
Directeur de thèse : Vincent Hugel

Co-encadrants : Sébastien Campocasso, Matthieu Museau

Contacts : vincent.hugel@univ-tln.fr , sebastien.campocasso@univ-tln.fr ,
matthieu.museau@g-scop.fr

Laboratoires :

- COSMER, Université de Toulon, France
- G-SCOP, Université Grenoble Alpes, France

Titre : Développement de stratégies de fabrication pour la réalisation par WAAM de pièces légères obtenues par assemblage de motifs

Mots clefs : Fabrication Additive, Wire and Arc Additive Manufacturing, Génération de trajectoires multi-axes

Les technologies de Fabrication Additive (FA) nommées Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM), utilisent un arc électrique pour fusionner un métal d'apport sous forme de fil. La pièce 3D est ainsi générée par empilement des cordons de soudure à partir de tout type de matériau soudable [1–2]. Ces procédés sont capables de déposer la matière localement au bon endroit, permettant la réalisation de pièces allégées en supprimant les zones de matière peu contraintes. Ces zones sont rarement supprimées (ou évidées) dans le cas de l'utilisation des autres technologies de fabrication telles que l'usinage car elles sont souvent inaccessibles. L'opportunité de produire des pièces allégées reste cependant aujourd'hui peu exploitée en fabrication additive de type WAAM. L'une des raisons est que les résultats issus de l'optimisation de forme en Design for Additive Manufacturing [3] ne sont pas fabricables tels quels avec cette technologie, ou au prix d'une productivité très faible [4].

L'objectif global du projet BeShape est de proposer et valider une démarche de conception permettant d'obtenir des pièces légères par un assemblage de motifs prédéfinis fabricable par un procédé WAAM, afin de profiter des libertés offertes par ces procédés tout en respectant les contraintes de fabricabilité et les exigences formulées par le concepteur. Pour cela, les hypothèses scientifiques suivantes doivent être validées :

- Il est possible, à partir de résultats d'optimisation topologique, de concevoir une pièce répondant aux attentes du concepteur, par une sélection et une combinaison intelligente de motifs fabricables individuellement.
- Si les motifs sont fabricables individuellement, alors il sera possible de les combiner intelligemment pour rendre la pièce fabricable.

Le travail de thèse proposé se concentre principalement sur la validation de la deuxième hypothèse scientifique. Le premier point étant traité dans le cadre d'une seconde thèse au laboratoire G-SCOP.

Le premier objectif de la thèse est de définir la fabricabilité des motifs. Chaque type de motif sera constitué d'une forme géométrique paramétrée définie au G-SCOP en parallèle. La plage de variation de ces paramètres géométriques devra être déterminée de manière à assurer la

fabricabilité du motif. Pour cela des essais seront conduits sur les moyens de dépôt robotisés disponibles dans les deux laboratoires, dans le but de déterminer les paramètres procédés à utiliser et de valider les trajectoires de fabrication pour un motif seul. La paramétrie du procédé et la méthode d'obtention des trajectoires, à développer, pourront s'appuyer sur des travaux antérieurs menés au laboratoire G-SCOP [5] et au laboratoire COSMER sur la génération de trajectoires de dépôt multi-axes [6-7].

Les motifs seront ensuite combinés pour obtenir des assemblages de motifs fabricables, homogènes ou comportant des variations géométriques résultant de la répartition de matière « optimale » vis-à-vis du comportement mécanique de la pièce. Le second objectif de la thèse est de proposer une ou des méthodes permettant de fabriquer de tels assemblages. Cette démarche devra aboutir à des stratégies de fabrication optimales vis-à-vis de l'ordonnancement des opérations de dépôt (couche par couche, motif par motif...) et des trajectoires de « liaisons » entre motifs. D'autres aspects pourront être intégrés tels que ceux relatifs à la thermique, les déformations induites et les risques de collisions au sein de la cellule de dépôt ; par exemple en adaptant la trajectoire pour corriger les défauts ou en modifiant l'ordonnancement pour assurer le refroidissement.

L'objectif final est d'obtenir un démonstrateur représentatif d'un cas d'étude industriel du milieu aéronautique.

La thèse se déroulera dans le cadre du projet ANR BeShape (Conception de pièces légères fabriquées par apport de fil et arc électrique) en partenariat avec les industriels suivants : DPRI, PRODWAYS, SAFRAN AE. Un autre doctorant, deux ingénieurs et des stagiaires seront également recrutés au cours du projet et le candidat sera amené à échanger avec eux. Le travail se déroulera principalement sur le campus de La Garde de l'Université de Toulon, mais le candidat pourra être amené à se déplacer sur les différents sites des partenaires, notamment au G-SCOP pour réaliser des essais complémentaires de ceux réalisés à Toulon.

Le candidat devra être sensible aux préoccupations industrielles en fabrication additive et avoir des connaissances et des compétences expérimentales en robotique manufacturière ou machines multi-axes, en procédés de fabrication, et le goût à la fois pour le développement d'algorithmes et la réalisation pratique en atelier.

Références

- [1] Williams S.W., Martina F., Addison A.C., Ding J., Pardal G., and Colegrove P. Wire + arc additive manufacturing. *Materials Science and Technology*, Vol. 32(7), pp. 641-647, 2016.
- [2] Almeida P.M.S. and Williams S. *Innovative process model of Ti-6Al-4V additive layer manufacturing using cold metal transfer (CMT)*. In Proc. of the 21st Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium, 25-36, 2010.
- [3] Allaire G., Jouve F. and Toader A.-M., 2004. Structural optimization using sensitivity analysis and a level-set method, *Journal of Computational Physics*, 194(1): 363-393.
- [4] Radel S., Diourte A., Soulié F., Company O., Bordreuil C. Skeleton arc additive manufacturing with closed loop control. *Additive Manufacturing*, Vol. 26, pp. 106-116, 2019.
- [5] Robert P., Museau M., Paris H. *Effect of temperature on the quality of welding beads deposited with CMT technology*. In Proc. of IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, pp. 680-684, 2018.
- [6] Campocasso S., Chalvin M., Reichler A. K., Gerbers R., Dröder K., Hugel V., Dietrich F. A framework for future CAM software dedicated to additive manufacturing by multi-axis deposition. *Procedia CIRP*, Vol. 78, pp. 79-84, 2018.
- [7] Chalvin M., Campocasso S., Baizeau T., Hugel V. Automatic multi-axis path planning for thinwall tubing through robotized wire deposition. *Procedia CIRP*, Vol. 79, pp. 89-94, 2019.