

Sujet de Stage Master 2

Conception et optimisation de structures compliantes bistables à raideur de torsion modulable

Mots clés

Structures bistables ; Modélisation Eléments Finis ; Impression 3D ; Essais Expérimentaux

Laboratoire

LISV (*Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles*)

UVSQ, Paris-Saclay

Encadrement/Contacts

L. Benabou, lahouari.benabou@uvsq.fr

V. Chalvet, vincent.chalvet@uvsq.fr

Modalités : durée 6 mois, démarrage mars 2027, indemnité de stage

CV, lettre de motivation et derniers relevés de notes à envoyer à L. Benabou

Contexte et enjeux

Les mécanismes bistables sont des structures mécaniques flexibles possédant naturellement deux configurations stables, associées à deux minima de leur énergie potentielle. Le passage d'une configuration à l'autre nécessite un apport d'énergie, tandis que le maintien de chacune des configurations stables ne requiert théoriquement aucune consommation d'énergie. Cette propriété leur confère un intérêt particulier pour la conception de systèmes mécaniques à faible consommation énergétique et pour de nombreuses applications en mécanique et robotique souple.

Les mécanismes bistables peuvent être réalisés à partir de structures assemblées, constituées de plusieurs éléments flexibles, ou sous la forme de structures monolithiques compliantes, dont la flexibilité est directement assurée par la géométrie et les propriétés du matériau. Cette seconde approche présente notamment l'avantage de simplifier la fabrication et de réduire le nombre de pièces et d'assemblages. La conception de telles structures repose généralement sur une interaction étroite entre la géométrie, les propriétés mécaniques du matériau et les grandes déformations mises en jeu.

L'objectif de ce projet est ainsi d'explorer la conception et l'optimisation de structures monolithiques bistables, en particulier de structures permettant de moduler leur raideur mécanique en torsion, tout en conservant un comportement bistable et une géométrie compacte.



Objectifs du projet

Le projet s'articulera autour de deux volets complémentaires : un volet théorique et numérique et un volet expérimental.

1. Développement théorique et numérique

Une première étape consistera à identifier et caractériser les architectures géométriques permettant d'obtenir le comportement bistable recherché. Une attention particulière sera portée à l'influence des paramètres géométriques sur la réponse mécanique et sur la possibilité de moduler la raideur de torsion de la structure.

Les différentes architectures seront ensuite étudiées et optimisées numériquement (élément finis) en intégrant notamment des contraintes de compacité. L'objectif sera de rechercher des configurations présentant un compromis entre encombrement, bistabilité et performances mécaniques.

2. Prototypage et validation expérimentale

Les solutions issues de l'optimisation numérique seront ensuite fabriquées par prototypage rapide, notamment par impression 3D. Les prototypes permettront de confronter les prédictions théoriques et numériques au comportement réel des structures.

Une caractérisation expérimentale sera réalisée afin d'évaluer les performances mécaniques des différents mécanismes : comportement bistable, efforts de basculement, raideur et capacité de modulation de la réponse mécanique. Les résultats expérimentaux seront finalement comparés aux simulations afin d'identifier les éventuels écarts et d'améliorer les modèles et les architectures proposées.

Résultats attendus

Ce projet doit permettre de développer une démarche complète de conception, modélisation, optimisation et validation expérimentale de mécanismes compliant bistables. Il s'agira notamment d'identifier les paramètres géométriques permettant de contrôler la réponse mécanique de ces structures et de proposer des architectures compactes présentant des propriétés de raideur modulables.

Profil recherché

- Étudiant en Master 2 ou en école d'ingénieurs en mécanique.
- Bonnes connaissances en modélisation (expérience dans l'utilisation d'un code de calcul par éléments finis).
- Intérêt pour les essais mécaniques et la conception mécanique.