



Proposition de thèse 2025 – 2028 :

EVALUATION ET OPTIMISATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES PROCÉDES DE FABRICATION ADDITIVE METALLIQUE

Mots-clés : Impacts environnementaux, soutenabilité des procédés de fabrication, fabrication additive.

Contexte du projet :

La fabrication additive métallique (« *Metal Additive Manufacturing* » MAM) connaît un essor croissant grâce à une diversification des applications et des fonctionnalités ainsi qu'à ses gains en productivité et en compétitivité [1]. L'équipe de recherche ICB/PMDM de l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM) dispose justement de différentes machines de fabrication additive métallique comme la fusion laser sur lit de poudre ou encore la projection cold-spray. Par ses nombreuses collaborations industrielles, différents secteurs sont visés comme : (a) l'aéronautique et le spatial (b) le biomédical (c) l'horlogerie. Pour chacun des secteurs, la fabrication additive se révèle pertinente en comparaison aux procédés soustractifs traditionnels notamment pour (a) la réalisation de pièces de géométrie complexe pour l'allègement des structures, (b) la réalisation en série unique de pièces (c) l'optimisation des rendements matière des procédés pour des matériaux onéreux.

Si la viabilité économique de tels procédés a d'ores et déjà été démontrée, les impacts environnementaux sur le cycle de vie complet des produits restent à affiner et à systématiser. Gonçalves *et al* [2] ont étudié les coûts et les impacts environnementaux de la fabrication additive métallique dans le secteur de l'aéronautique comparativement à des moyens de production soustractifs. Un gain financier de 33% a été démontré avec une réduction de près de 60% des impacts environnementaux. Lyons *et al* [3] ont montré que les prothèses de genou en alliage de titane Ta6V bénéficient grandement de la fabrication additive grâce à un rendement matière de 65% comparativement aux procédés soustractifs présentant un rendement de seulement 15%. La soutenabilité environnementale des pièces produites est donc ici déjà démontrée pour des pièces précises mais sans apporter un outil systématique d'évaluation et d'optimisation.

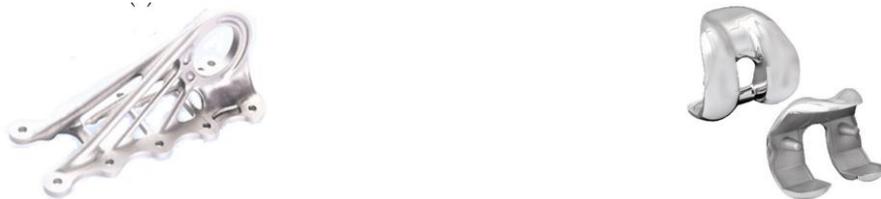


Figure 1 : élément de fixation pour le secteur de l'aéronautique [1] et élément de prothèse de genou [3]

C'est justement pour répondre à de tels besoins d'ouverture que ce projet de thèse s'inscrit. Le projet Interreg COMPASS (« *COMprehensive Production Assessment for Sustainable Systems* ») vise en effet à offrir des outils d'aide à la décision pour adresser différents secteurs d'activité de la fabrication additive métallique. Le consortium rassemble des acteurs privés et publics de part et d'autre de la frontière franco-suisse le long de l'arc jurassien. Chaque acteur possède des axes d'expertises complémentaires parmi lesquels la logistique durable et les procédés soustractifs pour la Haute-Ecole d'Ingénierie HE-ARC de Neuchâtel (Suisse), l'analyse de cycle de vie pour le bureau d'étude CEDD basé à Belfort (France), la chaîne de valeur des procédés additifs pour l'UTBM (France), l'économie circulaire pour Go-Circular (Suisse). Les livrables du projet tel qu'un outil d'aide à la décision pour l'aide au choix de procédé ainsi que l'optimisation environnementale seront directement adressés par le projet de thèse proposé.

Contenu de l'activité :

Les travaux conduits à travers cette thèse ont trois objectifs majeurs :

- Mesurer et systématiser les relevés de consommation énergétique et de rendement matière sur l'ensemble de la chaîne de valeur des procédés additifs et soustractifs.
- Optimiser la chaîne de valeur de la fabrication additive métallique. Des évolutions sur les atomiseurs de métaux et les machines de fusion Laser devront être apportées afin de minimiser les impacts environnementaux.

Le (la) candidat(e) évoluera dans un laboratoire de recherche à la pointe de l'état de l'art sur la fabrication additive (ICB/PMDM, <https://icb.cnrs.fr> ; <https://lermps.utbm.fr>) et devra interagir avec des partenaires privés locaux du Nord Franche-Comté (CEDD, BV Proto), nationaux pour les secteurs de l'aéronautique et Suisses pour le secteur horloger. Les résultats obtenus seront valorisés à travers des publications scientifiques et conférences internationales. Ils devront également soutenir le développement d'enseignements de formation continue et universitaire portés par l'UTBM et la HE-ARC en offrant des cas d'études concrets.

Profil recherché :

- Le (la) candidat(e) devra être diplômé d'un master ou d'une école d'ingénieur avec comme spécialité les procédés de fabrication métalliques.
- Le (la) candidat(e) devra avoir un intérêt pour les problématiques environnementales liées à la production de pièce métalliques à haute valeur ajoutée. Il (elle) devra interagir facilement avec différents interlocuteurs.

