

INSA Lyon - Département Informatique

Dossier d'initialisation
de
PROJET DE FIN D'ÉTUDES

**Navigation et contrôle multi-robots pour l'inspection
acoustique de structures métalliques [R&D]**

***Multi-robot navigation and control for acoustic
inspection of metal plate structures [R&D]***

Brandon ALVES

Projet réalisé du 9 janvier 2023 au 30 juin 2023

dans la structure d'accueil

INRIA (Villeurbanne, France)

Référent	:	Olivier SIMONIN, Professeur	INSA Lyon
Référent	:	Cédric PRADALIER, Professeur	Georgia Tech Europe
Tuteur	:	Mathieu MARANZANA, Maître de conférences	INSA Lyon

Contents

1	Introduction	1
2	Présentation du Projet de Fin d'Études	1
2.1	Contexte	1
2.2	Objectifs	2
2.3	Environnement scientifique et technique.	2
3	Organisation	3
3.1	Livrables	3
3.2	Planning	3
4	Gestion des risques	4
5	Conclusion	4

1 Introduction

Ce projet de fin d'étude s'inscrit dans le contexte plus large du projet européen BugWright2, qui vise à résoudre la problématique de l'inspection autonome et la maintenance de grandes structures métalliques avec des flottes hétérogènes de robots mobiles. Dans ce projet, nous nous concentrons sur le développement de stratégies de navigation pour un ensemble de robots mobiles utilisant des ondes ultrasoniques guidées pour réaliser l'inspection des plaques métalliques. En effet, les ondes guidées ont la particularité de se propager le long d'une plaque en interagissant avec la matière qui la compose, et en étant affectées par des changements de géométrie liés, en particulier, à la corrosion.

Le problème principal est donc de définir des stratégies de navigation multi-robot pour optimiser l'acquisition des données permettant de réaliser une tomographie des surfaces métalliques. Pour atteindre cet objectif, nous allons dans un premier temps effectuer une recherche bibliographique, puis mettre en place des méthodes de navigation dans un environnement de simulation. Enfin, nous envisagerons un déploiement sur différents robots en fonction des résultats obtenus. Ce projet sera réalisé en sous la supervision de Olivier Simonin (INSA Lyon CITI lab) et de Cédric Pradalier (CNRS IRL2958 GT).

Les contributions attendues de ce projet sont les suivantes:

- Développement de stratégies de navigation multi-robot pour l'inspection acoustique de structures métalliques.
- Optimisation de l'acquisition de données pour la réalisation de la tomographie.
- Résolution des problèmes de coordination entre les robots et de synchronisation des horloges.
- Implémentation des méthodes de navigation dans un environnement de simulation et leur déploiement sur des robots réels.

Dans ce dossier d'initialisation, nous présenterons le projet de fin d'étude avec son contexte, objectifs et environnement scientifique et technique. Nous discuterons également de l'organisation du projet de fin d'étude avec notamment les livrables attendus ainsi que le planning. Enfin nous présenterons les risques et les moyens de les gérer.

2 Présentation du Projet de Fin d'Études

2.1 Contexte

Le projet BugWright2 est un projet européen qui vise à résoudre la problématique de l'inspection des grandes structures métalliques, de type coques de bateaux, avec des flottes

hétérogènes de robots mobiles. Ce projet est coordonné par C. Pradalier et implique de nombreux partenaires. Le contexte général de ce projet est donc l'inspection de structures métalliques, qui est un enjeu important pour la maintenance et la sécurité des infrastructures.

Dans ce projet, nous nous concentrons plus particulièrement sur l'utilisation de robots mobiles et d'ondes ultrasoniques guidées pour réaliser l'inspection de plaques métalliques. Les ondes ultrasoniques guidées ont la particularité de se propager le long d'une plaque en interagissant avec la matière qui la compose, et en étant affectées par des changements de géométrie liés, en particulier, à la corrosion. Cette technique permet donc de réaliser une tomographie de la zone à inspecter et potentiellement d'identifier et de localiser des points de corrosion. Cependant, cela nécessite de connaître précisément la position de l'émetteur et du récepteur ainsi que de synchroniser les horloges des deux entités.

En résumé, le contexte de ce projet est l'inspection de structures métalliques avec des robots mobiles utilisant des ondes ultrasoniques guidées.

2.2 Objectifs

L'objectif principal de ce projet est de définir des stratégies de navigation multi-robot pour optimiser l'acquisition de données permettant de réaliser la tomographie des structures métalliques, tout en résolvant les problèmes de communication et de coordination entre les robots.

Pour atteindre cet objectif global, il est prévu de réaliser les tâches suivantes:

- Effectuer une recherche bibliographique sur les techniques de navigation multi-robot pour l'inspection acoustique de structures métalliques.
- Développer des stratégies de navigation multi-robot pour l'inspection acoustique de structures métalliques.
- Mettre en place des méthodes de navigation dans un environnement de simulation.
- Optimiser l'acquisition de données pour la réalisation de la tomographie.
- Résoudre les problèmes de coordination entre les robots.
- Envisager un déploiement sur des robots réels en fonction des résultats obtenus dans l'environnement de simulation.

2.3 Environnement scientifique et technique.

Ce projet de fin d'étude s'inscrit dans le domaine de la robotique, plus précisément dans celui de la navigation multi-robot pour l'inspection acoustique de structures métalliques. Il implique également la mise en œuvre d'ondes ultrasoniques guidées pour réaliser cette inspection.

Pour cela, les méthodes de navigation multi-robot seront développées en utilisant des outils de simulation de robotique. Ces outils permettront de simuler la mobilité des agents robotiques

et les mesures entre agents. Les données collectées par les robots seront ensuite utilisées pour la réalisation de la tomographie.

