie, design) afin d'inclure des principes d'économie circulaire auxquels les futurs élèves ingénieurs feront face dans un contexte de conception produit. Il s'agit donc de mettre en situations actives les étudiants dans une perspective de départ sur la réparation *inventive* des objets techniques afin d'aller vers une éco-conception du produit. Cela implique la mobilisation de ressources support du LF2L et Green fablab comme électronique Arduino, impression et injection de matière plastique recyclée, logiciels de conception. La conception mécanique d'outils à faible coût, gratuits et open source, fabriqués numériquement (idéalement à partir de déchets

¹¹Plus de détails sur la communication officielle de l'EU [link](#)

recyclés) peut permettre une approche pédagogique pour la création des moyens de production y compris des outils scientifiques.

Open design pour la soutenabilité: les atouts de la collecte jusqu'au recyclage en circuit court

L'open source est très fédérateur dans la technologie de l'information et des communications. Des nouvelles chaînes de valeur locales émergent dans l'économie sociale et solidaire.

Par une approche outillée et une ingénierie multidisciplinaire, il s'agit de montrer aux étudiants en quoi leurs cours en génie mécanique sont utiles dans le métier d'ingénieur GSI.

L'approche pédagogique doit mobiliser fortement les capacités à la création et à la documentation en open source sur les concepts et prototypes. Visant une intégration des procédés dans les circuits éco-solidaires aux travers des communs de la connaissance par l'open design.

Idéalement, ces éléments peuvent se positionner entre fin de 2ème année ingénieur, au moment où tous les cours en mécanique ont été dispensés afin de permettre aux étudiants de mobiliser l'ensemble de leurs compétences acquises au sein d'un projet de conception plus concret.

Ces éléments peuvent s'intégrer les modules (DDQ7)

L'objectif avec cette proposition de projet pédagogique est l'intégration progressive de l'approche open source dans le cursus. Les valeurs de l'ENSGSI sont porteuses du développement d'une ingénierie de l'innovation éco-responsable.

Qui peut être formalisée à chaque étape depuis l'analyse des besoins en passant par la co-crédation de solutions, jusqu'au prototypage des objets de conception intermédiaire à l'aide des techniques de l'impression 3D tout en identifiant une réutilisation possible d'un gisement aujourd'hui non valorisable.

Ces axes peuvent contribuer au syllabus au niveau :

- C3 : Elaborer et Implémenter des processus d'innovation
 - C3.3 Réaliser l'éco-conception de nouveaux produits à partir de l'ACV en suivant les principes de l'économie circulaire.
- C7 : Promouvoir et mettre en oeuvre les principes du développement durable et la Responsabilité sociétale
 - C7.5 Rechercher, en intégrant des nouvelles technologies disponibles, les moyens d'améliorer les performances QHSE, DD&RS de l'organisation/produits/procédés
 - C7.6 Déployer ou orienter de nouvelles activités en s'appuyant sur les principes de l'Économie Sociale et Solidaire, de l'Inclusivité et de l'éco conception.

4 Activités administratives et de valorisation

4.1 Activités administratives liées à la pédagogie

- Participation dans le comité technique de la conférence ICE / IAMOT 2022 à Nancy. 300 Participants internationaux

4.2 Activités d'encadrements pédagogique

- 2017-2018 Project Holipresse 1AI: Création d'un moule par système de strato-conception low-cost pour la fabrication de pièces injectées à partir de bouchons de bouteilles recyclés. Plus de détails: <https://holimaker.fr/>
- Plast'If (2019- 2020): Test de caractérisation de matière plastique recyclée pour l'utilisation des machines d'impression directe -Fused Granular Fabrication FGF-. Plus de détails: <https://www.plastif.com/>
- 2017-2018: Project Fabcity Nancy 2AI: Cartographie des initiatives sur des démarches de fabrication locale et circulaire. Cette démarche est portée par ERPI / ARTEM / ENSAD. Plus de détails: <http://fabcity-nancy.fr/>
- Accompagnement des étudiants (10) pendant 6 semaines dans le module d'Initiation de Recherche de l'école d'ingénieurs CESI Nancy. Création de prototypes pour l'extrusion de filaments en utilisant open hardware. Plus de détails dans le lien: <http://lf2l.fr/projects/green-fablab/>

