



Avis de soutenance – Pierre Hébrard

- Date : jeudi 22 janvier 2026 à 14 h
- Lieu réservé : Amphi A
- Titre de la thèse en français :

Effet de la mise en forme spatiale et temporelle de faisceau laser pour le procédé de fabrication additive par fusion sur lit de poudre (L-PBF).

Analyse physique du procédé et étude des microstructures formées

- Titre de la thèse en anglais:

Effects of spatial beam shaping and pulsed laser beam on the L-PBF process :
process stability, microstructure and mechanical properties of AlSi₁₀Mg alloy.

Résumé

La fabrication additive (FA) métallique par le procédé de Fusion Laser sur Lit de Poudre (L-PBF) change la façon de développer et de concevoir les produits industriels en permettant la réalisation de formes optimisées. La mise en oeuvre des alliages d'aluminium présente un intérêt d'autant plus grand qu'ils répondent au besoin en pièces légères des industries des transports.

L'alliage AlSi₁₀Mg, couramment utilisé sur les machines L-PBF, reste difficile à élaborer en raison de sa forte réflectivité des laser infrarouges, de sa diffusivité thermique élevée et de sa sensibilité à l'oxydation. Des voies d'amélioration du procédé L-PBF sont recherchées dans ce travail de thèse à travers la modification des conditions d'éclairement laser par modulation temporelle du faisceau ou redistribution spatiale de son intensité.

Les régimes pulsés à 50 kHz et à 5 kHz réduisent l'apport d'énergie volumique et modifient les conditions de solidification par rapport à un régime continu : des cordons de fusion plus fins sont obtenus à même puissance crête ainsi que des microstructures affinées et plus anisotropes (moins dirigée <001> par rapport à la direction de fabrication), notamment à une fréquence de 5 kHz qui permet une solidification partielle des zones fondues entre chaque impulsion. Une amélioration de la limite élastique a ainsi pu être obtenue pour les rapports cycliques les plus faibles, en dépit de l'introduction de pores par rapport aux pièces fabriquées en régime continu.

Des mises en forme (MEF) de faisceau top-hat et annulaire ont été utilisées pour éviter la concentration de puissance au centre du faisceau Gaussien, source d'instabilités dans la zone fondue. Des cordons plus larges et peu profonds ont ainsi été obtenus avec les MEF, laissant envisager l'utilisation de vitesses et de puissances plus élevées pour améliorer la productivité du procédé par rapport au faisceau Gaussien. Les états de densification, les microstructures et les propriétés mécaniques obtenus avec les MEF ont montré des performances similaires à celles du faisceau Gaussien pour les conditions testées.

Mots clés : L-PBF, AlSi₁₀Mg, Mise en forme de faisceau, Modulation

Abstract

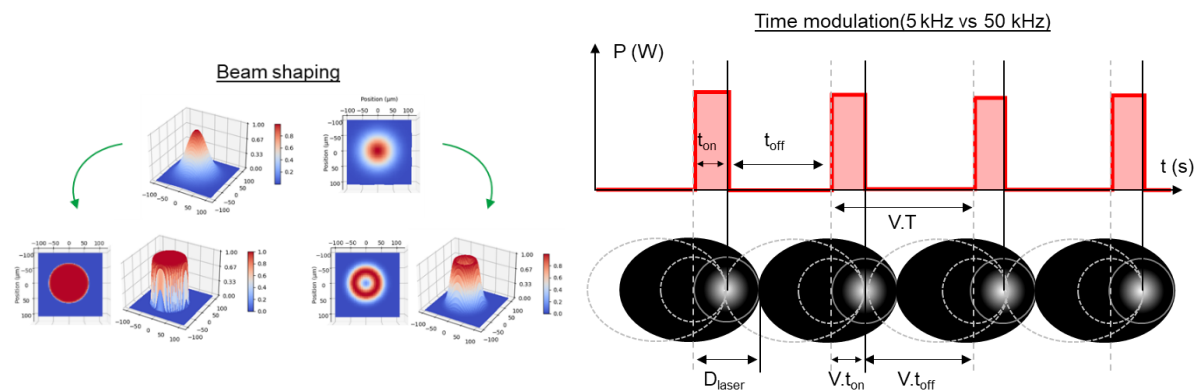
Metal additive manufacturing (AM), and particularly the Laser Powder Bed Fusion (L-PBF) process, is changing the way industrial products are developed and designed by enabling the creation of optimised shapes. The use of aluminium alloys is interesting as they meet the transport industry's need for lightweight parts.

The AlSi₁₀Mg alloy, commonly used in L-PBF machines, remains difficult to process due to its high reflectivity to infrared lasers, high thermal diffusivity, and sensitivity to oxidation. This work aims to improve the L-PBF process by modifying the laser illumination conditions through temporal modulation of the beam or spatial redistribution of its intensity.

Pulsed wave regimes at 50 kHz and 5 kHz reduce the volumetric energy input and modify the solidification conditions compared to a continuous regime: thinner fusion tracks are obtained at the same peak power, as well as refined and more anisotropic microstructures (less orientated <001> relatively to the build direction), particularly at a frequency of 5 kHz, which allows partial solidification of the molten areas between each pulse. An improvement in the elastic limit was thus achieved for the lowest duty cycles, despite the introduction of pores compared to parts built in continuous mode.

Top-hat and annular beam shaping were used to avoid power concentration at the centre of the Gaussian beam, which is a source of instability in the melt pool. Wider, shallower tracks were thus obtained with beam shaping, suggesting that higher speeds and powers could be used to improve the process productivity compared to the Gaussian beam. The densification states, microstructures, and mechanical properties with beam shaping showed similar performance to those of the Gaussian beam for the tested conditions.

Keywords : L-PBF, AlSi₁₀Mg alloy, beam shaping, microstructural design, modulated laser wave.



Jury :

Rapporteur : M. Jean-Paul GARANDET

Rapporteur : M. Guilhem MARTIN

Examinatrice : Mme. Gabriella TARANTINO

Examineur : M. Christophe TOURNIER

Examineur : M. Pascal AUBRY

Encadrant : M. Patrice PEYRE

Co-encadrante : Mme. Émilie LE GUEN

Co-encadrant : M. Bassem BARKIA

Invité : M. Ali Gökhan DEMIR