

Avis de soutenance

Monsieur Yaasin Mayi

Mécanique-matériaux (AM)

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Compréhension et simulation des phénomènes physiques affectant la fabrication additive en SLM

Dirigés par Messieurs Patrice PEYRE et Michel BELLET

Co-encadrés par Monsieur Morgan DAL et Madame Charlotte METTON

Soutenance prévue le **mardi 05 octobre 2021 à 13h30**

Lieu : Laboratoire PIMM, Arts et Métiers - Campus de Paris - HESAM Université, 151 Boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris

Salle : Amphi Esquillan (+ visioconférence)

Composition du jury proposé

M. Marc MEDALE	Professeur des universités	IUSTI	Rapporteur
M. Jean-Paul GARANDET	Directeur de recherches	CEA	Rapporteur
Mme Muriel CARIN	Professeur des universités	IRDL	Examineur
M. Eric BOILLAT	Professeur assistant	LMTM	Examineur
M. Jean-Michel BERGHEAU	Professeur des universités	LTDS	Examineur
M. Michel BELLET	Professeur des universités	CEMEF	Examineur
M. Patrice PEYRE	Directeur de recherches	PIMM-Arts	Examineur
M. Morgan DAL	Maître de conférences	PIMM-Arts	Examineur
Mme Charlotte METTON	Ingénieur de recherches	Safran Tech	Invité
M. Rémy FABBRO	Dir. De recherches émérite	PIMM-Arts	Invité

Mots-clés : fabrication additive, lit de poudre, interaction laser-matière, simulation, COMSOL®.

Résumé : Le procédé SLM (*Selective Laser Melting*) est une technique de fabrication additive qui consiste à fondre sélectivement, à l'aide d'un laser, une succession de couches de poudre en suivant un schéma prédéfini par ordinateur. Ce procédé repose sur plus d'une centaine de paramètres, notamment liés au laser, au matériau ou à l'environnement de travail. Fabriquer des pièces denses et sans défauts dépend donc de phénomènes locaux (géométrie du bain de fusion, gradients thermiques, changements de phase, etc.) et globaux (histoire thermique, géométrie de la pièce, etc.), mais de nombreux résultats peuvent être déduits d'études menées à l'échelle du bain de fusion. L'objectif de cette thèse est justement d'étudier, à l'aide d'un modèle numérique développé avec COMSOL Multiphysics®, comment des phénomènes locaux conditionnent les modes d'interaction laser-matière et la stabilité hydrodynamique des bains de fusion en régime de SLM. Trois « briques » de simulation sont développées : l'hydrodynamique du bain de fusion et de la vapeur métallique, le lit de poudre (suivant une approche continue-équivalente) et l'interaction laser-matière (via la méthode ray tracing). Chaque brique est vérifiée à l'aide de modèles analytiques et de cas tests numériques, puis validée grâce à des campagnes expérimentales dédiées et des radiographies X de haute résolution extraites de la littérature. De cette manière, on montre que le *keyhole* est le résultat d'une concentration de l'irradiance absorbée par le bain de fusion, à la manière d'un miroir concave. Nous modélisons également trois modes d'interaction (« conduction forcée », intermédiaire, *keyhole*), étudions leur stabilité, et formulons des recommandations sur les régimes adaptés au procédé SLM. On analyse enfin le phénomène de dénudation. À l'aide d'une étude associant simulation numérique, modélisation analytique et loi d'échelle, on montre que la nature de l'atmosphère de travail détermine au premier ordre l'intensité de ce phénomène, et on propose un outil qui aide à faire un choix raisonné du gaz de travail.