

Proposition de Sujet de thèse

Ecole Doctorale : Sciences pour l'Ingénieur (SPI.bzh)

Unité de recherche : IRDL CNRS UMR 6027

Localisation : IRDL Université Bretagne Sud Lorient

« Simulation numérique multi-échelle du procédé de fabrication additive LASER fil de pièces métalliques. Du bain de fusion à la pièce finale »

Directeur (IRDL) : M. Carin

Co-directeurs (IRDL) : S. Cadiou

Contact : stephen.cadiou@univ-ubs.fr

Financement envisagé : 50% ARED, 50% CDE

Résumé :

Les procédés de fabrication additive métallique connaissent ces dernières années un essor fulgurant aussi bien pour des applications grand public que dans le domaine industriel avec l'apparition de nouveaux procédés tels que le LASER fil. Ce procédé innovant, et de plus en plus médiatisé, risque de révolutionner dans les prochaines années l'industrie manufacturière que ce soit dans le domaine aéronautique, spatial, défense, ou de l'énergie. Cependant, de nombreux verrous scientifiques et technologiques restent encore à lever afin d'assurer une exploitation à plus grande échelle. De nombreux industriels sont prêts à se lancer sur cette technologie LASER fil prometteuse. Mais le manque d'études scientifiques poussées constitue un frein au développement de ces procédés. Il est donc important de vérifier la capacité du procédé à réaliser des pièces fonctionnelles répondant aux contraintes industrielles. D'autre part, tout le savoir-faire et la compréhension développés autour d'un procédé sont les fruits d'investissement financier important et de temps passé à la mise au point des procédés. Ainsi, pour des raisons évidentes d'économie, l'approche complémentaire, voire substitutive, d'un procédé par des modèles numériques est de plus en plus courante, avec notamment l'attrait croissant pour les jumeaux numériques. Ces modèles ont donc la volonté de reproduire aussi fidèlement que possible la réalité d'un procédé, mais aussi d'être prédictifs via des études paramétriques. C'est dans ce contexte que s'articule le projet de thèse. Elle a pour objectif d'apporter de meilleures compréhensions : sur le comportement du bain de fusion, sur la géométrie de la pièce, sur le contrôle des distorsions de la pièce lors de sa fabrication, de prédire l'état métallurgique de la pièce à l'état final ainsi que ses contraintes résiduelles. Il s'agit ici de recourir à une double approche au niveau de la modélisation numérique, combinant un modèle multiphysique complet pour une étude fine des phénomènes physiques à l'échelle du bain fondu et un modèle adapté permettant la simulation de la construction 3D d'une pièce entière en estimant les distorsions et les contraintes résiduelles. Les approches novatrices et de pointe développées au sein du l'IRDL pourront ici être améliorées et adaptées au procédé de fabrication étudié.

Contexte, objectifs et intérêts scientifiques

Le procédé LASER fil permet de fabriquer des pièces de géométrie complexe par superposition de différentes couches de matière. Le fil d'apport est préalablement fondu grâce à une source LASER se déplaçant pour former un dépôt. Un des freins au développement de cette nouvelle technologie réside dans la qualité des pièces ainsi fabriquées. Certains défauts, tels que des porosités, des déformations ou des fissures peuvent apparaître. Ces défauts sont étroitement liés au choix des paramètres opératoires et à leurs conséquences en termes d'histoire thermique, de microstructures, de déformations et contraintes induits lors de la fabrication. Afin d'optimiser les paramètres opératoires, il est possible de s'aider de la simulation numérique. Cependant, celle-ci ne peut reposer uniquement sur l'utilisation de modèles métallurgiques et mécaniques car ces modélisations reposent sur diverses hypothèses et des sources de chaleur complexes qui nécessitent de nombreuses expériences pour être déterminées. L'enjeu est donc de proposer des modèles

prédictifs thermo-hydrodynamiques évitant de recourir à des expériences longues et coûteuses pour caler le champ de température des modèles mécaniques et métallurgiques.

Ces modèles thermo-hydrodynamiques permettront d'étudier l'influence des paramètres opératoires, tels que la distribution énergétique du faisceau laser, la vitesse de déplacement de la buse, le débit de matière, les vitesses de gaz, les propriétés du matériau, sur la géométrie du dépôt, ainsi que les cinétiques thermiques subies par le matériau qui conditionneront à la fois la microstructure et les déformations et contraintes résiduelles de la pièce finale. Dans cette thèse, une approche multi-échelle est retenue, basée sur le développement de plusieurs modèles numériques de complexité croissante afin de mieux appréhender l'état final de la pièce et ses caractéristiques. Pour ce faire, les modèles thermo-hydrodynamiques (dits modèles de connaissance) ne seront développés qu'à l'échelle du bain de fusion. Ces modèles, complexes et demandant des méthodes numériques de suivi de frontière libre afin de suivre le détachement des gouttes au niveau du fil d'apport, ne sont maîtrisés que par un nombre limité de laboratoires (dont l'IRDIL). Un deuxième type de modèle sera développé à une échelle plus grande en vue d'établir des modèles dégradés, purement thermiques. Cette idée repose sur une approche innovante permettant de récupérer le champ thermique calculé fidèlement par le modèle hydrodynamique afin de l'employer à l'échelle d'une pièce complète et donc de simuler le procédé complet multicouche. Ce modèle de base servira de données d'entrée pour des calculs de mécanique des structures permettant de prédire l'état métallurgique, les distorsions et les contraintes résiduelles de la pièce.

Acte de candidature

Le candidat doit déposer sa candidature sur le site <https://theses.doctorat-bretagne Loire.fr/spi.bzh> dès sa parution et/ou auprès des futurs encadrants. Le dossier devra notamment inclure les pièces suivantes :

- CV du candidat
- Relevé de notes M1 et M2, ou équivalent
- Lettre de motivation du candidat
- Lettre de recommandation