

# Un modèle de décision markovien pour le service des repas à bord des avions

par

**Jason Goto, l'Université de Colombie-Britannique**

<Ce texte s'inspire de l'article primé au Concours du meilleur étudiant de la SCRO 1999>

## RÉSUMÉ

Un service de restauration qui approvisionne des transporteurs aériens en repas souhaite fournir pour chaque vol une quantité de repas qui corresponde le plus possible au nombre final de passagers à bord. Obligé de tenir compte du délai d'exécution, le service de restauration doit estimer la quantité de repas bien avant le départ. Or, le nombre de passagers varie parfois considérablement durant ce délai d'exécution. Par conséquent, l'entreprise doit souvent rectifier la quantité estimée au fur et à mesure que lui sont fournies des données additionnelles.

Dans le présent article, nous décrivons l'application d'un processus de décision markovien au processus de commande des repas en vue de définir des politiques de commande permettant d'obtenir un rendement supérieur aux pratiques actuelles. Le modèle permet d'enregistrer des améliorations marginales en matière de surplus et de manquants : les coûts liés aux surplus baissent d'environ 17 % et la proportion de vols comportant des manquants est réduite de 33 %. Nous évaluons également le modèle dans divers scénarios afin de déterminer les coûts associés à une faible proportion de vols comportant des repas manquants.

## **INTRODUCTION**

L'industrie du transport aérien de passagers est un secteur très concurrentiel où les marges bénéficiaires sont très faibles. Pour maintenir leur rentabilité, les transporteurs aériens doivent augmenter leur efficacité opérationnelle et conserver ou accroître leur part du marché.

Parmi les applications traditionnelles de la recherche opérationnelle utilisées dans le secteur du transport aérien, on retrouve la tarification en temps réel, la sélection des itinéraires et l'optimisation des horaires de vol et des programmes d'entretien. D'autres applications incluent l'affectation des équipages, l'analyse de la demande de la clientèle et la gestion de la consommation de combustible. La plupart de ces applications se rapportent à des opérations centrales des transporteurs aériens.

Dans le marché concurrentiel actuel, certains transporteurs essaient de réaliser des économies en augmentant l'efficacité de leurs opérations périphériques. Les sommes économisées grâce à cette efficacité accrue peuvent ainsi être utilisées pour améliorer le service à la clientèle. La fourniture des repas fait partie de ces opérations qu'il est intéressant d'explorer car non seulement il engage des volumes importants et des coûts considérables, mais il a une incidence directe sur le service à la clientèle.

Les résultats et la méthodologie exposés dans ce document sont le produit d'un projet de recherches appliquées en industrie auquel ont participé le Centre for Operations Excellence (COE) et Canadien International Ltée. Le COE est un organisme qui fournit, par l'entremise de la faculté de commerce de l'université de Colombie-Britannique, des solutions commerciales pour des problèmes de l'industrie qui font appel à des méthodes de recherche spécialisées.

## SERVICE DE REPAS EN VOL

Par service de repas en vol, on entend la fourniture de repas pour chaque passager durant un vol. Ce service est habituellement offert sur les long-courriers. La complexité du service des repas varie en fonction de la classe de passagers et de la destination du vol.

À plusieurs points de décision clés, avant le départ d'un vol, on estime le nombre final de passagers et on rectifie la commande de repas en conséquence. Généralement, le fournisseur peut avoir accès à des données concernant le nombre de billets vendus, les passagers enregistrés et le nombre de passagers en attente. L'estimation du nombre final de passagers est fondée sur les données et sur le jugement du personnel du service de restauration. L'estimation, la vérification et la rectification de la quantité de repas requise constituent ce qu'on appelle la *commande de repas*.

Si la quantité de repas à bord excède le nombre de passagers, cela entraîne des coûts supplémentaires. Par ailleurs, quand la quantité de repas est inférieure au nombre de passagers à bord, il y a des coûts associés au service à la clientèle. Le *surplus* est un approvisionnement excédentaire et le *manquant*, un approvisionnement déficitaire. Le fournisseur souhaite produire une quantité de repas qui corresponde le plus possible au nombre de passagers présents au moment du départ.