4.3 Participation coordination et montage de projets

Tableau 3: Participation aux montages de projets

Projet	Financier	Budget	But du projet	Role
Network to build and strengthen capacities in Climate Action through joint cocurricular programs, knowledge sharing and cooperation (LATAM-EU-CAN)	Erasmus +	787 511 (dont 112 K€ ERPI)	Renforcer les connaissances et les capacités des EES de Colombie et du Chili afin de développer conjointement des programmes d'enseignement dans le domaine de l'action climatique par le biais du partage des connaissances et de la coopération.	Participation au montage (Soumis)
Creating Innovation and entrepreneurship ecosystems (U4BUSINESS)	ERASMUS-LS	900 k€ (dont 72 k€ ERPI)	Générer des écosystèmes d'innovation et d'entrepreneuriat en établissant un contact plus fort et plus étroit entre les universités latino-américaines,	Participation au montage (Soumis)
ERC - Starting Grant	European Research Council	1.4 M€	Conception systémique de recyclage distribuée via l'open hardware	Porteur du projet (Soumis)
Transnational Academy of Social Innovation for Climate Action	Erasmus+ KA220-HED - Cooperation partnerships in higher education.	Soumis Fev 2023	Promouvoir des systèmes d'enseignement supérieur interconnectés grâce à la structure de l'Académie, un réseau transnational de parties prenantes favorisant l'échange de compétences, d'expériences et de connaissances	Participation au montage et à la coordination de du ERPI
Everest Bio	ICEEL Carnot	60 k€	Développer une méthodologie générique permettant d'évaluer les services écosystémiques rendus par des activités industrielles fonctionnant en circuit court afin d'améliorer la prise de décisions des acteurs industriels et du secteur public. Validation sur le cas d'une filière de recyclage du plastique en circuit court.	Participation au montage et à la pilote scientifique
INEDIT (Open Innovation Ecosystems for Do It Together process)	EU Horizon 2020	6,4 M€	Contribuer, à travers la mobilisation d'une double plate-forme - numérique et physique – à renforcer le potentiel d'innovation des PME autour de la fabrication sociale.	Participation au montage et task leader de T6.4
ClimateLabs	Erasmus +	14 k€	Renforcement des capacités de recherche appliquée et d'innovation de dix universités partenaires du Mexique, du Brésil et de la Colombie par la conception et la mise en œuvre de laboratoires d'innovation sociale pour le changement climatique.	Participation au montage et project manager de l'UL pour la T1.1 et T2.2

Plast'if	Contrat Industriel	11 k€	Développement d'une méthodologie pour permettre la discrimination des plastiques usagés destinés à être revalorisés par impression 3D granulés	Participation au montage et execution des taches techniques
Green Compo 3D	ICEEL Intra-CARNOT	14 000 €.	Valorisation en circuit court de déchets thermoplas-tiques pour la conception par impression 3D de structures composite	Execution du projet
CPER SuschemProc (Chimie et Procédés Durables au service des industries lorraines)	ICEEL Intra-CARNOT	44 000 €.	Recyclage en circuit court de différents matériaux plastiques de manière distribué et ce au moyen de machine d'impression 3D open source de type FDM (depôt de filament).	Execution du projet

4.4 Relations avec le monde socio-économique

- **2023:** Participation à concours Trophées des Campus Responsables 2023 aec le projet Green Fablab organisé par l'Association UTOPIES. Plus de détails dans le lien: https://utopies.com/trophees-des-campus-responsables/?utm_source=Campus+PROSPECT&utm_campaign=6b68a37c92-EMAIL_CAMPAIGN_2018_04_18_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_166f0fc31c-6b68a37c92-572807294
- Module sur l'impression 3D auprès des professeurs de technologie de l'Académie de Nancy-Metz. Les échanges ont porté sur la prise en main des étapes du processus d'impression 3D, depuis un modèle numérique CAO jusqu'à la détermination des paramètres d'impression en fonction de la matière utilisée. Cette expérience a été très constructive d'un point de vue pédagogique et a répondu à des besoins locaux liés à l'implémentation de ce type de technologie dans les collèges et les lycées de la région.
- Module a été dispensé pour des étudiants et des industriels de la région de Costa Rica. La thématique a concerné l'identification des étapes dans un processus de création des projets d'innovation, l'évaluation prospective du degré de nouveauté en utilisation des technologies eye-tracking et neuro-lab (e.g. capteurs physiologiques)
- **2018:** Participation à l'organisation des congrès mondial des Fablabs –FAB14– distribué en France. Un format distribué a été mis en place donc l'axe éducation a été organisé à Bataville, dans le Grand Est. Plus de détails dans le lien: <https://www.tierslieuxedu.org/2018-fab14edu-compte-rendu.pdf>
- **2018-2019:** La ville de Nancy a développé un Conseil d'Orientation de la Transition Écologique de Nancy (COTEN) afin de mettre en place des objectifs et des actions pour trouver des solutions aux enjeux environnementaux. J'ai participé en tant que représentant du laboratoire ERPI entre 2018-2019 au groupe de travail sur la gestion des déchets.
- **2017-2019:** Participation annuelle à la Foire Internationale de Nancy avec le stand de l'Université de Lorraine : Open Citizen Lab.

