

Air France

Optimisation de l'affectation des vols aux avions

La problématique : l'affectation des vols aux avions

Fondée en 1933, Air France est la première compagnie aérienne française et, avec KLM, elle est l'un des plus grands transporteurs aériens au monde, en chiffre d'affaires et nombre de passagers transportés. Intégré au service Informatique, le service Recherche Opérationnelle d'Air France optimise le fonctionnement de l'ensemble des activités de la compagnie en produisant des données décisionnelles.

Afin de déterminer les horaires les plus efficaces pour l'ensemble de la flotte et ainsi réduire les coûts de carburant et d'exploitation tout en atténuant la propagation des retards, le service Recherche Opérationnelle s'est tourné vers l'optimisation mathématique. Cette solution a permis de résoudre la problématique d'affectation des vols aux avions grâce à la modélisation de l'ensemble du processus de planification des appareils, depuis l'affectation de flotte jusqu'au jour des opérations.



Optimisation de l'affectation des vols aux avions

Cette optimisation consiste à affecter des vols aux avions tout en tenant compte des contraintes d'exploitation. Un planning est ainsi établi pour chaque appareil, qui se voit attribuer une séquence de vols précise.

Contraintes

Des contraintes d'exploitation peuvent survenir lors de la planification, notamment :

- Une limitation du nombre d'heures de vol autorisées avant la prochaine opération de maintenance programmée.
- L'impossibilité d'affecter certains vols à un avion donné. Par exemple, seul un type d'avion particulier peut rallier Papeete, sur l'île de Tahiti, qui se trouve au milieu de l'océan Pacifique et impose que l'avion soit autorisé à voler sur de longues distances, hors de portée des aéroports de secours (ETOPS).



Avec ce nouvel outil d'aide à la décision optimisé par le solveur Gurobi, nous estimons réduire les coûts de carburant d'environ 1%, ce qui représente de gros volumes pour l'ensemble de la flotte. Nous espérons également réduire les coûts engendrés par la propagation des retards ainsi que les coûts d'exploitation. Le recours à l'optimisation mathématique pour résoudre la problématique de l'affectation des vols aux avions permet de réaliser des économies annuelles considérables.



Solène Richard, Data Science and Operational Research Team Leader, Air France KLM

Outre les contraintes strictement liées à l'exploitation, la manière dont la séquence de vols est programmée a un impact direct sur les différents éléments suivants :

- **Utilisation de la flotte** - Nombre d'heures de vol d'un aéronef dans l'horizon de planification, divisé par le nombre total d'heures de l'horizon de planification.
- **Respect des horaires** - Si un avion donné doit effectuer deux vols très rapprochés l'un de l'autre, le risque de propagation d'un éventuel retard du premier vol est plus élevé.
- **Consommation de carburant** - Certaines destinations supposent une plus grande consommation de carburant en raison de la chaleur ou de la pollution. En outre, tous les aéronefs n'ont pas la même consommation de carburant. Celle-ci dépend en effet de l'âge ou de la date de la dernière visite de maintenance de l'avion ; par conséquent, l'affectation d'un vol a un impact direct sur la consommation.
- **Coûts d'exploitation** - Si deux vols sont programmés pour le même avion avec un temps de transit prolongé, l'appareil devra probablement être remorqué pour libérer une place de stationnement, ce qui mobilise des ressources pour le remorquage et augmente donc les coûts.
- **Affectations préférentielles** - Dans la mesure du possible, il est préférable d'affecter des vols spécifiques à un aéronef donné pour des raisons commerciales, en fonction de son équipement propre.

Par conséquent, il est nécessaire de réaliser des arbitrages entre les différents critères et l'impact éventuel pour déterminer les horaires les plus efficaces pour l'ensemble de la flotte. L'optimisation de l'affectation des vols aux avions représente ainsi un problème de programmation en nombres entiers mixte (MIP) multicritères.

