Proposition de thèse 2025 – 2028 :

EVALUATION ET OPTIMISATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES PROCEDES 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. De 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'allégement 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.

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.
- Proposer un outil d'aide à la décision pour le choix des procédés entre fabrication et soustractive prenant en compte la viabilité économique et l'analyse des impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie des produits. Cet outil devra être adaptable aux différents secteurs d'activité étudiés et prendra également en compte les procédés de post-traitement comme de traitements thermiques ou revêtements.
- Etudier la chaîne de valeur de la fabrication additive métallique en identifiant et optimisant les postes impactant. Il pourra s'agir suivant les résultats de la première partie de l'étude des procédés de fusion Laser et de leur durabilité, de l'élaboration et du recyclage des matériaux précurseurs.

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 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.
- Le (la) candidat(e) devra être diplômé d'un master ou d'une école d'ingénieur avec comme spécialité l'écoconception ou l'ingénierie mécanique.
- Des connaissances en analyse de cycle de vie, écoconception, procédés de fabrication seraient un plus.

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.