

Modélisation de type « génération de colonnes » pour LocalSolver et applications industrielles

Romain Megel

LocalSolver
24 avenue Hoche, 75008 Paris, France

`rmege1@localsolver.com`

Mots-clés : *formulation étendue, génération de colonnes, LocalSolver*

Face à un problème d'optimisation complexe, une technique de modélisation classique consiste à énumérer a priori l'ensemble des solutions d'un ou plusieurs sous-problèmes afin de simplifier l'écriture et la résolution du problème global : on parle alors de formulations étendues. Par exemple, pour certains problèmes de multiflots, il est possible d'énumérer l'ensemble des chemins faisables dans le réseau (modélisation dite arc-chemin). Appliquée à un contexte de planification de personnel, cette approche reviendrait à énumérer toutes les vacations possibles pour un employé. Ces formulations étendues sont particulièrement utilisées en programmation linéaire en nombres entiers (PLNE) dans le cadre d'approches par génération de colonnes. Toutefois, l'intérêt de celles-ci ne se limite pas à la PLNE. Dans cet exposé, nous proposons d'appliquer cette technique de modélisation à LocalSolver, solveur de programmation mathématique à base de recherche local. Nous montrerons notamment qu'une formulation étendue peut définir un espace de recherche très dense, parfaitement adaptée à une recherche locale, permettant ainsi à LocalSolver de trouver rapidement des solutions de qualité pour des problèmes de très grandes tailles, comportant plusieurs millions de colonnes.

Nous illustrerons notre propos à travers différents exemples de nature industrielle tels que des problèmes de planification de maintenance de réseaux ou des problèmes de tournées de techniciens de maintenance. Nous nous focaliserons en particulier sur un problème de planification prévisionnelle des travaux de maintenance d'un réseau d'éclairage public rencontré par ETDE, filiale Energie & Services de la société Bouygues Construction. Ce problème consiste à planifier à long terme les interventions travaux sur les différents équipements lumineux d'une ville, comme des candélabres ou des feux tricolores. La planification est réalisée pour des durées dépassant généralement 20 ans, avec une granularité au trimestre ou au mois. Le choix de la date et des équipements à installer pendant ces travaux a un impact très important sur les coûts finaux liés à la main d'œuvre, à la consommation énergétique et aux opérations de maintenance qui seront effectuées pendant les années qui suivent. Il faut donc, pour chaque rue d'une ville, choisir au mieux une date de travaux et une liste d'équipements à installer de manière à satisfaire des contraintes globales de disponibilité de la main d'œuvre, de lissage des dépenses, ou encore de vétusté des équipements. Ces contraintes varient en fonction du montage financier et du type de contrat retenu par la ville (délégation de service public, marché public ou partenariat public privé).

Ce problème industriel comporte un nombre important de données et de paramètres : les taux de panne des équipements, les pertes d'éclairage dues à l'encrassement des lampes, les opérations de maintenance périodiques, les produits et frais financiers, etc. La richesse du problème rend extrêmement complexe, pour ne pas dire impossible, une modélisation directe, c'est-à-dire compacte, de celui-ci. Une formulation étendue est donc particulièrement adaptée. Cela consiste ici à générer, pour chaque rue, tout ou partie des colonnes correspondant aux plannings admissibles des travaux couplés aux configurations possibles des équipements à installer. Si la mémoire disponible sur l'ordinateur de l'utilisateur n'est pas suffisante, nous nous limitons de façon heuristique à un sous-ensemble de colonnes, pour chaque rue. En définitive, pour chaque rue, et donc pour chaque sous-ensemble, une seule colonne doit être retenue par le solveur. Notons que plus le nombre de colonnes générées est grand, meilleure est la solution au modèle d'optimisation étendu correspondant, mais plus difficile est sa résolution (exacte ou même seulement approchée).

Intégrant des techniques de recherche locale directe (par opposition aux techniques classiques de recherche arborescente), LocalSolver permet de résoudre de façon déclarative des problèmes d'optimisation combinatoire de très grande taille en des temps très courts (quelques minutes voire quelques secondes). Ainsi, la formulation étendue par génération de colonnes décrite ci-dessus, associée à une résolution par LocalSolver, permet de traiter des villes à plusieurs milliers de rue sur des durées de 25 ans, soit au total jusqu'à 2 millions de colonnes et donc autant de variables de décisions en moins de 5 minutes. Nous concluons en remarquant que, contrairement aux solveurs de PLNE, il n'est pas nécessaire que ces formulations étendues aient une forme linéaire puisque LocalSolver supporte des expressions fortement non-linéaires aussi bien au sein des contraintes que des objectifs.