

Planification de ressources dans le transport de passagers

Xavier Lorca, Charles Prud'Homme, Abbas El Dor,¹ Aurelien Questel,
Benoit Rottembourg,² Jean-Guillaume Fages, Tanguy Lapègue³

¹ TASC (CNRS/INRIA/Mines Nantes), Nantes, `FirstName.LastName@mines-nantes.fr`

² EuroDécision, Versailles, `FirstName.LastName@eurodecision.com`

³ Cosling, Nantes, `{jg.fages;t.lapegue}@cosling.com`

Mots-clés : *optimisation, planification, re-planification, programmation par contraintes*

La planification du transport urbain et interurbain de passagers est une problématique importante pour les sociétés industrialisées actuelles. Par la nécessité d'optimiser les coûts des ressources humaines et matérielles, de respecter les contraintes sociales et environnementales, et de répondre aux besoins des utilisateurs, elle se situe au cœur des préoccupations économiques et sociales des collectivités territoriales et des opérateurs de transport. À travers ces enjeux la résolution de deux problèmes centraux d'optimisation est primordiale : le graphica et l'habillage. Dans le premier cas, il s'agit d'établir un ordonnancement des véhicules (bus, trains, tramways, métros, etc.) sur un trajet. Dans le second, on doit affecter les personnels (conducteurs, accompagnateurs, etc.) aux véhicules ordonnancés. Les exigences de plus en plus fortes des collectivités auxquelles les réseaux ont à faire face conduisent à résoudre, en les optimisant, des problèmes de plus en plus complexes. Ces exigences induisent aussi une sensibilité croissante du système aux aléas en phase de production (incidents de circulation, indisponibilité de ressources, pannes).

Les problèmes de graphica et d'habillage tactique sont abondamment traités par la littérature [2, 3]. Les méthodologies de résolution dominantes, à la fois académiquement et dans les logiciels leader du marché, sont basées sur la programmation mathématique et particulièrement sur les techniques de décomposition par les prix. Toutefois, les temps de résolution des instances complexes à traiter par les réseaux interdisent à ce jour d'utiliser ces algorithmes en mode réactif pour la régulation à un niveau opérationnel. Les réparations à effectuer sont donc majoritairement traitées manuellement et dégradent souvent la qualité de la solution construite tactiquement par les logiciels d'optimisation. L'objet de l'approche est de proposer un formalisme et une méthode de résolution à même de réparer, de manière réactive, les planifications tactiques pour aider à répondre efficacement aux besoins des problèmes d'habillage - élaboration et suivi opérationnel des emplois du temps du personnel.

1 Une approche orientée programmation par contraintes

L'idée intuitive de la programmation par contraintes (PPC) [5] est de proposer une méthode, à la fois déclarative et flexible, de résolution de problèmes combinatoires basée sur la déclaration de contraintes (vues comme des conditions logiques portant sur des variables) devant être satisfaites par toutes solutions du problème considéré. Les deux composantes déclarativité et flexibilité font de la PPC une bonne candidate pour aborder une approche plus réactive du problème d'habillage dans la planification du transport. Tout d'abord, nous montrerons comment nous avons pu modéliser le problème proposé en PPC tout en maîtrisant l'expressivité et la compacité du modèle [1]. Ensuite, nous illustrerons comment nous avons transformé le modèle initial afin de supporter les contraintes et objectifs relatifs à la problématique opérationnelle.

Modèle PPC. En PPC, il est d'usage de modéliser les problèmes de planning de personnel en intégrant les règles RH et d'enchaînement de tâches au sein d'une contrainte REGULAR [4].

Les règles RH sont encodées à l'aide d'expressions régulières, la contrainte s'assurant qu'une solution partielle permet toujours de générer un mot accepté par les expressions. Cette approche, bien que puissante, peine à passer à l'échelle (potentiel cubique sur le nombre de tâches à placer dans le service). Ce verrou peut être levé simplement en la remplaçant par la contrainte `STABLE_KEYSORT` [1]. Cette dernière maintient deux listes de tuples de variables dont la première est équivalente à la seconde à une permutation près et la seconde est triée selon plusieurs critères. La première liste de tuples est constituée des variables représentant une tâche (agent qui devra l'effectuer, date de début et durée). La seconde liste est alors constituée d'une vue des variables de la première liste dans laquelle les tâches sont triées par agent croissant (en fonction de leur numéro d'identifiant unique), puis pour un même agent, par tâches croissantes (en fonction des dates de début et durées). Il devient alors aisé de récupérer le service de chaque agent et de contraindre chacun d'entre eux avec les règles RH et d'enchaînements. Dès lors, la taille du modèle croît linéairement en fonction du nombre de tâche à couvrir, tout en préservant l'élégance et l'efficacité du modèle. À l'aide d'une stratégie de recherche constructive basée sur les spécificités du problème traité, une première solution réalisable de bonne qualité est obtenue en quelques secondes.

Adaptation du modèle aux besoins opérationnels. Stratégiquement, il convient de déterminer la solution qui minimise le coût total, connaissant le tarif horaire des catégories d'agents. Opérationnellement, l'objectif principal est de réparer une solution perturbée par des aléas, avec le souci de minimiser l'impact des perturbations sur la planification conçue au niveau stratégique. Cet impact est caractérisé par trois composantes principales : minimiser le nombre d'agents à appeler en renfort, minimiser le nombre de services modifiés (soit par l'amplitude de travail qui a changé, soit par la quantité de tâches modifiées par service), et enfin minimiser le coût de la solution corrigée.

2 Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus sont encourageants. En effet, l'approche à base de contraintes a permis :

- de proposer une adaptation du problème stratégique aux besoins opérationnels, en reposant sur une approche simple, flexible et efficace ;
- de proposer au niveau stratégique des solutions (borne supérieure) de bonne qualité, sur certaines instances peu contraintes, dans des temps de calculs pertinents.

La suite de travail va porter sur l'intégration d'un ensemble de règles RH au plus proche des besoins opérationnel du métier de la régulation dans le transport de passager.

Remerciements

Les auteurs sont soutenus par le laboratoire commun TransOp (Agence Nationale pour la Recherche - ANR) impliquant l'équipe de recherche TASC et Eurodecision.

Références

- [1] N. Beldiceanu M. Carlsson P. Flener X. Lorca J. Pearson T. Petit C. Prud'Homme. A modelling pearl with sortedness constraints. In *Global conference on artificial intelligence (GCAI)*, Epic Series in Computing. Easychair, 2015.
- [2] E. Jacquet-Lagrèze. Horaires de chauffeurs de bus. In *Gestion de Production et Ressources Humaines*. Presses Internationales Polytechniques, 2005.
- [3] F. Soumis M. Desrochers. A column generation approach to the urban transit crew scheduling problem. *Transportation Science*, 23(1) :1–13, 1989.
- [4] G. Pesant. A regular language membership constraint for finite sequences of variables. In *Principles and Practice of Constraint Programming - 10th International Conference, CP*, volume 3258 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 482–495. Springer, 2004.
- [5] F. Rossi, P. van Beek, and T. Walsh, editors. *Handbook of Constraint Programming*. Elsevier, 2006.