



Formation Spécialisée MASTERE DMS Design des Matériaux et des Structures

OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2023/2024

Encadrement

Oana-Alexandra CIOBANU (SAFRAN), David RYCKELYNCK (CDM – Mines Paris)

Titre

Etude des géométries « à risque » pour la fabrication additive par fusion sur lit de poudre

Contexte

Ce sujet sera réalisé dans le cadre de la Chaire BIGMECA en partenariat avec Safran. Le programme de la chaire BIGMECA propose d'utiliser les techniques issues de l'Intelligence Artificielle pour analyser de nouveaux jeux de données massives, issues de l'utilisation de capteurs et de systèmes d'imagerie.

La fabrication additive représente une opportunité stratégique pour Safran, permettant d'optimiser en profondeur nos produits et d'apporter des solutions de compétitivité significative. Afin de relever ce défi, Safran Additive Manufacturing Campus (SAMC) regroupe l'ensemble des compétences depuis la R&T, le développement jusqu'à la fabrication de pièces.

La fabrication additive métallique par fusion sur lit de poudre (LBM) est un des procédés cibles chez Safran Additive Manufacturing Campus (SAMC), pour la réalisation des pièces complexes, la réduction des assemblages, le gain de masse et l'amélioration de leurs performances. Ces avantages contribuent directement aux efforts nécessaires face aux enjeux climatiques. Néanmoins, à ce jour, le procédé connaît de multiples limites (contraintes mécaniques résiduelles, formes, angles, épaisseurs mini, etc.) qui varient selon la machine et le matériau utilisés et ce, bien qu'elles soient sans cesse repoussées par les fabricants machines, industriels et chercheurs.

Dans ce contexte, le candidat participera au développement d'une méthodologie automatique d'identification et analyse des zones dites « à risque » ou proches des limites du procédé pour la fabrication par le procédé LBM des pièces complexes en alliages base nickel. A partir d'une base de données des géométries et déformations intrinsèques au procédé estimées, le candidat contribuera à la définition d'un catalogue de formes et combinaison de formes géométriques dites « à risque ». Un algorithme d'intelligence artificielle, basé sur des méthodes de clustering, sera implémenté et permettra l'identification des formes « à risque » contenues dans des géométries complexes, tel que présenté sur la Figure 1. Enfin, le lien entre les déformations des zones isolées et leurs homologues sur les pièces cibles sera étudié *via* de nouvelles méthodes d'intelligence artificielle à base de graphe.



Figure 1. Exemple de géométrie complexe fabriquée par le procédé LBM.

Objectif et travail proposé

L'étude sera structurée en 3 parties :

- **Définition d'un catalogue de formes et combinaison de formes géométriques dites « à risque »** : à ce jour, dans un objectif d'identification des limites du procédé pour un couple (paramètres procédé, matériau) figé, de nombreuses éprouvettes sont fabriquées et analysées. Or, ces fabrications sont coûteuses. Pour explorer un nombre de paramètres géométriques plus large, SAMC fait appel aux outils de simulations de procédé qui permettent la prédiction des déformations intrinsèques au procédé LBM. Ces dernières sont groupées dans une base de données que le candidat utilisera pour la classification de formes et combinaison de formes géométriques en formes fabricables, non-fabricables et en limite de fabrication. Cette classification prendra en compte, non seulement un type de géométrie, mais aussi les paramètres décrivant ce type de géométrie (largeur, longueur, hauteur, etc.). Chaque instance de composant simulé ou fabriqué sera représentée par un graphe. Une première approche consistera à déployer une méthode de clustering spectral généralisé ;
- **Elaboration d'un algorithme automatique d'identification des zones « à risque » contenues dans des géométries complexes** : les zones à risque seront représentées, individuellement, par un sous-graphe (sub-graph). Les méthodes de clustering sont des méthodes de classification permettant de détecter des similarités entre individus. Cette partie est centrale pour le stage et consiste à développer une méthode de clustering adaptée au besoin d'identification des formes « à risque » contenues dans des géométries complexes. Une analyse bibliographique de l'état de l'art sur les similarités entre graphes ainsi que sur le graph matching permettra de guider cette étude. Après validation sur un premier ensemble des géométries complexes cibles, la performance de l'algorithme retenu sera établie par application sur géométries SAFRAN des assemblages. Le développement sera fait en Python, en utilisant les bibliothèques Pytorch et Scikit-learn ;
- **Etude du lien entre les déformations des zones isolées et leurs homologues sur pièces cibles** : les déformations des pièces fabriquées en LBM sont une conséquence de contraintes mécaniques résiduelles qui apparaissent pendant le lasage successif des couches de poudre. Compte tenu du fait que le champ thermique vu par une géométrie isolée lors de la fabrication est différent du champ thermique vu par la même géométrie intégrée dans une pièce complexe, il convient, dans cette partie, d'explorer les capacités des méthodes d'intelligence artificielle pour établir un lien entre les champs de déformation estimés des éprouvettes des zones « à risque » et les estimations sur pièces complexes. Dans une première approche, on exploitera essentiellement des données synthétiques issues de simulations numériques, pour la phase d'apprentissage du champ de contrainte résiduelles global.

Pendant la première partie du stage, en parallèle avec les cours, une étude bibliographique sur le procédé LBM, le matériau, les modèles d'intelligence artificielle de clustering sera menée. Le deuxième semestre débutera avec une prise en main des données : fourniture des CAO, maillages et champs de déformations estimés des éprouvettes élémentaires, fourniture de quelques géométries complexes. Conversion des données géométriques et mécaniques en graphes. Les travaux se poursuivront avec l'étude du Clustering spectral appliqué à la reconnaissance des zones à risques avec un objectif final celui de la prévision de l'état global des contraintes résiduelles à partir de l'assemblage des prévisions sur zones à risque.



Formation Spécialisée

MASTERE DMS

Design des Matériaux et des Structures

Profil demandé

Capacité d'analyse et de synthèse, de la rigueur de l'autonomie et une grande force de proposition. De bonnes connaissances en mécanique des structures et en programmation (python). Une première expérience en Machine Learning/techniques d'intelligence Artificielle serait un plus.