

Une approche basée sur la programmation stochastique multi-étapes pour résoudre le VRPTW dynamique et stochastique

Michael Saint-Guillain¹Yves Deville¹Christine Solnon²¹ICTEAM, Université catholique de Louvain, Belgium²Université de Lyon, CNRS²INSA-Lyon, LIRIS, UMR5205, F-69621, France

{michael.saint,yves.deville}@uclouvain.be christine.solnon@liris.cnrs.fr

Résumé

Ce papier résume l'article [3] accepté à la conférence « CPAIOR2015 ». Nous considérons un problème dynamique de tournées de véhicules avec fenêtres temporelles (DS-VRPTW), dans lequel les clients sont libres de soumettre leurs requêtes alors que les véhicules ont déjà commencé leurs tournées. Ces clients sont dits « stochastiques » car nous disposons d'information stochastique (en termes de distributions de probabilités) sur les requêtes futures. Nous proposons une nouvelle règle de décision, GSA, ainsi qu'une approche heuristique visant à l'approximer. Nous introduisons également une nouvelle stratégie d'attente. Les résultats expérimentaux montrent que notre approche est compétitive avec l'état de l'art.

Abstract

This paper summarizes paper [3] accepted to the « CPAIOR2015 » conference. We consider a dynamic vehicle routing problem with time windows and stochastic customers (DS-VRPTW), such that customers may request for services as vehicles have already started their tours. We introduce a new decision rule, GSA, as well as a heuristic approach for efficiently approximating it. We introduce a new waiting strategy. Experiments show that our approach is competitive with state-of-the-art methods.

1 Description du problème

1.1 Données du DS-VRPTW

Considérons un horizon de temps discret $[1, H]$, de façon à ce que chaque événement aléatoire ou décision soit associé à une unité discrète de temps $t \in [1, H]$.

Le DS-VRPTW est défini sur un graphe complet de n sommets représentant les *positions potentielles de requêtes* (PPR). Les arrêtes sont pondérées par les temps de trajets séparant les sommets. À chaque PPR sont associés une quantité demandée, un temps requis pour servir la requête ainsi qu'une fenêtre temporelle.

On note $R \subseteq [1, n] \times [0, H]$ l'ensemble des requêtes. Chaque requête (i, t) se caractérise donc par le PPR associé i et par l'unité de temps t à laquelle elle est révélée. Si $t = 0$, la requête est connue avant l'exécution du problème et celle-ci est dite *déterministe*. Si $t > 0$, la requête est révélée durant l'exécution du problème, c'est-à-dire alors que les véhicules ont déjà commencé leurs tournées; elle est dite *dynamique*. Durant l'exécution du problème et à un temps donné $t \in [1, H]$, seules les requêtes déjà révélées sont connues. Cependant, à chaque unité de temps à venir $t' \in [t+1, H]$ est associé un vecteur de probabilités $P^{t'}$ décrivant, pour chaque sommet $i \in [1, n]$, la probabilité $P^{t'}[i]$ qu'une requête soit révélée pour le sommet i au temps t' .

Afin de satisfaire les requêtes, k véhicules de même capacité sont disponibles.

1.2 Solution du DS-VRPTW

À la fin de l'horizon de temps, une solution est constituée d'un sous-ensemble des requêtes $R_a \subseteq R$, ainsi que de k routes (une pour chaque véhicule). R_a contient les requêtes ayant été *acceptées*; les requêtes dans $R \setminus R_a$ ont été *rejetées*. Les routes obtenues à la fin de l'horizon doivent impérativement satisfaire les contraintes du VRPTW classique, restreintes aux seules requêtes R_a .

Une solution au DS-VRPTW est construite durant l'exécution. À chaque unité de temps $t \in [1, H]$, une action a^t est calculée, composée de deux parties : pour chaque requête révélée au temps t , une décision d'acceptation ou de refus ; pour chaque véhicule, les décisions opérationnelles à appliquer au temps t (servir une requête, voyager vers un sommet ou attendre au sommet courant). Certaines décisions peuvent également être prises à $t = 0$. Une solution est donc une séquence d'actions $a^{0..H}$ couvrant l'ensemble de l'horizon de temps.

