

Stratégie d'oscillation pour la gestion de perturbations dans le domaine aérien

Saïd Hanafi¹, Christophe Wilbaut¹, Raïd Mansi¹ et François Clautiaux²

¹ LAMIH, équipe SIADE, UMR 8530, Université de Valenciennes, France.
(said.hanafi,christophe.wilbaut,raid.mansi)@univ-valenciennes.fr

² LIFL, équipe DOLPHIN, Université de Lille 1, France.
francois.clautiaux@univ-lille1.fr

1 Introduction

Nous décrivons dans ce papier l'approche proposée dans le cadre du challenge ROADEF 2009, concernant la gestion de perturbations dans le domaine aérien. Il est fréquent que des événements extérieurs, tels des pannes mécaniques, une grève du personnel, ou des conditions météorologiques défavorables, viennent perturber le bon déroulement des programmes de vols des compagnies aériennes. Il s'agit alors de trouver des solutions performantes permettant d'absorber la perturbation en un temps minimum. Le sujet vise à réaffecter de façon simultanée la flotte d'appareils et les passagers, plutôt que de se baser sur le processus hiérarchique naturel : 1) flotte d'appareils, 2) équipages, 3) passagers.

2 Description de l'approche

Nous proposons une stratégie d'oscillation mixant les méthodes exactes et approchées constituée de quatre composants principaux : *(i)* Génération d'une solution initiale non nécessairement réalisable ; *(ii)* Suppression de sous-routes des avions et annulations des itinéraires des passagers associés qui n'ont pu être réaffectés ; *(iii)* Création de nouvelles routes pour les avions et des itinéraires pour les passagers ; *(iv)* Affectation des passagers annulés aux bonnes routes.

Génération d'une solution initiale : Notre objectif consiste à trouver une solution du problème non nécessairement réalisable à l'aide de deux programmes linéaires en nombres entiers mixtes (MIP) et d'une heuristique. Dans les deux modèles nous ignorons les contraintes de capacités des cabines et nous relaxons partiellement les contraintes de capacités d'atterrissage et décollage des aéroports en ajoutant des variables de tolérances de violation. L'objectif est d'assurer les contraintes dures de maintenances des appareils. Après la récupération de la solution du premier modèle, nous résolvons le second MIP dont l'objectif est de maximiser le nombre de passagers qui arrivent à leurs destinations finales tout en minimisant les violations des capacités d'atterrissage et de décollage des aéroports. Les deux modèles MIP sont résolus avec CPLEX. Si la solution obtenue n'est pas réalisable, nous déclenchons une heuristique de réparation visant à assurer les contraintes de maintenance violées.

Stratégie d'oscillation : Nous cherchons à améliorer la qualité de la solution obtenue en ajoutant et supprimant itérativement des routes et des itinéraires. Notre approche repose sur le principe d'oscillation qui consiste à définir un rythme alterné plus ou moins régulier pour traverser les niveaux critiques dans différentes directions. Les phases constructives et destructives sont décrites brièvement dans la suite.

Génération et suppression des routes et des itinéraires : Les itinéraires possibles pour les passagers et les routes possibles pour les avions sont générés par des heuristiques qui reposent sur des recherches arborescentes tronquées, de type "meilleur d'abord". Nous avons testé plusieurs stratégies : itinéraire contenant les aéroports les moins visités d'abord, ceux qui se rapprochent le plus de la destination finale, minimum d'attente dans les aéroports. Se rapprocher le plus possible de la destination finale est souvent la meilleure stratégie. L'algorithme de génération de routes pour les avions repose sur le même principe. Les différentes stratégies que nous avons testées pour l'ajout d'un vol sont les suivantes : aéroports les moins visités, se rapprocher du positionnement final (s'il existe), vol le plus court, aéroports les moins surchargés, vol le plus demandé par des passagers, vol qui part au plus tôt. En pratique, ne pas prendre en compte les passagers mène rarement à une solution intéressante. L'heuristique de suppression de routes pour les avions et des itinéraires pour les passagers repose sur le principe dual de la génération. Nous supprimons surtout les sous-chemins des routes qui sont les moins remplis par rapport aux capacités des avions.

Création des routes et affectation des passagers : L'objectif de cette phase est de créer de nouveaux vols permettant de réaffecter d'autres passagers en attente. Nous avons modélisé le problème de cette phase sous forme d'un sac à dos multidimensionnel en variables binaires et entières avec contraintes de choix multiples. Les variables binaires correspondent aux choix de routes et les variables entières aux nombres de passagers des groupes. Ce modèle prend en entrée un ensemble d'itinéraires possibles pour les passagers et un ensemble de routes possibles pour les avions. Notre modèle prend en compte les contraintes de capacités aéroportuaires, ainsi que les capacités des cabines des avions. L'objectif est de maximiser le nombre de passagers assurant leur itinéraire tout en minimisant le nombre de vols créés.

3 Conclusions

Le problème de gestion de perturbations dans le domaine aérien est un sujet d'actualité et de nombreux travaux y ont été consacrés. Pour le traiter nous avons opté pour une approche d'oscillation hybride qui utilise les heuristiques et les méthodes exactes. Nos approches peuvent encore être améliorées, en intégrant de la mémoire adaptative de la recherche tabou et en calibrant les paramètres. D'autres pistes d'amélioration à explorer peuvent être listées telles que l'exploitation de plus d'informations duales pour la génération des routes, ou encore la possibilité de réutiliser le modèle de la première phase pour ajuster les retards, ainsi que l'autorisation de visiter des solutions non réalisables.