

---

**Directeur de thèse :** François Villeneuve

**Co-encadrant :** Franck Pourroy

**Contacts :** francois.villeneuve@univ-grenoble-alpes.fr ou franck.pourroy@univ-grenoble-alpes.fr

**Laboratoires :** G-SCOP, Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble, Univ. Grenoble Alpes, France

COSMER, Conception de Systèmes Mécaniques et Robotiques, Université de Toulon, France

**Titre :** Création, sélection et assemblage de motifs pour la conception de pièces légères fabriquées par WAAM

**Mots clefs :** Fabrication Additive, Wire and Arc Additive Manufacturing, Optimisation Topologique, Modélisation de produits

---

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 [1–4]. 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 en particulier soustractives 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 [5–7] ne sont pas fabricables tels quels avec cette technologie.

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 première hypothèse scientifique.

Le premier objectif est de proposer un modèle générique de motif. Les motifs sont constitués d'une forme géométrique paramétrée, correspondant à une zone de la pièce, à laquelle sont

associées les conditions qui garantissent sa fabricabilité. La méthode pour créer les motifs pourra s'appuyer sur des travaux antérieurs menés au laboratoire sur la conception de pièces légères pour la FA basée sur l'optimisation topologique [8].

Les résultats de l'optimisation topologique globale de la pièce fournissent une information sur une répartition de matière « optimale » vis-à-vis du comportement mécanique requis. L'approche BeShape propose de voir cette topologie optimale comme un assemblage de motifs fabricables. Le second objectif de la thèse est de proposer une méthode permettant au concepteur de sélectionner les motifs les plus pertinents en réponse aux résultats de l'optimisation topologique. Chacun des motifs identifiés devra être paramétré pour approcher au mieux la topologie et les dimensions de la zone de la pièce à laquelle il correspond.

Le troisième objectif de la thèse est de proposer une démarche et des outils permettant d'assembler les motifs sélectionnés et adaptés. Cette démarche devra conduire à un modèle géométrique théorique de la pièce couvrant au mieux la carte de densité initiale issue de l'optimisation topologique, garantissant les performances mécaniques requises de la pièce, et garantissant sa fabricabilité.

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

Le candidat souhaité devra être sensible aux préoccupations industrielles en fabrication additive et avoir des connaissances en conception de produits, en modélisation de produits, en optimisation topologique et en modélisation du comportement mécanique.

Références :

- [1] Talalaev R., Veinthal R., Laansoo A. and Sarkans M., 2012. Cold metal transfer (CMT) welding of thin sheet metal products, *Estonian Journal of Engineering*, 18(3): 243–250.
- [2] Pickin C.G., Williams S.W. and Lunt M., 2011. Characterisation of the cold metal transfer (CMT) process and its application for low dilution cladding, *Journal of Materials Processing Technology*, 211(3): 496–502.
- [3] Benoit A., Jobez S., Paillard P., Klosek V. and Baudin T., 2011. Study of Inconel 718 weldability using MIG CMT process, *Science and Technology of Welding & Joining*, 16(6): 477–482.
- [4] Almeida P.M.S. and Williams S., 2010. *Innovative process model of Ti–6Al–4V additive layer manufacturing using cold metal transfer (CMT)*, in Proceedings of the 21st Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium, 25–36.
- [5] Bendsoe M.P. and Sigmund O., 2004. *Topology Optimization: Theory, Methods, and Applications*, Springer-Verlag, 2.
- [6] 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.
- [7] Wang Y. and Benson D.J., 2016. Isogeometric analysis for parameterized LSM-based structural topology optimization, *Computational Mechanics*, 57(1): 19–35.
- [8] Morretton E., 2018. Une démarche de conception de pièces légères pour la fabrication additive basée sur l'optimisation topologique, thèse de doctorat, Univ. Grenoble Alpes, Grenoble INP, France,