

Circuits POI, outil de création de tournées véhicules

Martin Lainée

Renault

`martin.m.lainee@renault.com`

Mots-clés : *tournées véhicules, heuristiques, PLNE*

1 Introduction

Dans le cadre de la commercialisation de ses véhicules, Renault les soumet à un ensemble de tests afin de garantir leur fiabilité. Parmi ceux-ci figurent les "Essais roulage", qui impliquent notamment :

- De passer par un ensemble de points d'intérêt (POI)
- De réaliser un certain kilométrage dans un ensemble de pays européens
- De respecter un certain profil de vitesse
- De synchroniser le retour des véhicules effectuant ce roulage

Ce processus requiert de créer des circuits qui minimisent une métrique, ici le temps, en visitant un ensemble de points, à la manière du problème du voyageur de commerce.

Cependant, le kilométrage minimum à réaliser dans l'ensemble des pays ainsi que le profil de vitesse à respecter ont un effet contraire à cette minimisation. De plus, comme ces essais font intervenir plusieurs véhicules dans un problème global, les méthodes heuristiques classiques ne sont pas directement applicables.

La complexité de ce problème, jusqu'alors traité sans l'aide d'outil d'optimisation, a donc conduit au développement de l'outil CircuitsPOI afin d'aider à la conception de ces tournées de véhicules.

2 Modélisation du problème

2.1 Structure de graphe

Une solution de ce problème est un ensemble d'itinéraires, eux-même constitués d'étapes entre une ville et une suivante. Une structure de graphe est donc naturelle pour le modéliser : les villes étant les sommets, et les trajets. On obtient de la sorte un graphe $\mathcal{G}_0 = (V_0, E_0)$ avec V_0 l'ensemble des villes de la zone considérée, et $E_0 = V_0 \times V_0$ l'ensemble des trajets possibles. Étant donné l'étendue géographique du problème (26 pays européens) ainsi que l'improbabilité de certains trajets sans étapes (par exemple Belgrade-Madrid), on restreint le problème à des villes d'une certaine taille, et les trajets à un ensemble jugé (arbitrairement) "plausible". On obtient ainsi $\mathcal{G}_1 = (V_1, E_1)$ avec V_1 ce nouvel ensemble de villes et $E_1 \subset V_1 \times V_1$

2.2 Données spécifiques au problème

Afin de pouvoir modéliser la nécessité de passer par l'ensemble P des POI, on s'assure d'avoir $P \subset V_1$. On associe de plus à chaque arc $e \in E_1$ des quantités t_e, d_e^v, d_e^r, d_e^a correspondant respectivement à la durée du trajet, la distance à vitesse ville (<50 km/h), à vitesse route (<90 km/h) et à vitesse autoroute (>90 km/h) pour exprimer les contraintes sur les durées et les profils de vitesse. On ajoute de plus des valeurs de temps aux sommets correspondant aux POI, qui correspondent à la durée nécessaire pour y effectuer les tests.

2.3 Résolution

Pour résoudre ce problème, on utilise un PLNE, qui se base sur une structure de problème de flot, en enlevant la contrainte de conservation du flot au niveau du point de départ des véhicules afin d'obtenir des boucles.

On ajoute à cette modélisation classique un ensemble de contraintes couplant les trajets de chaque véhicule afin de respecter les objectifs globaux du roulage.

L'objectif de minimisation du temps de dernier retour est modélisé par une variable auxiliaire, contrainte à être supérieure à la durée du trajet de chacun des véhicules.

3 Heuristiques

Le problème étant trop conséquent pour être traité en prenant en compte directement toutes les villes et leurs liaisons, malgré les premières approximations, on crée un multigraphe $\mathcal{G}_2 = (V_2, E_2)$ avec $V_2 \subset V_1$ et $E_2 \subset k \times V_2 \times V_2$ avec $k \in \mathbb{N}$. Ce multigraphe $\mathcal{G}_2$ est en fait obtenu en ne gardant qu'un petit sous-ensemble de villes, représentatives de l'étendue géographique, et en compensant cette perte d'information en créant k trajets différents pour chaque paire pertinente de sommets. Ce changement de structure du graphe s'intègre naturellement dans le modèle de flot.

Pour diminuer plus encore la taille du problème, on effectue une découpe en zones géographiques distinctes afin de créer des sous-problèmes. On résout chacun des sous-problèmes en faisant varier le nombre de véhicules, tout en respectant les contraintes relatives aux pays considérés, ainsi que le profil de vitesse. De cette manière on réduit dans le problème maître l'intégralité du sous-graphe compris dans le sous-problème à un choix du nombre de véhicules qui le parcourront.

Afin d'intégrer ces dernières modifications de manière linéaire, il est nécessaire de recourir à des contraintes de type "Big M", ce qui complexifie et différencie encore plus le modèle de ce que l'on peut trouver dans la littérature.

4 Résultats et perspectives

4.1 Résultats

Le nombre de sommets pris en compte est de 1200 dans le graphe $\mathcal{G}_1$, et est réduit à 120 dans le graphe $\mathcal{G}_2$. On résout également jusqu'à 10 sous-problèmes, et jusqu'à 3 fois chacun. Ce faisant, on obtient en une heure une solution avec un gap de 10%. Si ce gap n'est que celui de la solution du problème simplifié par les différentes heuristiques, la qualité de la solution est similaire à celles obtenues manuellement, et permet donc bien d'obtenir des résultats de bonne qualité très rapidement, afin de pouvoir rapidement ajuster des circuits en cas d'intempéries au cours des essais de roulage, ou bien de tester des scénarios différents préalablement au lancement de ces roulages.

4.2 Perspectives

La principale faiblesse de l'outil est qu'il ne prend pour l'instant en compte aucune contrainte sur la diversité des parcours à réaliser : lorsque de nombreux véhicules sont impliqués, plusieurs véhicules partagent des portions non négligeables de leur itinéraire, ce qui n'est pas souhaitable. En gardant un nombre de points suffisamment important, les objectifs conflictuels ont tout de même tendance à créer une certaine diversité, mais celle-ci n'apparaît pas explicitement dans le modèle. Ainsi, les prochaines évolutions de l'outil auront pour but d'ajouter des contraintes ou des objectifs liés à ceci afin de créer des circuits ayant aussi peu de tronçons en commun que possible.