Le projet sera mené en collaboration avec l'équipe d'Olivier Simonin de l'INSA Lyon et de Cédric Pradalier de l'IRL2958 GT-CNRS à Metz. L'équipe de l'INSA Lyon fournira l'expertise sur les environnements de simulations robotiques. Le laboratoire GT-CNRS à Metz sera utilisé pour la partie expérimentale.

3 Organisation

3.1 Livrables

Les livrables attendus de ce projet de fin d'étude sont les suivants:

- Un rapport de projet détaillant les recherches effectuées, les méthodes développées, les résultats obtenus et les conclusions. Ce rapport devra inclure une description détaillée des algorithmes de navigation développés et une analyse des résultats obtenus lors des tests en simulation et éventuellement sur des robots réels.
- Les codes source des algorithmes de navigation développés, qui devront être commentés et documentés de manière à permettre une compréhension facile et une réutilisation éventuelle.
- Une présentation orale sur les résultats obtenus.

3.2 Planning

Il est important de définir clairement les étapes clés du projet ainsi que les échéances pour chacune d'elles, afin de s'assurer que le projet se déroule de manière efficace et organisée. Le planning prévisionnel comprendra les étapes suivantes :

1. Recherche bibliographique : cette étape consistera à effectuer une recherche approfondie sur les travaux existants en matière de navigation multi-robots pour l'inspection acoustique de structures métalliques.
2. Développement des algorithmes : une fois la recherche bibliographique terminée, cette étape consistera à développer les algorithmes de navigation multi-robots adaptés à l'inspection acoustique de structures métalliques.
3. Simulation : les algorithmes développés seront testés dans un environnement de simulation pour évaluer leur performance.
4. Tests expérimentaux : si les résultats de la simulation sont concluants, les algorithmes seront ensuite testés sur des robots réels.

5. Rapport de fin d'étude : cette étape consistera en la rédaction d'un rapport détaillant les travaux effectués, les résultats obtenus et les contributions à la recherche.

Il est important de noter que ces étapes ne sont pas nécessairement linéaires et qu'il peut y avoir des retours en arrière pour apporter des améliorations ou des modifications aux algorithmes développés.

4 Gestion des risques

Cette section, consacrée à la gestion des risques, a pour objectif de définir les risques potentiels liés au projet et de proposer des mesures pour les minimiser ou les éviter. Il est important d'identifier les risques en amont afin de pouvoir les gérer efficacement et de s'assurer que le projet se déroule de manière efficace et organisée.

Dans le cadre de ce projet de fin d'étude, plusieurs risques ont été identifiés et seront pris en compte pour minimiser leur impact sur le déroulement et les résultats du projet. Nous avons identifié les risques suivants :

- L'incapacité à développer des algorithmes de navigation fiables et précis. Pour minimiser ce risque, nous allons tester et valider nos algorithmes sur des véhicules simulés avant de les implémenter sur un véhicule réel.
- Le manque de temps pour terminer le projet. Pour minimiser ce risque, nous allons suivre un planning détaillé et faire des révisions régulières pour s'assurer que nous restons sur la bonne voie.
- Le manque de compétences en matière de robotique. Pour minimiser ce risque, nous allons nous appuyer sur les compétences de l'équipe de l'INSA Lyon et de l'IRL2958 GT-CNRS à Metz.
- Le manque de compétences en matière de simulation. Pour minimiser ce risque, nous allons nous appuyer sur les compétences de l'équipe de l'INSA Lyon.

En mettant en place des mesures pour minimiser ces risques, nous nous efforçons de garantir la réussite de notre projet de navigation autonome.

5 Conclusion

En conclusion, ce projet de fin d'étude vise à développer des stratégies de navigation multi-robot pour optimiser l'acquisition de données permettant de réaliser une tomographie de la zone à inspecter, avec des ondes ultrasoniques guidées pour réaliser l'inspection de plaques métalliques. Nous avons défini les objectifs de ce projet, les livrables attendus, le planning et les

risques potentiels pour ce projet. Nous sommes convaincus que les résultats de ce projet contribueront au développement de l'inspection automatique de structures métalliques en utilisant des flottes hétérogènes de robots mobiles.

Navigation et contrôle multi-robots pour l'inspection acoustique de structures métalliques [R&D]

Brandon ALVES

Résumé

Ce projet fait partie du projet européen BugWright2 qui a pour objectif de résoudre la problématique de l'inspection de grandes structures métalliques en utilisant des flottes hétérogènes de robots mobiles. Le projet se concentrera sur le développement de stratégies de navigation pour des robots mobiles utilisant des ondes ultrasoniques guidées pour réaliser l'inspection de plaques métalliques. Les ondes guidées ont la capacité de se propager le long d'une plaque en interagissant avec la matière qui la compose et en étant affectées par des changements de géométrie, tels que la corrosion. En combinant des mesures entre un système émetteur et un système récepteur distant, il est possible de réaliser une tomographie de la zone à inspecter et de potentiellement identifier et localiser des points de corrosion.

Mots-clés : Navigation ; Multi-Robot ; Tomographie ; Ondes Guidées Ultrasoniques ; Inspection.

Abstract

This project is part of the European project BugWright2, which aims to address the problem of inspecting large metal structures using heterogeneous fleets of mobile robots. The project will focus on developing navigation strategies for mobile robots using guided ultrasonic waves to perform the inspection of metal plates. Guided waves have the ability to propagate along a plate by interacting with the material that makes it up and being affected by changes in geometry, such as corrosion. By combining measurements between a transmitter and a distant receiver system, it is possible to perform a tomography of the area to be inspected and potentially identify and locate points of corrosion.

Keywords: Navigation ; Multi-Robot ; Tomography ; Ultrasonic Guided Waves ; Inspection.