

Rapport sur le mémoire de thèse de doctorat de Mr Thibaut NICO,
intitulé :

**« Etude et développement de solutions de relocalisation d'objets
sous-marins par des véhicules sous-marins hétérogènes ».**

en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'ENSTA Bretagne.

Rapporteur : Lionel Lapierre
Maitre de Conférence - HDR, section CNU 61
Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de
Montpellier

Les travaux de thèse de Mr Thibaut NICO ont été effectués dans le cadre d'une convention CIFRE entre le groupe industriel ECA et l'UMR Lab-STICC de l'ENSTA Bretagne. La direction scientifique est assurée par les Professeurs B. ZERR et L. JAULIN, les encadrants industriels sont MM. H. OTT et S. TAUVRY.

Les travaux doctoraux de M. T. NICO s'inscrivent dans le contexte de la réalisation robotisée de la « guerre des mines » et traitent de la question de la stratégie de « revisite » d'un objet suspect, et plus particulièrement de la planification des actions à faire réaliser par le robot sous-marin (AUV) pour garantir une nouvelle inspection et lever ainsi les indéterminations sur l'identification de cet objet.

M. T. NICO suit une approche ensembliste qui permet, par une analyse conservative du problème, de garantir la pertinence du plan de mission proposé. La solution considère concomitamment l'ensemble des sources d'erreurs de navigation sous-marine, telles que : absence de GPS, erreurs (bornées) de localisation des amers et de la position initiale du robot, portée limitée des capteurs d'identification des amers, identification des amers dépendant de la direction d'observation, réalisation approximative de la commande du robot. Cette approche holistique de la question de la navigation sous-marine confère aux travaux de M. T. NICO un caractère particulièrement pertinent et novateur.

Le manuscrit produit par M. T. NICO est (très bien) rédigé en anglais et comporte sept parties. Le style est direct et le propos est clair.

L'introduction traite de généralités sur la robotique sous-marine et centre son propos sur la problématique de la « guerre des mines » et l'acoustique sous-marine. Les différents types de capteurs extéroceptifs acoustiques (sonars) sont présentés et leurs modes opératoires brièvement décrits. Enfin le principe de « revisite » est introduit et justifié.

Le deuxième chapitre est consacré à la problématique de l'utilisation de sonars acoustiques sous-marins. Les grands principes de ces systèmes y sont exposés, depuis la physique de la propagation du son dans l'eau, la réception et le traitement des échos, jusqu'à la formation

d'images acoustiques et leur traitement. Le propos de cette partie amène élégamment le lecteur vers la justification des modèles qui seront employés par la suite.

Le chapitre 3 recense les différentes approches de la question relative à la planification de chemin. Les algorithmes fondateurs y sont présentés et la considération explicite des incertitudes y est traitée. L'application de ces méthodes à la problématique traitée dans la thèse laisse émerger deux méthodes qui sont adaptées à l'approche intervalliste. De nombreux exemples pertinents et très clairement expliqués aident le lecteur à suivre le propos de l'auteur et démontrent une volonté et une maîtrise didactique certaine.

Le chapitre suivant plonge le lecteur dans le corpus scientifique de l'analyse par intervalle et introduit les outils d'analyse qui seront utilisés par la suite. La définition de ces outils est rigoureuse et accompagnée d'exemples simples qui accompagnent le lecteur vers la définition du très pertinent concept de « zone de pénombre » qui sépare les espaces où une propriété est garantie d'être vérifiée de ceux où elle est garantie de ne pas l'être.

Le chapitre 5 introduit le concept de « registration map » qui, associé à l'approche ensembliste, permet une identification des zones de l'espace qui conduisent à une détection garantie d'un amer donné, celles où cette détection sera impossible et la « zone de pénombre ». Cette classification considère explicitement la portée et l'angle d'ouverture du capteur, le point de vue auquel l'amer sera reconnu et l'incertitude de localisation de l'amer. La simplicité avec laquelle ces incertitudes et contraintes sont simultanément considérées fait de cette approche une proposition très convaincante.

Le chapitre 6 intègre les propositions précédentes à la réalisation d'une planification de chemin pour la revisite, et qui intègre les contraintes précédemment exposées, ainsi que les capacités cinématiques du véhicule. Les simulations sont effectuées dans le plan 2D et deux types de systèmes sont considérés : un système holonome qui permet d'effectuer des trajectoires rectilignes quelle que soit son orientation, et un véhicule nonholonome de type « unicycle » pour lequel les trajectoires sont considérées comme une succession de lignes droites et de portions de cercle. Ainsi la solution proposée permet de définir un chemin qui permet de passer successivement par des zones de relocalisation pour se rendre enfin à l'objectif.

La conclusion reprend l'ensemble des contributions de l'auteur et ouvre vers des perspectives telles que la considération des courants marins et l'inclusion de sa proposition dans une approche qui inclut la réalisation de cartes (SLAM). L'exposition de l'ensemble de ces perspectives montre la maîtrise que l'auteur a de son sujet et des extensions qu'il permet.

Le document proposé par M. T. NICO est d'une très bonne facture et démontre une approche scientifique solide et pertinente. La formalisation des propositions théoriques est rigoureuse et s'accompagne d'éléments de preuve qui soulignent une indéniable maîtrise de l'exercice scientifique.

Les travaux de M. T. NICO démontrent la pertinence de l'approche ensembliste pour traiter de questions relatives à la navigation robotique. Son approche s'inscrit dans la lignée de travaux issus des sciences de l'informatique, en rupture avec les approches conventionnelles. Une application expérimentale de la solution proposée est cependant nécessaire. Il est parfaitement compréhensible que cette tâche applicative n'a pu être menée dans le cadre de cette thèse, dense et convaincante.

Ces travaux méritent d'être publiés dans les meilleures revues du domaine.

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier - UMR 5506




161 rue Ada • F - 34095 Montpellier Cedex 05 • Tél : 33 (0)4 67 41 85 85 • Fax : 33 (0)4 67 41 85 00 • www.lirmm.fr



Ainsi, fort de cette lecture passionnante, j'émet un avis très favorable à la soutenance de ces travaux en vue de l'obtention du diplôme de doctorat de l'Université Bretagne-Loire.

Fait à Montpellier, le 26/05/2019

Montpellier, le 26/05/2019,
Lionel Lapierre



Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier - UMR 5506



161 rue Ada • F - 34095 Montpellier Cedex 05 • Tél : 33 (0)4 67 41 85 85 • Fax : 33 (0)4 67 41 85 00 • www.lirmm.fr

