



**HAL**  
open science

## Méthodes de recherche opérationnelle pour la gestion des perturbations dans le domaine aérien

Rodrigo Acuna-Agost, Mourad Boudia, Semi Gabteni, Nicolas Jozefowicz,  
Catherine Mancel, Felix Mora-Camino

► **To cite this version:**

Rodrigo Acuna-Agost, Mourad Boudia, Semi Gabteni, Nicolas Jozefowicz, Catherine Mancel, et al..  
Méthodes de recherche opérationnelle pour la gestion des perturbations dans le domaine aérien.  
ROADEF 2010, 11ème congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la  
Décision, Feb 2010, Toulouse, France. hal-00934760

**HAL Id: hal-00934760**

**<https://enac.hal.science/hal-00934760>**

Submitted on 22 May 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Méthodes de recherche opérationnelle pour la gestion des perturbations dans le domaine aérien

Rodrigo Acuna-Agost<sup>1,2</sup>, Mourad Boudia<sup>1</sup>, Semi Gabteni<sup>1</sup>  
Nicolas Jozefowicz<sup>3</sup>, Catherine Mancel<sup>2</sup>, Félix Mora-Camino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Amadeus S.A.S., Operations Research Division 485 route du pin montard  
F-06902 Sophia Antipolis Cedex, France  
{semi.gabteni,mourad.boudia}@amadeus.com

<sup>2</sup> ENAC, 7 Avenue Edouard Belin, BP 54005, F-31055 Toulouse, France  
{rodrigo.acuna-agost-ext,catherine.mancel,felix.mora}@enac.fr

<sup>3</sup> LAAS-CNRS; Université de Toulouse; 7, avenue du Colonel Roche, F-31077 Toulouse, France  
nicolas.jozefowicz@laas.fr

**Mots-Clés :** *Gestion des perturbations dans le domaine aérien*

## 1 Introduction

Les compagnies aériennes développent des plans de vols optimisés afin de maximiser les revenus à long terme, néanmoins, pendant les opérations quotidiennes, ces plans doivent être révisés à cause des perturbations provoquées, entre autres, par des conditions climatiques sévères, des problèmes techniques de la flotte d'appareils ou encore des indisponibilités de l'équipage. Le but de cette présentation est double. La première partie présente une introduction à la gestion des perturbations dans le domaine aérien d'un point de vue intégré. Cette vision se distingue de l'approche traditionnelle où les ressources sont réaffectées dans le cadre d'un processus séquentiel : flotte d'appareils, équipages et finalement passagers. Cette approche présente de sérieuses déficiences liées principalement à une vision locale des différents problèmes. La seconde partie expose deux différents types de méthodes de résolution qui ont été développées dans le contexte du challenge ROADEF 2009. Chacune des méthodes présente des avantages et des inconvénients qui sont considérés pour la conception d'une nouvelle méthode de résolution combinée.

## 2 Méthode NCF

La méthode NCF est une heuristique qui consiste en trois phases [1]. La première phase génère une solution réalisable après avoir considéré séquentiellement toutes les perturbations du problème. La solution est composée d'un ensemble de rotations d'avions qui respecte toutes les contraintes y compris les maintenances prévues. A la fin de cette étape, certains itinéraires peuvent avoir été annulés à cause des perturbations. Une deuxième phase améliore la solution courante en faisant intervenir différents modules de modification des rotations et réacommodation de passagers. La partie clé de cette phase est constituée d'une fonction inspirée par l'algorithme de *Dijkstra* qui cherche le chemin de longueur minimale pour insérer des séquences de vols réalisables afin d'acheminer les passagers à

leurs destinations finales. La troisième phase consiste à créer de nouveaux vols pour minimiser des pénalités en cas de non-respect des contraintes de positionnement des appareils à la fin de la période de recouvrement. Cette méthode a été développée dans le contexte du challenge ROADEF 2009 et après quelques modifications mineures les scores obtenus ont été améliorés significativement à tel point que, désormais, elle surpasse les scores finaux des autres équipes participantes.

### 3 Méthode SAPI

La méthode SAPI (*Statistical Analysis of Propagation of Incidents*) a été développée originellement pour résoudre le problème de réordonnancement du trafic ferroviaire en cas d'incidents [3] et appliqué au problème de gestion de perturbations dans le domaine aérien dans le contexte du challenge ROADEF 2009 [2]. Les auteurs ont proposé une formulation mathématique avec un modèle de programmation linéaire à variables entières (PLNE) qui représente le problème intégralement. Cependant, à cause de la taille des réseaux en jeu et du nombre de vols et passagers, le modèle ne peut pas être résolu directement avec des logiciels standards comme IBM ILOG CPLEX. La méthode SAPI consiste à utiliser un modèle statistique pour évaluer la probabilité qu'un vol soit affecté par les perturbations et ainsi pouvoir diminuer la complexité du problème en fixant les variables de décision entières et en ajoutant des coupes de proximité (*Local Branching*) au modèle PLNE.

### 4 Intégration des méthodes

Chacune de ces méthodes de solution présente des avantages et des inconvénients. La méthode NCF a montré une grande capacité pour trouver rapidement des solutions réalisables de bonne qualité. Cependant, la méthode est rigide dans le sens que la fonction objectif et les contraintes sont implicitement programmées dans l'algorithme. Ainsi, les changements des paramètres d'optimisation comme les coûts unitaires et la modification des contraintes du problème doivent être pris en compte directement dans le code source. La méthode SAPI sépare explicitement la modélisation du problème de la résolution, et ainsi, permet de mettre à jour le modèle plus facilement, sans la nécessité de reprogrammer la méthode. Néanmoins, la taille du modèle PLNE augmente rapidement avec le nombre de vols et de passagers, en effet, la méthode a échoué sur les instances les plus difficiles du challenge ROADEF 2009 à cause d'un manque de place mémoire. En plus, SAPI est sensible à la solution de départ. Toutefois, il est tout de même envisageable d'évaluer la possibilité d'intégration et de collaboration entre ces deux méthodes de résolution pour bénéficier de leurs avantages respectifs.

### Références

- [1] N. Jozefowicz, C. Mancel, F. Mora-Camino. Approche heuristique pour la gestion de perturbations dans le domaine aérien ; *ROADEF 2009*, Nancy, France. 2009
- [2] R. Acuna-Agost, D. Feillet, P. Michelon, and S. Gueye. Rescheduling Flights, Aircraft, and Passengers Simultaneously under Disrupted Operations - A Mathematical Programming Approach based on Statistical Analysis ; *AGIFORS - Anna Valicek Medal*. 2009
- [3] R. Acuna-Agost, D. Feillet, S. Gueye, and P. Michelon. SAPI : Statistical Analysis of Propagation of Incidents : A new approach applied to solve the railway rescheduling problem. *NCP 2007*, Rouen, France. 2007