

Approche heuristique pour la gestion de perturbations dans le domaine aérien

Nicolas Jozefowicz^{1,2}, Catherine Mancel³, Félix Mora-Camino³

¹ CNRS; LAAS; 7 avenue du colonel Roche, F-31077 Toulouse, France.

`nicolas.jozefowicz@laas.fr`

² Université de Toulouse; UPS, INSA, INP, ISAE; LAAS; F-31077 Toulouse, France.

³ ENAC, 7 Avenue Edouard Belin, BP 54005, 31055 Toulouse Cedex.

`prenom.nom@enac.fr`

1 Introduction

Nous présentons ici un algorithme de résolution du problème de gestion de perturbations dans le domaine du transport aérien soumis dans le cadre du Challenge ROADEF 2009. À partir d'un plan de vol connu, de l'affectation des passagers aux vols et compte tenu d'un ensemble de perturbations, il s'agit de trouver de nouvelles affectations des avions aux vols et des passagers aux vols qui permettent, au terme d'une certaine fenêtre temporelle, de s'approcher au mieux de la situation prévue avant perturbations.

Notre approche consiste en deux phases. La première phase génère une solution réalisable, donnée sous la forme d'un ensemble de rotations d'avions et d'un ensemble d'itinéraires passagers; la seconde phase améliore itérativement la solution en faisant intervenir différents modules de modification des rotations et de réacommodation de passagers qui maintiennent la solution réalisable.

2 Intégration des perturbations et génération d'une solution réalisable dégradée

Afin de produire rapidement une solution réalisable, on procède en deux étapes. On construit d'abord l'ensemble des rotations avions auxquelles on intègre les maintenances sous forme de vols fictifs, et l'ensemble des itinéraires passagers sans prendre en compte les perturbations.

On intègre ensuite les perturbations en appliquant différentes règles qui conduisent à obtenir dans un premier temps des rotations discontinues. Afin de rétablir la faisabilité des rotations d'un avion, on utilise un algorithme de plus court chemin dans le graphe des vols réalisables pour cet avion dans un intervalle de temps restreint.

Les itinéraires passagers impactés par les perturbations sont tronqués ou totalement annulés suivants les contraintes s'appliquant à ces itinéraires.

3 Améliorations itératives de la solution

Afin d'améliorer la solution réalisable alors obtenue, on met en œuvre un processus itératif alternant une phase de modification des rotations et une phase de réacommodation des passagers. Les itérations sont poursuivies tant que des améliorations sont détectées.

3.1 Heuristiques de modification des rotations

La modification des rotations est guidée par l'évaluation de la demande en termes d'origines-destinations-temps compte tenu des itinéraires passagers courant et prévus. On établit une liste de métagroupes de passagers présentant des caractéristiques communes, triée par ordre d'importance décroissante. Pour chacun des métagroupes de passagers ainsi identifié, il faut trouver un chemin permettant de rejoindre la destination prévue pour un coût acceptable.

Cette recherche de chemin peut être traitée comme un problème de plus court chemin entre deux aéroports pour un ensemble restreint d'avions dans le graphe des vols réalisables ou dans le graphe des vols déjà programmés et des vols réalisables. Dans le premier cas, on se ramène à la recherche d'une extension de la rotation d'un avion entre deux aéroports permettant d'assurer la continuité de la rotation. Dans le second cas, on se ramène à la recherche d'extensions de plusieurs rotations d'avions entre différents aéroports atteignables par des vols déjà programmés et l'aéroport destination du métagroupe considéré.

3.2 Heuristique de réacommodation des passagers sur un ensemble de vols programmés

Etant donné un ensemble de vols programmés, le problème de l'affectation des passagers aux vols peut être perçu comme autant de problèmes de plus court chemin dans un graphe spatio-temporel qu'il y a de groupes de passagers.

L'ordre dans lequel sont traités les passagers impactant la solution globale, nous avons appliqué la stratégie suivante. Etant donnée une solution réalisable courante d'itinéraires partiellement réalisés, on identifie ceux qui ont été interrompus ou annulés. Nous avons donc trois classes d'itinéraires posant problème qui sont, par ordre d'importance : les itinéraires interrompus (ceux qui avaient commencé avant la fenêtre de recouvrement), les itinéraires *retour* annulés et les itinéraires *aller* annulés. Dans chaque classe, les itinéraires sont ordonnés par valeur décroissante du produit du prix du billet multiplié par la taille du groupe de passagers.

Pour chaque groupe de passagers considéré, on cherche alors un chemin permettant d'atteindre la destination voulue et réalisant le meilleur compromis entre la date d'arrivée à destination et le nombre de passagers du groupe qui pourront être acheminés. En effet, soit la capacité des avions réalisant le chemin trouvé permet d'acheminer tout le groupe de passagers, soit le groupe doit être scindé en deux sous-groupes. Dans le premier cas, un nouvel itinéraire est généré pour tout le groupe, dans le second cas, on affecte un sous-groupe au nouvel itinéraire et l'autre sous-groupe est inséré dans l'ensemble des itinéraires à traiter en fonction de sa nouvelle priorité. Ce processus est itéré tant qu'on peut réacommoder des passagers.

4 Résultats expérimentaux

Les tableaux suivants présentent les résultats obtenus sur les instances A (tableau 1) et B (tableau 2).

TAB. 1. Résultats sur instances A

Inst.	Coût	Inst.	Coût
A01	96632.20	A06	95888.05
A02	145968.65	A07	210002.25
A03	94709.65	A08	386399.25
A04	677302.45	A09	940436.55
A05	4558830.85	A10	9186683.95

TAB. 2. Résultats sur instances B

Inst.	Coût	CPU (s)	Inst.	Coût	CPU (s)
B01	992117.50	41	B06	3246255.10	34
B02	1250808.30	57	B07	5088789.20	38
B03	1028530.70	41	B08	3537873.00	34
B04	1121999.80	43	B09	3994264.70	34
B05	25316946.95	175	B10	59293351.80	103

5 Conclusions

La méthode que nous proposons ici utilise les spécificités des problèmes de transport aérien et de leurs contraintes pour obtenir très rapidement des solutions réalisables.