

PRIX LITRA 2026: Scheduled Block Time Setting and Schedule Cost Optimization of European and U.S. Airlines *

Auteur	Jakob Luca Deuschel
Haute école	ETH Zürich, in Kooperation mit der University of California
Diplôme	Master of Science
Date	9. März 2026

Ce travail de master, soumis à l'ETH Zurich, analyse les méthodes utilisées par les compagnies aériennes européennes et américaines pour définir la durée de vol planifiée de porte à porte (« gate-to-gate ») et propose une approche basée sur les coûts, reposant sur l'apprentissage automatique et sur de nombreuses données d'exploitation. Le modèle évalue le compromis entre une marge de temps excédentaire inutilisée et les coûts liés aux retards et à leurs répercussions. Ses prévisions se rapprochent davantage de l'optimum économique que les horaires actuels et les règles empiriques ; les calculs indiquent des économies pouvant atteindre 21 pour cent en Europe et 5 pour cent aux États-Unis.

SITUATION INITIALE

Pour chaque liaison aérienne, les compagnies aériennes sont contraintes de définir une durée de vol planifiée unique, alors que la durée effective fluctue considérablement d'un jour à l'autre en raison des conditions météorologiques, de la circulation dans l'espace aérien, des engorgements dans les aéroports et de spécificités d'exploitation. Si une compagnie aérienne prévoit des horaires trop serrés, les retards se multiplient, entraînant des coûts liés à l'indemnisation des passagers et des perturbations au niveau de l'exploitation. En revanche, des délais trop longs réduisent le taux d'utilisation des avions, des équipages et du personnel au sol. À cet égard, l'Europe et les États-Unis présentent des conditions-cadres très différentes : en Europe, de nombreux aéroports sont soumis à une coordination stricte (attribution de droits de décollage et d'atterrissage dans des créneaux horaires fixes) et les droits des passagers (règlement européen (CE) n° 261/2004) entraînent des obligations d'indemnisation élevées en cas de retard. Aux États-Unis, les aéroports ne sont généralement pas coordonnés et les règles de protection des passagers sont plus souples.

SUJET DE RECHERCHE

Le travail répond à trois questions : comment les compagnies aériennes en Europe et aux États-Unis déterminent-elles aujourd'hui la durée de vol planifiée dans la pratique, et quel rôle jouent les différentes conditions-cadres dans ce processus ? Comment peut-on quantifier, en francs ou en euros, les coûts d'une durée de vol planifiée sous-estimée ou surestimée ? Est-il possible d'en déduire une durée de vol optimale du point de vue des coûts et de la prédire à l'aide de l'apprentissage automatique, de manière à ce qu'elle soit meilleure que les horaires actuels et que les règles empiriques couramment utilisées dans la branche ?

APPROCHE

Le travail combine trois piliers.

- Premièrement, une analyse des conditions-cadres légales et institutionnelles, complétée par des entretiens avec dix compagnies aériennes sur les pratiques actuelles.
- Deuxièmement, un modèle de coûts qui répartit les coûts de la compagnie aérienne en quatre composantes – flotte, maintenance, équipage et passagers – et qui distingue les coûts engendrés par une arrivée trop précoce de ceux liés à une arrivée trop tardive. Le modèle tient compte des différents types d'avions et des marchés (Europe/États-Unis) et repose sur des valeurs de référence établies par l'Université de Westminster pour EUROCONTROL, ainsi que sur leur adaptation aux conditions américaines.
- Troisièmement, des algorithmes modernes d'apprentissage automatique (procédés gradient boosting) sont utilisés afin

de prédire la durée de vol optimale en termes de coûts à partir de données historiques et de caractéristiques des vols.

Le travail s'appuie sur les données d'exploitation officielles d'EUROCONTROL pour l'Europe et de l'autorité américaine BTS pour les États-Unis, couvrant les périodes de programmation estivales 2015–2019 et 2022–2025. Les années marquées par la pandémie de COVID-19 ont été délibérément exclues. Les vols présentant des caractéristiques similaires (compagnie aérienne, liaison, heure de la journée, type d'avion, jour de la semaine) sont regroupés en catégories. L'horaire effectivement publié par la compagnie aérienne ainsi que deux règles empiriques couramment utilisées dans la branche font office de référence de comparaison.

