

# Une approche heuristique pour la gestion de perturbation dans le domaine aérien

J. Darlay<sup>1</sup>, L.-P. Kronek<sup>1</sup>, S. Schrenk<sup>1</sup> and L. Zaourar<sup>1</sup>

Laboratoire G-SCOP, 46 avenue Félix Viallet, 38031 Grenoble Cedex France.  
{julien.darlay, susann.schrenk, lilia.zaourar}@g-scop.inpg.fr  
louis-philippe.kronek@gmail.com

## 1 Introduction

Lorsque des perturbations affectent le plan de vol initial d'une compagnie aérienne, celui-ci doit être reconstruit à l'intérieur d'une période de recouvrement. Ceci doit être fait en réaffectant de façon simultanée la flotte d'appareils et les passagers, en ayant la possibilité d'annuler et de créer des vols. L'objectif est de minimiser l'impact des perturbations à la fois pour la compagnie et pour les passagers.

Pour cela, nous proposons une méthode de résolution qui s'appuie sur le fait qu'une fois la flotte d'appareil réaffectée sur les vols, la réaffectation optimale des passagers sur ces vols est relativement simple. Comme la réaffectation des appareils sur les vols de façon optimale pour les passagers est difficile; nous avons conçu une heuristique constructive qui alterne entre une phase de construction des plans de vols et une phase de réaffectation des passagers sur ces vols. Ceci pour assurer une bonne qualité de la solution, ces deux étapes s'inspirent le plus possible du plan de vol et des itinéraires des passagers initiaux.

## 2 Stratégie de résolution

### 2.1 Affectation des avions

On réaffecte les appareils sur les vols initialement opérés en autorisant des retards supplémentaires et sur des nouveaux vols, créés pour amener les appareils à leur aéroport de maintenance. Si un vol n'est opéré par aucun appareil, il est annulé.

Notre modélisation du problème correspond à calculer un multiflot max de coût min dans un réseau espace-temps avec des contraintes supplémentaires. Afin que les nouvelles rotations construites par la résolution de ces flots profitent d'une part de la solution initiale proposée, et d'autre part prennent en compte les coûts passagers (coûts de retard), il faut affecter des coûts sur les différents vols. Ces coûts reflètent les coûts d'annulation, les coûts de retard avec une évaluation des éventuelles correspondances ratées ainsi que les coûts de repositionnement. Ces coûts permettent de prendre également en compte les retards, les annulations, les déclassements ainsi que les coûts concernant le mauvais positionnement des appareils en fin de période. Hormis la contrainte de flot, afin d'obtenir une solution réalisable, on ajoute des contraintes de capacités de décollage et d'atterrissage des aéroports, ainsi que les indisponibilités des appareils et surtout les maintenances.

Le problème a été découpé famille par famille d'avions, modèle par modèle d'avions, ou plus finement par paquets d'avions bien choisis afin que le modèle linéaire en nombres entiers résultant tienne en mémoire, se charge et soit résolu rapidement.

A la fin de cette étape on obtient un nouveau plan de vol réalisable. Il faut maintenant réaffecter les passagers au mieux sur ce plan de vol.

## 2.2 Affectation des passagers

La réaffectation des passagers sur les vols fixés à l'étape précédente se fait de la manière suivante : Pour chaque itinéraire  $p$  on génère un ensemble de chemins possible  $ch(p)$ , tel que l'heure de départ de chaque chemin  $ch$  est supérieure à l'heure de départ initiale et qu'il ait même origine et même destination. Ces chemins prennent en compte les différentes classes (F/B/E). A chaque chemin est associé un coût dû à un retard ou à un déclassement. Les passagers qui ne seront affectés sur aucun chemin voient leur voyage annulé. Les chemins générés pour un itinéraire correspondent, modulo changement de classe, à un vol direct, au chemin de l'itinéraire initial et à des chemins faisant transiter les passagers via des hubs. Notre formulation pour cette seconde phase revient à un problème de multiflot avec capacités en formulation chemin.

## 3 Implémentation et résultats numériques

L'implémentation de notre approche de résolution a été faite en C++ avec l'utilisation de la librairie boost, notamment pour la gestion du temps. La résolution des modèles de multiflot décrit ci-dessus utilise le solveur ILOG Cplex 11. Le système d'exploitation utilisé est Windows XP. Les résultats obtenus sont encourageant sur le jeu A. Sur les instances A05 et A10, on gagne 30% par rapport au meilleur résultat lors des qualifications. Nous parvenons à obtenir, en moins de 10 minutes des solutions réalisables pour les 10 instances du jeu B.

## 4 Conclusion et perspectives

Au cours de ce travail, nous avons abordé le problème de réaffectation des appareils et passagers d'une compagnie aérienne en minimisant les coûts pour une perturbation quelconque du programme de vol initial. Pour prendre en charge l'ensemble des contraintes liées au problème, nous avons opté pour une modélisation en multiflot avec capacité et chemin. Cette modélisation vise à minimiser les coûts relatifs au problème, ceci afin d'obtenir une affectation optimale de la flotte ainsi que des passagers. Notre résolution nous permet d'obtenir une première "bonne" solution dans le temps imparti et qui vérifie toutes les contraintes. Une prochaine étape serait d'approfondir la génération des chemins explorés dans la deuxième phase, en les augmentant en nombre et en qualité et en les intégrant dynamiquement dans le modèle (par génération de colonnes). Ensuite, cette première solution sera modifiée avec des allers retours entre réacommodation des passagers et affectation des appareils. De plus, des découpages des instances, en périodes plus petites pourront nous permettre de limiter le temps de résolution de nos modèles, notamment pour les instances sur 2 jours.