

Optimisation de trajectoire laser en fabrication additive

Grégoire ALLAIRE, CMAP, École Polytechnique - Palaiseau

Mathilde BOISSIER, CMAP, École Polytechnique - Palaiseau

Christophe TOURNIER, LURPA, ENS Paris-Saclay - Gif-sur-Yvette

La fabrication additive par fusion de poudre est un procédé qui consiste à fabriquer un objet couche par couche. Pour chacune d'elle, un lit de poudre métallique est déposé sur la pièce en construction. Une source de chaleur parcourt ensuite une trajectoire préalablement définie : la poudre fond et le refroidissement permet finalement la solidification. La trajectoire de la source influe non seulement sur la vitesse de fabrication mais aussi sur la répartition de chaleur et donc sur la qualité finale de la pièce. Dans la littérature, cette trajectoire est souvent choisie comme un motif (zigzag ou offset du contour). Peu de travaux considèrent une optimisation complète qui permettrait d'améliorer l'efficacité du processus et de gagner en intuition à propos de l'influence de la forme de la pièce à scanner sur la trajectoire de lasage [1, 3, 4].

Le travail présenté ici fait suite à [3]. En deux dimensions (plan de la couche) et en supposant que la source se déplace à très grande vitesse (activant ainsi toute la trajectoire instantanément) permettant l'utilisation d'un modèle stationnaire, un algorithme basé sur des techniques d'optimisation de forme est présenté dans cet article. En revanche, l'article [3] n'optimise que la forme de la trajectoire sans en modifier sa topologie.

On propose ici deux approches différentes pour ajouter ce paramètre dans l'optimisation [2]. La première consiste à faire varier la puissance entre 0 et une valeur maximale le long de la trajectoire. Un procédé de régularisation-pénalisation permet d'éviter les valeurs de puissance intermédiaire en n'autorisant que des variations de valeur maximale. Afin de limiter le nombre de ces variations, une pénalisation de la variation totale est enfin intégrée à l'optimisation grâce à un algorithme de gradient proximal. La seconde approche consiste à adapter les techniques d'optimisation topologique à des lignes. En plus d'une comparaison des deux techniques, les résultats numériques permettent de mieux comprendre le procédé physique et de gagner en intuition sur les propriétés d'une trajectoire optimale.

Références

- [1] T. ALAM, S. NICAISE, AND L. PAQUET, *An optimal control problem governed by the heat equation with nonconvex constraints applied to the selective laser melting process*, *Minimax Theory and its Applications*, 6 (2021).
- [2] M. BOISSIER, *Coupling structural optimization and trajectory optimization methods in additive manufacturing*, PhD thesis, Institut Polytechnique de Paris, 2020.
- [3] M. BOISSIER, G. ALLAIRE, AND C. TOURNIER, *Scanning path optimization using shape optimization tools*, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 61 (2020), pp. 2437–2466.
- [4] Q. CHEN, J. LIU, X. LIANG, AND A. TO, *A level-set based continuous scanning path optimization method for reducing residual stress and deformation in metal additive manufacturing*, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 360 (2020), p. 112719.