

## Combinaison de méthodes de contrôle optimal pour le problème d'évitement de conflits aériens

**Loïc Cellier**

Université Perpignan Via Domitia, Digits, Architectures et Logiciels Informatiques, F-66860, Perpignan. Université Montpellier II, Laboratoire d'Informatique, Robotique et de Microélectronique de Montpellier, UMR 5506, F-34095, Montpellier. CNRS. France

**Sonia Cafieri**

Université de Toulouse, École Nationale de l'Aviation Civile, Laboratoire Mathématiques Appliquées Informatique et Automatique pour l'Aérien, F-31055 Toulouse. France

**Frédéric Messine**

Université de Toulouse, INP-ÉNSÉEIH, Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie, UMR 5213, F-31071 Toulouse. CNRS. France

**Mots-clefs :** Contrôle optimal, principe du maximum de Pontryagin, méthodes numériques de tir, problème d'évitement de conflits aériens, régulation en vitesse, modélisation mathématique.

À travers une approche de contrôle optimal, nous étudions des modèles et des techniques de résolution (par exemple, [2]) dans un domaine d'application propre à la gestion du trafic aérien. Afin de préserver des distances minimales de sécurité entre avions, notre recherche se focalise sur une stratégie de régulation subliminale en vitesse (variations très réduites suggérées par le projet européen ERASMUS, par exemple, [1]), pour assurer la séparation entre avions, tout en conservant leur trajectoire prédéfinie. D'une part, une méthode de résolution numérique en contrôle optimal telle que la méthode directe de tir peut générer des problèmes d'optimisation de grande taille numériquement difficiles à résoudre. Suivant le nombre de variables du problème, elle peut s'avérer trop coûteuse en termes de temps de calculs. D'autre part, les contraintes sur les variables d'états du problème posent des difficultés de résolution, par exemple, pour l'usage d'une méthode numérique indirecte de tir. Une détection et une détermination a priori des zones de conflits permettent alors la décomposition du problème présenté de contrôle optimal en sous-problèmes plus aisés à résoudre. La résolution des sous-problèmes hors-zone peut être abordée en utilisant les conditions du principe du maximum de Pontryagin (par exemple, [3]), ce qui en permet une résolution efficace. Une combinaison de méthodes numériques directes de tir et d'application des conditions du principe du maximum de Pontryagin est proposée, et des implémentations numériques valident ce type d'approche.

### Références

- [1] D. BONINI, C. DUPRÉ, G. GRANGER, *How ERASMUS can support an increase in capacity in 2020*, In Proceedings of CCCT: the 7th International Conference on Computing, Communications and Control Technologies, 2009.
- [2] L. CELLIER, *Évitement de conflits aériens par une régulation subliminale en vitesse : modélisation et résolution via le contrôle optimal*, Thèse de doctorat, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, France, 2015.
- [3] L. PONTRYAGIN, V. BOLTYANSKI, R. GAMKRELIDZE, E. MICHCHENKO, *Théorie mathématique des processus optimaux*, Éditions Mir, Moscou, 1974.