

# Problème dynamique de transport de patients

Yannick Kergosien, Christophe Lenté et Jean-Charles Billaut

Université François Rabelais Tours,  
Laboratoire Informatique, 64 av. Jean Portalis, 37200 Tours.  
{yannick.kergosien|christophe.lente|jean-charles.billaut}@univ-tours.fr

**Mots-Clés** : *transport de patients, dynamique, recherche Tabou, hôpital.*

## 1 Introduction

Le CHRU de Tours est composé de plusieurs hôpitaux répartis dans toute la ville. De ce fait, il arrive fréquemment que des patients, affectés à une unité de soins dans un hôpital, doivent être transférés dans un autre hôpital pour subir un examen, voire pour changer d'unité de soins. Il arrive également que des patients soient adressés à des structures externes au CHRU pour des consultations ou des examens privés. Ces transports à la demande sont assurés par des véhicules du CHRU gérés par la centrale des ambulanciers. Les demandes de transports arrivent à la centrale au fil de l'eau durant toute la journée, elles peuvent se distinguer par le type de véhicule nécessaire et un caractère d'urgence. Certaines demandes émanant du SAMU ont la particularité d'être extrêmement prioritaires et de n'être connues que très peu de temps à l'avance. Ces transports urgents peuvent durer jusqu'à 3 heures tandis qu'en moyenne les autres transports durent 40 minutes. Seules 30% des demandes sont connues en début de journée sur un total moyen de 130 demandes quotidiennes. Ce sont les régulateurs de la centrale qui vont décider de l'affectation des demandes aux véhicules du CHRU. Quand la charge de travail est plus importante que la capacité de réponse de la centrale des ambulanciers, les régulateurs font appel à des compagnies privées, mais cette sous-traitance induit un surcoût non négligeable.

## 2 Présentation du problème

Nous nous intéressons à un problème de transports de patients dans un contexte dynamique. Le problème de transport à la demande n'est pas un problème récent dans la littérature mais il a peu souvent été étudié avec toutes les spécificités liées aux transports de patients et au milieu hospitalier. Citons néanmoins deux études récentes : [Hanne et al., 2009] et [Melachrinoudis et al., 2007]. Notre objectif est d'affecter les demandes de transports aux équipes ambulancières en minimisant le coût total pour le CHRU. Les équipes et leurs horaires de travail sont constitués de longue date, ce ne sont donc pas des variables de décisions, mais nous pourrions nous autoriser quelques heures supplémentaires. De telles solutions seront pénalisées par un surcoût important. Chaque équipe se voit affecter un véhicule à sa prise de fonction, mais elle pourra en changer en cours de journée en fonction des transports à effectuer. Il existe deux types de véhicules, les véhicules usuels, dits de type C et les véhicules médicalisés, dits de type A. Ces derniers sont plus spacieux afin d'accueillir du matériel médical et du personnel accompagnant (infirmiers ou médecins). Une demande de transport

de patient est caractérisée par un lieu de départ, un lieu d'arrivée, une durée de prise en charge du patient hors véhicule, une fenêtre de temps dépendant du niveau de priorité de la demande, et un type de transport. Il existe trois types de transports : classique, contagieux, et médicalisé. Dans le cas classique, le transport peut être effectué par un véhicule de type A ou C. Dans le cas d'un transport contagieux, un véhicule de type C doit être utilisé, et le véhicule doit être désinfecté par l'équipe avant de pouvoir être réutilisé. Cependant, étant donné que l'opération de désinfection dure une heure, l'équipe peut la différer et utiliser un autre véhicule en attendant de revenir plus tard réaliser la désinfection. Enfin, un transport médicalisé nécessite un véhicule de type A puisqu'il s'agit de transports de patients dans un état critique avec la surveillance d'un médecin de l'unité de soin d'origine durant tout le trajet. Après le transport du patient, il faut ramener le médecin à son unité d'origine mais ce retour peut s'effectuer avec un autre patient pour gagner du temps. Chaque demande assurée par le CHRU engendre des frais kilométriques, ou un coût de sous-traitance. Une solution du problème est donc une affectation des demandes aux véhicules du CHRU ou aux compagnies privées.

### 3 Résolution du problème

Pour résoudre ce problème, nous nous sommes inspirés de l'article [Gendreau et al., 1999] qui propose une méthode performante pour la résolution de problèmes de tournées de véhicules dans un contexte dynamique. Nous avons donc adapté tout d'abord la méthode au problème statique de transport de patient [Kergosien et al., 2008], puis dynamique, en prenant en compte toutes les spécificités du problème citées précédemment. La méthode de résolution utilisée à chaque nouvelle demande est basée sur une recherche Tabou avec une mémoire adaptative. Chaque exécution propose rapidement une solution aux régulateurs de la centrale. La mémoire adaptative permet de stocker toutes les routes de chaque véhicule provenant des bonnes solutions trouvées jusqu'alors. A chaque exécution de l'algorithme, les routes de la mémoire adaptative sont mises à jour en fonction des demandes traitées, des positions géographiques des équipes et des véhicules. La recherche Tabou possède un opérateur de voisinage appelé CROSS Exchange permettant l'échange de sous-segments entre deux routes, une liste Tabou supposée de taille infinie et contenant le coût de chaque solution (le cas de deux solutions non identiques ayant la même valeur de coût est très peu probable) et un critère d'arrêt basé sur un nombre d'itérations sans amélioration. Nous présenterons les résultats obtenus sur des instances générées en fonction de l'activité observée du CHRU de Tours.

### Références

- [Gendreau et al., 1999] M. Gendreau, F. Guertin, J-Y. Potvin, E. Taillard. Parallel Tabu Search for Real-Time Vehicle Routing and Dispatching, *Transportation Science* 33, 381-390, 1999.
- [Hanne et al., 2009] T. Hannes, T. Melo, S. Nickel. Bringing Robustness to Patient Flow Management Through Optimized Patient Transports in Hospitals. *Interfaces*, 39, 241-255, 2009.
- [Kergosien et al., 2008] Y. Kergosien, C. Lenté, J-C. Billaut. A Tabu Search algorithm for solving a transportation problem of patients between care units. *International Workshop on Scheduling in Healthcare Systems, 1st International Conference on Applied Operational Research*, Armenia, 2008.
- [Melachrinoudis et al., 2007] E. Melachrinoudis, A.B. Ilhan, H. Min. A dial-a-ride problem for client transportation in a health-care organization. *Computers and Operations Research*, 34, 742-759, 2007.