

Résolution de Conflits Aériens

par Méthodes Exactes et Approchées

Alexandre Gondran, Cyril Allignol, Nicolas Barnier, Nicolas Durand

ÉNAC, École Nationale de l'Aviation Civile, Toulouse, France
allignol,barnier,durand,gondran@enac.fr

Mots-clés : *contrôle aérien, programmation par contraintes, métaheuristique*

Dans le domaine du trafic aérien, on définit un conflit potentiel entre deux avions lorsque leur distance risque de devenir inférieure à la norme de sécurité alors qu'ils suivent leur trajectoire respective. Une des tâches des contrôleurs aériens est d'éviter ces conflits en garantissant la séparation des aéronefs. Les contrôleurs en-route¹ indiquent aux pilotes les manœuvres à effectuer pour respecter ces contraintes de distance. Ils peuvent leur demander soit de changer le niveau de vol de l'avion (manœuvres verticales) soit de changer de cap, c'est-à-dire d'effectuer un virage à droite ou à gauche avant de revenir sur sa route (manœuvres horizontales), soit de modifier la vitesse de l'avion (manœuvres en vitesse). On s'intéresse dans cette présentation à la résolution automatique des conflits potentiels par des manœuvres verticales et horizontales tout en minimisant les modifications (nombres et amplitudes des manœuvres) par rapport au plan de vol initial de chaque avion.

Ce problème peut se modéliser de différentes façons et notamment en un problème à variables discrètes et à contraintes binaires [1]. Les variables correspondent aux différentes manœuvres possibles (verticales et horizontales) de chaque avion. Un coût est associé à chaque manœuvre, l'objectif est de minimiser la somme des coûts en respectant l'ensemble des contraintes binaires.

La résolution de façon exacte pour des instances du problème ne comptant pas trop d'avions (<50) peut être réalisée par le solveur de Programmation Par Contraintes (PPC) FaCiLe [2]. On propose également des métaheuristiques (algorithmes évolutionnaire, mémétique et tabou) qui s'avèrent efficaces pour des instances de plus grande taille. Un début de collaboration très simple entre les méthodes exactes et approchées sera proposé : d'une part, les solutions trouvées par les métaheuristiques peuvent servir de bornes supérieures pour le solveur PPC ; d'autre part, le solveur PPC peut réduire l'espace de recherche des métaheuristiques.

Les instances de test comptent de 5 à 150 avions et tiennent compte d'incertitudes sur les prédictions de trajectoire. On comparera les résultats obtenus avec des solveurs exacts et approchés disponibles via le langage MiniZinc [3].

Références

- [1] C. Allignol, N. Barnier, N. Durand, J.-M. Alliot. A New Framework for Solving En-Route Conflicts. *Tenth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar (ATM2013)*, 2013.
- [2] N. Barnier and P. Brisset. FaCiLe : a Functional Constraint Library. *Colloquium on Implementation of Constraint and Logic Programming Systems CICLOPS'01 (Workshop of CP'01)*, Paphos, Cyprus, December 2001.
- [3] N. Nethercote, P.J. Stuckey, R. Becket, S. Brand, G.J. Duck, G. Tack. MiniZinc : Towards a Standard CP Modelling Language. *13th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'07)*, 2007.

1. Les contrôleurs en-route gèrent sur une partie de l'espace aérien, appelé secteur aérien, le trafic aérien en-route c'est-à-dire l'ensemble du vol hormis les phases de décollage et atterrissage.