Plus précisément, un travail de médiation scientifique à la Foire Internationale de Nancy pour les projets étudiants du LF2L. Dans ce cadre, les prototypes des étudiants sont présentés pour avoir des retours des utilisateurs. Cela est une activité pédagogique de confrontation sur les idées développées hors du cadre conventionnel académique. Également, mettre en place un stand du projet Green Fablab afin d'interagir avec les visiteurs et vulgariser la recherche.¹²

- **2016** Participation au concours de vulgarisation scientifique **Ma thèse en 180s (2016)**
Finale régionale : Ce concours permet aux doctorants de présenter leur sujet de recherche, en français et en termes simples, à un auditoire profane et diversifié. Chaque étudiant ou étudiante doit faire, en trois minutes, un exposé clair, concis et néanmoins convaincant sur son projet de recherche. J'ai pu participer lors de la finale Régionale, qui est le résultat d'un processus de sélection de 11 doctorants sur une trentaine de candidats. J'ai obtenu le *Prix des étudiants*, le prix du *public* et la 3^{me} place après délibération du Jury.

Lien vers la vidéo de la prestation - Finale de l'Université de Lorraine 2016 : <https://videos.univ-lorraine.fr/index.php?act=view&id=3475>

¹²https://www.youtube.com/watch?v=c8ZyTJ9-YxU&feature=emb_title

5 Bibliographie

- Bakshi, B.R., Ghosh, T., Lee, K., 2019. Engineering, markets, and human behavior: an essential integration for decisions toward sustainability. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2019.10.004>
- Barbier, E.B., 2019. **The concept of natural capital**. Oxford Rev. Econ. Policy 35, 14–36.
- Ceschin, F., Gaziulusoy, I., 2016. Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. Des. Stud. 47, 118–163. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., Sartor, M., Nassimbeni, G., 2020. The future of manufacturing: a Delphi-based scenario analysis on Industry 4.0. Technol. Forecast. Soc. Change 120092. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120092>
- Despeisse, M., Baumers, M., Brown, P., Charnley, F., Ford, S.J., Garmulewicz, A., Knowles, S., Minshall, T.H.W., Mortara, L., Reed-Tsochas, F.P., Rowley, J., 2017. Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. Technol. Forecast. Soc. Change 115, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.09.021>
- Dietz, S., Neumayer, E., 2007. Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. Ecol. Econ. 61, 617–626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.09.007>
- Heikkinen, I.T.S., Savin, H., Partanen, J., Seppälä, J., Pearce, J.M., 2020. Towards national policy for open source hardware research: The case of Finland. Technol. Forecast. Soc. Change 155, 119986. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119986>
- Herrmann, C., Juraschek, M., Burggräf, P., Kara, S., 2020. Urban production: State of the art and future trends for urban factories. CIRP Ann. 69, 764–787. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.05.003>
- IPBS, 2019. **Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**.
- IPCC, 2017. **AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis — IPCC**.
- Jacobi, J., Llanque, A., Mukhovi, S.M., Birachi, E., Groote, P. von, Eschen, R., Hilber-Schöb, I., Kiba, D.I., Frossard, E., Robledo-Abad, C., 2022. Transdisciplinary co-creation increases the utilization of knowledge from sustainable development research. Environ. Sci. Policy 129, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.12.017>
- Kleer, R., Piller, F.T., 2019. Local manufacturing and structural shifts in competition: Market dynamics of additive manufacturing. Int. J. Prod. Econ. 216, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.04.019>
- Liu, X., Bakshi, B.R., 2019. Ecosystem Services in Life Cycle Assessment while Encouraging Techno-Ecological Synergies. J. Ind. Ecol. 23, 347–360. <https://doi.org/10.1111/jiec.12755>
- Pearce, J.M., 2020. Economic savings for scientific free and open source technology: A review. HardwareX 8, e00139. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2020.e00139>
- Pearce, J.M., 2017. Impacts of open source hardware in science and engineering. Bridge 47, 24–31.
- Wu, H., Mehrabi, H., Karagiannidis, P., Naveed, N., 2022. Additive manufacturing of recycled plastics: Strategies towards a more sustainable future. J. Clean. Prod. 335, 130236. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130236>

