

Project ERO

Optimisation hivernale

Marc Wang
Sifeddine Regragui
Rohan Hassam Daya
Frederic Dong
Anthony Zheng

I) Contexte

La municipalité de Montréal souhaite minimiser les coûts des opérations de déblaiement de neige tout en étant efficace pour le confort des résidents.

Notre entreprise est chargée par la municipalité de déterminer le moyen le plus efficace de réduire les trajets des véhicules de déblaiement de neige en : Outremont, Verdun, Anjou, Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-trembles, Le Plateau-Mont-Royal.

Mission:

- Implémenter et déterminer le trajet minimal du drone lors du survol du réseau routier, effectuant un examen complet du réseau routier pour pouvoir apporter une analyse suffisamment fine.
- Déterminer l'itinéraire des véhicules pour déneiger les secteurs identifiés par le drone sachant qu'ils ne peuvent aller que dans un sens.
- Proposer un modèle de coût pour les opérations déblaiement sur l'ensemble de la ville en fonction du nombre de véhicules à disposition.

Ce rapport présente les réflexions de notre équipe sur le projet d'optimisation hivernale de la municipalité de Montréal. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé des données spécifiques et pris en compte diverses contraintes. Ce rapport résume nos choix de modélisation, les solutions retenues et les indicateurs utilisés pour évaluer les scénarios.

Données:

Nous avons utilisé les données fournies par Open Street View pour modéliser le réseau routier de la ville. Ces données incluent les informations sur les routes, les Arrondissements et secteurs à déneiger. Le périmètre considéré pour ce projet comprend les arrondissements Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles, Verdun, d'Outremont, Anjou et Le Plateau-Mont-Royal.

Information des outils:

	Super Drone	Véhicules type I	Véhicules type II
Coût fixe	100 €/j	500€/j	800€/j
Coût kilométrique	0.01 €/km	1.1 €/km	1.3 €/km
Coût horaire les 8 premières heures	no info	1.1 €/h	1.3 €/h
Coût horaire au delà des 8 premières heures	no info	1.3 €/h	1.5 €/h
Vitesse moyenne	no info	10 km/h	20 km/h

II) Hypothèses et choix de modélisation

Pour modéliser le réseau routier de la ville de Montréal, nous avons utilisé la bibliothèque OSMnx, qui nous a permis d'importer le graphe des arrondissements. OSMnx nous permet de prendre en compte les routes en travaux, les routes fermées et les restrictions de circulation. De plus, elle permet également d'intégrer le réseau pédestre dans notre modèle pour tenir compte des déplacements à pied.

Pour optimiser les trajets du drone et des véhicules, nous avons exploré deux approches différentes :

- La première solution est basée sur le problème du postier chinois, qui vise à trouver le chemin le plus court en passant par tous les secteurs à analyser. On transforme le graphe obtenu en graphe non orienté, puis on transforme le graphe en graphe eulérien pour trouver un circuit eulérien qui sera le chemin du drone.
- Pour le nombre de véhicules, nous pouvons subdiviser le graphe pour partager l'itinéraire.
- Une autre solution, c'est de créer les chemins en supposant le nombre de véhicules et de voir si ces chemins en questions seront résolus en un temps fixe.

- Pour le coût, nous pouvons le résoudre par un programme linéaire avec Pulp, qui optimise les coûts en retournant le nombre de véhicules de type I ou II. Nous pouvons également l'implémenter dans le même programme que celui des véhicules pour calculer le coût total. Le programme va tester toutes les combinaisons pour chercher les combinaisons optimales de type I et de type II avec une contrainte de temps.
- Une autre solution est de calculer le nombre de véhicules de type I et type II en fonction de la longueur de chemin découpé et de voir si ces chemins peuvent être déneigés en dessous d'un temps, puis de calculer le coût.

III) Solutions retenues et indicateurs

Pour le drone, la recherche de chemin se fait par district. Le graphe du district est d'abord converti en graphe non orienté, avant de le transformer en graphe eulérien, puis de chercher le circuit eulérien. La conversion du graphe se fait en utilisant le principe de graphe complet entre les nœuds de degrés impairs dans le graphe. Pour cela, on utilise l'algorithme de Johnson pour calculer les plus courts chemins entre l'ensemble des nœuds impairs, un algorithme de matching pour l'appariement et on ajoute les arêtes pour eulériser le graphe.

Pour les chemins, à partir de la liste des chemins à déneiger donnée par le drone. La réflexion logique était de se demander comment faire le chemin le plus court possible, et notamment avec plusieurs véhicules. Pour ce faire, nous avons trouvé une solution adéquate.

Nous découpons le chemin par un nombre de véhicules, puis nous vérifions si ces chemins peuvent être parcourus en dessous d'un certain temps. Nous avons en entrée :

- Le graphe
- Les arêtes à déneiger
- Le nœud de départ
- Le nombre de véhicules

puis il y'a 2 fonctions :

- une première pour répartir les arrêtes à déneiger entre les différents véhicules
- une deuxième fonction pour trouver un chemin optimal pour chaque véhicule pour aller du point de départ pour passer par toutes les arêtes fixées auparavant.

Nous calculons pour chaque arête la distance la plus courte soit entre point de départ et noeud a soit entre point de départ et noeud b (par exemple dans l'arête (3,4) le noeud a c'est 3 et le noeud b c'est 4)

Donc, à la fin, nous avons une liste de même taille que le nombre d'arrêtes à déneiger en entrée avec des tuples (arrête, distance la plus courte).

Puis:

- Nous trions par le minimum de distance pour prioriser les nœuds les plus proches.
- Puis nous utilisons un algo à la round-robin pour distribuer équitablement les nœuds entre les véhicules. De sorte à essayer de faire une répartition équilibrée pour chaque véhicule.

Nous retournons une liste qui contient chaque route que chaque véhicule doit déneiger vers la deuxième fonction. Celle ci fonctionne ainsi :

Pour chaque véhicule :

- On initialise le chemin depuis le nœud de départ.
- On choisit itérativement la prochaine plus proche arrête à déneiger et on continue jusqu'à ce que toutes les arêtes à déneiger du véhicule aient été traversées.
- On retourne une liste comprenant des sous-listes pour le chemin de chaque véhicule.^{x2}

Les indicateurs utilisés pour évaluer les scénarios comprennent les coûts de déneigement, la distance totale parcourue par le véhicule sur son chemin, le nombre de véhicules et le temps nécessaire pour effectuer les opérations de déblaiement.

Pour la Comparaison des scénarios et limites du modèle, nous avons comparé plusieurs scénarios en modifiant certains paramètres, tels que le nombre d'heures max pour déblayer. Les résultats ont montré que l'utilisation d'un drone pour analyser les niveaux de neige et l'optimisation des trajets des véhicules permettent de maintenir un service efficace.

Cependant, il est important de noter que ce modèle repose sur certaines hypothèses et simplifications. Les chemins trouvés pour chaque véhicule sont irréguliers et la solution pour le choix du véhicule se base sur le temps fixé, et les coûts réels peuvent varier en fonction des conditions météorologiques, des ressources disponibles et d'autres contraintes spécifiques à chaque situation. De plus, les données utilisées pour modéliser le réseau routier peuvent ne pas être parfaitement à jour, ce qui peut influencer les résultats.