

Offre de thèse

Optimisation multi-critères du trajet d'un navire

1 Contexte

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet Transformation Numérique du Transport Maritime (TNTM) financé par le PIA (Programme d'Investissement pour l'Avenir). Ce projet est porté par la CMA CGM, l'un des leaders mondiaux dans le secteur du transport maritime, avec un consortium de 8 partenaires (5 partenaires industriels et 3 partenaires académiques). Les travaux de cette thèse seront réalisés à l'Université d'Aix-Marseille (Faculté des Sciences), à Marseille au Laboratoire d'Informatique et Systèmes et au sein de l'équipe COALA (<https://www.lis-lab.fr/coala/>).

L'objectif du projet TNTM est d'optimiser les flux logistiques dans un but environnemental et de compétitivité en intégrant des données en temps réel, leur traitement et intégration dans les algorithmes d'optimisation.

2 Motivation

Le transport maritime s'est très largement globalisé depuis quelques années. Un modèle de méga alliances s'est aussi mis en place pour mutualiser les flottes de navires ainsi que les couvertures portuaires sur plusieurs continents. Les principaux acteurs opèrent entre 500 et 700 navires totalisant une capacité entre 3 et 4 Millions d'EVP (Equivalent Vingt Pieds = unité de mesure des containers). Ils desservent environ 520 ports de commerce dans le monde et gèrent plus de 200 lignes maritimes. Ils font aussi appel à des *feeders* (navires de petit tonnage) tiers en complément pour desservir les petits ports en vue de recharger les volumes sur les lignes principales.

Par ailleurs, le transport maritime est une activité soumise à de très fortes réglementations nationales (selon les pays d'escale) et internationales (imposées par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) notamment). La réglementation sur les émissions de CO2 ne cesse d'être renforcée d'année en année visant à réduire de plus en plus les émissions des navires en opération. Tout ceci dans un contexte économique en perpétuels et rapides changements comme la période que nous vivons en ce moment même, avec une année de crise liée à la COVID sans précédent suivie d'une reprise de l'activité aussi sans précédent.

Lors du trajet entre deux ports, un navire est soumis aux courants maritimes et à la météo en fonction des caractéristiques du navire et de ce qu'il transporte. De plus, il ne s'agit pas seulement d'optimiser en termes de minimisation le temps des trajets, mais plutôt de viser des plages horaires d'arrivée, sachant qu'il est inutile d'arriver trop tôt à une destination cible car le navire devrait attendre, ce qui induit des coûts additionnels parfois conséquents, mais il est également impossible d'arriver trop tard car le navire perdrait le créneau qui lui a été attribué, sa prise en charge pouvant alors être repoussée de plusieurs jours. Le problème, dans toute sa généralité, intègre ainsi de nombreux paramètres qui en font un problème à la fois difficile en termes de modélisation, mais également, au niveau des requêtes qui peuvent être formulées du fait de leur complexité algorithmique.

3 Le sujet de thèse

Dans ce cadre, les communautés industrielles, mais aussi scientifiques, ont réalisé de nombreux travaux ces dernières années. Ceux-ci sont parfois de nature théorique (voir [1]) mais aussi, bien sûr, souvent à finalité plus appliquée (voir [2] pour un état de l'art récent sur ces questions). Il s'agit donc d'un domaine extrêmement actif sur différents plans. L'objectif de cette thèse est le développement d'algorithmes de recherche d'un meilleur trajet d'un navire qui prend en compte le temps du trajet, la consommation de carburant, la sécurité du navire, etc, dans un contexte où les conditions du trajet (courants marins, météo) dépendent des dates et peuvent être incertaines et aussi évolutives.

