

Création simultanée des tables horaires et du graphicage sur une ligne de bus

Giovanni Lo Bianco,¹ Xavier Lorca,¹ Benoît Rottembourg²

¹ IMT-Atlantique, TASC (LS2N), FR-44307 Nantes, France
{giovanni.lo-bianco,xavier.lorca}@imt-atlantique.fr

² Eurodécision, Versailles,
{benoit.rottembourg}@eurodecision.fr

Mots-clés : *graphicage, création des tables horaires, programmation par contraintes*

1 Définition du problème

Le transport de passagers dans le milieu urbain est un enjeu important pour les collectivités territoriales et les opérateurs de transport. Il faut, d'un côté assurer une certaine qualité de service et de l'autre, optimiser les ressources humaines et matérielles qui assurent ce service. La qualité de service peut être définie par un ensemble de caractéristiques telles que l'accessibilité au réseau, les temps d'attente aux points de correspondance, la fréquence des passages, la ponctualité du service, etc... L'optimisation des ressources concernent majoritairement la planification des services véhicules et l'affectation des conducteurs sur ces services. Le procédé de création d'un service de transport, proposé par Ceder & Wilson en 1986 [2], est composé de cinq étapes. La première étape consiste en la création des arrêts et des lignes. La deuxième étape consiste à définir la fréquence des courses selon les périodes de la journée. La troisième étape consiste à créer la tables horaire des dessertes. La quatrième étape consiste en la planification des services véhicules, appelée « graphicage », et la cinquième étape, en l'affectation de tâches aux conducteurs, appelée « habillage ».

À chaque étape, des outils d'aide à la décision sont utilisés. L'idéal serait de pouvoir effectuer ces cinq étapes simultanément mais la variété des contraintes et des objectifs à optimiser paraissent beaucoup trop importants pour que la résolution d'un tel problème puisse se faire en un temps raisonnable. Néanmoins, certaines études portent sur la résolution simultanée de deux étapes du procédé. Dans la littérature, on trouve le plus souvent des études sur la résolution simultanée des problèmes de graphicage et d'habillage ou bien de la création simultanée des fréquences de passages et des tables horaires [3]. Dans cette étude, nous nous intéressons à la création simultanée des tables horaires et des services véhicules. Résoudre ce problème permet à une collectivité territoriale de simuler les conséquences économiques des hypothèses de service et donc de mieux contracter avec les réseaux de transport.

Ce problème a été abordé dans [3] dans le cas multilignes. Cette étude se distingue par le fait qu'elle ne concerne que le cas monoligne, et donc ne traite pas des problèmes de correspondances entre plusieurs lignes. Certains opérateurs de transport préfèrent travailler en monoligne tant le nombre de lignes à gérer est élevé. En entrée du problème, nous avons : la ligne de bus concernée, les différentes périodes de fréquence de passage homogène, l'ensemble des dépôts et garages, l'ensemble des règles d'enchaînement, qui décrivent les dépôts accessibles à partir de chaque extrémité de la ligne et inversement, le distancier qui varie selon les périodes de la journée, l'ensemble des véhicules disponibles, le temps de retournement des véhicules en fin de course et de l'ensemble des courses commerciales à effectuer sur la ligne.

En sortie du problème, nous voulons les grilles horaires de chaque desserte ainsi que le détail des services véhicules, à savoir les courses affectées ainsi que les dépôts affectés lorsque les véhicules ne sont pas utilisés. Les contraintes à prendre en compte sont de s'assurer du respect

des règles d'enchaînement, de s'assurer que les fréquences de dessertes sont respectées avec un certain degré de tolérance, de s'assurer de la cohérence des affectations aux courses par rapport au distancier et de s'assurer que la capacité des dépôts est respectée. Nous voulons aussi minimiser la distance parcourue en haut-le-pied, c'est-à-dire, la distance parcourue par les véhicules lorsqu'ils ne transportent pas de passager.

2 Approche orientée programmation par contraintes

Dans cette étude, nous adoptons une approche orientée programmation par contraintes (PPC). Le problème décrit ci-dessus est très contraint et la PPC pourrait se révéler plus efficace que les approches de RO traditionnelles.

Le modèle établi dans cette étude repose sur deux hypothèses principales. La première consiste à considérer qu'une ligne de bus est décrite par un ensemble de sections orientées. Par exemple, sur une ligne constituée de deux terminus A et B , il y a deux sections : la section $[AB]$ et la section $[BA]$. Ainsi, on définit aussi pour chaque course à affecter, la section sur laquelle elle s'effectuera. Ce choix de modélisation permet de traiter indépendamment le cas des lignes simples et le cas des lignes avec bifurcations, chaque extrémité de la ligne et bifurcation définissant deux sections (une dans chaque sens). Les périodes de fréquence homogène sont alors définies pour chaque section.

La deuxième hypothèse consiste à remarquer qu'après chaque course, un véhicule s'arrête pendant un certain temps puis repart pour une nouvelle course ou alors retourne à un dépôt. Les parkings en fin de sections peuvent être assimilés à des dépôts avec une capacité plus faible. On peut alors considérer qu'un véhicule alterne les périodes pendant lesquelles il effectue une course et les périodes pendant lesquelles il est stationné à un dépôt. Pour résoudre notre problème, il faut déterminer ces périodes pour chaque véhicule.

En modélisant les règles d'enchaînement sous forme d'un automate, l'approche PPC permet de traiter la contrainte associée grâce à une contrainte *REGULAR* [5], qui assure que l'enchaînement des courses et des dépôts soit un enchaînement qui peut être lu dans l'automate. Les contraintes de capacités de dépôts peuvent être gérées avec des contraintes *CUMULATIVE* [1], qui assurent qu'un ensemble de tâches soit bien réparti dans le temps pour ne pas dépasser le nombre de ressources disponibles. Le problème d'affectation des véhicules aux courses à effectuer se traite avec une contrainte *GLOBAL_CARDINALITY* [4], qui assure que le nombre de courses affectées correspondent bien aux nombres de courses à effectuer sur chaque section. Un modèle mathématique du problème a été établi et implémenté avec le solveur de contraintes Choco. Il n'est possible de résoudre que des instances de petites tailles. La prochaine étape de cette étude est d'étudier diverses stratégies de recherche afin de résoudre des instances à échelle réelle en un temps raisonnable.

Références

- [1] Abderrahmane Aggoun and Nicolas Beldiceanu. Extending CHIP in order to solve complex scheduling and placement problems. In *JFPL'92, 1^{ères} Journées Francophones de Programmation Logique*, page 51, 1992.
- [2] Avishai Ceder and Nigel H.M. Wilson. Bus network design. *Transportation Research Part B : Methodological*, 20(4) :331 – 344, 1986.
- [3] Valérie Guilhaire. *Modélisation et Optimisation pour le Graphicage des Lignes de Bus*. PhD thesis, University of Angers, France, 2009.
- [4] A. Oplobedu, J. Marcovitch, and Y.Tourbier. Charme : un langage industriel de programmation par contraintes. In *Ninth International Workshop on Expert Systems and their Applications*, 1989.
- [5] Gilles Pesant. A regular language membership constraint for finite sequences of variables. In *Principles and Practice of Constraint Programming - CP*, pages 482–495, 2004.