

THÈSE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641

*Mathématiques et Sciences et Technologies
de l'Information et de la Communication*

Spécialité : Automatique, Productique et Robotique

Par

Younes EL GHAZI

«De la modélisation à la validation expérimentale : allocation, planification découplée et résolution des conflits spatio-temporels pour la coordination multi-robots en espace partagé»

Thèse dont la présentation et la soutenance sont prévues à l'IUT de Nantes-Carquefou, le 02/12/2025

Unité de recherche : LS2N, UMR 6004

Rapporteurs avant soutenance :

Richard BEAREE Professeur des universités - Arts et Métiers Sciences et Technologies, Lille
Vincent CHEUTET Professeur des universités - Institut National des Sciences Appliquées, Lyon

Composition du Jury :

Examineurs :	Lounis ADOUANE	Professeur des universités - Université de Technologie de Compiègne
	Odile BELLENGUEZ	Professeure des universités - IMT Atlantique, Nantes
	Zakarya YAHOUNI	Maître de conférences - Institut national polytechnique de Grenoble
Dir. de thèse :	Olivier CARDIN	Maître de conférences HDR – Nantes Université
Co-dir. de thèse :	Harold MOUCHÈRE	Professeur des universités – Nantes Université
Encadrant :	Kévin SUBRIN	Maître de conférences – Nantes Université

Invité(s) :

Sebastien LEVILLY Maître de conférences – Nantes Université

Titre : De la modélisation à la validation expérimentale : allocation, planification découplée et résolution des conflits spatio-temporels pour la coordination multi-robots en espace partagé

Mot clés : Multi-robots, Coordination des mouvements, Allocation des tâches, Gestion des collisions, MILP, Heuristiques

Résumé : Cette thèse traite de la coordination de manipulateurs multi-robots évoluant dans un espace de travail partagé en robotique collaborative. L'objectif est de concevoir et d'évaluer des méthodes de coordination de mouvements garantissant efficacité et sécurité. Le cas d'étude porte sur des tâches de type *pick-and-place*, représentatives des scénarios d'automatisation industrielle.

Nous proposons un cadre hybride combinant allocation de tâches, planification cinématique distribuée et coordination centralisée des trajectoires. Les contributions principales

sont : (i) un modèle d'allocation et de coordination formulé en MILP, (ii) une heuristique *detect and pause* pour la résolution locale de conflits, et (iii) un dispositif expérimental associant simulation et validation sur plateforme réelle.

Les résultats numériques montrent une amélioration du *makespan* global et une réduction des risques de conflits et de blocages. Les expérimentations confirment la faisabilité et la robustesse de l'approche, ouvrant des perspectives vers des environnements non structurés.

Title: From modeling to experimental validation: task allocation, decoupled planning, and spatio-temporal conflict resolution for multi-robot coordination in shared Environments

Keywords: Multi-robots, Movement coordination, Task allocation, Collision management, MILP, Heuristics

Abstract: This thesis explores the coordination of multi-robot manipulators sharing a common workspace in collaborative robotics. The objective is to design and evaluate motion coordination methods ensuring efficiency and safety. The study focuses on *pick-and-place* tasks, representative of industrial automation scenarios.

We propose a hybrid framework that combines task allocation, distributed kinematic planning, and centralized trajectory coordination. The contributions are threefold: (i)

a MILP-based allocation and coordination model, (ii) a *detect and pause* heuristic for local conflict resolution, and (iii) an experimental setup combining simulation and real-world validation.

Numerical results show improvements in the global *makespan* and reduced risks of conflicts and deadlocks. Experiments confirm the feasibility and robustness of the approach in complex scenarios. Perspectives include extensions to unstructured environments.