COLLEGE SCIENCES
DOCTORAL DE L'INGENIERIE
PAYS DE LA LOIRE ET DES SYSTEMES

CENTRALE NANTES

Titre : Conception, modélisation et commande d'un robot léger collaboratif pour le soudage sur chantier.

Mot clés : robotique collaborative, robot léger, soudage, faisceau, placement robuste

Résumé : Le soudage sur chantier reste majoritairement manuel, faute de robots suffisamment légers pour être transportés et installés par un seul opérateur. Cette thèse propose une approche intégrée pour concevoir, modéliser et commander un tel robot, développé dans le cadre du projet industriel WeezLight. Un cahier des charges centré sur la légèreté, la compacité et la dextérité oriente le choix d'une architecture à trois axes parallèles et le dimensionnement de ses actionneurs. Une architecture de commande adaptée aux contraintes matérielles du robot (rapports de réduction élevés, ressources de calcul limitées) est ensuite développée, couvrant le guidage manuel, le suivi de trajectoire, la calibration géométrique et la sécurité de la collaboration homme-robot. Le faisceau de soudage, dont l'influence mécanique devient significative sur un robot léger, est modélisé par une chaîne multi-corps, puis réduit à un modèle statique compatible avec les contraintes de temps réel et validé expérimentalement. Enfin, une méthode de placement robuste aux incertitudes de positionnement est proposée, combinant évaluation de la faisabilité des trajectoires, exploration par optimisation et quantification géométrique de la robustesse. L'ensemble des contributions est validé sur le robot WeezLight et sur des cas d'usage industriels réels.

Title: Design, modeling, and control of a lightweight collaborative robot for on-site welding

Keywords: collaborative robotics, lightweight robot, welding, harness, robust placement

Abstract: On-site welding remains largely manual, owing to the lack of robots light enough to be carried and installed by a single operator. This thesis proposes an integrated approach to designing, modeling, and controlling such a robot, developed within the industrial WeezLight project. Specifications centered on lightness, compactness, and dexterity drive the choice of a three-parallel-axis architecture and the sizing of its actuators. A control architecture suited to the robot's hardware constraints (high reduction ratios, limited computing resources) is then developed, covering hand-guiding, trajectory tracking, geometric calibration, and the safety of human-robot collaboration. The welding harness, whose mechanical influence becomes significant on a lightweight robot, is modeled as a multi-body chain, then reduced to a static model compatible with real-time constraints and validated experimentally. Finally, a placement method robust to positioning uncertainty is proposed, combining trajectory feasibility assessment, optimization-based exploration, and geometric quantification of robustness. All contributions are validated on the WeezLight robot and on real industrial use cases.