

PROJET DE FIN D'ÉTUDES



---

# ALGORITHMES DE ROBOTIQUE AUTONOME

---

**Étudiante**  
CAMILLE SOULIE

**Tuteur école**  
LUC JAULIN

**Encadrant entreprise**  
ADRIEN BARRAL

Le 18 août 2017



532 BOULEVARD DE LÉRY  
83140 SIX-FOURS-LES-PLAGES



# Remerciements

Je tiens à remercier :

Christophe Rousset de m'avoir accordé sa confiance et de m'avoir donné l'opportunité de faire mon stage de fin d'études au sein de Robopec.

Adrien Barral d'avoir su m'encadrer avec patience et bienveillance tout au long de ce stage. Je ne serai jamais assez reconnaissante du temps que tu m'as consacré pour me faire progresser et pour rendre ce stage si intéressant et constructif.

Luc Jaulin, mon tuteur de stage à l'ENSTA Bretagne, pour sa disponibilité et la sollicitude dont il a fait preuve quant au bon déroulement du stage de ses élèves.

Robin pour sa constante bonne humeur, sa gentillesse, et son aide précieuse dans mon apprentissage du C++ et les méandres, parfois un brin irritants, de la compilation.

Mes remerciements vont également à Guilhem, Romain et David qui m'ont si bien intégrée dans l'équipe et qui m'ont fait partager leurs expériences professionnelles et personnelles au cours de nos pauses déjeuner.



# Résumé

Ce rapport rend compte du travail effectué dans le cadre d'un projet de fin d'études au sein de l'entreprise Robopec en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Études et Techniques de l'Armement de l'ENSTA Bretagne. Ce projet s'est divisé en deux parties.

Dans un premier temps, le but était de développer un algorithme d'évitement de collision pour un USV (Unmanned Surface Vehicle) se déplaçant de façon autonome. Pour répondre à cet objectif, nous sommes partis du principe que l'USV était en mesure de détecter les navires avoisinants et de déduire leur route et vitesse à partir de l'historique de leurs positions successives : les ingénieurs de Robopec avaient déjà développé des algorithmes de traitement d'images et de fusion permettant de détecter des navires. A partir de ces données, nous avons développé un algorithme estimant la position future de ces navires en supposant leur route et vitesse constantes, et modifiant la trajectoire de l'USV de manière à éviter les collisions. Après avoir testé l'algorithme en simulation, nous avons constaté quelques cas particuliers pour lesquels l'algorithme ne proposait pas de trajectoire satisfaisante ; par exemple, lorsqu'il navigue près du rivage, la trajectoire proposée par l'algorithme pouvait l'amener à s'échouer. Nous avons donc procédé à quelques améliorations de l'algorithme en y rajoutant notamment des fonctionnalités de détection de côtes, de calcul de trajectoire secondaire et de réduction de la vitesse lorsqu'aucune trajectoire n'est possible. Nous avons ensuite testé sa robustesse en condition de trafic simulé, puis en condition de trafic réel en s'appuyant sur les données d'un récepteur AIS (Automatic Identification System) situé en baie de San Francisco et en simulant le déplacement de l'USV dans la baie pour constater que l'USV était capable de naviguer autonome dans la baie de San Francisco pendant plusieurs heures consécutives sans provoquer d'accident.

Dans un second temps, nous avons développé une simulation réaliste en utilisant le moteur de jeu vidéo Unreal Engine. Cette simulation présente l'avantage de mieux se rendre compte de l'impact de certains phénomènes physiques tels que l'effet de la houle et du courant sur la trajectoire de l'USV. Unreal Engine permet également de développer une simulation en réalité virtuelle, ce qui pourrait permettre de convaincre plus facilement un éventuel client. Nous avons donc simulé le comportement d'un USV avec un modèle 3D de bateau, que nous avons équipé d'un `physicsThrusterComponent` qui est un composant d'Unreal Engine reproduisant l'effet physique d'un propulseur sur le bateau. Nous avons par la suite asservi l'USV en cap et en vitesse pour qu'il suive une trajectoire préalablement envoyée par un utilisateur. Enfin, nous avons mis en place l'algorithme d'évitement développé précédemment et avons constaté son efficacité.