



Offre de thèse :

Analyse énergétique à l'échelle de la microstructure du comportement thermomécanique d'un acier inoxydable 316L élaboré par fabrication additive

Lieu : Centrale Lille Institut (UMET UMR 8207 / LaMCube UMR 9013)

Début : Octobre 2025

Durée : 3 ans

Rémunération : Contrat doctoral de droit public (env. 2200€ bruts/mois).

Contexte et Objectifs :

Cette thèse se concentre sur l'optimisation du procédé MIM-like (Metal Injection Molding-like), une technologie de fabrication additive innovante visant à produire des pièces métalliques complexes en acier inoxydable austénitique 316L. Ce matériau, réputé pour ses excellentes propriétés mécaniques et sa résistance à la corrosion, est essentiel pour des secteurs clés, tels que l'aéronautique, l'automobile, le biomédical et l'énergie. L'objectif principal de cette recherche scientifique est de développer une méthodologie permettant de produire des pièces de haute qualité avec des performances mécaniques optimales, tout en réduisant le coût et l'empreinte écologique du procédé MIM-like.

En se concentrant sur l'optimisation des étapes critiques du procédé, notamment l'impression et les post-traitements, cette thèse vise à maximiser la densité des pièces tout en améliorant la microstructure, afin de garantir une fiabilité exceptionnelle des pièces produites. Ce projet cherche également à établir des corrélations solides entre les paramètres du procédé et les propriétés des pièces (mécaniques, thermiques et énergétiques), fournissant ainsi des outils pratiques pour l'industrie. Les résultats attendus permettront de valider l'industrialisation du procédé, en démontrant sa faisabilité pour des applications dans des secteurs stratégiques.

Le projet se concentre sur trois axes principaux :

- Optimisation des étapes d'impression et de post-traitements
- Caractérisation avancée des pièces fabriquées
- Validation industrielle et application aux secteurs stratégiques

Profil recherché : Nous recherchons un(e) candidat(e) titulaire d'un Master ou diplôme d'ingénieur en science des matériaux, mécanique des matériaux, procédés de fabrication additive ou un domaine connexe.

Compétences souhaitées :

- Connaissances en fabrication additive et métallurgie des poudres.
- Connaissances en imagerie quantitative (thermographie infrarouge, corrélation d'images numériques)
- Expérience en caractérisation des matériaux (MEB, DRX, essais mécaniques).
- Maîtrise des outils de modélisation et simulation numérique (serait un plus).
- Bonne capacité de communication et aptitude au travail en équipe.



Contraintes et risques : Le poste sur lequel vous candidatez se situe dans un secteur relevant de la protection du potentiel scientifique et technique (PPST) et nécessite donc, conformément à la réglementation, que votre arrivée soit autorisée par l'autorité compétente du MESR.

Candidature : Les candidats intéressés peuvent envoyer leur CV, une lettre de motivation et leurs relevés de notes à adil.benaarbia@centralelille.fr et ahmed.elbartali@centralelille.fr avant le **01/05/2025**.

Publications portant directement sur le sujet :

[1] Benaarbia A., Chrysochoos A., (2024). Full-field investigation of dissipative mechanisms and thermoelastic inversion effects within glass-fiber reinforced polyamides subjected to low-cycle fatigue. *Composites Part B : Engineering*, 111990. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111990>

[2] Benaarbia A., Chrysochoos A., Robert G., (2016). Thermomechanical analysis of the onset of strain concentration zones in wet polyamide 6.6 subjected to cyclic loading. *Mechanics of Materials*, 99 : 9-25. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2016.04.011>

[3] Martin V., Fabrication additive de matériaux magnétiques doux par voie indirecte, Thèse Centrale Lille, Dir : Gillon F., Najjar D., Hecquet M., 28 février 2022. <https://theses.hal.science/tel-04282729>

[4] Martin V., Gillon F., Najjar D., Benabou A., Witz J.W., et al. (2022). MIM-like additive manufacturing of Fe3%Si magnetic materials. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 564, 170104. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2022.170104>

[5] Hu Q., Estimation des bilans d'énergie multi-échelles au cours d'un essai de chargement cyclique d'un acier inoxydable 316L par mesures de champs couplées, Thèse Centrale Lille, Dir : El Bartali A., Najjar D., 16 novembre 2023. <https://theses.fr/2023CLIL0025>

[6] Hu Q., Beaurain B., Witz J.F., El Bartali A., Najjar D., (2025). Comparison of Hall-Petch Law with an Elastic Limit Identification Method Using Kinematic Field Measurements. *Experimental Mechanics*. <https://doi.org/10.1007/s11340-024-01140-3>

[7] Badin S., Relations entre paramètres d'un procédé d'impression 3D MIM-like et performances mécaniques de structures en acier inoxydable 316L, Thèse Centrale Lille, Dir : Najjar D., Magnier V., 2 décembre 2024.

