

Electric Vehicle Assignment Problem with Parking Constraints

Mathis Azéma^{1,2}

¹ Ecole Polytechnique

² Stage déroulé à l'Ecole Polytechnique de Montréal

mathis.azema@polytechnique.edu

Mots-clés : *Recherche opérationnelle, bus électriques, contraintes de stationnement, programmation linéaire en nombres entiers, programmation par contraintes.*

1 Introduction

Le stage s'est effectué entre avril 2023 et août 2023 et constitue le stage de fin d'études de l'école Polytechnique, validant ainsi le diplôme d'ingénieur. Il s'est déroulé à l'école Polytechnique de Montréal et plus précisément dans les bureaux du GERAD (Groupe d'Etudes et de Recherche en Analyse des Décisions) et du CIRRELT (Centre Inter-universitaire de Recherche sur les Réseaux d'Entreprises, la Logistique et le Transport). Il a été en particulier supervisé par Guy Desaulniers et Jorge Mendoza.

Le stage s'est déroulé en collaboration avec l'entreprise Giro Inc., un leader mondial en développement de solutions d'optimisation pour le transport public. Cette collaboration a permis de voir la portée industrielle du sujet du stage qui était le suivant. Proposer un modèle d'affectation d'une flotte de bus électriques à des trajets tout en planifiant les recharges et en respectant des contraintes de stationnement au sein du dépôt.

En effet, l'électrification des transports en commun représente une solution pour baisser l'empreinte carbone de ce secteur. Néanmoins, cette transition représente un véritable défi car elle pousse à repenser tout le fonctionnement du secteur. En particulier, l'affectation des bus aux trajets à effectuer est complexifiée par l'ajout de la planification des recharges des batteries. Contrairement aux bus diesels, les bus électriques ont moins d'autonomie et les recharges sont plus longues. L'originalité du sujet est la prise en compte des contraintes de stationnement tout en respectant d'autres problématiques déjà traitées dans la littérature : limitation de la capacité de recharge du dépôt, fonction de recharge linéaire et linéaire par morceaux, et planification sur plusieurs jours. Les contraintes de stationnement peuvent se formuler comme suit : un dépôt est composé de voies de longueurs identiques dans lesquelles la règle du premier entré – premier sorti doit être respectée. Elles sont notamment importantes dans les pays nordiques comme le Canada où les dépôts sont totalement fermés pour protéger les bus des hivers.

Pour répondre à ce problème que nous nommons l'electric Vehicle Assignment Problem with Parking Constraints (eVAP-PC), nous avons proposé une formulation linéaire mixte en nombres entiers que nous avons améliorée avec plusieurs stratégies d'accélération. De plus, nous avons élaboré un modèle de programmation par contraintes avec l'aide de Gilles Pesant, qui est un domaine efficace dans la résolution de problèmes de planification.

2 Description du problème

Le problème considéré a donc été le suivant : étant donné une flotte homogène de bus électriques, un ensemble de trajets, un ensemble de chargeurs disponibles au dépôt et un ensemble de voies de stationnement identiques au dépôt, l'eVAP-PC consiste à affecter à chaque trajet un bus électrique et une voie, un chargeur, et à programmer les événements de recharge. Ces décisions doivent respecter la règle du premier entré - premier sorti et les limites des batteries des bus. L'affectation aux voies attribue la voie de stationnement après le trajet et l'affectation aux chargeurs attribue un chargeur pour l'opération de recharge pendant cette phase de stationnement.

3 Mixed- Integer Linear Programming Formulation

La formulation linéaire mixte en nombres entiers s'appuie sur trois graphes pour chacune des affectations (aux bus, aux voies et aux chargeurs). Comme les chargeurs sont accessibles depuis n'importe quelle position dans le dépôt, les deux derniers graphes sont indépendants, ce qui nous guidera vers une des stratégies d'accélération.

Nous avons ensuite développé trois stratégies d'accélération. Premièrement, nous avons supprimé des arcs dans les graphes considérés comme peu probables pour réduire la taille du problème. Deuxièmement, nous avons ajouté une fonction objectif à notre problème de satisfaction de contraintes pour guider la résolution. Cette fonction objectif s'appuie notamment sur l'idée que le temps de stationnement entre deux trajets dure environ quatre heures. Enfin, nous avons décomposé notre problème en deux étapes. La première fournit une affectation des trajets aux bus et aux voies, la deuxième vérifie s'il existe une affectation aux chargeurs possible à partir des deux affectations obtenues. En d'autres termes, la première étape résout l'eVAP-PC en considérant qu'il y a autant de chargeurs que de bus avant d'appliquer cette contrainte dans la deuxième étape.

4 Conclusions

La construction d'une banque de 810 instances à partir d'instances réelles a enfin permis d'évaluer les performances de notre formulation et des stratégies d'accélération. La formulation associée à toutes les stratégies d'accélération a réussi à résoudre une très grande part des instances en un temps très court. Cela est resté le cas avec une modélisation de la fonction de recharge linéaire par morceaux. La comparaison avec le modèle de programmation par contraintes a permis de montrer les avantages et les inconvénients des deux formulations selon l'horizon de temps. En effet, la formulation en nombres entiers s'est montrée nettement plus efficace pour une planification sur plusieurs jours. Mais, la programmation par contraintes peut constituer une réelle alternative pour une planification quotidienne avec l'ajout de contraintes cibles pour le taux de recharge de la flotte à la fin de la journée. Les deux formulations donneront lieu à la publication de deux articles de recherche en 2024.