D'un point de vue théorique, ce problème peut se formaliser comme un problème d'optimisation multi-critères de recherche de chemin dans un graphe valué dynamiquement en fonction du temps, ce qui en fait un problème NP-difficile. En effet, si les problèmes de plus court chemin, et au-delà, de chemins optimaux dans les graphes, sont à la fois bien connus et facilement traités quand un seul critère doit être optimisé (cf. problématiques rentrant dans le champ d'un algorithme tel que celui de Dijkstra), il en est tout autrement quand plusieurs critères sont à prendre en considération. Il

est notamment établi que le problème connu sous le vocable *Shortest Weight-Constrained Path* qui intègre seulement deux critères sur les pondérations des arcs du graphe considéré est déjà NP- Difficile.

Dans un premier temps, il sera nécessaire d’appréhender les différentes contraintes opérationnelles et règles métiers fournies par le partenaire industriel (en l’occurrence CMA CGM). Une revue de l’état de l’art sera menée afin d’analyser les différentes modélisations et approches de résolution proposées et d’étudier leur adéquation vis-à-vis du problème posé dans le cadre du projet. In fine, l’objectif est de définir la ou les modélisations permettant d’intégrer l’ensemble des objectifs, des contraintes et des règles métiers. En particulier, il faudra choisir entre une modélisation où l’espace et le temps sont continus ou discrétisés.

Dans un second temps, à partir des modélisations proposées, il s’agira de développer des algorithmes de résolution tout en prenant en considération des objectifs de temps d’exécution réduits et de compatibilité avec les besoins opérationnels. Les algorithmes de résolution peuvent être basés sur des approches exactes comme par exemple des variantes de l’algorithme A* adaptés au contexte multi-critère et dynamique [3]. Ils peuvent également être fondés sur des méthodes approchées de type métaheuristique [4], mais aussi, des méthodes hybrides.

Notons que si des tâches de développement logiciel seront à réaliser lors de ces travaux, l’équipe sera assistée en soutien technique par un ingénieur d’étude informaticien pour une large partie de ces questions. Cela permettra de concentrer au maximum le travail de recherche sur les aspects conceptuels des travaux qui seront réalisés.

Références

- [1] Antonin Lentz. *Multicriteria shortest paths and related geometric problems*. PhD thesis, 2021. Thèse de doctorat dirigée par Hanusse, Nicolas et Ilcinkas, David Informatique Bordeaux 2021.
- [2] Maxime Dupuy, Claudia d’Ambrosio, and Leo Liberti. Optimal paths on the ocean. working paper or preprint, October 2021.
- [3] Estelle Chauveau. *Optimisation des routes maritimes : un système de résolution multicritère et dépendant du temps*. Theses, Aix-Marseille Université (AMU), April 2018.
- [4] Stéphane Grandcolas. A metaheuristic algorithm for ship weather routing. *SN Operations Research Forum*, 2022.

4 Informations générales et candidature

Localisation : Université d’Aix-Marseille, Faculté des Sciences, Laboratoire d’Informatique et Systèmes (équipe COALA), Marseille

Encadrement :

- Nicolas Prcovic nicolas.prcovic@univ-amu.fr (co-directeur)
- Philippe Jégou philippe.jegou@univ-amu.fr (co-directeur)

Date de début : Septembre 2022 (éventuellement octobre 2022, selon les conditions d’obtention du diplôme requis).

Rémunération :

Le salaire mensuel sera autour de 1 600 €. Possibilités d’un complément de rémunération via un monitorat ou des vacances.

Profil recherché : La personne recherchée devra être titulaire d’un Master 2 ou un diplôme d’ingénieur avec de solides compétences en informatique (notamment en algorithmique et programmation), en optimisation combinatoire et en intelligence artificielle et/ou recherche opérationnelle. Une expertise en programmation par contraintes sera un plus apprécié.

Dépôt de candidature :

Les pièces demandées pour la candidature sont les suivantes :

- CV (au plus 3 pages),
- Relevés de notes, résultats et classements du diplôme de Master ou équivalent (première et deuxième années),
- Lettre de motivation,
- Lettres de recommandation.

Les candidatures doivent être déposées au plus tard le 30 juin 2022 sous la forme d’un unique fichier pdf envoyé par courriel à nicolas.prcovic@univ-amu.fr.