[8] El Bechari R., Martin V., Gillon F., Guyomarch F., Brisset S., Najjar D., Witz J.F, (2023). From Topology Optimization to 3-D Printing of an Electromagnetic Core, *IEEE Transactions on Magnetics*, 59 : 1-4. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10064316>

[9] Caron E., Mesures stéréoscopiques à l'échelle de la microstructure : application aux phénomènes hors plan dans un polycristal métallique, Thèse Centrale Lille, Dir : El Bartali A., Magnier V., 9 décembre 2024. <https://theses.fr/s299366>

[10] Tejada Martinez L., Witz JF., Najjar D., Boidin X. et al. (2024). Hybrid FFF/CNC: An open source hardware & software system, *HardwareX*, 18, e00536. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2024.e00536>



PhD Offer :

Energy analysis at the microstructural scale of the thermomechanical behavior of 316L stainless steel manufactured by additive manufacturing

Location: Centrale Lille Institute (UMET UMR 8207 / LaMCube UMR 9013)

Start date: October 2025

Duration: 3 years

Salary: according to doctoral contract (about 2200€/month)

Context and Objectives:

This PhD focuses on optimizing the MIM-like (Metal Injection Molding-like) process, an innovative additive manufacturing technology designed to produce complex metal parts using austenitic stainless steel 316L. This material, known for its excellent mechanical properties and corrosion resistance, is crucial for key industries such as aerospace, automotive, biomedical, and energy. The main objective of this research is to develop a methodology for manufacturing high-quality parts with optimal mechanical performance while reducing the cost and ecological footprint of the MIM-like process.

By focusing on optimizing the critical stages of the process, particularly printing and post-processing, this PhD aims to maximize the density of the parts while improving their microstructure to ensure exceptional reliability. The project also seeks to establish strong correlations between process parameters and part properties (mechanical, thermal, and energetic), providing practical tools for the industry. The expected results will validate the industrialization of the process by demonstrating its feasibility for applications in strategic sectors.

The PhD project is structured around three main axes:

- Optimization of printing and post-processing steps
- Advanced characterization of manufactured parts
- Industrial validation and application to strategic sectors

Candidate Profile: We are looking for a candidate with a Master's degree or an engineering diploma in materials science, mechanics of materials, additive manufacturing processes, or a related field.

Desired Skills:

- Knowledge of additive manufacturing and powder metallurgy
- Experience with quantitative imaging (infrared thermography, digital image correlation)
- Experience in material characterization (SEM, XRD, mechanical testing)
- Proficiency in modeling and numerical simulation tools (would be a plus)
- Strong communication skills and ability to work in a team

Constraints and Risks: The position you are applying for falls within a sector subject to the protection of scientific and technical potential (PPST). Therefore, in accordance with regulations, your arrival must be authorized by the competent authority of the French Ministry of Higher Education and Research (MESR).



Application: Interested candidates can send their CV, a cover letter, and their academic transcripts to adil.benaarbia@centralelille.fr and ahmed.elbartali@centralelille.fr before May 1, 2025.

Publications directly related to the topic :

[1] Benaarbia A., Chrysochoos A., (2024). Full-field investigation of dissipative mechanisms and thermoelastic inversion effects within glass-fiber reinforced polyamides subjected to low-cycle fatigue. *Composites Part B : Engineering*, 111990. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111990>

[2] Benaarbia A., Chrysochoos A., Robert G., (2016). Thermomechanical analysis of the onset of strain concentration zones in wet polyamide 6.6 subjected to cyclic loading. *Mechanics of Materials*, 99 : 9-25. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2016.04.011>

[3] Martin V., Fabrication additive de matériaux magnétiques doux par voie indirecte, Thèse Centrale Lille, Dir : Gillon F., Najjar D., Hecquet M., 28 février 2022. <https://theses.hal.science/tel-04282729>

[4] Martin V., Gillon F., Najjar D., Benabou A., Witz J.W., et al. (2022). MIM-like additive manufacturing of Fe₃Si magnetic materials. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 564, 170104. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2022.170104>

[5] Hu Q., Estimation des bilans d'énergie multi-échelles au cours d'un essai de chargement cyclique d'un acier inoxydable 316L par mesures de champs couplées, Thèse Centrale Lille, Dir : El Bartali A., Najjar D., 16 novembre 2023. <https://theses.fr/2023CLIL0025>

[6] Hu Q., Beaurain B., Witz J.F., El Bartali A., Najjar D., (2025). Comparison of Hall-Petch Law with an Elastic Limit Identification Method Using Kinematic Field Measurements. *Experimental Mechanics*. <https://doi.org/10.1007/s11340-024-01140-3>

[7] Badin S., Relations entre paramètres d'un procédé d'impression 3D MIM-like et performances mécaniques de structures en acier inoxydable 316L, Thèse Centrale Lille, Dir : Najjar D., Magnier V., 2 décembre 2024.

[8] El Bechari R., Martin V., Gillon F., Guyomarch F., Brisset S., Najjar D., Witz J.F., (2023). From Topology Optimization to 3-D Printing of an Electromagnetic Core, *IEEE Transactions on Magnetics*, 59 : 1-4. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10064316>

[9] Caron E., Mesures stéréoscopiques à l'échelle de la microstructure : application aux phénomènes hors plan dans un polycristal métallique, Thèse Centrale Lille, Dir : El Bartali A., Magnier V., 9 décembre 2024. <https://theses.fr/s299366>

[10] Tejada Martinez L., Witz J.F., Najjar D., Boidin X. et al. (2024). Hybrid FFF/CNC: An open source hardware & software system, *HardwareX*, 18, e00536. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2024.e00536>