

# Détermination de la trajectoire de lasage en fabrication additive métallique

Mathilde BOISSIER, CMAP, École Polytechnique et LURPA, ENS Paris-Saclay

**Grégoire ALLAIRE**, CMAP, École Polytechnique

**Christophe TOURNIER**, LURPA, ENS Paris-Saclay

La fabrication additive par le procédé Laser Powder Bed Fusion (LPBF) consiste à réaliser un objet métallique couche par couche : suite à un dépôt de poudre sur la couche précédente, un laser apporte de l'énergie en se déplaçant le long d'une trajectoire et le refroidissement entraîne la solidification. Bien que permettant plus de liberté dans le design, ce procédé est aussi à l'origine de défauts de qualité (dilatation thermique, contraintes résiduelles par exemple) [3, 5]. Ces défauts étant intrinsèquement liés à la répartition de l'énergie déposée, la trajectoire du laser est déterminante. La plupart des travaux à ce sujet s'intéressent à des trajectoires basées sur des motifs prédéfinis (zigzag ou offset du contour par exemple) [4]. Nous proposons dans ce travail d'appliquer des outils liés au contrôle optimal [6] et à l'optimisation de forme [1] pour une détermination plus "systématique" de la trajectoire.

Un modèle macroscopique ainsi que des contraintes adaptées ont tout d'abord été définis en deux dimensions, dans le plan de la couche. Certes simplifié, ils permettent la mise en place d'un algorithme d'optimisation ainsi qu'une analyse physique des résultats. Le cas stationnaire a ensuite été étudié avec l'utilisation de l'optimisation de forme pour améliorer la trajectoire, définir la puissance du laser le long de celle-ci. Un couplage entre l'optimisation de la forme construite par ce procédé couche par couche et la trajectoire a aussi été réalisé afin de construire des critères liant une "bonne forme" et une "bonne trajectoire". Enfin, le cas non stationnaire est considéré [2].

## Références

- [1] ALLAIRE G. , *Conception Optimale de Structures*, Collection Mathématiques et Applications, Vol 58., Springer Verlag 2007.
- [2] BOISSIER M., ALLAIRE G., TOURNIER C., *Scanning Path Optimization Using Shape Optimization Tools*, hal-02410481[Preprint], 2019
- [3] DEBROY T., WEI H.L., ZUBACK J.S., ET AL., *Additive manufacturing of metallic components – Process, structure and properties*, Progress in Materials Science, 92:112–224, 2018.
- [4] DING D., PAN Z., CUIURI D., LI H., VAN DUIN S., *Advanced Design for Additive Manufacturing : 3D Slicing and 2D Path Planning*, New Trends in 3D Printing, InTech, 2016.
- [5] MEGAHED M., MINDT H-W., N'DRI N., DUAN H. ET DESMAISON O., *Metal additive-manufacturing process and residual stress modeling*, Integrating Materials and Manufacturing Innovation, 5(4):1–33, 2016.
- [6] PESCH H.J., RUND A., VON WAHL W., WENDL S., *On Some New Phenomena in State-Constrained Optimal Control If ODEs as Well as PDEs Are Involved*, Control and Cybernetics, 39(3):647–660, 2010.

**Mathilde BOISSIER**, Centre de Mathématiques Appliquées de Polytechnique (CMAP), École Polytechnique, CNRS UMR7641, route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex,  
Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée (LURPA), École normale supérieure Paris-Saclay, 61, avenue du Président Wilson, 94 230 CACHAN Cedex  
mathilde.boissier@polytechnique.edu

**Grégoire ALLAIRE**, Centre de Mathématiques Appliquées de Polytechnique (CMAP), École Polytechnique, CNRS UMR7641, route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex  
allaire@cmmap.polytechnique.fr

**Christophe TOURNIER**, Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée (LURPA), École normale supérieure Paris-Saclay, 61, avenue du Président Wilson, 94 230 CACHAN Cedex  
christophe.tournier@lurpa.ens-paris-saclay.fr