

# Problème de tournées de véhicules avec routes multiples pour optimiser des travaux agricoles

F. Hernandez<sup>1,2</sup>    D. Feillet<sup>3</sup>    R. Giroudeau<sup>2</sup>    O. Naud<sup>1</sup>    J.C. König<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Cemagref UMR ITAP, 361 rue JF Breton, Montpellier

`prenom.nom@montpellier.cemagref.fr`

<sup>2</sup> LIRMM UMR 5506 équipe APR, 161 rue Ada 34392 Montpellier.

`nom@lirmm.fr`

<sup>3</sup> Ecole des Mines de Saint-Etienne CMP Georges Charpak, Gardanne FRANCE.

`nom@emse.fr`

**Mots-Clés** : *problème de tournées de véhicules, génération de colonnes, routes multiples, fenêtre de temps.*

## 1 Problème de planification de travaux agricole

Dans le cadre de l'application de règles de gestion à la parcelle, nous voyons l'optimisation du temps de travail au sein de l'exploitation agricole comme un problème de routage de véhicules avec fenêtres de temps et routes multiples [3]. Ce problème est une variante du problème de routage de véhicules avec fenêtre de temps (VRPTW), avec pour différence la possibilité d'affecter plusieurs routes successives à un véhicule (flotte limitée, MTRPTW, MT=Multi-Trip). Ce point fait apparaître de nouvelles contraintes portant sur la situation temporelle d'une route. Notre problème peut être formalisé comme suit : nous disposons d'un graphe  $G = (V, A)$ ,  $V = \{v_0, \dots, v_n\}$  avec  $v_0$  représentant le dépôt et  $v_1, \dots, v_n$  les clients, un coût  $c_{ij}$  pour tout arc  $(v_i, v_j) \in A$ , une demande  $d_i$ , une fenêtre temporelle  $[a_i, b_i]$  avec  $a_i, b_i$  et un temps de service  $st_i$  pour tout client  $v_i \in \{v_1, \dots, v_n\}$  et une flotte homogène de capacité de chargement  $Q$ . Nous devons trouver un ensemble de routes de coût minimum visitant tous les clients, respectant les contraintes de capacité et de fenêtres temporelles, et tel que deux routes, parcourues par le même véhicule, n'aient pas lieu en même temps. Une étude sur un problème proche a été menée par N. Azi et al. [1] dans le cas spécifique du transport de denrées périssables où la durée des routes est limitée *a priori* et où les routes réalisables peuvent donc être énumérées, ce qui n'est pas le cas ici.

## 2 Un schéma adapté de génération de colonnes

Nous proposons de modéliser le problème avec des variables de chemin et d'utiliser pour la résolution une méthode basée sur la génération de colonnes pour résoudre notre problème. Le principe, rappelé dans D. Feillet [2], consiste à décomposer le problème en un problème de couverture (problème maître) et un problème de recherche de routes améliorantes (sous-problème) qui s'apparente à un problème de recherche de plus court chemin élémentaire. Le MTRPTW diffère du VRPTW car deux routes affectées à un même véhicule ne doivent pas avoir d'intersection temporelle. Les routes

doivent donc être situées dans le temps lors de leur génération. Le sous-problème consiste à générer des routes  $r_k$  de coût réduit négatif, en utilisant l'algorithme de programmation dynamique décrit dans [2]. L'algorithme (et en particulier la règle de dominance) est adapté afin de gérer efficacement la situation temporelle des routes. Pour accélérer notre schéma de génération de colonnes, nous avons amélioré les routes générées par le sous-problème en les "compactant". Nous avons également mis en place un module d'ordonnancement, qui permet de générer de nouvelles routes et de diminuer le nombre d'appels au sous-problème. L'adaptation du schéma est représenté figure 1. Ce schéma de génération de colonne est appelé à chaque noeud de l'arbre de recherche généré par le Branch and Price pour calculer la borne inférieure. Pour trouver une solution entière nous effectuons des branchements sur les arcs du graphe  $G$  puis, une fois que tous les arcs ont une valeur de flot entière, nous ordonnançons la solution lorsque ceci est possible.

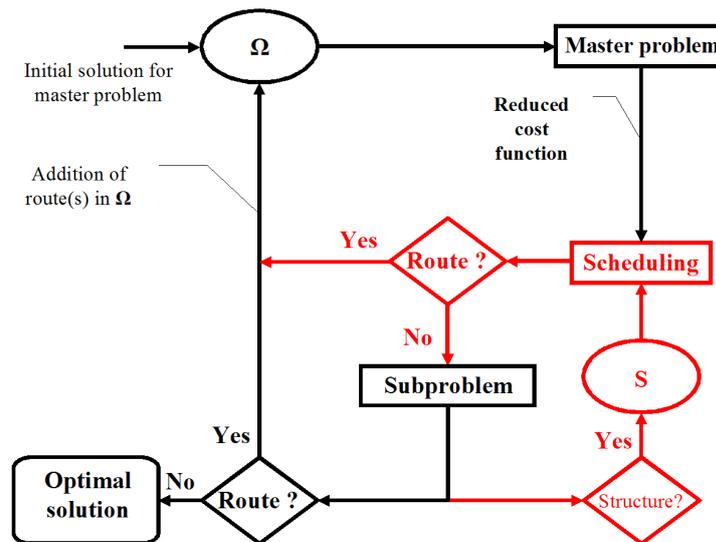


FIGURE 1 – Schéma de Génération de Colonnes modifiée

### 3 Conclusion

Nous avons implémenté cette méthode en utilisant le solveur Glpk. Nous fermons 20 des 27 instances de Solomon avec 25 sommets et grand horizon temporel. Les 7 autres instances n'ont pu être résolues en raison de notre limite de temps de calcul ou à la consommation mémoire lors des appels à GLPK. Une analyse de l'impact du module d'ordonnancement sera présentée.

### Références

- [1] Nabila Azi, Michel Gendreau, and Jean-Yves Potvin. An exact algorithm for a vehicle routing problem with time windows and multiple use of vehicles. *European Journal of Operational Research*, July 2009.
- [2] D. Feillet. *Solution of vehicle routing problem with Branch and Price*. Habilitation à diriger des recherches, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 2007.
- [3] F. Hernandez, D. Feillet, R. Giroudeau, O. Naud, and J.C. König. Problème de tournées de véhicules avec routes multiples pour réaliser des traitements phytosanitaires, 2009. 10<sup>e</sup> congrès de la ROADEF.