Air France

Optimisation de l'affectation des vols aux avions

La solution : Modélisation multicritères et optimisation mathématique

Pour commencer, l'équipe Recherche Opérationnelle a dû modéliser trois critères. Pour ce faire, elle s'est appuyée sur l'expertise métier et l'analyse statistique du passé. L'équipe a créé des modèles statistiques pour estimer la consommation de carburant de chaque appareil, sur la base de ce qui a déjà été observé par le passé et en tenant compte du calendrier de maintenance de chaque avion (réparation, amélioration des performances des pièces, etc.). En ce qui concerne le retard, elle a estimé un coût représentatif d'une propagation du retard potentielle selon le temps de transit.

Les horaires étant ré-établis chaque jour en fonction des perturbations de la veille, l'outil se devait d'être réactif. En raison de la complexité et de l'aspect répétitif des décisions, l'optimisation était donc tout indiquée pour résoudre le problème ; en effet, bien que le pourcentage de gains attendus soit infime il s'applique à des volumes conséquents.

Le problème peut être facilement résolu pour la flotte long-courrier dont les vols durent de six à douze heures. La modélisation multicritères et les arbitrages entre les différents aspects pour obtenir une solution optimale non biaisée représentent quant à eux la partie la plus complexe du problème.

La difficulté a donc été d'adapter le modèle à la flotte moyen-courrier, avec des vols d'une durée de trois à six heures. Le nombre de possibilités étant bien plus élevé que pour la flotte long-courrier, la complexité du problème s'en trouve accrue. En effet, des vols plus courts signifient plus de vols à programmer. Il convient donc d'adapter les techniques standard pour trouver une solution optimale au problème, ou s'en rapprocher le plus possible à tout le moins.

L'équipe Recherche Opérationnelle d'Air France a réussi à créer un modèle efficace et a tiré parti des excellentes performances du solveur de programmation mathématique Gurobi, pour trouver une solution optimale ou quasi optimale au problème de planification des avions moyen-courrier dans un délai raisonnable.

Outil d'aide à la décision

L'équipe Recherche opérationnelle a créé un outil d'aide à la décision, optimisé par le solveur Gurobi, pour recommander une solution que les utilisateurs internes peuvent exploiter afin de répondre à leurs besoins spécifiques. L'outil apporte une solution optimale en tenant compte des contraintes et des critères donnés, mais l'utilisateur a toujours la possibilité d'adapter la solution selon sa propre expérience. Ainsi, l'équipe Recherche Opérationnelle est en mesure d'informer l'utilisateur des conséquences engendrées par ses décisions, en mettant en évidence la contrainte qui pourrait être violée ou l'impact sur les différents coûts

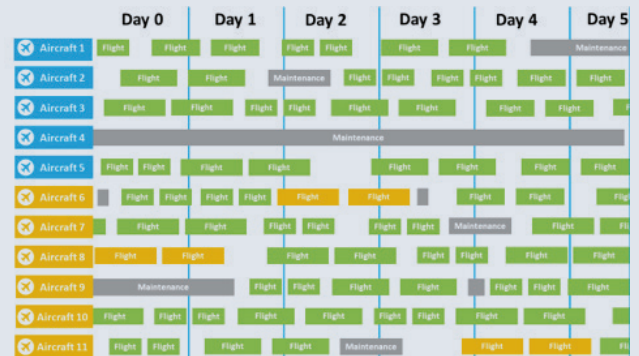


Figure 1 : Outil d'aide à la décision - Chaque ligne représente un appareil et chaque rectangle représente un vol ou une activité de maintenance. Nous pouvons constater que certains vols ne peuvent être affectés qu'à certains appareils. Par exemple, les vols en jaune ne peuvent être affectés qu'aux appareils en jaune.

À propos de l'équipe Recherche Opérationnelle d'Air France

Intégrée au service Informatique d'Air France, l'équipe Recherche Opérationnelle a pour mission d'optimiser le fonctionnement de l'ensemble des activités de la compagnie en produisant des données décisionnelles. Elle contribue ainsi à la stratégie de la compagnie en améliorant ses performances commerciales et opérationnelles.

L'équipe Recherche Opérationnelle d'Air France est l'une des plus importantes en France et dans le secteur du transport aérien. Les employés sont à la fois consultants, innovateurs et développeurs. Ils travaillent sur divers domaines de la compagnie, allant de la maintenance à la relation client en passant par le personnel navigant.