Contacts :

1. Olivier Marconot, Département Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux, Maître de Conférences des Universités – Section CNU 62
UTBM Sevenans -Pavillon S – S205, Tél. +33 (0)3 84 58 30 57,
Olivier.Marconot@utbm.fr
2. Sophie Costil, Département Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux, Professeur des Universités – Section CNU 28
UTBM Sevenans -Pavillon S – S303, Tél. +33 (0)3 84 58 32 35,
Sophie.Costil@utbm.fr

Bibliographie :

- [1] A. Vafadar, F. Guzzomi, A. Rassau, and K. Hayward, "Advances in metal additive manufacturing: A review of common processes, industrial applications, and current challenges," Feb. 01, 2021, *MDPI AG*. doi: 10.3390/app11031213.
- [2] B. M. Colosimo, S. Cavalli, and M. Grasso, "A cost model for the economic evaluation of in-situ monitoring tools in metal additive manufacturing," *Int J Prod Econ*, vol. 223, May 2020, doi: 10.1016/j.ijpe.2019.107532.
- [3] R. Lyons, A. Newell, P. Ghadimi, and N. Papakostas, "Environmental impacts of conventional and additive manufacturing for the production of Ti-6Al-4V knee implant: a life cycle approach," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 112, no. 3–4, pp. 787–801, Jan. 2021, doi: 10.1007/s00170-020-06367-7.



PhD Position : 2025-2028 :

**ENVIRONEMENTAL EVALUATION AND OPTIMIZATION OF ADDITIVE
MANUFACTURING PROCESSES**

Key Words: Additive Manufacturing, Environmental footprint, Laser Powder Bed Fusion, Gas atomization, Life Cycle Assessment.

Background:

Metal Additive Manufacturing (MAM) is growing rapidly thanks to a diversity of applications and functionalities, as well as gains in productivity and competitiveness [1]. The ICB/PMDM research team at the University of Technology of Belfort-Montbéliard (UTBM) has various metal additive manufacturing machines at its disposal, such as powder bed laser melting and cold spray deposition. Through its industrial collaborations, it targets various sectors such as: (a) aeronautics and space (b) prosthetics and medical tools (c) watchmaking. For each of these sectors, additive manufacturing is proving to be appropriate compared to traditional subtractive processes, particularly for (a) the production of complex geometric parts for weight reduction in structures, (b) the production of unique parts and (c) the optimization of material yields for expensive materials.

Although the economic viability of these processes has been demonstrated, their environmental impact over the entire product life cycle still needs to be refined and systematized. Gonçalves et al. [2] compared the costs and environmental impacts of metal additive manufacturing in the aerospace industry with subtractive manufacturing methods. They demonstrated a financial gain of 33%, with a reduction in environmental impacts of nearly 60%. Lyons et al. [3] demonstrated the significant benefits of additive manufacturing for knee prostheses made of Ta6V titanium alloy, with a material yield of 65% compared to 15% for subtractive processes. While the environmental sustainability of specific parts has been demonstrated, a systematic tool for evaluation and optimization is yet to be provided.



Figure 1 : fixing element for the aerospace industry [1] and knee prosthesis element [3]

This thesis project aims to address these needs. The Interreg COMPASS project (COMprehensive Production Assessment for Sustainable Systems) aims to provide decision-making tools for the various sectors involved in metal additive manufacturing. The consortium brings together private and public organizations from both sides of the French Swiss border in the Jura region. Members have complementary areas of expertise, including sustainable logistics and subtractive processes at the HE-Arc University of Applied Sciences and Arts in Neuchâtel (Switzerland); life cycle analysis at the CEDD design office in Belfort (France); the value chain of additive processes at UTBM (France); and the circular economy at Go-Circular (Switzerland). The project deliverables, such as systemic environmental impact assessment and optimization, will be directly addressed by the proposed thesis project.

PhD activity:

The work carried out in this thesis has two main objectives:

- Measure and systematize energy consumption and material efficiency data over the entire value chain of additive and subtractive processes.
- Optimize the processes of metal additive manufacturing. Developments in metal atomizers and laser melting machines will be required to minimize environmental impacts.

The candidate will work in a state-of-the-art research laboratory specializing in additive manufacturing (ICB/PMDM, <https://icb.cnrs.fr>; <https://lermps.utbm.fr>) and will interact with local private partners in northern Franche-Comté (CEDD, BV Proto), national partners in the aeronautics sector, and Swiss partners in the watchmaking sector. The results obtained will be promoted through scientific publications and international conferences. They will also support the development of continuing education and university courses offered by UTBM and HE-ARC by providing concrete case studies.

Candidate profile:

- Hold a master's degree or engineering degree with a specialization in metal manufacturing processes.
- Have an interest in environmental issues related to the production of high value-added metal parts. Be able to interact easily with different people.

Contacts:

1. Olivier Marconot, Département Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux, Maître de Conférences des Universités – Section CNU 62
UTBM Sevenans -Pavillon S – S205, Tél. +33 (0)3 84 58 30 57,
Olivier.Marconot@utbm.fr
2. Sophie Costil, Département Procédés Métallurgiques, Durabilité, Matériaux, Professeur des Universités – Section CNU 28
UTBM Sevenans -Pavillon S – S303, Tél. +33 (0)3 84 58 32 35,
Sophie.Costil@utbm.fr

Bibliography:

- [1] A. Vafadar, F. Guzzomi, A. Rassau, and K. Hayward, “Advances in metal additive manufacturing: A review of common processes, industrial applications, and current challenges,” Feb. 01, 2021, *MDPI AG*. doi: 10.3390/app11031213.
- [2] B. M. Colosimo, S. Cavalli, and M. Grasso, “A cost model for the economic evaluation of in-situ monitoring tools in metal additive manufacturing,” *Int J Prod Econ*, vol. 223, May 2020, doi: 10.1016/j.ijpe.2019.107532.
- [3] R. Lyons, A. Newell, P. Ghadimi, and N. Papakostas, “Environmental impacts of conventional and additive manufacturing for the production of Ti-6Al-4V knee implant: a life cycle approach,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 112, no. 3–4, pp. 787–801, Jan. 2021, doi: 10.1007/s00170-020-06367-7.

