HAL
open science

Optimisation des séquences de pistes et du trafic au sol sur les grands aéroports

Raphael Deau

To cite this version:

Raphael Deau. Optimisation des séquences de pistes et du trafic au sol sur les grands aéroports. ROADEF 2010, 11ème congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, Feb 2010, Toulouse, France. hal-01019963

HAL Id: hal-01019963

https://enac.hal.science/hal-01019963

Submitted on 7 Jul 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.

Optimisation des séquences de pistes et du trafic au sol sur les grands aéroports

Raphaël Deau
deau@tlc.cena.fr

July 9, 2010

1 Introduction

Les nouvelles technologies disponibles pour les grands aéroports permettent d'envisager une meilleure gestion du trafic au sol. Dans ce contexte, cet article étudie les possibilités d'optimisation des séquences de pistes puis de la phase de roulage des avions.

2 Le séquencement des avions sur les pistes

L'optimisation du séquencement des avions sur une piste peut se modéliser comme un problème d'ordonnancement relativement classique : il s'agit de trouver la meilleure programmation des atterrissages et des décollages prévus, en respectant les contraintes de séparation entre chaque type de mouvement sur la piste.

Le problème reste fortement combinatoire avec le nombre d'avions à séquencer, d'autant que le critère à optimiser n'est pas homogène : certains départs sont en effet soumis à des créneaux de décollages imposés par l'organisme de régulation du trafic et le respect de ces créneaux doit être mis en concurrence avec la minimisation des délais des autres avions. De même, les arrivées sont séquencées en amont dans les secteurs d'approche et leur heure d'atterrissage ne peut finalement être que très légèrement modifiée par le contrôle d'aéroport.

L'analyse du problème permet cependant de réduire l'espace de recherche de manière significative et un algorithme de type branch & bound parvient à trouver un optimum dans un temps raisonnable, pour des séquences de pistes comprenant une centaine d'avions. Cette méthode de séquencement peut être utilisée pour calculer (de proche en proche) des séquences de pistes optimisées sur toute une journée et ainsi évaluer le délai minimum engendré par les pistes, ou pour trouver les séquences de pistes les plus adaptées à une situation de trafic donnée sur l'aéroport. Le délai généré par les pistes

sur une journée complète s'avère finalement être moins de la moitié du délai total généré par l'aéroport.

3 Résolution des conflits au roulage

Le délai dû aux pistes n'étant qu'une partie du délai total, les temps de roulage doivent pouvoir être diminués en respectant des séquences optimisées. Il faut donc adapter les trajectoires des avions aux séquences de pistes : un ensemble de chemins possibles est calculé pour chaque avion et le problème consiste à affecter des chemins et éventuellement des positions d'attente, afin de respecter les règles de séparation (aussi bien au roulage que sur les pistes). Les trajectoires recherchées doivent minimiser les délais et respecter au mieux les séquences de pistes visées.

Une première méthode de résolution (déterministe) consiste à considérer les avions par ordre de priorité. La trajectoire d'un avion est déterminée en résolvant les conflits avec les trajectoires déjà calculées. Le niveau de priorité initial de chaque avion est déduit des séquences de pistes. Il peut arriver qu'un avion n'ai aucune solution, dans ce cas son niveau de priorité est rehaussé et l'algorithme réitéré.

Les algorithmes génétiques permettent de considérer le problème de résolution de conflits de façon plus globale. Chaque solution envisagée (chromosome) décrit un chemin et un niveau de priorité pour chaque avion. Lors de l'évaluation des solutions, la méthode déterministe restreinte aux chemins et aux niveaux de priorité décrits est appliquée. Des opérateurs d'évolution adaptés peuvent être définis pour utiliser le caractère partiellement séparable du problème et accélérer la convergence de l'algorithme.

Ces deux méthodes ont été appliquées à l'aéroport de Roissy. On constate une réduction du délai moyen des départs par rapport aux délais obtenus sans optimisation des séquences de pistes. Les solutions apportées par l'algorithme génétique minimisent les temps de roulage des arrivées sans pour autant pénaliser les départs. De plus, les séquences de pistes précalculées sont relativement bien respectées.

4 Conclusions

Le calcul des séquences de pistes sur une journée complète de trafic révèle que le délai généré par les pistes représente moins de la moitié du délai total généré par l'aéroport. Cela montre que la phase de roulage est une étape complexe et que le délai dû à cette phase doit pouvoir être diminué.

Les méthodes de résolution de conflits au roulage présentées dans la seconde partie pourraient être intégrées dans des systèmes d'aide à la décision pour les contrôleurs. Ceci permettrait de minimiser l'impact des délais dus au roulage et de réaliser de meilleures séquences de pistes.