



HAL
open science

Optimisation des procédures d'arrivée des aéronefs en secteur d'approche : proposition d'une méthode basée sur une structuration en peigne

Vincent Kapp, Morad Hripane, Thierry Miquel

► To cite this version:

Vincent Kapp, Morad Hripane, Thierry Miquel. Optimisation des procédures d'arrivée des aéronefs en secteur d'approche : proposition d'une méthode basée sur une structuration en peigne. ROADEF 2012, 13ème congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, Apr 2012, Angers, France. hal-00934811

HAL Id: hal-00934811

<https://enac.hal.science/hal-00934811>

Submitted on 27 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.

Optimisation des procédures d'arrivée des aéronefs en secteur d'approche : proposition d'une méthode basée sur une structuration en peigne

Vincent Kapp¹, Morad Hripane¹, Thierry Miquel²

¹ DSNA/DTI/R&D

7, avenue Edouard-Belin 31055 Toulouse Cedex (France)
{vincent.kapp, morad.hripane}@aviation-civile.gouv.fr

² Ecole Nationale de l'Aviation Civile (ENAC)

7, avenue Edouard-Belin 31055 Toulouse Cedex (France)
thierry.miquel@enac.fr

Mots-clés : *ATC, procédures d'approches, problème d'affectation, ordonnancement de tâches*

1 Introduction

Le contrôle aérien s'appuie sur un découpage de l'espace en volumes élémentaires que l'on appelle secteurs : des secteurs qui ont en charge des vols en phase de croisière (secteurs En-Route) et des secteurs qui ont en charge des vols en évolution, qui vont atterrir ou qui vont décoller (secteurs d'Approche). La recherche appliquée au domaine du trafic aérien se focalise en général sur l'augmentation de la capacité des secteurs et la sécurité. Depuis peu, les considérations écologiques et économiques sont venues se greffer aux études sur le sujet, rendant envisageables un certain nombre d'évolutions majeures du point de vue de l'ATM¹ : changer les techniques de contrôle, les outils mis à disposition des contrôleurs ou les procédures aériennes.

Cette communication propose une nouvelle approche dans la construction des procédures d'arrivée pour les secteurs d'Approche qui ne repose plus exclusivement sur la capacité des contrôleurs à séparer et à réguler des avions, mais également sur la capacité des systèmes à bord des avions à calculer des trajectoires optimales du point de vue notamment de la consommation de carburant. Nous proposons une structure d'arrivée en peigne qui permet de séparer des vols, de les réguler tout en les laissant voler selon des profils optimisés. Il reste alors à affecter les vols aux différentes branches du peigne de façon à maximiser la cadence d'utilisation des pistes tout en respectant des contraintes de séparation entre aéronefs à différents points identifiés de croisement des trajectoires.

2 Proposition de nouveaux modes opératoires basés sur de nouvelles procédures

2.1 Structures d'arrivée en peigne

¹ Air Traffic Management : terme générique qui s'est imposé ces dernières années et qui fait référence à la gestion du trafic aérien de façon générale.

Actuellement, les procédures d'arrivée standard ne cherchent en général pas à optimiser les profils des vols. En pratique, les contrôleurs prennent les vols assez vite en "guidage radar", à savoir qu'ils leur donnent directement des instructions pour en assurer la séparation et le séquençage². Bien que le guidage radar soit très flexible, il tend à accroître la charge de travail, le taux d'occupation de la fréquence et dans ce cas les vols ne suivent plus des trajectoires optimisées par le FMS³ mais celles que le contrôleur impose.

La structuration du secteur d'Approche en peigne consiste à pré-définir des itinéraires autour des principaux flux d'arrivée, qui garantissent la séparation et le séquençement entre les vols (voir FIG 1). Différents résultats de simulation montrent que l'attribution de ces trajectoires aux vols permet de limiter l'intervention des contrôleurs et rend possible l'utilisation du FMS pour optimiser les profils des vols.

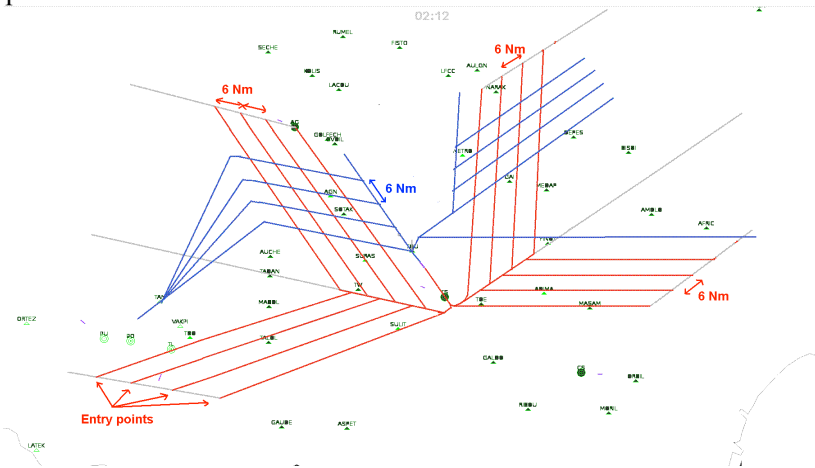


FIG. 1 – Exemple de procédure d'arrivée en peigne pour l'aéroport de Toulouse Blagnac

2.2 Affectation des itinéraires aux vols

Une fois les itinéraires d'arrivée pré-définis, il reste à les affecter aux vols, de façon à maximiser la cadence des atterrissages, tout en respectant les contraintes de séparation entre les vols, aux points d'intersection des différents itinéraires d'une part, et sur les mêmes itinéraires d'autre part. Nous montrons que ce problème est comparable à un problème mixte d'ordonnancement et d'affectation de tâches à des machines disjonctives, dans lequel il existe un temps de préparation entre les tâches qui dépend de la séquence. Différents types d'algorithmes peuvent être envisagés pour résoudre ce type de problème [2], nous proposons une première heuristique qui exploite la structure particulière de notre problème.

3 Références

[1] EUROCONTROL, Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for Area Navigation (DME/DME, B-GNSS, Baro-VNAV & RNP-RNAV), Ed. 3.0, 2003.

[2] A. Janiak, W. Janiak, M. Lichtenstein, Resource Management in Machine Scheduling Problems: A Survey, *Decision Making in Manufacturing and Services*, vol. 1, No. 1-2, pp 59-89, 2007

² La séparation se fait en respectant des contraintes de distance entre les vols (de 3 à 8 nautiques) et le séquençement se fait en respect de la cadence à la piste qui correspond à un intervalle en durée (qui varie en fonction de la capacité de la piste). Dans les faits, le séquençement est géré par les contrôleurs en distance minimale à mettre entre deux vols consécutifs.

³ Le Flight Management System (FMS) est un système embarqué qui effectue notamment le calcul de la trajectoire de l'avion selon un certain nombre de critères (plan de vol, consommation de carburant, etc.) afin de l'optimiser