### LE PROBLÈME

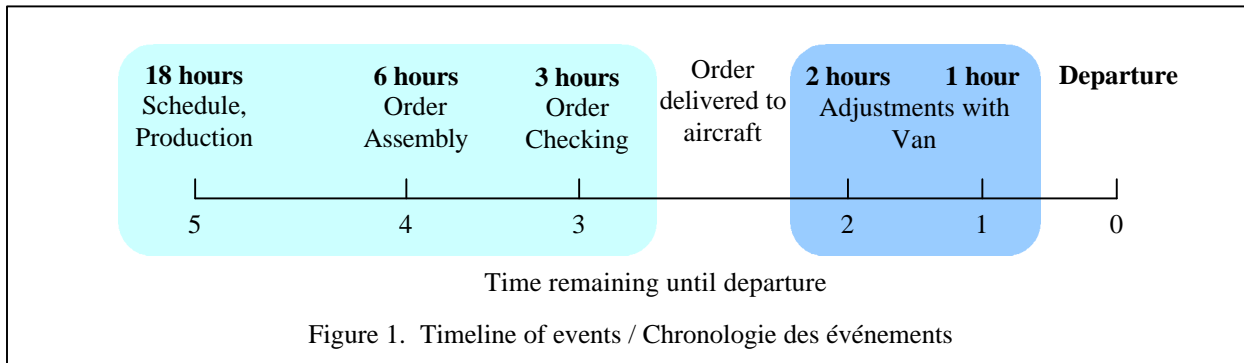
À première vue, ce problème paraît simple à résoudre : il suffit de déterminer le nombre de billets vendus pour un vol donné et de fournir la quantité de repas en conséquence. Dès le début du projet, nous avons voulu avoir une idée précise des procédés, des intervenants, des données et des coûts associés à la fourniture des repas. Ayant ainsi bien cerné le problème, nous avons constaté que la commande de repas était une tâche délicate pour deux raisons fondamentales :

1. Il faut prévoir un important délai d'exécution pour produire une commande de repas. La fourniture des repas inclut la préparation, la cuisson, le montage, le refroidissement et le transport de la commande, et dans certains aéroports, les gros vols partent à quelques minutes d'intervalle les uns des autres.
2. Le nombre de passagers peut varier considérablement durant ce délai d'exécution. Les achats de billets de dernière minute, les personnes qui ratent leur vol, les passagers en attente et les certificats de surclassement, voilà autant de facteurs qui contribuent à la variabilité du nombre de passagers.

Dans le cadre de ce projet, nous avons formulé l'énoncé de problème suivant : *Compte tenu des données disponibles et des procédés en vigueur, comment peut-on réduire la variabilité de l'approvisionnement en repas?* Si l'on réduit la variabilité de l'approvisionnement en repas, on diminuera en même temps les surplus et les manquants. Nous avons choisi de modéliser le processus de commande des repas sous la forme d'un processus de décision markovien en temps discret à horizon fini (MDP) pour chaque vol. Un processus de décision markovien est un problème de décision séquentiel où l'ensemble des actions, des gains et des probabilités de transition dépendent uniquement de l'état actuel du système et de l'action actuelle choisie. Les données historiques du problème n'ont aucune incidence sur les décisions actuelles. On utilise fréquemment les processus de décision markoviens pour la gestion de stock dans les cas où la demande pour un produit suit une fonction de probabilités connue (ou estimée).

