

# Approche de planification optimiste pour le séquençement d'avions à l'atterrissage

Sana Ikli<sup>1</sup>, Catherine Mancel<sup>1</sup>, Marcel Mongeau<sup>1</sup>, Xavier Olive<sup>2</sup>, Emmanuel Rachelson<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ENAC, Université de Toulouse, France

{sana.ikli,catherine.mancel,mongeau}@recherche.enac.fr

<sup>2</sup> ONERA, Toulouse, France

xavier.olive@onera.fr

<sup>3</sup> ISAE-SUPAERO, Université de Toulouse, France

emmanuel.rachelson@isae-supaero.fr

**Mots-clés :** *Optimisation mixte en nombres entiers, Séquençement sur plusieurs piste, Planification optimiste*

## 1 Introduction et contexte du problème

Le problème de séquençement d'avions à l'atterrissage, appelé *Aircraft Landing Problem* (ALP) dans la littérature, consiste à prendre trois décisions : séquençement, horaire et affectation de piste, tout en respectant certaines contraintes opérationnelles. Il en ressort une optimisation de l'utilisation des pistes lorsque le flux d'avions y accédant est correctement agencé. Dans ce travail, nous proposons deux méthodes pour résoudre le problème considéré : une approche exacte par *programmation linéaire mixte en nombres entiers* (PLNE) et une approche de recherche heuristique basée sur l'algorithme de *planification optimiste*. Nous validons ensuite les deux approches sur des données générées à partir de trafic réel sur l'aéroport de Paris-Orly.

## 2 Méthodes proposées

Nous proposons d'abord une approche par PLNE. On considère que chaque avion a une date préférentielle d'atterrissage, et le modèle proposé a pour objectif de minimiser la somme pondérée des déviations par rapport à ces dates préférentielles. Nous prenons en considération trois contraintes : la *séparation* de turbulence de sillage[1], des *fenêtres de temps* pour chaque avion pour limiter les retards et la contrainte de *changement de position contraint* (*Constrained Position-Shifting - CPS*) [2].

Le modèle est implémenté avec DoCplex, pour différentes tailles d'instances et différentes valeurs du *nombre maximal de changement de position*, noté *k-CPS*,  $k \in \{2, \dots, 6\}$  dans la figure 1. Cette dernière montre que le temps de calcul s'accroît exponentiellement avec la taille du problème (nombre d'avions), ce qui n'est pas surprenant, puisque le problème considéré est connu pour être NP-difficile. Le phénomène de saturation qu'on observe dans la figure est dû à la limite de temps imposée (1800 secondes).

La nature dynamique du problème considéré exige que les contrôleurs prennent rapidement des décisions, ce qui rend critique le temps de calcul pour trouver une solution. Pour cette raison, nous introduisons une nouvelle méthode de recherche heuristique basée sur l'algorithme de *planification optimiste*, introduit dans [3], qui nous permet de trouver des solutions qui améliorent considérablement la séquence initiale en un temps de calcul raisonnable.

Nous rapportons ensuite les résultats du modèle MIP et de l'approche heuristique sur des instances que nous avons générées à partir du trafic réel sur Paris-Orly, qui sont disponibles publi-

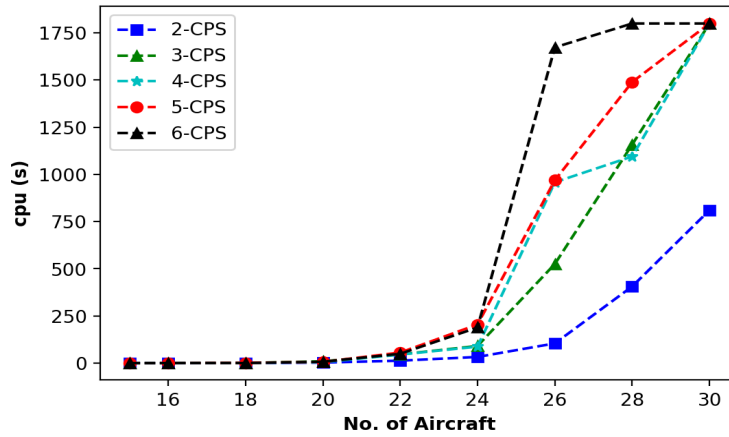


FIG. 1 – Évolution du temps de calcul pour le MIP en fonction de la taille des instances

quement dans <https://personnel.isae-supaero.fr/emmanuel-rachelson/alp-instances.html>

### 3 Conclusion et perspectives

Dans cette communication, nous proposons deux approches pour résoudre le problème de séquençement d'avions à l'atterrissage : une approche exacte par programmation linéaire mixte en nombres entiers, et une approche de recherche heuristique basée sur l'algorithme de *planification optimiste*. Nous travaillons actuellement sur la validation des deux approches sur d'autres données, ainsi que les extensions possibles des modèles, notamment pour incorporer les décollages et considérer l'incertitude.

### Références

- [1] Bennell Julia A, Mesgarpour Mohammad, and Potts Chris N. Airport runway scheduling. *4OR*, 9(2) :115, 2011.
- [2] Balakrishnan Hamsa, and Bala Chandran. *Scheduling aircraft landings under constrained position shifting*. AIAA guidance, navigation, and control conference and exhibit, 2006.
- [3] Hren Jean-Francois, and Rémi Munos. *Optimistic planning of deterministic systems*. European Workshop on Reinforcement Learning, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.