
Titre : Conception et analyse de manipulateurs inspirés par la tensegrité

Mot clés : Tensegrité, anti-parallélogramme, actionnement antagoniste, espace de travail, conception optimale

Résumé : Cette thèse étudie les articulations et les manipulateurs inspirés de la tensegrité, équipés de ressorts et actionnés de manière redondante par des câbles antagonistes. La redondance de l'actionnement est exploitée pour moduler leur rigidité dans une configuration donnée. La condition pour obtenir une corrélation positive entre les forces d'actionnement et la rigidité est obtenue pour une articulation générale à un seul degré de liberté (1-DDL). Ce phénomène, appelé coactivation dans les articulations biologiques, permet d'améliorer l'efficacité énergétique. Parmi les articulations à rotule (R) et les mécanismes symétriques à quatre barres, l'antiparallélogramme (X) offre la plus grande amplitude de mouvement avec coactivation. C'est pourquoi un manipulateur planaire 2-DDL avec deux ar-

ticulations X est conçu. Deux schémas d'actionnement avec quatre et trois câbles, respectivement, sont examinés pour ce manipulateur. Les performances en termes d'espace de travail, de vitesse, de force et de rigidité sont comparées pour les deux schémas. Les considérations de conception de ce manipulateur, à savoir les limites des articulations, la faisabilité mécanique des ressorts et la sécurité des barres, sont abordées. L'optimisation de la conception et la comparaison des manipulateurs 2-X et 2-R sont effectuées avec des spécifications identiques en matière de charge utile et d'espace de travail. Enfin, une articulation X modifiée est développée avec seulement des articulations sphériques, et un manipulateur spatial 3-X inspiré de la tensegrité est construit.

Title: Design and analysis of tensegrity-inspired manipulators

Keywords: Tensegrity, anti-parallellogram, antagonistic actuation, workspace, optimal design

Abstract: This thesis studies tensegrity-inspired joints and manipulators equipped with springs and redundantly actuated by antagonistic cables. The actuation redundancy is leveraged to modulate their stiffness at a given configuration. The condition to achieve a positive correlation between actuation forces and stiffness is derived for a general single-degree-of-freedom (1-DoF) joint. This phenomenon is called coactivation in biological joints, which leads to energy efficiency. Among the revolute joint (R-joint) and symmetric four-bar mechanisms, the anti-parallellogram (X-joint) offers the maximum range of movement with coactivation. Hence, a planar 2-DoF ma-

nipulator with two X-joints is conceived. Two actuation schemes with four and three cables, respectively, are examined for this manipulator. The workspace, velocity, force, and stiffness performances are compared for the two schemes. The design considerations for this manipulators, namely, the joint limits, mechanical feasibility of springs, and safety of bars, are addressed. Design optimization and comparison of 2-X and 2-R manipulators are performed with identical payload and workspace specifications. Finally, a modified X-joint is developed with only spherical joints, and a spatial 3-X tensegrity-inspired manipulator is constructed.