

Optimisation pour la mutualisation de la logistique urbaine pour minimiser l'impact environnemental

Joseph Desquaires^{ab}, Dominique Barth^a, Thierry Mautor^a

^aUniversité Paris-Saclay, Laboratoire DAVID, Versailles, France

^bUrban Radar, Paris, France

desquaires.joseph@uvsq.fr

Mots-Clés : *VRP, logistique urbaine, pickup and delivery, mutualisation, heuristiques, voisinage*

1 Introduction

Aujourd'hui, les agglomérations s'intéressent de plus en plus aux sujets de logistique urbaine. Celle-ci englobe l'ensemble des flux de circulation lié à l'acheminement de produits allant de leurs points de collectes à leurs points de livraisons au cœur d'un territoire urbain. Les véhicules de livraisons sont responsables de 30% des émissions gaz à effet de serres en ville. [3] De plus, les véhicules de livraisons créent un fort encombrement de la voie urbaine dû à de multiples stationnements illégaux. Enfin, ils représentent une part importante du trafic urbain (10 à 15% en Europe) [4]. Nos travaux ont ainsi pour objectif de trouver un moyen de réduire les impacts négatifs sur l'environnement (notamment émission de CO₂) ainsi que les impacts négatifs sur la mobilité urbaine de la logistique urbaine à travers la mise en place d'une mutualisation des services entre les entreprises logistiques. Il est important de noter que dans une logistique mutualisée, l'utilisation des places de parkings par les différents véhicules est prise en compte et optimisée, contrairement à une optimisation non mutualisée où chaque entreprise logistique va utiliser les places de parkings indépendamment des autres.

Cependant, avant de parler de mutualisation des services, il est important d'identifier le service que chaque entreprise logistique peut couvrir individuellement. En effet, une entreprise logistique ne veut pas se retrouver avec une qualité de service moins bonne pour ses clients en mutualisant son service, que ce qu'elle pourrait assurer seule. Pour ce faire, il faut identifier le nombre maximum de livraisons traitables par chaque entreprise logistique. Pour résoudre ce problème, nous proposons une modélisation prenant en compte l'impact énergétique des véhicules ainsi qu'une heuristique couplée à une méthode de voisinage.

2 Modélisation

Le problème de tournées de véhicules (VRP) est une des classes de problème d'optimisation combinatoire les plus étudiées. On recense différentes variantes de ce problème appliquées à divers domaines dont la logistique. Le VRP considéré est un problème de collectes et livraisons (*pickup and delivery*) où l'on cherche à maximiser le nombre de colis livrés sans violer aucune contrainte.

La principale particularité du modèle est que l'on modélise le territoire urbain à travers un graphe dynamique. C'est à dire que la distance et le temps de trajet pour se déplacer entre deux sommets évoluent en fonction du temps. De plus, chaque sommet sur ce graphe représente un ensemble de places de parking et possède une capacité en terme de nombre de véhicules pouvant se trouver sur ce sommet pour livrer ou collecter des colis.

Chaque véhicule évolue ainsi sur le graphe en fonction d'un temps discret. Chaque véhicule possède une capacité en volume et en poids ainsi qu'un parking initial. Ils possèdent également des caractéristiques permettant de mesurer la consommation énergétique de chaque tournée de véhicule. En effet un travail de modélisation et de calcul approfondi des impacts énergétiques des véhicules a été effectué inspiré du *Pollution routing problem*. [1]

Enfin on a des colis avec chacun une adresse de collecte et une adresse de livraison. Les colis ont également des fenêtres de temps pour la collecte et pour la livraison, chaque fenêtre de temps ne pouvant être violée.

3 Résolution

La complexité de notre modèle rend compliqué le traitement d’instances de tailles raisonnables à l’aide d’un solveur ou de méthodes exactes dédiées. On propose alors de résoudre ce problème de maximisation du nombre de colis livrés appliqué à notre modèle via deux approches différentes. La première approche consiste à trouver une première solution via une heuristique déterministe et d’améliorer la solution de cette heuristique via un recuit-simulé. Cette première heuristique utilise ainsi un graphe bi-parti. Une première partie des sommets de ce graphe bi-parti représente les véhicules ainsi que leurs tournées en cours de construction. La seconde partie des sommets représente les colis à insérer aux tournées des différents véhicules. Une arête entre un colis et un véhicule est construite si un colis peut être inséré à la tournée de ce véhicule. Une fois le graphe biparti créé, on assigne un poids à chaque arête via une des méthodes présentées ci-après. Le poids d’une arête représente ainsi l’impact potentiel de l’insertion du colis dans la tournée du véhicule. On applique alors une heuristique simple reposant sur le choix de l’arête de poids minimum ou maximum en fonction de la méthode de pondération utilisée.

Quatre méthodes de pondérations des arêtes du graphe biparti sont proposées. La première méthode repose sur la *meilleure insertion possible* à chaque étape, la deuxième méthode repose sur *les degrés des sommets "colis"* du graphe biparti, la troisième méthode repose sur le *sentiment de regret* et enfin la dernière sur le *sentiment de remords*. Ces variantes de notre heuristique nous permettent ainsi d’obtenir une première solution qui sert de base pour appliquer un recuit-simulé avec lequel on ne cherche plus à maximiser le nombre de colis livrés, mais à minimiser l’impact énergétique des tournées des véhicules avec comme contrainte un minimum de colis livrés. Ce minimum est en effet précisé via l’heuristique précédente. Le voisinage d’une solution est décrit par l’ensemble des permutations de colis d’une tournée d’un véhicule vers une autre tournée d’un autre véhicule.

La deuxième approche est l’utilisation d’une méthode de renforcement-learning itérative et distribuée : le *Linear Reward-Inaction*[2]. L’idée principale est modéliser les colis comme des joueurs qui choisissent un véhicule qui va les livrer avant que chaque véhicule optimise sa tournée. Ces deux approches seront ainsi comparées et des résultats détaillés seront présentés lors de la conférence.

4 Conclusion

On a donc comparé deux types de méthodes de résolution afin de résoudre le problème de maximisation du nombre de colis livrés pour un unique acteur logistique. Ce problème traité nous est utile pour la suite. En effet, un travail sur la mutualisation des services de différents acteurs prendra en compte la qualité de service de chacun (celle-ci est traduite pas le maximum de colis livrable par chacun individuellement) et cherchera à répartir les acteurs logistiques dans différents groupes de collaborations. Dans chacun de ces groupes de collaboration on cherchera alors à minimiser l’impact énergétique mais également à répartir les économies de coûts générées par la mutualisation entre les membres de chaque groupe de collaboration.

Références

- [1] Tolga Bektaş and Gilbert Laporte. The pollution-routing problem. *Transportation Research Part B : Methodological*, 45(8) :1232–1250, 2011. Supply chain disruption and risk management.
- [2] Joseph Desquaires. Linear reward inaction applied to vehicle routing problem, January 2021. [Medium].
- [3] Jérôme LIBESKIND Laura PAPET Florence TOILIER, Elsa LE VAN. Étude prospective des enjeux de la livraison du dernier kilomètre sous forme mutualisée et collaborative, ainsi que leurs articulations avec le concept d’internet physique. Mars 2018.
- [4] Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe. Urban freight : Research & innovation roadmap. <https://www.etp-logistics.eu/wp-content/uploads/2015/08/W56mayo-kopie.pdf>, 2015.