L'objectif est de minimiser, à la fin de l'horizon de temps, le nombre total de requêtes rejetées par $a^{0..H}$.

2 Résolution du problème

Afin de résoudre le DS-VRPTW, une règle de décision doit choisir, à chaque unité de temps, la prochaine action à effectuer étant données les actions précédentes, les requêtes déjà connues ainsi que l'information stochastique sur les requêtes futures.

La meilleure action à un temps donné $t \in [1, H]$ est celle qui minimise l'espérance du nombre de requêtes rejetées, sur le restant de l'horizon $[t+1, H]$. Ce type de modélisation est appelé *programme stochastique multi-étapes* (*multistage stochastic program*).

Bien que fournissant une action optimale, la résolution d'un programme stochastique multi-étapes est beaucoup trop coûteuse pour pouvoir être appliquée à des situations réalistes. Par conséquent, les règles de décision conçues pour résoudre les DS-VRPTW préfèrent généralement approximer le programme stochastique plutôt que le résoudre optimalement.

2.1 Une nouvelle règle de décision

Nous proposons une nouvelle règle de décision appelée Global Stochastic Assessment (GSA), que nous comparons avec les règles existantes comme Multiple Scenario Approach (MSA) [2]. GSA est basée sur la génération de scénarios.

Contrairement à MSA, GSA a la particularité de respecter les contraintes de non-anticipation et par là-même de prendre de meilleures décisions dans notre contexte stochastique. En d'autres termes, alors que les approches de type MSA approximent un programme stochastique en deux étapes, GSA approxime un programme stochastique multi-étapes.

2.2 Une nouvelle stratégie d'attente

Un véhicule terminant le service d'une requête a généralement le choix entre voyager directement vers un autre sommet du graphe ou attendre à sa position courante. Bien qu'inutiles dans un contexte déterministe,

les temps d'attente peuvent cependant s'avérer judicieux lorsque des requêtes ont la possibilité d'être révélées dynamiquement durant l'exécution.

Par ailleurs, les stratégies de repositionnement permettant à un véhicule de se déplacer vers un sommet pour lequel aucune requête n'est (encore) connue apportent également davantage d'anticipation [1]. La nouvelle stratégie d'attente proposée dans [3] permet de déterminer heuristiquement les temps d'attente le long d'une route. Cette nouvelle stratégie permet en outre de tirer un meilleur profit des sommets de repositionnement.

2.3 Algorithme heuristique

Un algorithme permettant de résoudre le DS-VRPTW est décrit dans [3]. Basé sur la génération de scénarios et la recherche locale, l'algorithme intègre la règle de décision GSA afin de calculer dynamiquement les actions à opérer durant l'exécution du problème.

3 Expérimentations

Les expériences réalisées sur des instances de test, incluant différents degrés de dynamisme, montrent que non seulement notre nouvelle approche est compétitive par rapport aux méthodes de l'état de l'art, mais aussi que celle-ci permet le calcul a priori de solutions anticipatives utiles pour des problèmes totalement dynamiques, c'est-à-dire dans lesquels aucune requête n'est connue avant de commencer les tournées. De plus, les résultats montrent que lorsque le degré de dynamisme augmente, la nouvelle stratégie d'attente proposée tend à produire de meilleurs résultats que les stratégies existantes.

Références

- [1] Russell Bent and Pascal Van Hentenryck. Waiting and Relocation Strategies in Online Stochastic Vehicle Routing. *IJCAI*, pages 1816–1821, 2007.
- [2] Russell W Bent and Pascal Van Hentenryck. Scenario-based planning for partially dynamic vehicle routing with stochastic customers. *Operations Research*, 52(6) :977–987, 2004.
- [3] Michael Saint-Guillain, Yves Deville and Christine Solnon. A Multistage Stochastic Programming Approach to the Dynamic and Stochastic VRPTW. *Accepted for publication in conference CPAIOR, 2015*. http://becool.info.ucl.ac.be/pub/papers/multistage_vrptw_extended_0.pdf