

SUJET DE THESE G-SCOP 2021-2022

Titre de la thèse : Evaluation de la qualité de dépôt de matière pour un environnement FAO dédié à la fabrication additive DED

Directeur(s) de thèse : Frédéric Vignat (G-SCOP), Marco Montemurro (I2M), Franck Pourroy (G-SCOP)

Ecole doctorale : I-MEP2

Date de début (souhaitée) : septembre 2021

Financements envisagés – Contexte – Partenaires éventuels :

Financement ANR obtenu par le projet ANR KAM4AM dont les partenaires sont

- Laboratoire G-SCOP de Grenoble
- Laboratoire I2M de Bordeaux
- DP Research Institute

Description du sujet :

Contexte :

La transition vers l'Industrie 4.0 s'appuie fortement sur l'intégration de nouvelles technologies et du numérique, mais aussi sur l'exploitation de la connaissance. Dans le domaine récent de la fabrication additive (FA), la technologie DED (Directed Energy Deposition), qui consiste à empiler des cordons de métal en fusion, connaît actuellement un intérêt croissant chez les industriels car elle présente l'avantage d'être moins coûteuse en termes d'équipement et de matériau. Toutefois, la mise en œuvre de ce procédé, et en particulier la génération des trajectoires de dépôt de matière, nécessite de solides connaissances de la part des ingénieurs et techniciens, et se montre ainsi particulièrement difficile à automatiser. Assister la fabrication est alors un enjeu fort pour l'usine du futur, et les logiciels de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) sont des outils essentiels dans cette activité. A ces problèmes viennent s'ajouter de nouvelles difficultés telles que l'impossibilité de faire repasser l'outil de dépose là où de la matière a déjà été déposée et la difficulté de raccorder correctement des cordons de matière aux interfaces des différentes features. La capacité des logiciels de FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur) existants pour le DED est très limitée, ceux-ci ne donnant des trajectoires satisfaisantes que pour des géométries de pièces très particulières, et n'offrant aucune assistance à l'opérateur.

Le projet KAM4AM (Fabrication additive assistée par la connaissance et l'intelligence artificielle) est un nouveau projet de recherche du laboratoire G-SCOP, financé par l'ANR, en partenariat avec le laboratoire I2M et la société DP Research Institute. Son objectif, au terme de 4 années, est de proposer le prototype d'un logiciel de FAO innovant pour la fabrication DED, basé sur une technique éprouvée d'intelligence artificielle, l'apprentissage par renforcement (Reinforcement Learning). L'ambition est d'en faire une FAO apprenante et adaptative.

Objectif de la thèse.

L'environnement de FAO apprenant envisagé comprend principalement 3 modules. Le premier est un générateur de trajectoire apprenant, qui, à partir de la CAO d'une pièce à fabriquer, génère des éléments de trajectoire à faire suivre par le robot pour la dépose du cordon de matière. Le second

est un simulateur phénoménologique rapide du procédé DED. Celui-ci reçoit l'élément de trajectoire de la part du générateur, et calcule une représentation géométrique et thermomécanique de l'élément de cordon déposé. Le troisième module est un interpréteur de qualité de dépôt. Il analyse le modèle de cordon issu du simulateur, pour en interpréter la qualité, et renvoyer au générateur de trajectoire une récompense appropriée. Celui-ci « apprend » ainsi au fil de ses propositions à générer des éléments de trajectoire qui maximisent les récompenses obtenues.

L'objectif de la thèse est la réalisation de ce troisième module d'interprétation de la qualité de dépôt. Le simulateur phénoménologique fournit donc un modèle géométrique de l'élément de cordon déposé, ainsi qu'une évaluation de son état thermomécanique. Pour en évaluer la qualité, il s'agit de s'appuyer d'une part sur la géométrie attendue (la CAO de la pièce à fabriquer), et d'autre part sur les connaissances des experts de la fabrication DED. Le module d'interprétation devant en effet simuler l'évaluation de qualité qu'auraient fait ces experts du domaine. L'élicitation et la modélisation des connaissances des experts du DED est ainsi un premier objectif scientifique de la thèse proposée.

La construction d'un système de récompense qui guide les actions du générateur de trajectoires apprenant est l'un des éléments clefs du projet KAM4AM. Sur la base de la qualité de dépôt évaluée, le second objectif scientifique de la thèse est de proposer un système de récompense qui conduira progressivement le générateur de trajectoire à proposer une solution acceptable du point de vue des experts pour la fabrication de la pièce.

Pour atteindre ces objectifs scientifiques, le doctorant pourra largement s'appuyer sur les travaux antérieurs des partenaires du projet, notamment dans les domaines de la fabrication DED, de l'élicitation des connaissances, ou de la quantification du degré de satisfaction d'une règle experte.

Déroulement de la thèse.

- Réaliser un état de l'art sur les environnements FAO pour le DED, et sur les règles de fabrication du procédé DED. Celui s'appuiera la littérature scientifique et sur des interviews des experts du domaine.
- Formaliser et codifier les règles d'action propres à la génération de trajectoires DED issues de l'état de l'art.
- Réaliser un état de l'art sur les systèmes de récompense dans les systèmes d'apprentissage par renforcement
- Proposer des outils d'évaluation permettant de quantifier la qualité d'un cordon de matière déposé.
- Basé sur ces outils d'évaluation, définir le système de récompenses qui permettra un « apprentissage » de la part de générateur de trajectoires de dépôt.
- Evaluer la capacité du système de récompenses proposé à satisfaire les règles issues des experts.
- Intégrer le système de récompenses proposé dans l'environnement de FAO apprenante du projet KAM4AM.

Contact(s) :

- Frédéric Vignat : Frederic.Vignat@grenoble-inp.fr
- Franck Pourroy : Franck.Pourroy@univ-grenoble-alpes.fr