

Offre de Thèse en Sciences pour l'Ingénieur

1. Description du sujet de thèse

Titre de la Thèse

Conception générative de structures intégrant des matériaux numériques à base d'intelligence artificielle et planification de systèmes robotiques pour l'impression 4D

Keywords

Conception; Impression 4D; Matériaux actifs; Fabrication additive; Robotique; Intelligence artificielle.

Presentation of the research team

Le laboratoire ICB UMR 6303 CNRS de l'Université Bourgogne Franche-Comté - Université de Technologie de Belfort-Montbéliard est composé de six départements de recherche dont le département CO2M qui travaille sur plusieurs thèmes de recherche tels que la conception, la modélisation et l'optimisation de systèmes mécaniques innovants appliqués à la fabrication numérique. Au sein du département, trois problématiques de recherche sont abordées :

- La modélisation et l'optimisation mécanique ;
- L'optimisation des procédés de fabrication (fabrication additive et impression 4D) ;
- La conception avancée des systèmes mécaniques.

Parmi ces thèmes de recherche, un thème de recherche transversal a récemment émergé afin d'aborder la conception, la modélisation et la fabrication de structures actives multi-matériaux. La proposition de thèse s'inscrit donc dans cette thématique et est totalement innovante au regard des enjeux scientifiques actuels en France ou même au sein de la communauté internationale (i.e., 4D Printing Society).

Site web : <https://www.utbm.fr>

Description of the PhD subject

Sur la base de ces avancées technologiques actuelles, la voie de l'impression 4D multi-matériaux peut être comprise comme une prise de risque de rupture et interdisciplinaire. Cette orientation scientifique rompt volontairement avec les travaux des acteurs clés du domaine de l'impression 4D. En effet, les travaux novateurs du laboratoire ICB UMR 6303 CNRS ouvrent des perspectives prometteuses pour envisager sur le moyen terme la création d'une start-up revendiquant des méthodologies de conception/simulation avancées, des outils logiciels couplés à de l'intelligence artificielle (IA) et un système de fabrication additive 4D hybride via l'usage de robots poly-articulés. Ces premières briques technologiques requièrent des retours utilisateurs, indispensables pour l'amélioration continue et leurs adoptions, mais surtout des renforcements scientifiques et technologiques.

Ainsi, le sujet de thèse proposé concerne la conception générative de structures multi-matériaux à base d'IA pour l'impression 4D. L'originalité réside, sur le plan niveau numérique, à concevoir des objets capables de changer de formes en exploitant différentes représentations (squelettes géométriques, solide et voxels). Ces dernières sont essentielles pour intégrer au juste besoin des connaissances métier et des contraintes, mais également pour appliquer des raisonnements qualitatifs (IA symbolique) et quantitatifs (IA connexionniste). La représentation d'objets 3D/4D à base de voxels, exploitant les matériaux numériques, soulèvent le plus grand nombre de verrous scientifiques en ce qui concerne les besoins en raisonnements pour comment distribuer les propriétés et les matériaux

dans l'espace de conception mais également pour la maîtrise de la phase de fabrication. La fabrication des objets 4D composites (multi-matériaux), implique de multiples stratégies à investiguer.

Directeurs de thèse

Prof. Frédéric Demoly

Professeur des Universités
Directeur du département Conception, Optimisation et Modélisation Mécanique
ICB UMR 6303, CNRS
Univ. Bourgogne Franche-Comté, UTBM
Tél.: +33 (0) 3 84 58 39 55
90010 Belfort Cedex, France
frederic.demoly@utbm.fr

Prof. Samuel Gomes

ICB UMR 6303 CNRS
Univ. Bourgogne Franche-Comté, UTBM, France

Compétences attendues

Conception et modélisation mécaniques, science des matériaux, robotique, ouverture d'esprit, autonomie, compétences en programmation, motivation pour l'entrepreneuriat.

Candidature

Les candidatures (CV, lettre de motivation et notes) devront être transmises à frederic.demoly@utbm.fr avant le 15/05/2022.

2. Références en lien avec la thèse

- [1] Sossou G., Demoly F., Montavon G., Gomes S., Design for 4D printing: rapidly exploring the design space around smart materials. *Procedia CIRP*, 2018, 70, 120-125.
- [2] Ge Q., Qi H.J., Dunn M.L., Active materials by four-dimension printing, *Applied Physics Letters*, 2013, 103(13), 131901.
- [3] Tibbits S., 4D Printing: Multi-Material Shape Change, *Architectural Design*, 2014, 84(1), 116-121.
- [4] Sossou G., Demoly F., Belkebir H., Qi H.J., Gomes S., Montavon G., Design for 4D printing: A voxel-based modeling and simulation of smart materials, *Materials and Design*, 2019.
- [5] Hamel C., Roach D., Long K., Demoly F., Dunn M., H.J. Qi, Machine-learning based design of active composite structures for 4D printing, *Smart Materials and Structures*, 2019, Accepted.
- [6] André J.-C., From additive manufacturing to 3D/4D printing 1 – From Concepts to Achievements. ISTE Wiley, November 2017, 354p.
- [7] Sossou G., Demoly F., Belkebir H., Qi H.J., Montavon G., Gomes S. Design for 4D printing : A voxel-based modeling and simulation of smart materials. *Materials & Design*, 2019, 175, 107798.
- [8] Sossou G., Demoly F., Belkebir H., Qi H.J., Montavon G., Gomes S. Design for 4D printing : Modeling and computation of smart materials distributions. *Materials & Design*, 2019, 181, 108074.
- [9] Sun X., Yue L., Yu L., Shao H., Peng X., Zhou K., Demoly F., Zhao R., Qi H.J., Machine Learning-Evolutionary Algorithm Enabled Design for 4D-Printed Active Composite Structures. *Advanced Functional Materials*, 2022, 32 (10), 2109805.
- [10] Demoly F., Dunn M.L., Wood K.L., Qi H.J., André J.-C., The status, barriers, challenges, and future in design for 4D printing. *Materials & Design*, 2021, 212, 110193.