

PhD opportunity: Residual shock-fatigue performance of hybrid metal/elastomer architected materials



Abstract: Architected materials such as 3D micro-lattices offer outstanding mass-specific performance for lightweight protection and energy absorption [1,2].

Metallic lattices manufactured by laser powder bed fusion (LPBF), e.g. in 316L stainless steel, are promising for harsh environments, but defence-relevant load cases go beyond quasi-static: the structure must retain performance after an impact event and remain tolerant to fatigue damage, including combined sequences impact → fatigue and fatigue → impact.

This PhD project targets the understanding and prediction of the residual shock-fatigue performance of hybrid architected materials, where an LPBF 316L lattice is injected with a thermoplastic polyurethane (TPU). TPU can enhance dissipation, stabilize deformation modes, limit local instabilities and redistribute stresses after impact [3]; conversely, insufficient adhesion, injection defects, residual porosity, or an uncontrolled LPBF surface state may accelerate interfacial debonding and degrade fatigue. The work will develop an integrated experimental-numerical approach combining mechanical testing under impact and cyclic loading, post-mortem and interrupted X-ray micro-CT observations, and finite-element modelling with appropriate constitutive laws and interface descriptions.

The project will quantify how architecture, relative density, surface preparation and processing parameters govern damage initiation and progression and will deliver design and processing guidelines (and simple indicators where possible) to optimize residual performance and support qualification of these hybrid lattices.

Keywords: architected materials; LPBF; 316L lattice; TPU; processing; residual performance; impact; fatigue; metal-polymer interface; X-ray micro-CT; finite element modelling.

Background of the candidate: solid mechanics, mechanical engineering, materials science (experimental mechanics, fatigue/impact, numerical modelling).

Location: Paris (PIMM Lab, Arts et Métiers, Cnam, CNRS) and Bordeaux (I2M Lab, Arts et Métiers, U. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP).

Funding: 3-year contract, with a basis salary of 2300€ brut per month.

Starting date: October 2026

Contacts:

Dr. Justin Dirrenberger
justin.dirrenberger@ensam.eu
Prof. Nicolas Saintier
nicolas.saintier@ensam.eu



References:

- [1] Dirrenberger, J. (2025). Architected materials obtained through additive manufacturing. *Techniques de l'Ingénieur*, (M4920).
- [2] Maconachie, T., Leary, M., Lozanovski, B., Zhang, X., Qian, M., Faruque, O., & Brandt, M. (2019). SLM lattice structures: Properties, performance, applications and challenges. *Materials & Design*, 183, 108137.
- [3] Albertini, F., Dirrenberger, J., Sollogoub, C., Molotnikov, A., Adrien, J., & Maire, E. (2025). Hybrid auxetics: Postponing failure with elastomer infiltration of Ti-6Al-4V lattices. *International Journal of Mechanical Sciences*, 110704.

Offre de thèse : Tenue résiduelle en choc-fatigue de matériaux architecturés hybrides métal/élastomère



Résumé : Les matériaux architecturés, et en particulier les micro-treillis 3D, offrent un compromis masse/performances très favorable pour la protection allégée et l'absorption d'énergie [1,2]. Les treillis métalliques en acier inoxydable 316L fabriqués par fusion laser sur lit de poudre (LPBF) sont prometteurs en environnement sévère, mais les cas de charge visés (contexte défense) dépassent le quasi-statique : la structure doit conserver des performances après un choc et rester tolérante à l'endommagement en fatigue, y compris pour des séquences impact → fatigue et fatigue → impact. Cette thèse vise la compréhension et la prédiction de la tenue résiduelle choc-fatigue de matériaux hybrides où un treillis 316L LPBF est injecté avec une matrice en polyuréthane thermoplastique (TPU). Le TPU peut accroître la dissipation, stabiliser certains modes de déformation, limiter des instabilités locales et redistribuer les contraintes après impact [3] ; à l'inverse, une adhésion insuffisante, des défauts d'injection, une porosité résiduelle ou un état de surface LPBF non maîtrisé peuvent accélérer la décohésion interfaciale et dégrader la tenue en fatigue. Le projet développera une approche expérimentale-numérique intégrée combinant essais d'impact et de chargement cyclique, observations par tomographie X (μ CT) en post-mortem et en interrompu, et modélisation par éléments finis avec lois de comportement adaptées et description d'interface.

L'objectif est de quantifier l'influence de l'architecture, de la densité relative, de la préparation de surface et des paramètres procédé sur l'initiation et la propagation de l'endommagement, puis de produire des règles de conception et de procédé (et, si possible, des indicateurs simples) pour optimiser les performances résiduelles et contribuer à la qualification de ces treillis hybrides.

Mots-clés : matériaux architecturés ; LPBF ; treillis 316L ; TPU ; procédés ; tenue résiduelle ; impact ; fatigue ; interface métal-polymère ; tomographie X (μ CT) ; modélisation éléments finis..

Formation initiale : mécanique du solides, génie mécanique, science des matériaux (mécanique expérimentale, fatigue/impact, modélisation).

Site : Paris (PIMM Lab, Arts et Métiers, Cnam, CNRS) and Bordeaux (I2M Lab, Arts et Métiers, U. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP).

Rémunération : CDD 3 ans, avec un salaire de base de 2300€ brut par mois.

Date de début souhaitée : octobre 2026

Contacts :

Dr. Justin Dirrenberger
justin.dirrenberger@ensam.eu
Prof. Nicolas Saintier
nicolas.saintier@ensam.eu



References:

- [1] Dirrenberger, J. (2025). Architected materials obtained through additive manufacturing. Techniques de l'Ingénieur, (M4920).
- [2] Maconachie, T., Leary, M., Lozanovski, B., Zhang, X., Qian, M., Faruque, O., & Brandt, M. (2019). SLM lattice structures: Properties, performance, applications and challenges. Materials & Design, 183, 108137.
- [3] Albertini, F., Dirrenberger, J., Sollogoub, C., Molotnikov, A., Adrien, J., & Maire, E. (2025). Hybrid auxetics: Postponing failure with elastomer infiltration of Ti-6Al-4V lattices. International Journal of Mechanical Sciences, 110704.