

Algorithmes d'évitement des abordages en mer

La détermination de trajectoires dans un milieu tel que l'océan est un problème complexe du fait de l'impossibilité de trouver une solution optimale. Dans cette étude, je cherche néanmoins à comparer certains algorithmes donnant des solutions satisfaisantes pour une navigation sécurisée sur l'espace maritime.

La navigation en mer comporte des risques comme les collisions. Celles-ci peuvent être dramatiques avec un impact humain, économique mais aussi environnemental (marées noires). L'essor des outils d'aide à la navigation et du pilotage autonome donnent des pistes de prévention pour ce type de catastrophe.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), INFORMATIQUE (Informatique Théorique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Évitement de collision</i>	<i>Collision avoidance</i>
<i>Optimisation de trajectoire</i>	<i>Trajectory optimization</i>
<i>Trafic maritime</i>	<i>Sea traffic</i>
<i>Véhicule autonome</i>	<i>Autonomous vehicle</i>
<i>Simulation de navigation</i>	<i>Navigation simulation</i>

Bibliographie commentée

Au cours des dernières années l'intensité du trafic maritime n'a fait que croître. L'espace maritime est convoité à la fois pour le transport des biens mais également pour l'exploitation de ses nombreuses ressources (pêche, pétrole...). Le nombre imposant de navires devant partager un même espace augmente le risque de collision. On compte environ 200 accidents maritimes dans le monde par an, liés à des erreurs de jugement ou des défaillances du pilotage [1]. Le Règlement international pour les abordages en mer (RIPAM) aussi appelé COLREG (pour COLLision REGulation) donne des lignes de conduite afin de minimiser les risques de malentendu entre les pilotes de navires. Le COLREG définit ainsi un système de priorité entre les bateaux et indique le comportement à adopter lors de rencontres entre navires. Néanmoins la navigation reste ardue car il est difficile de connaître avec précision les dangers de la zone de navigation ainsi que les intentions des autres pilotes.

La recherche sur l'aide à la navigation a débuté à la fin des années 60 pour pallier le problème des collisions. Le système ARPA visant à identifier et avertir des dangers fut rendu disponible en 1969, suivi par le système AIS identifiant les bateaux sur l'espace maritime ainsi que ses caractéristiques à l'aide des données radar fournies par ceux-ci [2]. Ces systèmes d'aide à la navigation sont devenus obligatoires depuis 2004 pour les plus gros navires. Ils sont utiles à la prise de décision et ont permis de diminuer significativement les abordages en mer mais ils sont parfois insuffisants pour

des situations complexes.

Désormais, des navires autonomes ou semi-autonomes commencent à apparaître avec pour objectif d'optimiser les transports maritimes mais aussi d'éviter au maximum les erreurs humaines. Cette optimisation peut prendre plusieurs formes : la minimisation de la distance parcourue, la diminution de la consommation de carburant ou bien encore l'amélioration du confort des passagers (éviter les mouvements brusques ou les zones mouvementées). Le pilotage de navires autonomes a fait l'objet de nombreuses études et a mené à la création de différents algorithmes visant à améliorer le comportement et surtout la sécurité de tels véhicules en tenant compte de l'environnement fluide dans lequel ils évoluent. Les algorithmes d'optimisation se basent sur la simulation d'un tel environnement afin de prendre en compte ses spécificités : inertie, soumission à des forces extérieures telles que le vent, les courants, les vagues [3].

L'obtention d'une solution analytique au problème d'optimisation de la trajectoire en milieu fluide est en général impossible. On peut toutefois aborder ce problème sous l'angle de la résolution numérique d'équations différentielles [4]. Celles-ci sont néanmoins l'objet d'hypothèses simplificatrices rendant difficile l'application des solutions trouvées. Les techniques maintenant utilisées s'orientent plutôt vers la recherche d'optima locaux parmi lesquelles la recherche locale distribuée [5] adaptée à la collaboration entre les navires afin d'optimiser la trajectoire de chacun. Seuls les navires impliqués dans une situation dangereuse communiquent afin de s'accorder sur une stratégie commune. Les avancées récentes dans le domaine de l'apprentissage automatique ouvrent elles aussi des voies d'amélioration du pilotage autonome [6].

Néanmoins un facteur critique reste la cohabitation entre de tels pilotes automatiques et les pilotes humains avec parfois des difficultés à communiquer leurs intentions. Des algorithmes plus réactionnels tels que ceux basés sur un champ de vecteurs [7] sont alors envisagés permettant le guidage à l'aide des seules données radar disponibles à tous (position, vitesse). Afin de faciliter les évitements mettant en jeu à la fois des navires pilotés par des humains et ceux guidés par ordinateur, les navires autonomes doivent dans de telles situations s'efforcer d'adhérer au COLREG afin d'éviter toute confusion [8].

Problématique retenue

Quel type d'algorithme permettrait une meilleure cohabitation des navires sur l'espace maritime ?

Objectifs du TIPE

Mon objectif est d'appliquer certaines stratégies de guidage de navire citées précédemment afin d'évaluer leurs caractéristiques en les confrontant à des situations problématiques de la circulation maritime. Pour cela je crée un environnement simulé permettant une comparaison entre les algorithmes.

Parmi les situations, j'envisage la rencontre de navires présentant des différences de priorités, dans des trafics plus ou moins denses et la cohabitation de bateaux aux modes de pilotage différents.

La confrontation de ces algorithmes entre eux et avec les données de recherches antérieures, me permettra d'identifier des stratégies pour optimiser les trajectoires des navires (distance et sécurité).

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] EMSA : Annual overview of marine casualties and incidents : 2017 ,
<http://www.emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/3156-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2017.html>
- [2] LIN, B. & HUANG : Comparison between arpa radar and AIS characteristics for vessel traffic services : 2006, *Journal of Marine Science and Technology* , 14. 182-189
- [3] P. DESTUYNDER, C. FABRE : Modélisation du comportement hydrodynamique des bateaux : 2012 , HAL : cel-00749325
- [4] R. SKJONG, K. M. MJELDE : Optimal evasive manoeuvre for a ship in an environment of a fixed installations and other ships : 1982, *Modeling, Identification and Control* , vol.3, no. 4, 211-222
- [5] D.-G. KIM, K. HIRAYAMA, T. OKIMOTO : Ship Collision Avoidance by Distributed Tabu Search : 2015, *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea*,
[doi:10.12716/1001.09.01.03](https://doi.org/10.12716/1001.09.01.03)
- [6] Y. F. CHEN, M. LIU, M. EVERETT, J. P. HOW : Decentralized Non-communicating Multiagent Collision Avoidance with Deep Reinforcement Learning : 2016, *arXiv:1609.07845v2 [cs.MA]*
- [7] Y. Z. XUE, D. CLELLAND, B.S. LEE, D.F. HAN : Automatic simulation of ship navigation : 2011, *Ocean Engineering*
- [8] S.-M. LEE, K.-Y KWON, J. JOH : A fuzzy logic for autonomous navigation of marine vehicle satisfying COLREG guidelines : 2004, *International Journal of Control Automation and Systems*