A Annexes

A.1 Liste de la Production Scientifique

A.1.1 Articles à comité de lecture dans des revues internationales

1. Gabriel, A., **Cruz, F.**, 2023. Open source IoT-based collection bin applied to local plastic recycling. HardwareX 13, e00389. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00389>
2. López, V.M., Carou, D., **Cruz S, F.A.**, 2022. Feasibility study on the use of recycled materials for prototyping purposes: A comparative study based on the tensile strength. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 09544054221113378. <https://doi.org/10.1177/09544054221113378>
3. Xue, F., Robin, G., Boudaoud, H., **Cruz Sanchez, F.A.**, Daya, E.M., 2022. General Methodology to Investigate the Effect of Process Parameters on the Vibration Properties of Structures Produced by Additive Manufacturing Using Fused Filament Fabrication. JOM 74, 1166–1175. <https://doi.org/10.1007/s11837-021-05051-9>
4. Santander, P., **Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Camargo, M., 2022. Social, political, and technological dimensions of the sustainability evaluation of a recycling network. A literature review. Clean. Eng. Technol. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100397>
5. Alexandre, A., **Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Camargo, M., Pearce, J.M., 2020. Mechanical Properties of Direct Waste Printing of Polylactic Acid with Universal Pellets Extruder: Comparison to Fused Filament Fabrication on Open-Source Desktop Three-Dimensional Printers. 3D Print. Addit. Manuf. 3dp.2019.0195. <https://doi.org/10.1089/3dp.2019.0195>
6. Santander, P., **Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Camargo, M., 2020. Closed loop supply chain network for local and distributed plastic recycling for 3D printing: a MILP-based optimization approach. Resour. Conserv. Recycl. 154, 104531. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104531>
7. **Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Camargo, M., Pearce, J.M., 2020. Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy. J. Clean. Prod. 264, 121602. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121602>
8. **Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Hoppe, S., Camargo, M., 2017. Polymer recycling in an open-source additive manufacturing context: Mechanical issues. Addit. Manuf. 17, 87–105. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.05.013>
9. **Cruz Sanchez, F.A.**, Boudaoud, H., Muller, L., Camargo, M., 2014. Towards a standard experimental protocol for open source additive manufacturing. Virtual Phys. Prototyp. 9, 151–167. <https://doi.org/10.1080/17452759.2014.919553>

A.1.2 Articles soumis récemment (en attente de décision) :

1. Xue, F., Robin, G., Boudaoud, H., **Cruz Sanchez, F.A.**, Daya, E.M., “*Enhancing vibration damping properties of viscoelastic structures printed by fused filament fabrication through the optimization of process parameters*”. Journal of Manufacturing Processes. (**Soumis en Mars 2023– en révision**)
2. Osorio F, **Cruz Sanchez F**, Camargo M., Dupont L., Peña J., “*Exploring team roles for social innovation labs: toward a competence-based role self-assessment approach*” Journal of Engineering and Technology Management (**Soumis en Mars 2022– en révision**)

3. Caceres C, Santander P., **Cruz Sanchez F**, Troussier N., Camargo M., Boudaoud H., “*Life Cycle Assessment of Distributed Plastic Recycling via Additive Manufacturing*” Cleaner Waste Systems (Soumis en Mars 2023– en révision)

