

Projet de thèse – 2026/2029

Conception inverse de structures déployables, imprimées 4D, inspirées de l'*origami* et du *kirigami*

Contexte et projet de recherche

L'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM) recrute un(e) doctorant(e) dans le cadre d'un projet de recherche consacré au développement de nouvelles structures déployables intelligentes fondées sur l'impression 4D, les matériaux architecturés et l'apprentissage machine. Ce projet s'inscrit dans une initiative franco-britannique d'envergure portée par la DGA-AID (France) et la DSTL (Royaume-Uni) autour des technologies d'impression 4D. L'objectif est de concevoir une nouvelle génération de systèmes inspirés de l'origami et du kirigami capables de réaliser des transformations de forme programmables et adaptatives sous l'effet de stimuli contrôlés.

Les recherches porteront sur la manière d'obtenir un déploiement et une reconfiguration maîtrisés, en concevant par exemple des chemins de stimulation thermique adéquats et en disposant des filaments pouvant se contracter (inspirés des fibres musculaires) disponibles en impression 4D. Des fonctionnalités avancées en impression additive telles que les distributions graduelles de matériaux, les revêtements de surface et les éléments intégrés (électrodes, circuits de chauffage, routage de fibres infrarouges, etc.) seront tout particulièrement investigués. Ces innovations visent à ouvrir de nouvelles perspectives en matière de multifonctionnalité et de performance des structures intelligentes, avec des applications dans les domaines de l'aéronautique et du spatial, de la robotique souple, des dispositifs biomédicaux et des systèmes de défense.

Description

Une composante centrale du projet concerne le développement de méthodologies de conception générative intégrant simultanément les matériaux, la géométrie et les mécanismes d'actionnement. Une modélisation multiphysique sera mise en place afin de simuler le comportement des matériaux actifs, les déformations structurelles et les phénomènes physiques sous-jacents. Les problèmes de conception inverse seront abordés dans le contexte de contraintes réelles, notamment la fabricabilité par impression et la variabilité des paramètres physiques.

Le projet s'appuiera sur les avancées récentes en apprentissage machine appliqué à la mécanique computationnelle, notamment les méthodes des éléments finis différentiables et les approches d'apprentissage profond. Les éléments finis différentiables permettent un accès direct aux calculs de sensibilité, tandis que les réseaux de neurones peuvent être utilisés pour apprendre des comportements complexes et accélérer les processus d'optimisation. Des approches hybrides combinant apprentissage profond et modèles d'ordre réduit seront explorées afin de développer des stratégies de conception générative efficaces et robustes.

Le doctorant évoluera dans un domaine de recherche dynamique appliqué à des structures et systèmes innovants. Il contribuera au développement de nouveaux outils de conception numérique au sein d'un environnement de recherche collaboratif. Les travaux s'inscrivent dans un projet plus vaste impliquant une interaction étroite avec des équipes chargées du prototypage et des essais expérimentaux. Ainsi, la robustesse, la capacité de passage à l'échelle et l'applicabilité des méthodes développées constitueront des facteurs clés de réussite.

Objectifs scientifiques

1. Développer et valider des modèles multiphysiques décrivant les mécanismes d'actionnement et la réponse mécanique des structures imprimées 4D.
2. Développer et mettre en œuvre des méthodes numériques avancées et des techniques d'apprentissage machine pour résoudre des problèmes de conception inverse.
3. Établir un cadre de conception générative permettant d'obtenir des systèmes inspirés de l'origami et du kirigami présentant une forme optimale, des distributions de matériaux adaptées et des fonctionnalités intégrées.

Environnement de travail

- *Lieu* : UTBM, Campus de Sevenans, Belfort, France
- *Encadrement* : Pr. Frédéric Demoly and Dr. Thibaut Hirschler

Profil recherché

Diplôme : Master 2 ou école d'ingénieur

Vous êtes soit mécanicien avec un intérêt marqué pour le développement de méthodes numériques (programmation, mathématiques appliquées), soit mathématicien/numéricien attiré par la modélisation et ses applications en mécanique et en physique appliquée.

Compétences pertinentes : méthodes numériques pour les EDPs ; méthode des éléments finis ; apprentissage automatique et intelligence artificielle ; optimisation mathématique ; programmation scientifique (Python) ; mécanique des milieux continus ; conception assistée par ordinateur ; fabrication additive (impression 3D et 4D) ; modélisation multiphysique.

Langues : Une bonne maîtrise de l'anglais, à l'écrit comme à l'oral, est requise.

Candidature

Éligibilité : Pour des raisons liées au cadre du projet, seuls les candidats de nationalité française ou ressortissants d'un État membre de l'Union européenne sont éligibles.

Date limite de candidature : 19 juillet 2026

Modalités : Les dossiers de candidature (CV, lettre de motivation ou courriel détaillant le parcours et les motivations du candidat, rapport de stage ou de projet, ainsi qu'une lettre de recommandation ou les coordonnées d'un référent) sont à adresser à frederic.demoly@utbm.fr et thibaut.hirschler@utbm.fr.