

Approche exacte et anytime pour résoudre le problème du voyageur de commerce avec des fenêtres de temps et des fonctions de coût dépendant du temps

Romain Fontaine^{1*}Jilles S. Dibangoye¹ Christine Solnon¹

¹ CITI, INSA Lyon / Inria, France

{romain.fontaine,christine.solnon}@insa-lyon.fr

Résumé

Cet article est un résumé de [4].

1 Motivations

Le problème du voyageur de commerce dépendant du temps (abrégé par TD-TSP pour *Time-Dependent Traveling Salesman Problem*) est une généralisation du problème du voyageur de commerce où les temps de déplacement varient au cours de la journée, ce qui permet de prendre en compte les conditions de circulation lors de la planification de tournées de livraison dans un contexte urbain. Le TD-TSPTW est une généralisation de ce problème où les heures de passage aux points de livraisons sont contraintes à appartenir à des fenêtres de temps (abrégées par TW pour *Time Window*).

La pertinence de la prise en compte de temps de parcours dépendant du temps dans un contexte urbain est étudiée dans [7] sur des données réalistes; il est montré que cela réduit les violations de TW et aussi, dans certains cas, la durée des tournées. Cependant, cette généralisation rend le problème plus difficile à résoudre et les approches exactes telles que la programmation par contraintes, la programmation linéaire en nombres entiers ou la programmation dynamique ne passent pas à l'échelle.

2 Description des contributions

Dans [4], nous proposons une nouvelle approche basée sur la programmation dynamique qui vise à trouver

rapidement des solutions approximatives tout en étant capable de prouver l'optimalité (sous réserve de disposer de suffisamment de temps et de mémoire).

Dans un premier temps, nous faisons une revue de la littérature. Nous rappelons notamment le principe de résolution du voyageur de commerce par programmation dynamique, initialement introduit par [2]. Nous rappelons également que la solution optimale peut être calculée en cherchant un chemin optimal dans un graphe d'états.

Ensuite, nous présentons notre approche de résolution. Elle est basée sur *Anytime Column Search* (ACS), une variante de A* introduite par [8] qui élargit progressivement l'exploration du graphe d'états. Nous combinons ACS avec la propagation des contraintes de TW (pour filtrer l'espace d'états) et avec de la recherche locale (pour améliorer les bornes supérieures trouvées par ACS). Nous utilisons également des bornes pour guider la recherche, et nous décrivons trois bornes qui offrent différents compromis entre le coût de calcul et la qualité. Nous introduisons de nouvelles règles pour filtrer les arêtes du graphe sous-jacent, car cela est essentiel pour calculer de meilleures bornes.

Enfin, nous présentons des résultats expérimentaux. Nous analysons d'abord les avantages de la combinaison d'ACS avec la propagation des contraintes de TW, la recherche locale et le filtrage des arêtes en examinant les résultats obtenus lorsque ces composants sont désactivés. Cela nous permet de montrer que nos nouvelles règles de filtrage améliorent considérablement le processus de résolution. Ensuite, nous comparons expérimentalement notre approche avec des approches de l'état de l'art basées sur la programmation linéaire en

*Papier doctorant : Romain Fontaine¹ est auteur principal.

65 nombres entiers [9, 1] et la programmation dynamique [6] sur trois benchmarks différents. Nous montrons que notre approche est capable de trouver des solutions de référence beaucoup plus rapidement, et qu'elle est également capable de prouver l'optimalité de la plupart 115 des instances.

Nous évaluons également notre approche sur des benchmarks du voyageur de commerce avec fenêtres de temps classique (quand les fonctions de coût sont 70 constantes), et nous montrons qu'elle surpasse l'approche basée sur la programmation dynamique de [5] et l'approche basée sur la recherche locale de [3].

Références

- [1] A. ARIGLIANO, G. GHIANI, A. GRIECO, E. GUERRIERO et I. PLANA : Time-dependent asymmetric traveling salesman problem with time windows : Properties and an exact algorithm. *Discrete Applied Mathematics*, 261:28–39, may 2018.
- [2] Richard BELLMAN : Dynamic Programming Treatment of the Travelling Salesman Problem. *Journal of the ACM (JACM)*, 9(1):61–63, 1962.
- [3] R. F. DA SILVA et S. URRUTIA : A General VNS heuristic for the traveling salesman problem with time windows. *Discrete Optimization*, 7(4):203–211, 2010.
- [4] R. FONTAINE, J. DIBANGOYE et C. SOLNON : Exact and Anytime Approach for Solving the Time Dependent Traveling Salesman Problem with Time Windows. *European Journal of Operational Research*, 2023.
- [5] X. GILLARD, V. COPPÉ, P. SCHAUS et A. CIRE : Improving the Filtering of Branch-and-Bound MDD Solver. *Integration of Constraint Programming, Artificial Intelligence, and Operations Research*, LNCS 12735:231–247, 2021.
- [6] G. LERA-ROMERO, J.-J. MIRANDA BRONT et F. J. SOULIGNAC : Dynamic Programming for the Time-Dependent Traveling Salesman Problem with Time Windows. *INFORMS Journal on Computing*, 34(6): 3292–3308, 2022.
- [7] O. RIFKI, N. CHIABAUT et C. SOLNON : On the impact of spatio-temporal granularity of traffic conditions on the quality of pickup and delivery optimal tours. *Transportation Research Part E*, 142:102085, 2020.
- [8] S. G. VADLAMUDI, P. GAURAV, S. AINE et P. P. CHAKRABARTI : Anytime Column Search. In *Advances in Artificial Intelligence - Australasian Joint Conference*, volume 7691 de *LNCS*, pages 254–265. Springer, 2012.

- [9] D. M. VU, M. HEWITT, N. BOLAND et M. SAVELSBERGH : Dynamic Discretization Discovery for Solving the Time-Dependent Traveling Salesman Problem with Time Windows. *Transportation Science*, 54(3):703–720, 2020.