A.1.3 Communications dans des congrès internationaux à comité de lecture

1. Xue, F., Boudaoud, H., Robin, G., **Cruz Sanchez, F. A.**, & Daya, E. M. (2022). Influence of layer thickness and nozzle temperature on the interlocking adhesion strength of additive manufactured multi-material interface. In 2022 International Solid Freeform Fabrication Symposium.
2. Xue, F., Robin, G., Boudaoud, H., **Cruz Sanchez, F. A.**, & Daya, E. M. (2021). Effect of process parameters on the vibration properties of PLA structure fabricated by additive manufacturing. In 2021 International Solid Freeform Fabrication Symposium. University of Texas at Austin.
3. Roux-Marchand, T., **Cruz, F.**, Dupont, L., Camargo, M., Osorio, F., 2020. Connecting the strategic intent of innovation labs and projects: the case of the Green Fablab, in: 2020 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). IEEE, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC49519.2020.9198320>
4. Pavlo, S., **Fabio, C.**, Hakim, B., Mauricio, C., 2018. 3D-Printing Based Distributed Plastic Recycling: A Conceptual Model for Closed-Loop Supply Chain Design, in: 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). IEEE, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436296>
5. Albuquerque, R., Arbelaez, G., **Cruz, F.**, Camargo, M., Joseph, D., Tran, N., 2018. Modelling, Printing and Validation of Dental Dry Models for Implantology Skills Training, in: 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). IEEE, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436302>
6. **Cruz, F.**, Lanza, S., Boudaoud, H., Hoppe, S., Camargo, M., 2015. Polymer Recycling and Additive Manufacturing in an Open Source context : Optimization of processes and methods, in: Solid Freeform Fabrication. Austin, Texas, pp. 1591–1600.

A.1.4 Ouvrages scientifiques

1. **Cruz, F.**, Lanza, S., Boudaoud, H., Hoppe, S., Camargo, M., “*Approche méthodologique pour évaluer la faisabilité du recyclage des polymères dans un contexte de fabrication additive open-source.*” (En relecture par les éditeurs)
2. Pavlo, S., **Fabio, C.**, Hakim, B., Mauricio, C., “*Recyclage distribué en circuit court de plastiques revalorisés par l’impression 3D « Open Source »: Un cadre pour l’analyse et l’évaluation de sa durabilité.*” (En relecture par les éditeurs)

A.1.5 Colloques et congrès nationales

1. Marche, B., Kasmi, F., **Sanchez, F.**, Mayer, F., & Dupont, L. (2020, March). From technological demonstrator to sustainable supply chain demonstrator: a conceptual framework. In Spring of Innovation.
2. **Fabio Cruz**, Hakim Boudaoud, Sandrine Hoppe, Mauricio Camargo. Le concept du Green Fablab: une approche distribuée pour le recyclage de polymères en circuit-court dans le cadre de la fabrication additive open-source. 15ème Congrès de la Société Française de Génie des Procédés (SFGP), Jul 2017, Nancy, France. hal-02518997

A.2 Les attestations de l'ensemble des enseignements dispensés



ATTESTATION ENSEIGNEMENTS

Je soussigné, Olivier CHERY, Directeur des Etudes de l'Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation (E.N.S.G.S.I), atteste que :

Monsieur CRUZ SANCHEZ Fabio

a effectué les enseignements suivants en 2022/2023 pour l'Université de Lorraine:

			CM	TD	TP
ENSGSI	2 ^{ème} année préparatoire	Introduction à l'âge du faire et du DIY			12,25
	2 ^{ème} année ingénieur	48h « pour faire vivre des idées		20	
	3 ^{ème} année ingénieur	Recherche, Innovation, Développement	4	6,5	
	M2 – IDEAS+IUVTT	Méthodologie de recherche appliquée à l'innovation	3,5		
		Atelier d'écriture scientifique et de publications		10	
IUT Nancy Charlemagne	LP animateur facilitateur de tiers lieux éco responsables	Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source	2		12
		Exploiter durablement les ressources et les partenariats	7	7	
UFR SHS Nancy	DU Economie et aménagement durable des territoires	Conduite de projets complexes	6	1,5	

Pour un total de 94,92 HETD

Olivier CHERY



Directeur des Etudes de l'ENSGSI

Nancy, le 28/03/2022

ATTESTATION

Je soussignée, Laure MOREL, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation (E.N.S.G.S.I), atteste que :

