

# Problème de transport forestier avec contraintes d'horaires

Nizar El hachemi<sup>1</sup>, Michel Gendreau<sup>1</sup>, Louis-Martin Rousseau<sup>1</sup>

Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks,  
Logistics and Transportation (CIRRELT)  
C.P. 6128, succursale centre-ville, Montreal, Canada H3C 3J7  
{nizar,michelg,louism}@crt.umontreal.ca

**Mots-Clés** : *transport, ordonnancement, programmation par contraintes, programmation linéaires en nombres entiers*

## 1 Introduction

L'industrie forestière est un secteur extrêmement important pour plusieurs pays dont le Canada. En 2007, ce secteur offrait de l'emploi à environ 1 million de personnes (directement et indirectement) à travers le pays et a contribué par \$23.4 milliards à la balance commerciale nationale. Plusieurs problèmes liés à cette industrie sont de nature d'aide à la décision. Ils se divisent généralement en trois catégories : stratégique, tactique et opérationnelle (Voir [1]).

## 2 Présentation du problème

Nous nous sommes intéressé au problème du transport forestier avec horaire. Il consiste à céduer les camions après avoir déterminé leurs routes, pour satisfaire la demande, tout en minimisant les coûts associés. Dans la littérature du domaine, cette question a fait l'objet de plusieurs travaux. De notre part, nous avons adapté le problème au contexte canadien en prenant en compte les contraintes de synchronisation entre les chargeuses et les camions. Ces contraintes de synchronisation traduisent le fait que les chargeuses en forêts ne peuvent pas supporter d'autres opérations en ces lieux, à part le chargement, vu la grande superficie des sites forestiers canadiens. Ainsi, il était primordial de minimiser les attentes des chargeuses et des camions, pour réduire les coûts de transport.

## 3 Une approche hybride programmation par contraintes (PPC) et programmation linéaires en nombres entiers (PLNE)

La première méthode développée dans ce travail traite uniquement le problème journalier. Cette approche propose une hybridation naturelle entre la PLNE et la PPC, sachant que la première s'occupe de la partie routage des camions alors que la PPC se charge de l'ordonnancement des

tâches. Trois avantages essentiels découlent de cette méthode : premièrement, la synchronisation des camions avec les chargeuses se fait systématiquement par le biais du modèle déclaratif PPC proposé ; deuxièmement, le modèle PLNE considéré est un simple problème de flots à coût minimum dans un réseau qu'on résout avec Cplex. Finalement, la communication entre les deux modèles se fait via l'introduction des contraintes globales de cardinalités (GCC). Ces dernières transmettent au modèle PPC le routage optimum des camions tout en ayant des algorithmes efficaces de propagation.

## 4 Une approche hybride recherche locale et PPC

Dans cette deuxième méthode, on s'intéresse au problème hebdomadaire dans lequel les usines adoptent une politique de livraison en flux tirés juste à temps. En effet, les usines essaient de ne pas trop dépasser leurs demandes journalières de manière à avoir une bonne gestion des stocks. Cette approche se décompose en deux phases séquentielles. La première qu'on a appelée phase tactique permet de satisfaire la demande des usines, en respectant les contraintes de capacité des chargeuses, les contraintes de stocks intermédiaires et finalement les contraintes qui assurent un fonctionnement minimal de chaque chargeuse une fois celle-ci en marche. Cette phase a été résolue approximativement par un algorithme tabou codé en COMET (Voir [2]).

La deuxième phase représente sept problèmes journaliers de transport forestier avec contraintes de synchronisation (PTFCS) couvrant toute la semaine : du lundi au dimanche. Nous les résolvons séquentiellement dans l'ordre de la semaine. Deux modèles ont été développés pour traiter le PTFCS journalier. Le premier est un modèle PPC identique à celui de la section précédente, à quelques détails près. Le second est un modèle recherche locale basée sur les contraintes s'appuyant sur la notion de variables incrémentales.

## 5 Troisième approche modèle PLNE

Dans cette partie, on a affaire à la même stratégie tactique adoptée dans la deuxième contribution, avec une petite modification : on considère les contraintes de stocks de bois en forêts. Cependant, comme auparavant, la deuxième phase est constituée de sept PTFCS journaliers. On propose un modèle en nombres entiers adapté au problème journalier et enrichi par rapport à ceux des deux premières contributions, en ajoutant une contrainte de pause repas par camion aux usines entre 11h et 15h. Le modèle PLNE proposé a une structure très proche d'un problème de flots dans un réseau. Pour cette raison, on obtient assez rapidement des résultats de bonne qualité comparativement à ceux des autres modèles, tout en ayant des garanties d'optimalité très satisfaisantes. En outre, l'avantage crucial que présente ce modèle par rapport aux autres consiste dans le fait que le nombre de contraintes est indépendant du nombre des lots à transporter.

## Références

- [1] Rönnqvist, M. Optimization in forestry. *Mathematics Programming*, 97:267–284, 2003.
- [2] Van hentenryck, P. and L. Michel. Constraint-Based Local Search. *MIT Press*, 2005.