### MÉTHODOLOGIE

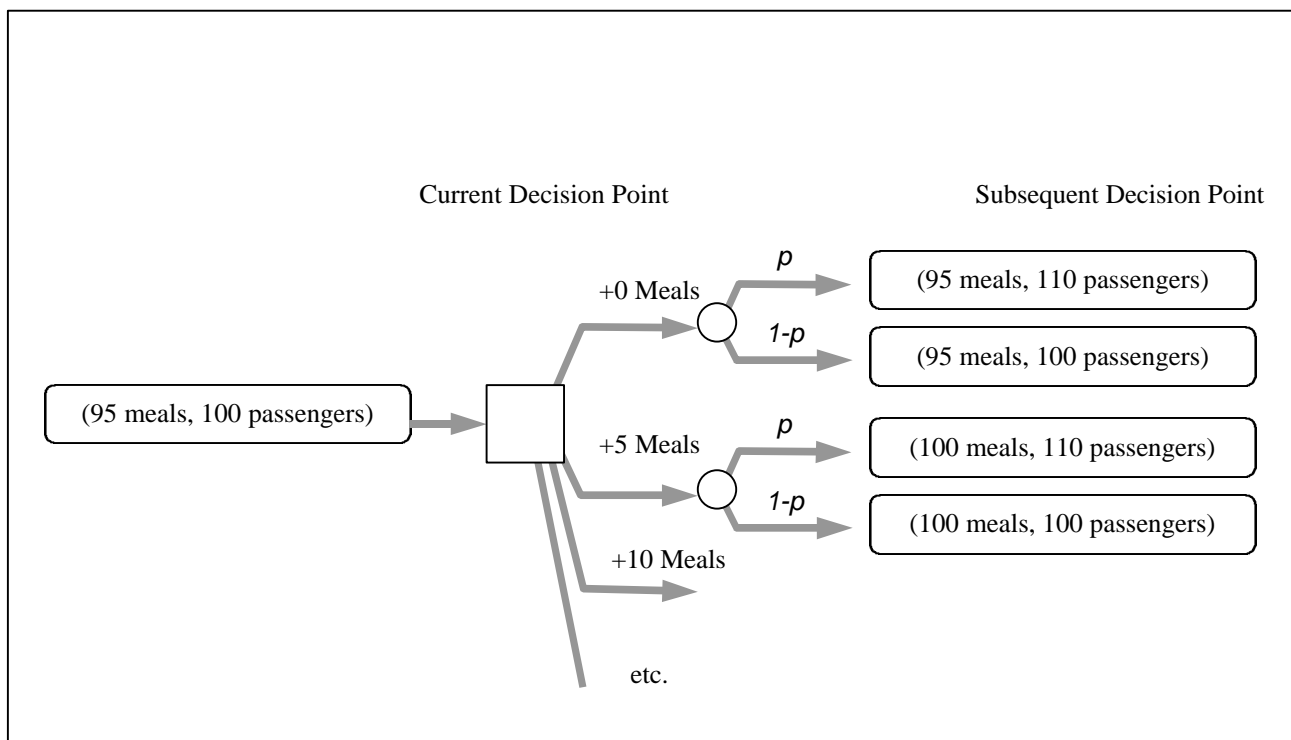
Pour chaque vol nécessitant une commande de repas, le fournisseur doit prendre une série de décisions. Il doit estimer la quantité initiale de repas à préparer et déterminer plus tard s'il doit rectifier la commande à mesure qu'il a accès à des données plus précises. La figure 1 (à la page 23) décrit une généralisation de la chronologie des événements précédant le départ d'un vol.



On notera que le fournisseur peut en cinq occasions déterminer ou rectifier la quantité de la commande de repas avant le départ du vol. Les coûts et les pénalités sont calculées en fonction du moment où est apportée la rectification. Par exemple, des frais fixes de livraison par camion sont facturés pour toute rectification apportée après que la commande de repas a été livrée à l'avion.

En exprimant le processus de commande des repas sous la forme d'un processus de décision markovien, nous représentons les états du modèle comme étant toutes les combinaisons possibles du nombre de passagers enregistrés et de quantités de repas. On peut choisir des actions pour se déplacer entre les états. Par exemple, si l'état actuel du système est de 95 repas et 100 passagers enregistrés, on peut décider de faire passer la commande de repas à 100 repas. Cette rectification de +5 repas est une action. Cependant, on peut s'attendre à ce que le nombre de passagers enregistrés augmente de 10 passagers avec une probabilité  $p$ , ou qu'il reste le même avec une probabilité de  $1-p$ . Ce système est illustré à la figure 2 (à la page 23).

Figure 2. A simplified one-stage decision problem / Un problème de décision à une étape



On constate que selon les probabilités de transition ( $p$ ,  $1-p$ ) et l'action choisie, le système arrivera dans un certain état pour le point de décision suivant. À chaque action est associée un coût, et tout gain est représenté par un coût négatif. Le décideur choisit l'action qui occasionne le plus bas coût prévu, en fonction des probabilités de transition. Cet exemple décrit le cas simplifié d'un problème à une seule étape. Pour mieux représenter le processus de commande des repas, nous étudions tous les états, actions et probabilités de transition possibles. Un processus de décision markovien évalue le problème pour l'ensemble de l'horizon de prise de décision (cinq étapes) et détermine les actions qui réduisent les coûts prévus au minimum, compte tenu de l'état du système et de l'étape de décision. Les tables de rectification optimale des commandes s'appellent des *règles de décision* et toutes ces règles de décision sont regroupées sous le nom de *politique*. On crée une règle de décision pour chaque point de décision dans la chronologie des événements.

