
Sujet :

Simulation numérique du procédé de fabrication additive par projection de poudre – application à la fabrication multimatériaux

Tuteur ENSAM :

Morgan Dal (Maître de Conférence HDR ENSAM)

Participation à l'encadrement :

Jason Guy Doctorant ENSAM et Elise Ferreira Safran Additive Manufacturing

Contact :

jason.guy@ensam.eu

Lieu :

Laboratoire PIMM (ENSAM) - Paris

Durée :

6 mois (début en Septembre 2021)

Introduction :

Les procédés de fabrication additive, de plus en plus utilisés dans l'industrie, font aussi l'objet de nombreuses études d'optimisation et d'extension de gammes d'utilisation. Pour les métaux, deux technologies sont basées sur les procédés laser : la fusion sélective de poudre par laser (LPBF ou SLM) et la projection laser de poudre (LMD ou DMD). Le sujet présenté ici porte sur la projection de poudre et sur son optimisation en vue de produire des pièces dans des régimes dits « extrêmes ». En effet, ce procédé permet la construction de pièces par superposition de cordons unitaires (Figure 1). Ces derniers, ne sont en fait que des refusions de couches préalables dans lesquels sont injectés de la poudre métallique, produisant ainsi l'apport de matière. Chaque dépôt unitaire est donc dépendant de la forme de la zone fondue par le laser (puissance et vitesse), de la quantité de poudre injectée et du temps d'interaction entre la poudre et le laser.

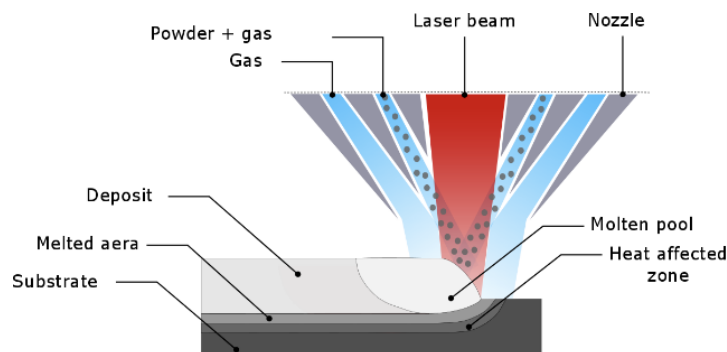


Figure 1 : Schéma de principe LMD.

Deux configurations limites peuvent être identifiées. Premièrement, le laser interagit essentiellement avec le substrat (ou la passe précédente) produisant une importante zone fondue dans laquelle est introduite une poudre froide, maximisant ainsi la notion de dilution – cette configuration sera dite « chaude » (puissance importante, vitesse faible et débit de poudre faible). Deuxièmement, le laser est absorbé majoritairement par la poudre, minimisant la dilution – cette configuration sera dite « froide » (puissance faible, vitesse élevée et débit de poudre important). La notion de dilution porte sur la quantité de matière apportée au regard de la matière refondue. Elle est critique lors de la construction de multimatériaux ou de gradients de matériaux et permet de gérer les interfaces entre matériaux. Malheureusement, en fonction des machines de fabrications, ces régimes ne sont pas toujours bien maîtrisés.

Actuellement, les outils de simulation numérique (logiciels et matériels) sont de plus en plus performants. Ils permettent notamment d’envisager la simulation complète de procédés tels que celui présenté ici. Néanmoins, dans la littérature, la partie « écoulements de poudre et gaz (Figure 2 Gauche) » reste assez peu étudiée ou du moins rarement couplée à la partie pièce (Figure 2 Droite).

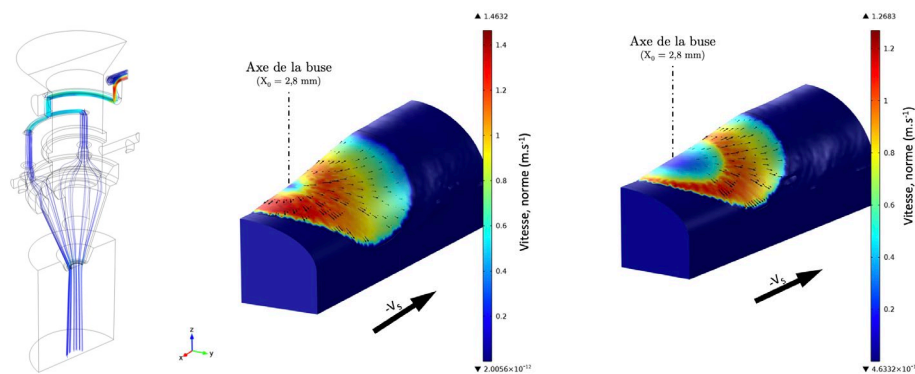


Figure 2 : Gauche : modèle d’écoulement gazeux dans une buse de projection de poudre (Jason Guy), droite : simulation thermo-hydrodynamique de l’ajout de matière métallique en LMD.

Contexte du stage :

Ce stage vient en complément d’un travail de thèse (financé en partie par Safran) portant sur la simulation complète du procédé. Le stagiaire sera donc encadré et intégré au sein d’une petite équipe où sa contribution portera notamment sur la simulation de la partie zone fondue avec ajout de matière (figure 2 Droite).

Objectifs :

Quatre objectifs principaux sont identifiés :

- Amélioration du modèle actuel de « pièce » (prise en compte de l’aspect multi matériaux).
- Validation de ce modèle par comparaison à des données expérimentales.
- Couplage entre les modèles de « poudre » et de « pièce » (respectivement à gauche et à droite sur la figure 2) de manière indirecte i.e. en couplage « faible ».
- Identification des régimes « chaud » et « froid » par la simulation

Démarche :

Au regard des objectifs précédents la démarche sera la suivante :

- Prise en main de la simulation actuelle et validation de la partie zone fondue (thermo-hydrodynamique) avec les données de la littérature.
- Intégration de la diffusion/transport d'espèces chimiques
- Validation expérimentale sur les niveaux de dilution.
- Intégration des apports de matières et de chaleurs issus de la simulation de buse.
- Mise en place et analyse de plans d'expériences

Prérequis :

Aucun prérequis particulier n'est demandé en termes de connaissances sur le procédé mais le stage portant essentiellement sur de la simulation, des compétences/connaissances en numérique sont fortement recommandées. De même, des bases en procédés de fabrication à l'état liquide (soudage, fonderie, ...) seront appréciées.

Moyens :

Les simulations seront réalisées sur une des machines de calcul du laboratoire avec le logiciel COMSOL (potentiellement accessible à distance en cas de fermeture de l'école pour raison sanitaires).