

# Description et rangement dans la gestion des conflits aériens

Igor Crévits

LAMIH ; Université de Valenciennes ; Le Mont Houy, F-59313 Valenciennes Cedex, France

Igor.Crevits@univ-valenciennes.fr

**Mots-Clés** : *gestion des conflits aériens, processus d'aide à la décision, aide multicritère à la décision.*

Un conflit aérien apparaît lorsque deux avions se rapprochent de telle sorte qu'ils se croiseront, dans un avenir proche, en dessous d'une distance minimale dite de séparation. Un conflit avéré est appelé airmiss. La gestion de la navigation aérienne est organisée pour éviter que de telles situations se produisent. Ainsi, les avions suivent des routes prédéfinies, constituées d'une succession de points appelés balises. L'espace aérien est divisé en secteurs géographiques affectés à des contrôleurs aériens. La gestion d'éventuelles situations conflictuelles entre dans les prérogatives de ces contrôleurs. L'opération de gestion la plus courante est appelée résolution de conflit. Elle consiste à dévier un des vols impliqués dans le conflit afin d'augmenter la distance de séparation au dessus de la distance minimale. Une fois que la déviation a produit un effet durable, l'avion est remis sur sa route. La difficulté essentielle du contrôle aérien réside dans la gestion simultanée de plusieurs conflits.

La résolution de conflits a fait l'objet de plusieurs études en vue de la rendre automatique, sans intervention humaine [1], [2], [3]. Les algorithmes produits présentent de nombreuses différences avec les pratiques des contrôleurs aériens ce qui rend difficile leur insertion dans les décisions des contrôleurs. De fait, aucune étude n'a dépassé la réflexion abstraite. La présente étude consiste à identifier, avec le concours de contrôleurs, les facteurs clés des décisions de gestion des conflits aérien par l'application d'un processus d'aide à la décision [5] et à les structurer au moyen de la méthodologie multicritère d'aide à la décision [4].

Les résultats de l'application du processus d'aide à la décision montrent trois situations problématiques dans la gestion d'un conflit : détection, résolution et ordre. Quoique fonctionnellement différentes, ces situations sont gérées d'une façon très resserrée. Les contrôleurs aériens enchaînent les trois étapes rapidement sans jouer sur le paramètre de temps pour affiner leurs décisions étape par étape. Les contrôleurs procèdent donc à un confinement des décisions.

Au sein de la situation problématique de détection de conflits, les contrôleurs identifient les conflits par l'intermédiaire des informations sur le trafic qu'ils ont à leur disposition sur leurs postes de travail. Ils se basent sur la route de chaque vol et des horaires de passage estimés sur les balises. Ils détectent les conflits entre deux avions par un faible écart d'estimés sur la balise commune aux deux routes. Les contrôleurs construisent donc eux-même une information liée aux conflits sur la base des informations relatives aux avions. La formulation du problème de détection de conflits fait apparaître la totalité des avions sous contrôle comme ensemble des actions potentielles, l'ensemble des estimés balises comme ensemble représentant les avions dans la décision et la description comme problématique de référence. Le modèle d'évaluation correspondant améliore la description de la situation en considérant comme alternative les couples d'avions dont l'écart d'estimés est insuffisant à garantir leur sécurité.

Ce critère est complété par la distance de séparation qui affine l'écart d'estimés. La recommandation finale complète les informations relatives à chaque avion, disponibles sur les interfaces de travail des contrôleurs, en précisant les couples d'avions en conflit associés à leur distance de séparation.

Au sein de la situation problématique de résolution de conflit, les contrôleurs accentuent l'écart entre les avions sur le point de conflit en déviant l'un des vols impliqués. Le choix du vol à dévier s'opère en fonction de l'efficacité pour l'avion et l'effort de gestion par le contrôleur. L'efficacité pour l'avion se mesure en terme de faible déviation, toutes les possibilités n'étant pas identiques selon que l'un ou l'autre des avions est dévié vers la droite ou vers la gauche. L'effort de gestion par le contrôleur résulte du trafic environnant le conflit. La résolution d'un conflit ne doit pas générer de nouveaux conflits, ce qui peut rendre la déviation d'un vol impossible et nécessiter des actions complémentaires à la résolution. La formulation du problème de résolution fait apparaître quatre actions potentielles relatives aux déviations possibles des deux avions en conflit. Pour l'effort de gestion, l'ensemble des points de vue est constitué des horaires de passage estimés des avions en conflits et du trafic environnant. La décision s'appuie sur le rangement des actions potentielles dans un ordre croissant des déviations non soumises à l'influence du trafic environnant. Le modèle d'évaluation exhibe donc la plus petite déviation indépendante du reste du trafic. La recommandation finale complète la recommandation de détection par l'avion à dévier pour résoudre le conflit, ainsi que les avions sur lesquels une action complémentaire doit éventuellement être opérée.

Au sein de la problématique de définition de l'ordre de déviation, les contrôleurs s'appuient sur des règles simples pour dévier l'avion et non sur un traitement de l'information. Les contrôleurs préfèrent dévier un vol tôt et faiblement et s'appuient sur des valeurs de référence. Le seuil d'un cap faible est de  $30^\circ$  mais ils s'efforcent de donner des caps de  $5^\circ$  ou  $10^\circ$ . Seules les valeurs multiples de  $5^\circ$  sont considérées par les contrôleurs. Ces valeurs de référence sont reliées à un horaire basé sur l'horaire du conflit. Ainsi, à 8 ou 9 mn du conflit une déviation de  $5^\circ$  suffit à résoudre le conflit,  $15^\circ$  étant nécessaire à 6 mns,... L'ensemble des actions potentielles de la formulation du problème de définition de l'ordre est constitué des couples composés d'un cap et d'un horaire d'application. Ces actions potentielles sont évaluées par la distance de séparation produite. La décision résulte du rangement lexicographique des actions potentielles dans un ordre croissant d'horaires puis de caps. Le modèle d'évaluation recherche le premier ordre produisant la séparation la plus proche d'une valeur de référence. La recommandation finale complète la précédente par le cap et l'horaire de l'ordre, ainsi que la séparation produite.

## Références

- [1] J. C. Clements. The optimal control of collision avoidance trajectories in air traffic management. *Transportation Research Part B : Methodological*, 33(4):265–280, 1999.
- [2] N. Durand. Résolution optimale de conflits aériens. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 1996.
- [3] M. F. Friedman. Decision analysis and optimality in air traffic control conflict resolution : II. Optimal heading (vectoring) control in a linear planar configuration. *Transportation Research Part B : Methodological*, 25(1):39–53, 1991.
- [4] B. Roy. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Economica, 1985.
- [5] A. Tsoukias. From decision theory to decision aiding methodology. *European Journal of Operational Research*, 187:138–161, 2008.