



## Optimisation hivernale

B. Dudin & P. Siarry & R. Montagné & L.Blet

### Résumé

On s'intéresse à l'optimisation des trajets des équipes de déneigement de la ville de Montréal.

### 1 Contexte

La ville de Montréal fait annuellement face à des épisodes neigeux entre octobre et avril. Pour éviter une paralysie de l'activité économique, la municipalité se dote d'équipes de déneigement afin d'évacuer les chutes de neige des routes de la ville. Ces opérations impliquent 3000 employés et plus de 2000 appareils, elles se répartissent en opérations d'épandage de 200000 tonnes de sel, de déblaiement ou de chargement (300000 chargements par an), suivant l'importance des chutes de neige. L'ensemble de ces opérations concernent 228km de routes et 449km de réseau pédestre. Le coût global des opérations de déneigement représente 165M\$ prélevés sur le budget de la ville. Vous trouverez plus de détails dans la documentation officielle de la ville [dM] et sur un article de CBC News [New18].

On s'intéresse dans notre contexte aux opérations de déblaiement ; elles ont lieu dans le cas où la ville fait face à des chutes de neige de 2,5cm à 15cm. Il s'agit de déblayer la neige des réseaux pédestre et routier de la ville.



FIGURE 1 – Engin trottoir à gauche, engin route à droite.

## 2 Problème

Les montréalais sont concernés par les questions de déneigement [Vé20], mais la question d'augmentation de budget reste un point délicat pour le conseil municipal de la ville [Lef19], il s'agit désormais de réduire au mieux le coût des opérations de déneigement, tout en offrant aux montréalais un service efficace. La municipalité confie à votre entreprise mère la charge d'effectuer une étude dans le but de minimiser le coût des opérations de déblaiement sur une journée type. Votre équipe est chargée d'étudier le moyen de minimiser le trajet des appareils de déblaiement du réseau routier dans Montréal, tout en garantissant que toute la zone qui vous est affectée soit traitée.

Il a été constaté que les niveaux neigeux des routes de la ville variaient grandement et qu'il n'est pas toujours nécessaire d'effectuer les opérations de déblaiement sur tout le réseau. Votre hiérarchie a considéré comme judicieux, quand cela est possible, d'effectuer une analyse aérienne par drone des niveaux neigeux, cela permettra de limiter les opérations de déblaiement aux routes les plus concernées.

Votre mission est :

1. de déterminer le(s) trajet(s) minimal du drone lors du survol du réseau routier, celui-ci doit effectuer un examen complet du réseau routier pour pouvoir apporter une analyse suffisamment fine <sup>1</sup> ;
2. de déterminer le(s) itinéraire(s) des véhicules pour déneiger les secteurs identifiés par le drone (voir section 3 Contraintes de rendu).

Note : les véhicules ne parcourent que dans un sens les routes à double sens.

3. de proposer un modèle de coût pour les opérations déblaiement sur l'ensemble de la ville en fonction du nombre de véhicules à disposition.

Par ailleurs, la municipalité aimerait investir dans des véhicules plus performants de type II, pouvant déblayer plus rapidement, mais plus coûteux (voir section 4 Données). Des simulations sont souhaitées pour comparer le coût associé aux différentes options.

## 3 Contraintes de rendu

Le rendu doit suivre les contraintes ci-dessous, elles sont liées aux au travail de recherche et développement qu'on souhaite vous voir faire.

Le rendu est composé d'une archive dont la racine contient :

1. un AUTHORS contenant la liste des auteurs ;
2. un README contenant les instructions d'installation et d'exécution ainsi qu'un descriptif de la structure de votre rendu ;
3. un fichier pdf d'un maximum de 4 pages qui effectue une synthèse des réflexions de l'équipe et doit contenir :
  - un résumé des données utilisées, ainsi que du périmètre considéré (quelles contraintes sont prises en compte)
  - les hypothèses et choix de modélisation
  - la ou les solutions retenues, les indicateurs, la comparaison des scenarios
  - les limites du modèle
4. un script exécutant une démonstration de votre solution ;
5. une sous-arborescence consacrée à l'étude du vol de reconnaissance du drone ;
6. une sous-arborescence consacrée à l'étude du plan de déneigement des véhicules, sur les secteurs :
  - Outremont,
  - Verdun,
  - Saint-Léonard.

## 4 Données

La municipalité vous donne accès aux données suivantes :

---

1. C'est un peu tôt pour vous demander d'effectuer une analyse d'image aérienne, patience.

- Super Drone :
  - Coût fixe : 100 €/jour
  - Coût kilométrique : 0.01 €/km
- Véhicules :
  - Coût fixe : type I : 500€/jour, type II : 800 €/jour
  - Coût kilométrique : type I : 1.1 €/km, type II : 1.3 €/km
  - Coût horaire les 8 premières heures : type I : 1.1 €/h, type II : 1.3 €/h
  - Coût horaire au delà des 8 premières heures : type I : 1.3 €/h, type II : 1.5 €/h
  - Vitesse moyenne : type I : 10 km/h, type II : 20 km/h

## Références

- [dM] Ville de Montréal. *Tout savoir sur le déneigement dans l'arrondissement*. Opération déneigement.
- [Lef19] Sarah-Maude Lefebvre. *Les prix du déneigement explosent partout au Québec*, 2019. Journal de Montréal.
- [New18] CBC News. *How Montreal takes 300,000 truckloads of snow off the street every winter*, 02 2018. Truckloads of snow.
- [Vé20] Henri Ouellette Vézina. *Métro - Déneigement : "on craint toujours de dépasser le budget"*, 2020. Métro.