

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Corrélation de l'hydrodynamique du bain liquide à la génération de défaut en fabrication additive L-PBF

Référence : **MAS-DMAS-2025-04**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2025

Date limite de candidature : juin 2025

Mots clés

Fabrication additive ; monitoring ; défauts ; holographie; intelligence artificielle

Profil et compétences recherchées

Sciences des matériaux, mesures physiques, intelligence artificielle

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Cette thèse entre le PIMM et l'ONERA se déroule dans le cadre du projet ANR IMMAFUSE (2025-29) qui porte sur l'analyse in-situ des défauts des matériaux métalliques en fabrication par fusion laser. L'originalité des travaux du projet IMMAFUSE est la mise en œuvre de mesures topographiques du bain de fusion en cours de process par holographie. L'objectif principal de la thèse est de faire le lien entre comportement du bain liquide et la qualité des cordons formés grâce à cette méthode innovante, inédite à l'échelle mondiale dans le suivi des procédés additifs.

En fabrication additive, il est essentiel de monitorer le procédé pour garantir la meilleure stabilité de régime hydrodynamique et limiter la génération de défauts associés. Ainsi le PIMM, l'ONERA, LAUM et MatéiS associent leurs compétences dans le projet IMMAFUSE qui démarre en 2025. Des travaux antérieurs ont permis de mettre en œuvre une technique originale de visualisation 3D in situ par holographie appliquée à un bain de fusion. Les travaux de thèse vont consister à exploiter cette technique afin de mieux comprendre le comportement du bain liquide en fonction de la paramétrie laser (puissance, vitesse, taille de faisceau, ...) et de limiter les défauts générés dans les cordons. Des premiers travaux avaient permis de faire le lien entre l'hydrodynamique du bain et la quantité d'éjectas générée pendant le balayage laser. Il sera nécessaire de comparer les défauts détectés par holographie (in-situ) et par tomographie par rayons X (post-mortem). Cette corrélation (paramétrie laser – holographie – défauts) permettra de déterminer les observables holographiques révélant les conditions de génération de défauts et de dresser une défauthèque la plus exhaustive possible.

Le déroulé de la thèse est le suivant :

Phase 1 (6 mois) : Après une phase de bibliographie et de prise en main de la plateforme expérimentale, le banc optimisé sera validé sur une configuration faisceau fixe, utilisant le chemin optique conventionnel d'une machine de fabrication additive (tête scanner en configuration faisceau fixe). Le lit de poudre sera déplacé sous le faisceau laser afin d'obtenir des acquisitions holographiques couplées aux moyens d'images rapides disponibles au PIMM. Cette validation sera confirmée sur les deux matériaux (AlSi7 et IN718) retenus dans le cadre du projet. En parallèle, une première série de cordons sera réalisée suivie d'une caractérisation métallurgique menée à l'ONERA. L'objectif sera de mettre en place la chaîne de détection de défauts par analyse d'images et d'outils IA.

Phase 2 (9 mois) : Cette deuxième phase a pour objectif de valider la compatibilité de la technique holographique avec un chemin optique adapté au déplacement, qui permet dans une machine de fabrication additive de déplacer le faisceau laser à la surface du lit de poudre (tête scanner en configuration faisceau mobile). Cette phase sera réalisée en combinant le banc d'holographie avec la micromachine PIMM (banc MIMAS) qui reproduit le fonctionnement d'une machine à une échelle compatible avec des moyens d'instrumentation. Au cours de cette phase, des défauts volontaires seront introduits dans la fabrication en choisissant une paramétrie identifiée et favorable, ceci couplé à un suivi métallurgique, afin de vérifier la capacité de la chaîne de détection pour les deux matériaux.

Phase 3 (15 mois) : Cette troisième phase aura pour objectif de faire le lien entre les défauts et les paramètres procédé. Pour cela, il s'agira de coupler les analyses obtenues à partir des images 2D réalisées à l'ONERA et les images holographiques avec les moyens d'analyses du laboratoire MatéIS (radiographies X de pièces). Dans un deuxième temps, et dans la mesure où cela serait réalisable, il est envisagé de transférer les bancs d'holographie et de fabrication additive au laboratoire MatéIS pour une acquisition tomographique en temps réel. Cette étape requiert une logistique particulière (financement demandé).

Phase 4 rédaction publication (6 mois) : Les travaux prévus dans la phase 1 devraient permettre une première publication des résultats obtenus. La phase 2 amènera également à publication en confirmant la compatibilité de la méthode avec un faisceau mobile. Enfin le couplage des analyses X et de l'imagerie holographique alimentera une troisième publication.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Chatillon

Contact : Cécile Davoine

Tél. : 01 46 73 45 88

cecile.davoine@onera.fr

Email :

Directeur de thèse

Nom : Matthieu Schneider

Laboratoire : Arts et Metiers, Institute of Technology, Laboratoire PIMM

Tél. : 01 71 93 65 39

Email : matthieu.schneider@ensam.eu

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>