

Simulation et évaluation d'un système de taxis collectifs

Eugénie Lioris^{1,2}, Guy Cohen¹, Arnaud de la Fortelle^{2,3}

¹ Paris-Est, CERMICS ; 77455 Marne la Vallée, France

`guy.cohen@mail.enpc.fr`

² INRIA-IMARA project ; 78153 Le Chesnay, France

`{jennie.lioris, Arnaud.de.La.Fortelle}@inria.fr`

³ Mines ParisTech, CAOR, Mathématiques et Systèmes ; 75006 Paris, France

1 Motivation

Notre but est d'offrir un système de transport en zone urbaine de haute performance, avec une qualité de service comparable à celle des taxis classiques (ou l'utilisation de la voiture individuelle), à des prix concurrentiels à ceux des autres systèmes de transport collectif, tout en respectant l'environnement, et contribuant à la sécurité routière en évitant la congestion. On veut donc étudier un système de taxis collectifs opérant selon trois modes différents : le mode décentralisé où les clients apparaissent "au bord du trottoir" et souhaitent partir immédiatement ; le mode centralisé où les clients réservent à l'avance un trajet auprès d'un dispatching central ; et finalement le mode mixte qui combine les deux types des clients. Un tel système est potentiellement très souple mais doit être soigneusement optimisé pour entrer en compétition avec les systèmes plus classiques. Un outil de simulation à événements discrets a été mis au point afin de pouvoir étudier, dans divers scénarios et conditions d'exploitation, les algorithmes de gestion temps réel, le dimensionnement du système en fonction de divers niveaux de demande, et pour évaluer avec précision la qualité de service offerte, les coûts d'exploitation et la tarification associés.

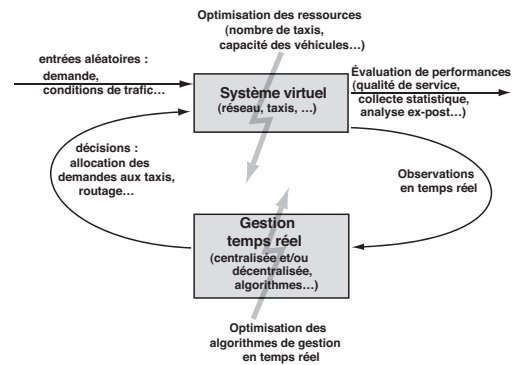
2 Pourquoi un simulateur ?

Lorsque on envisage un tel système, beaucoup de questions se posent : quel est le nombre de véhicules à mettre en service, de quelle capacité ? Quelles stratégies doit-on employer pour accepter ou refuser un client ? Comment construire un itinéraire optimal pour chaque taxi ? Ou encore que doit-on faire avec un véhicule vide ? En définitive, comment obtenir un certain niveau de qualité de service en regard d'un tarif acceptable ? Il est évident qu'on est face à un problème très complexe pour lequel il est impossible de construire un modèle mathématique suffisamment détaillé.

Les outils de simulation permettent l'étude de systèmes stochastiques complexes sans les conséquences et les risques d'une expérimentation directe sur le terrain, dans un temps nettement plus rapide et à moindre coût. De plus, un avantage important des simulations est qu'elles permettent la reproduction de scénarios en ne modifiant qu'un seul facteur à la fois, toutes choses égales par ailleurs. Ceci est crucial pour rechercher des stratégies optimales.

3 Simulateur à événements discrets

Pour ce système, on a créé un simulateur à événements discrets dans lequel l'évolution du système se représente comme une suite chronologique $\{\dots, s_i, e_i, s_{i+1}, e_{i+1}, \dots\}$, $i = 0, 1, \dots$, avec e_i l'événement qui se passe à l'instant t_i et qui fait passer le système de l'état s_i à l'état s_{i+1} et ainsi de suite. Ce simulateur remplace le modèle mathématique ou sert de "réalité virtuelle". Nous l'appellerons "la partie mécanique" qui reproduit les événements "mécaniques" ne nécessitant pas de prise de décision. Par exemple, lors de l'arrivée d'un véhicule à un nœud du réseau, cette partie doit détecter si il y a des sorties de passagers à effectuer, si ce véhicule a des rendez-vous à ce nœud (dans la gestion centralisée) ou des clients en attente (dans la gestion décentralisée), etc. Cette partie mécanique reçoit deux types d'entrées : les sollicitations stochastiques extérieures (apparitions de clients selon des lois données, détermination des temps de parcours aléatoires des arcs du réseau par les taxis, etc.) et, par ailleurs, les décisions de gestion temps réel. Par exemple, lorsque d'une rencontre entre un client et un taxi, la partie mécanique sollicite la partie décisionnelle, qui constitue l'autre partie du programme de simulation, pour déterminer si le client doit être accepté et quel est le nouvel itinéraire à suivre. Il s'agit en fait d'un appel à l'algorithme approprié.



Chaque simulation produit une multitude d'informations élémentaires dont l'analyse détaillée et le traitement statistique sont des procédures à réaliser a posteriori afin de pouvoir tirer des conclusions qualitatives et quantitatives. Dans la suite de ce résumé, on évoque la question algorithmique pour la gestion décentralisée uniquement.

4 Acceptation d'un client dans un taxi et dimensionnement du système

À chaque rencontre d'un client avec un véhicule, il y a une décision binaire à prendre concernant son acceptation/refus qui est indissociable de la construction d'une nouvelle "tournée" pour le taxi. Le principe est le suivant : on doit reconstruire une tournée optimale (au sens par exemple de minimiser la somme des temps de descente de tous les clients) pour incorporer la destination du nouveau candidat, mais en respectant, pour tous les passagers et le candidat, une contrainte de détour. Essentiellement, dans la nouvelle tournée, aucun client ne doit subir un détour supérieur à un seuil $s > 1$: le détour est défini comme le quotient de la durée prévisionnelle du trajet origine-destination sur la durée du trajet direct correspondant (celui qui serait effectué dans un taxi individuel). Un nouveau client sera finalement accepté dans un taxi si toutes ces contraintes peuvent être satisfaites.

Les simulations permettent d'ajuster la valeur de ce paramètre s : plus s est petit, plus on aura de décisions de rejet (se traduisant par une attente initiale plus longue, voire un abandon de certains clients au delà d'une attente maximale) ; par contre, les trajets des clients acceptés seront statistiquement plus proches de leur trajet direct. C'est un exemple des compromis que les simulations aident à quantifier.

Un autre exemple de compromis est celui lié au choix du nombre de taxis mis en service : plus ce nombre est élevé, plus on se rapproche d'un système de taxis individuels et donc d'une meilleure qualité de service (en termes d'attente initiale et de parcours), mais le nombre de clients servis en fin de journée par chaque taxi sera plus faible et nécessitera un tarification plus élevée.