

Modèle de prévisions probabilistes pour les systèmes de vélos partagés

Nicolas Gast¹, Guillaume Massonnet², Daniel Reijsbergen³, Mirco Tribastone⁴

¹ INRIA Grenoble Rhône-Alpes, 38401 St Martin d'Hères, France
nicolas.gast@inria.fr

² Ecole des Mines de Nantes, LS2N, 44300 Nantes, France
guillaume.massonnet@mines-nantes.fr

³ University of Edinburgh, LFCS, EH8 9AB, Scotland, UK
reijsbe@exseed.ed.ac.uk

⁴ IMT Alti Studi di Lucca, 55100 Lucca, Italia
mirco.tribastone@imtlucca.it

Mots-clés : *Systèmes Markoviens, Modèles de prévision, Evaluation de performance*

1 Introduction

De plus en plus de villes à travers le monde mettent en place des systèmes de vélos partagés afin de diversifier leur offre en transports urbains, de décongestionner leurs axes routiers et de présenter une image plus éco-responsable. Ces systèmes se présentent en général sous la forme d'un réseau de stations, chacune disposant d'un nombre limité de bornes pouvant accueillir un vélo. Ils proposent ainsi une alternative à l'utilisation de transports en commun ou de véhicules privés pour des trajets sur de courtes distances en mettant à disposition des usagers des vélos, que ces derniers peuvent emprunter dans une station proche de leur lieu de départ pour ensuite le déposer dans une autre située à proximité de leur destination.

Les gestionnaires de ces systèmes publient souvent en temps réel des informations sur la disponibilité de vélos ou de places libres dans les différentes stations du réseau afin d'aider les utilisateurs à planifier leur trajet en évitant les situations de blocage (départ depuis une station vide ou arrivée sur une station pleine). Néanmoins, ces informations se contentent de décrire l'état courant du système et ne permettent donc pas d'anticiper la disponibilité des ressources à l'avance. Cette absence de projection empêche l'utilisateur d'adapter ses décisions à l'évolution de l'occupation future des stations et le gestionnaire de reconfigurer le réseau pour éviter les blocages ou pénuries à venir. Pour palier à ce défaut, un certain nombre de travaux de recherche se sont concentrés sur le développement de méthodes de prévision efficaces, à même de décrire l'évolution du système sur des horizons de temps plus ou moins longs, afin de donner les moyens aux différents acteurs de ces systèmes de prendre les meilleures décisions possibles pour éviter les situations problématiques.

2 Modèle de prévision

2.1 Modélisation mathématique

Dans ce travail, nous utilisons un modèle markovien composé de N stations pour décrire le système considéré. Chaque station i est modélisée par une file d'attente de capacité finie κ_i . À chaque véhicule stationné à la station i correspond une tâche en attente de traitement qui occupe un espace de la file parmi les κ_i disponibles. Les utilisateurs qui souhaitent effectuer le trajet (i, j) se présentent pour prendre un véhicule à la station i selon un taux d'arrivée $\lambda_{ij}(t)$ à un instant t donné. Ces derniers font ensuite transiter le véhicule vers la station j pendant

un temps de trajet aléatoire τ_{ij} . Si la station au départ du trajet est vide, l'utilisateur quitte le système tandis que si la station d'arrivée est pleine, le véhicule est redirigé vers une station voisine selon une distribution donnée.

De tels systèmes sont difficiles à analyser et même à simuler lorsque le nombre de files d'attente (stations) est grand. Néanmoins, des techniques d'approximation existent [1, 2] et permettent de dériver des propriétés sur l'évolution de l'état du système lorsque sa taille tend vers l'infini. En particulier, l'analyse en champ moyen utilisée dans ces travaux casse les corrélations entre les différents éléments du réseau et le décrit comme un ensemble de files d'attentes indépendantes les unes des autres. Cette hypothèse théorique est pertinente lorsqu'on étudie des réseaux avec un grand nombre de stations tel que *Vélib'* à Paris (plus de 1200 stations).

2.2 Application à la prévision de situations problématiques

Nous utilisons les résultats de l'analyse en champ moyen pour dériver un modèle de prévision et nous l'appliquons au système *Vélib'*. A partir de données collectées en 2014 auprès du gestionnaire du réseau, nous calculons les paramètres de notre modèle et appliquons notre méthode à la prévision de l'évolution du système sur différents horizons de temps.

Nous proposons d'abord une critique de la mesure de l'erreur telle qu'elle est pratiquée dans la littérature. En effet, la quasi-totalité des travaux sur ce sujet estiment les performances de leurs outils de prévision à l'aide de la *Root-Mean Square Error* (RMSE), qui donne l'écart entre la valeur prédite et la valeur observée. Nous argumentons que dans le cas de systèmes au comportement fortement stochastique tels que les vélos en libre service, cette mesure est inadaptée car elle ne rend pas compte des probabilités d'occurrence des différentes réalisations problématiques. Nous introduisons donc une mesure de la qualité des prévisions obtenues alternative, basée sur la fréquence des prévisions justes plutôt que sur un écart avec les observations.. Nous comparons les résultats obtenus avec plusieurs techniques de prévisions classiques de la littérature des modèles prévisionnels appliqués aux vélos en libre service. Ainsi, nous proposons un modèle de prévision probabiliste, qui fournit à l'utilisateur la probabilité d'occurrence des différentes situations de blocage dans un futur proche. Nous appliquons notre méthode sur le système *Vélib'* et observons que lorsqu'on suit cette métrique, notre modèle de prévision est plus précis que ceux appliqués dans la littérature. D'autre part, nous démontrons comment l'utilisation de cet outil permet à l'utilisateur et au gestionnaire du réseau de prendre de meilleures décisions et réduit les situations frustrantes provenant d'un blocage. Une version préliminaire des résultats peut être trouvée dans [3].

Références

- [1] C. Fricker et N. Gast. *Incentives and redistribution in homogeneous bike-sharing systems with stations of finite capacity*, EURO J Transp. Logist., 2011.
- [2] C. Fricker, N. Gast et A. Mohamed. *Mean field analysis for inhomogeneous bike sharing systems*, AofA 2012, International Meeting on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms, 2012.
- [3] N. Gast, G. Massonnet, D. Reijsbergen et M. Tribastone. *Probabilistic Forecasts of Bike-Sharing Systems for Journey Planning*, CIKM'15 Proceedings of the 24th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, 703-712, 2015.