

Optimisation stochastique appliquée à l'affectation des avions aux points de parking

Antoine Crépin^{1,2}, Benoît Patacq³

¹ Master Parisien de Recherche Opérationnelle, Cnam, Paris, France

² ENSTA Paris, Palaiseau, France

antoine.crepin@ensta-paris.fr

³ Air France-KLM Operations Research, Paray-Vieille-Poste, France

bepatacq@airfrance.fr

Mots-clés : *problème d'affectation, programmation stochastique à deux niveaux, optimisation multiobjectif, algorithmes heuristiques.*

1 Problématique

Chaque jour, les avions devant séjourner au terminal 2 de l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle (CDG) sont affectés aux points de parking par un moteur d'optimisation déterministe, qui considère le programme de vols théorique. Pourtant, les aléas sont récurrents en exploitation et génèrent des avances et des retards dans le programme de vols. Ces aléas peuvent être d'origines diverses : météo, pannes d'avion, emplacements indisponibles, *etc.* En pratique, l'approche déterministe conduit régulièrement à des affectations infaisables le jour de l'opération, ce qui rend nécessaire des mesures de régulation. Comme l'illustre la Figure 1, un simple retard peut impacter tout le planning et engendrer des coûts majeurs pour la compagnie.

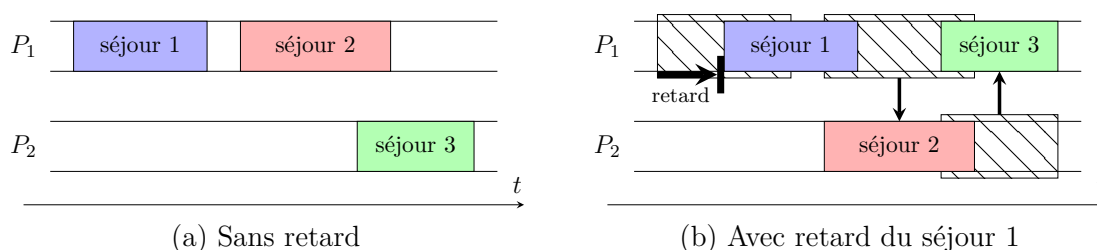


FIG. 1 – Retard et effet domino : exemple avec 2 parkings et 3 avions

Dans cette optique, on cherche à prendre en compte les aléas dès la phase de planification pour obtenir des solutions plus robustes. L'optimisation stochastique s'impose comme un moyen de trouver un compromis entre le gain en robustesse de la solution et la perte en performance qui l'accompagne très souvent.

2 Approche proposée

2.1 Modélisation

La première contribution de ce stage est la mise en place d'un modèle multiobjectif du problème, qui inclut l'ensemble des critères et contraintes habituellement pris en compte par Air France. Le modèle déterministe, inspiré de [2], est transformé en une version stochastique en considérant un programme de vols différent pour chaque scénario.

Dans le modèle, les contraintes de conflit traduisent les incompatibilités entre plusieurs affectations. Puisque toutes ces contraintes ne peuvent pas être respectées dans tous les scénarios, des violations sont autorisées. En contrepartie, on minimise le score global de violation, qui permet de mesurer le niveau de robustesse d’une solution. Le modèle stochastique s’écrit sous la forme d’un programme stochastique à deux niveaux de décision.

2.2 Stratégie de résolution

La seconde contribution est la définition et l’implémentation d’une stratégie de résolution efficace. Après une initialisation rapide, la solution est améliorée grâce à l’algorithme de chaîne d’éjection présenté dans [1], qui allie efficacité et diversification des solutions explorées.

2.3 Comparaison des approches déterministe et stochastique

Le problème est résolu sur des instances réelles, correspondant aux terminaux 2E, 2F et 2G de CDG, avec plusieurs dizaines de scénarios considérés. On évalue l’intérêt d’une approche stochastique par rapport à une approche déterministe, en comparant les performances sur l’objectif principal à minimiser $z^r + z^{viol}$, où z^r est le nombre de tâches affectées en dehors de l’aire de stationnement étudiée, et z^{viol} est l’espérance du nombre de violations de contraintes de conflit. En particulier, on calcule la valeur de l’indicateur *value of stochastic solution* (VSS) qui correspond à la différence entre les courbes bleue et orange dans la Figure 2.

3 Résultats

On observe que la résolution stochastique permet un gain en performance de l’ordre de 80% par rapport à la résolution déterministe, sur les instances de test considérées. On note deux autres avantages de cette stratégie de résolution : elle fournit une solution en un temps raisonnable et est relativement stable par rapport au nombre de scénarios considérés.

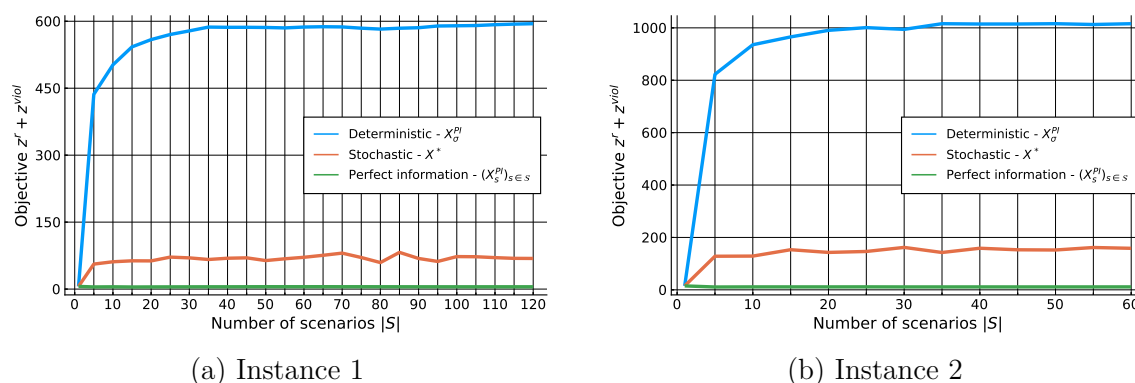


FIG. 2 – Performance de la résolution stochastique en fonction du nombre de scénarios

Ces résultats sont encourageants mais doivent être interprétés avec prudence. En effet, les scénarios ont été générés en supposant que tous les avions suivent la même distribution de retard. Dans la réalité, chaque avion a un comportement différent. Inférer ces comportements par *machine learning* permettrait d’obtenir des scénarios plus réalistes.

Références

- [1] Ulrich Dorndorf et al. Flight gate assignment and recovery strategies with stochastic arrival and departure times. *OR Spectrum*, 39, 2016.
- [2] Julien Guépet et al. Exact and heuristic approaches to the airport stand allocation problem. *European Journal of Operational Research*, 246(2) :597–608, 2015.