À partir du nombre de passagers enregistrés avant le départ indiqué dans les données historiques de Canadien International, nous avons produit les probabilités de transition pour un vol à la fois. Nous avons cherché à déterminer les paramètres appropriés pour la modélisation des fonctions de probabilités du changement du nombre de passagers entre les points de décision. Nous avons ensuite appliqué les coûts et les pénalités sur les repas, conformément aux renseignements obtenus lors de nos discussions avec les responsables des services à bord et aux données recueillies à partir des données historiques de facturation.

Pour mettre à l'essai la validité de la politique, nous retenons une partie des données précédant le départ. Par conséquent, une partie des données est utilisée pour l'élaboration des probabilités de transition, ce qui permet de produire une politique optimale. Nous appliquons cette politique optimale aux données retenues et comparons le rendement des politiques optimales avec le rendement réel. Nous mesurons le rendement en l'exprimant sous la forme d'une *erreur d'approvisionnement*, qui correspond à la quantité finale de repas moins le nombre de passagers au départ, calculé sur la base de la fréquence du vol (par exemple, quotidiennement pour chaque numéro de vol). Une erreur d'approvisionnement positive correspond à un surplus et une erreur d'approvisionnement négative correspond à un manquant.

Toute l'analyse a été faite à partir de données recueillies de décembre 1998 à janvier 1999 inclusivement. On a utilisé dix mois de données pour élaborer les probabilités de transition et les données des deux autres mois comme ensemble de données de validation.

## RÉSULTATS

Nous avons évalué le modèle pour un échantillon de 55 destinations aériennes et avons observé la performance des politiques de commande. Au cours des essais initiaux et de l'évaluation, il est devenu apparent que les frais terminaux associés à une commande déficitaire jouaient un rôle important dans le comportement de la politique. Lorsque le coût terminal était faible, la politique de commande avait tendance à produire un manquant alors que dans le cas d'un coût terminal élevé, la politique de commande tendait vers des surplus. Nous avons évalué le modèle pour une série de coûts terminaux et avons choisi le coût terminal qui se rapprochait le plus de la situation réelle.

Les politiques optimales ont été appliquées aux données d'essai et on a comparé la distribution de l'erreur d'approvisionnement à la distribution de l'erreur d'approvisionnement réelle. Étonnamment, dans bon nombre de cas, la performance du processus de commande des repas était presque optimale. Cela semble indiquer que le personnel responsable de la commande des repas a un bon jugement ou qu'il a accès à des données non accessibles au modèle.

Les politiques optimales fournissent certains résultats encourageants. Dans un échantillon, nous avons estimé que l'application des politiques optimales permettrait de faire des économies de 17 % sur les coûts associés aux surplus. En outre, la proportion de vols comportant des manquants chutait en même temps de 33 %. Par conséquent, on réalise des économies tout en améliorant le niveau de service.

De plus, le modèle nous permet d'évaluer le coût prévu des divers niveaux de performance. Le modèle nous a permis d'estimer le coût associé à un scénario suivant lequel il n'y a aucun manquant sur les vols depuis Vancouver. Ce résultat ou d'autres scénarios peuvent être utiles pour déterminer quelles sommes engager dans l'amélioration des processus en vue d'atteindre le niveau de service souhaité.

## CONCLUSION

Compte tenu des processus et des données actuels, il est possible de réduire marginalement la variabilité du système d'approvisionnement en repas. Même si le modèle de décision markovien n'améliore pas considérablement la performance de la commande des repas, on réalise des gains modestes sur le plan des sommes économisées et du niveau de service. Le modèle fournit à Canadien un point de référence pour évaluer la performance de son système actuel d'approvisionnement en repas et il lui permet d'évaluer les coûts associés à l'amélioration de son niveau de service. En outre, on peut utiliser le modèle pour analyser des scénarios, puisqu'il s'adapte facilement aux fluctuations des pratiques commerciales et des structures de coûts.