

Optimisation des flux aériens.

La complexité spatiale de l'organisation du trafic aérien par rapport au problème linéaire du trafic ferroviaire a toujours été une source d'intérêt pour moi. C'est pourquoi j'ai décidé de m'intéresser à ce sujet.

Minimiser la distance parcourue par l'avion, tout en garantissant la sécurité des passagers qui empruntent ce moyen de transport avec un système centralisé qui gère le trafic.

Positionnement thématique (phase 2)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHEMATIQUES (Géométrie).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Contrôle du trafic aérien</i>	<i>Air traffic control</i>
<i>Réseau de routes aériennes</i>	<i>Air route network</i>
<i>Chemin optimal</i>	<i>Optimal path</i>
<i>Géométrie algorithmique</i>	<i>Computational geometry</i>
<i>Algorithme mémétique</i>	<i>Memetic algorithm</i>

Bibliographie commentée

Système de contrôle du trafic aérien (ATC)

De nos jours, les saturations du système de contrôle du trafic aérien (Air traffic control ou ATC) sont de plus en plus fréquentes. En effet, le trafic aérien n'a cessé de croître depuis le début de l'aviation commerciale, le trafic aérien doublant à peu près tous les 10 ans. En Europe, les rapports de la Performance Review Commission d'Eurocontrol (2017) soulignent un problème majeur créé par cette augmentation du trafic aérien, un accroissement exponentiel des retards. [1]

Pour établir la trajectoire de leurs vols entre l'aéroport de départ et celui d'arrivée, les compagnies aériennes préfèrent opter pour le chemin le plus court. Ce choix permet de minimiser les coûts (comme ceux engendrés par la consommation du carburant) et d'augmenter la sécurité (qui est d'autant plus élevée que la durée du trajet est courte). Toutefois, ce choix de trajectoire peut rentrer en conflit avec ceux empruntées par les autres aéronefs. En effet, il est tout à fait possible que deux ou plusieurs aéronefs se trouvent au même endroit, au même instant.

Le rôle de l'ATC sera alors de modifier les trajectoires des aéronefs afin de résoudre les conflits. La résolution de conflits est aujourd'hui effectuée par des contrôleurs du trafic aérien. Il est clair que l'automatisation des différents services rendus par l'ATC pourraient considérablement améliorer les flux aériens: l'automatisation de la construction du réseau de routes, de la gestion de l'espace aérien ou de la détection et la résolution de conflits aériens. [2]

Réseau de routes aériennes (ARN)

Les trajectoires de tous les vols sont déterminées en fonction du réseau de routes aériennes (Air Route Network ou ARN). La conception de la topologie de l'ARN est d'une très grande importance pour l'ATC. Le problème, détermination de la position des points d'intersections des trajectoires (Crossing Waypoints Location Problem ou CWLP), représente une étape majeure dans la construction de l'ARN.

Première approche automatique de CWLP

Une première approche d'automatisation de CWLP est proposée par Mehadhebi. Il élabore un réseau de routes aériennes, à l'aide d'algorithmes géométriques. [3] Cette étude s'intéresse à l'espace libre qu'on désignera secteur autour des points d'intersections des trajectoires. En effet, ces secteurs serviront à définir la marge de manoeuvre du contrôleur du trafic aérien afin de résoudre les conflits aériens, le conflit étant plus facile à résoudre si les secteurs sont de plus grandes tailles. On peut remarquer que si des croisements de trajectoires se retrouvent très proche les uns des autres, les secteurs seront de très petites tailles. L'idée est alors de regrouper ces différents croisements pour n'avoir qu'un croisement. La taille du secteur deviendra alors plus grande. Ce qui traduit une plus grande simplicité dans la résolution des conflits. Ce réseau de routes aériennes, pas forcément optimal, est d'une bonne qualité par sa construction; la méthode est appliquée à une situation initiale où les trajectoires sont directes. [4]

Dans le cadre du monde réel

La qualité d'un ARN peut être étudié à l'aide de deux indicateurs: les allongements de trajectoires et la somme, sur tous les points d'intersections de trajectoires, du nombre moyen de conflits potentiels par unité de temps. Ces deux indicateurs sont corrélés. Il est donc difficile de définir une exigence pour ces deux critères séparément: augmenter la sécurité dans un espace aérien va avoir un impact négatif sur la longueur des trajectoires. Cai et ses collègues formulent alors le problème de CWLP comme un problème d'optimisation multiobjectif. En partant de cette considération, l'utilisation d'un algorithme mémétique, MAPP, a été proposé pour résoudre ce problème d'optimisation du trafic aérien. [5]

Problématique retenue

Au regard de l'importance du réseau de routes aériennes dans le contrôle du trafic aérien. Quelle peut être l'efficacité de l'intelligence informatique dans la construction de ce réseau ?

Objectifs du TIPE

Je me propose dans le cadre de ce TIPE:

- De réaliser une modélisation du réseau de routes aériennes en utilisant les algorithmes géométriques.
- De trouver le chemin optimal de l'aéroport de départ à celui d'arrivé dans ce réseau.
- Evaluer la qualité d'un réseau de routes aériennes dans le but de l'optimiser à l'aide de l'algorithme mémétique, MAPP.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] <https://www.eurocontrol.int/publications/performance-review-report-prr-2017>. Dernière visite : 05/02/19.
- [2] NICOLAS DURAND, DAVID GIANAZZA, JEAN-BAPTISTE GOTTELAND, JEAN-MARC ALLIOT : Metaheuristics for Air Traffic Management : *Chapitres 2*. Wiley-ISTE, 2016. 978-1-848-21810-9.
- [3] MARK DE BERG, OTFRIED CHEONG, MARC VAN KREVELD, MARK OVERMARS : Computational geometry. Algorithms and applications. : *Chapitres 2, 7 et 9*. Springer, 2008. 978-3540779735.
- [4] KARIM MEHADHEBI : A methodology for the design of a route network : 2000. 8 pages.
- [5] KAIQUAN CAI, JUN ZHANG, CHI ZHOU, XIANBIN CAO, KE TANG : Using computational intelligence for large scale air route networks design : 2012, 11 pages, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2012.03.063>.