

# Constraint Programming based Decomposition Method to the Generalised Workforce Scheduling and Routing Problem

Éric Bourreau<sup>1</sup>, Thierry Garaix<sup>2</sup>, Matthieu Gondran<sup>3</sup>, Philippe Lacomme<sup>3</sup> et Nikolay Tchernev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université de Montpellier, LIRMM UMR 5506, 34932 Montpellier Cedex 5, France  
eric.bourreau@lirmm.fr

<sup>2</sup> École des Mines de Saint-Étienne, 158 cours Fauriel, 42100 Saint-Étienne  
garaix@emse.fr

<sup>3</sup> Université Clermont Auvergne, LIMOS UMR 6158, 63178 Aubière, France  
{gondran, placomme, tchernev}@isima.fr

**Mots-clés :** *workforce scheduling, contraintes de coordination, PPC, qualité de service.*

## Introduction

Le Generalised Workforce Scheduling and Routing Problem (GWSRP) est un problème combinant l'ordonnancement de visites, l'affectation d'employés aux visites, la génération de tournées des employés et la de coordination des visites. Le GWSRP est une extension du Workforce Scheduling and Routing Problem (WSRP) introduit par [1] et [2] par la prise en considération de contraintes de coordination entre les visites.

Un ensemble de visites doivent être effectuées, chez des clients situés en différentes régions géographiques, par un ensemble d'employés. Les employés et les visites sont caractérisés par des fenêtres de temps. De plus une visite est définie une durée d'exécution et un coût en fonction de l'employé. Deux critères de qualité de service sont pris en compte. L'un concerne la satisfaction du client (requérant la visite) en fonction de l'affectation de l'employé. L'autre critère concerne la qualité de service d'un point de vue employé : les violations des zones géographiques préférées et des fenêtres de temps des employés sont prises en compte dans la fonction objectif.

La résolution du GWSRP a pour objectif de, premièrement, maximiser le nombre de visites effectuées, deuxièmement, de maximiser la qualité de service de l'affectation des employés, troisièmement, de maximiser la satisfaction des préférences entre clients et employés (qualité de service des clients) et quatrièmement, de minimiser le coût opérationnel (transport et coût de l'employé pour réaliser une visite).

Le GWSRP est une généralisation du WSRP car il prend en considération neuf contraintes de coordination entre les visites :

- Contrainte disjonctive : plusieurs visites en disjonction ne peuvent pas avoir lieu même temps, et un ordre de passage doit être arbitré.
- Contrainte de synchronisation : les visites doivent débiter à la même date, ces contraintes sont courantes dans les problèmes de soins à domicile ([3],[4]).
- Contrainte de durée d'exécution en commun entre deux visites ([4]).
- Contrainte de fenêtre de temps spécifique pour une visite.
- Contrainte disjonctive entre deux visites : la seconde visite doit débiter après la fin de la première.
- Contrainte de Time-lag minimal conjonctif : les deux visites sont séparées par une durée minimale, l'ordre des visites est imposé ([4]).
- Contrainte de Time-lag minimal disjonctif : les deux visites sont séparées par une durée minimale dépendante de l'ordre des visites qui n'est donc pas imposé.

- Contrainte de Time-lag maximal conjonctif : les deux visites sont séparées par une durée maximale, l'ordre des visites est imposé ([4]).
- Contrainte de Time-lag maximal disjonctif : les deux visites sont séparées par une durée maximale dépendante de l'ordre des visites qui n'est donc pas imposé.

## Proposition d'un schéma de résolution itératif

La résolution du GWSRP avec une méthode exacte très difficile du fait de la présence de contraintes de coordinations (et notamment les contraintes disjonctives), ainsi que le critère de qualité de service des employés qui dépend des dates de début de service. Plusieurs travaux s'intéressent à des contraintes de synchronisation ([3], [4]), mais à notre connaissance, aucun ne prend en compte des contraintes dites disjonctives de coordination. Ces dernières sont connues dans les problèmes d'ordonnancement (Job-Shop, Flow-Shop, etc.) pour rendre leur résolution par méthode exacte très difficile. De même aucun problème ne prend en compte toutes ces contraintes de coordination, et simultanément des critères de qualité de service pour les employés et pour les clients.

La méthode CPDM (Constraint Programming based Decomposition Method) proposée est une résolution approchée en deux étapes : la première étape est une résolution du problème, relâché des contraintes de coordinations, par un schéma de résolution basé sur une Génération de Colonnes (GC). La seconde étape de la CPDM est une réparation de la solution obtenue par la GC pour que les tournées vérifient les contraintes de coordination. Cette seconde étape est réalisée par un solveur PPC, qui a pour avantages d'être efficace dans les problèmes contraints et de trouver rapidement une solution. La solution obtenue à la fin de la GC est donnée au solveur PPC comme solution de départ, et celui-ci insère itérativement les contraintes de coordination, en modifiant localement les dates de début des visites et/ou les tournées. Le solveur PPC agit comme une recherche locale. Ce schéma itératif est testé sur les instances de [3] dédiés au VRPTW-Sync, et de nouvelles instances dédiées au GWSRP qui comprennent un grand nombre de contraintes de coordination.

## Conclusion

La première contribution de ce travail est la proposition d'un problème avec qualité de service et contraintes de coordination. La seconde contribution est un schéma séquentiel basé sur une GC et un modèle PPC permettant de tirer profit de ces deux méthodes de résolution. Les résultats montrent un gap entre une résolution exacte par PLNE et la méthode CPDM est de 1.1% en moyenne, et le temps de résolution est 10 fois plus rapide

## Références

- [1] W. Laesanklang, R. L. Pinheiro, H. Algethami, and D. Landa-Silva, "Extended decomposition for mixed integer programming to solve a workforce scheduling and routing problem," in *International Conference on Operations Research and Enterprise Systems*, 2015, pp. 191–211.
- [2] T. Garaix, M. Gondran, P. Lacomme, E. Mura, and N. Tchernev, "Workforce Scheduling Linear Programming Formulation," *IFAC-Pap.*, vol. 51, no. 11, pp. 264–269, 2018.
- [3] D. Bredström and M. Rönnqvist, "Combined vehicle routing and scheduling with temporal precedence and synchronization constraints," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 191, no. 1, pp. 19–31, 2008.
- [4] M. S. Rasmussen, T. Justesen, A. Dohn, and J. Larsen, "The Home Care Crew Scheduling Problem: Preference-based visit clustering and temporal dependencies," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 219, no. 3, pp. 598–610, Jun. 2012.