RÉSULTATS

Les entretiens montrent qu'aujourd'hui, les compagnies aériennes déterminent majoritairement la durée de vol planifiée à l'aide de règles empiriques fixes – « choisir une valeur respectée par 80 pour cent des vols historiques » – puis l'ajustent manuellement. Les aides à la décision intégrant une approche économique par les coûts restent exceptionnelles. L'étude définit pour la première fois une grandeur cible explicitement optimisée en termes de coûts et évalue les prédictions non seulement en minutes, mais également en francs ou en euros. Sur les deux marchés, les modèles d'apprentissage automatique permettent de déterminer de manière plus fiable la durée de vol optimale en termes de coûts que les horaires actuels et les règles empiriques. En termes monétaires, cela correspond à des économies d'environ 13 à 21 pour cent en Europe et de 3 à 5 pour cent aux États-Unis par rapport aux horaires actuels. Les économies nettement plus importantes réalisées en Europe s'expliquent par des écarts plus marqués entre les horaires actuels et l'optimum, ainsi que par les importantes indemnités des passagers prévues par le règlement européen (CE) n° 261/2004. Ce travail confirme ainsi les conclusions d'études antérieures quant à l'importance des données historiques, tout en apportant une contribution conceptuelle supplémentaire.

ÉVALUATION SCIENTIFIQUE

D'un point de vue scientifique, la combinaison d'une modélisation économique, d'une analyse institutionnelle, d'entretiens avec l'industrie et d'une évaluation approfondie fondée sur une très vaste base de données est convaincante. La définition d'un indicateur unique et optimal en termes de coûts est d'une grande élégance conceptuelle et résout un problème central des recherches antérieures : jusqu'à présent, les modèles de prédiction étaient évalués uniquement selon leur précision en minutes, et non selon leur impact économique. Les limites résident dans le fait que la fonction de coûts est établie selon le type d'avion et non selon les liaisons individuelles ou l'intensité des correspondances ; les coûts de carburant et les retards en chaîne dans le réseau sont volontairement exclus. L'auteur souligne lui-même qu'une fonction d'entraînement asymétrique pour les modèles permettrait probablement de réaliser des économies encore plus importantes.

PERTINENCE POUR LA BRANCHE DES TP

Ce travail fournit aux compagnies aériennes, aux aéroports, aux services de contrôle aérien et aux autorités de régulation une boîte à outils méthodologique prête à l'emploi permettant de justifier de manière systématique et économique la détermination saisonnière des durées de vol. Basée sur des données publiques disponibles, cette approche est également accessible aux compagnies aériennes de taille moyenne ainsi qu'aux organisations professionnelles de la branche (EUROCONTROL, IATA, coordinateurs de créneaux horaires dans les aéroports). Le travail apporte des arguments empiriques solides en faveur de la révision en cours du règlement européen (CE) n° 261/2004 et d'une attribution plus harmonisée des créneaux horaires dans les aéroports à l'échelle européenne. Sur le plan méthodologique, le travail illustre à titre d'exemple comment combiner de grands volumes de données d'exploitation avec les techniques modernes d'apprentissage automatique et une logique d'optimisation économique – un modèle pour la planification de plus en plus axée sur les données dans l'ensemble des TP. La problématique fondamentale, qui consiste à publier un unique horaire cible alors que les durées réelles varient, existe de manière tout à fait analogue dans le transport ferroviaire : dans les réserves de stabilité des horaires, les temps de correspondance dans les gares de nœuds, les temps de retournement au niveau des terminus ou les marges entre les sillons. Là encore, la planification repose aujourd'hui principalement sur l'expérience et des règles empiriques. L'idée centrale du travail, à savoir une évaluation économique entre les marges et le risque de retard, complétée par une prédiction basée sur les données, peut également s'appliquer, d'un point de vue conceptuel, aux entreprises ferroviaires et aux gestionnaires d'infrastructure.

Globalement, il s'agit d'un travail exigeant sur le fond, rigoureux sur le plan méthodologique et présentant un intérêt direct pour la pratique, qui marque une avancée notable par rapport à l'état actuel de la recherche et offre des pistes concrètes pour l'ensemble de la branche des TP.