Monsieur CRUZ SANCHEZ Fabio

a effectué les enseignements suivants en 2021/2022 :

			CM	TD	TP
ENSGSI	1 ^{ère} année ingénieur	Conception mécanique/CAO			12
	2 ^{ème} année ingénieur	48h pour innover		20	
	3 ^{ème} année ingénieur	Innovation, développement et recherche	3	4,5	
	Master Design, PT IDEAS	Méthodologie de recherche appliquée à l'innovation	3,5	4	
IUT Nancy-Charlemagne	LP animateur facilitateur de tiers lieux éco-responsables	Exploiter durablement les ressources et partenariats	6	6	12
		Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source	6		9
		Animation d'un lieu		3	3

Pour un total de 91 HETD

Fait et délivré pour servir et valoir ce que de droit.

Laure MOREL

Directeur de l'ENSGSI

Nancy, le 28/03/2022

ATTESTATION

Je soussignée, Laure MOREL, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation (E.N.S.G.S.I), atteste que :

Monsieur CRUZ SANCHEZ Fabio

a effectué les enseignements suivants en 2020/2021 :

			CM	TD	TP
ENSGSI	1 ^{ère} année préparatoire	Résistance des matériaux		3,75	
	3 ^{ème} année ingénieur	Innovation, développement et recherche	2	4	
	Master Design-IDEAS	Atelier d'écriture scientifique et de publication		6	
		Méthodologie de recherche appliquée à l'innovation	3	6	
IUT Nancy-Charlemagne	LP animateur facilitateur de tiers lieux éco-responsables	Exploiter durablement les ressources et partenariats	3	12	9
		Recyclage des matériaux à l'aide de techniques open source	2		5,5
		Animation d'un lieu		2	1
IUT Metz	LP Fabrication additive	Economie Circulaire			4

Pour un total de 69 HETD

Fait et délivré pour servir et valoir ce que de droit.

Laure MOREL



Directeur de l'ENSGSI

Nancy, le 28/03/2022

ATTESTATION

Je soussignée, Laure MOREL, Directrice de l'Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation (E.N.S.G.S.I), atteste que :

Monsieur CRUZ SANCHEZ Fabio

a effectué les enseignements suivants en 2019/2020 :

ENSGSI	3 ^{ème} année ingénieur		CM	TD	TP
		Innovation, développement et recherche	10,5	14,75	
		Pratiques de pilotage des entreprises innovantes		15	
	Master Design-IDEAS	Atelier d'écriture scientifique et de publication		6,5	

Activités pédagogiques supplémentaires :

- 2 co-encadrements de stagiaires en Master Design, parcours IDEAS

Pour un total de 57 HETD

Fait et délivré pour servir et valoir ce que de droit.

Laure MOREL



Directeur de l'ENSGSI

Je soussignée Laure MOREL, directrice de l'École Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation (ENSGSI) – Université de Lorraine, atteste que pour les années universitaires 2017-2018 et 2018-2019, Fabio Alberto CRUZ SANCHEZ a été employé en qualité d'intervenant. Le tableau ci-dessous résume son service pour l'enseignement :

Auditoire	Établissement	Année	Enseignement	CM	TD	TP
Ingénieur BAC+3	ENSGSI ¹	2017-2018	Pôle Conception et Innovation Module Ingénierie de l'innovation II / Design Thinking		15	
Master 2 Design Global – Spécialité MIDI ² BAC+5	ENSGSI	2017-2018	Module CI14. Introduction à la recherche		4	
Étudiants Master 2 Internationaux	ENSGSI	2017-2018	Summer school « Neuromarketing and Innovation » (Cours en Anglais)		8	
Étudiants Master 2 Internationaux	Université de Lorraine	2018-2019	Summer School collegium LMI/Lorraine INP “From Idea – to market” (Cours en anglais)		16	
Professeurs des collèges et lycées <i>Formation Continue</i>	ENSGSI - Rectorat	Mars 2017	Introduction au prototypage et à l'impression 3D		32	
		Mars 2018				
			TOTAL en équivalent TD		75	

Fait à Nancy, le 21/10/2019

Laure MOREL
Directrice de l'ENSGSI



¹ Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes et de l'Innovation

² MIDI : Management de l'Innovation et Design Industriel