

Déneigement des rues de Montreal

Cas théorique

En vue des informations données, il a été compliqué de bien penser à un modèle de minimisation des coûts. Cependant, nous avons émis des hypothèses que nous avons estimées proches de la réalité et essayé d'organiser le budget en fonction de ces hypothèses.

Nous appellerons les machines trottoir MT et les machines route MR.

Les données que nous avons sont les suivantes:

- Le déneigement a lieu entre Octobre et Avril, soit environ 6 mois ou 180 jours
- Distance à parcourir pour les MT: 449 km
- Distance à parcourir pour les MR: 228 km
- quantité max MT + MR : 2200 appareils
- Nombre max d'employés : 3000
- Quantité annuelle à déneiger: 25.000 tonnes soit environ 136 Tonnes par jour
- budget des opérations: 7M \$

Les hypothèses que nous avons émises:

- 1 employé par MT
- 2 employés par MR
- Vitesse MR = 10 km/h
- Vitesse MT = 5 km/h
- prix du gaz/h pour une MT: 16 \$ (8L/h, 2\$/L)
- prix du gaz/h pour une MR: 20 \$ (10L/h, 2\$/L)
- Salaire d'un employé: 10\$/h
- capacité déneigement MT: 100kg
- capacité déneigement MR: 150kg

Les solutions suivantes permettent de déneiger Montréal en une heure.

La solution trouvée premièrement a été 1374 employés, 1318 MT et 28 MR pour 6.39 M\$. Un problème saute aux yeux, c'est le déséquilibre entre le nombre de MT et de MR.

Ainsi nous avons rajouté une contrainte qui est que le nombre des MT est 2 fois supérieur au nombre des MR.

Le résultat est plus plausible, on trouve 1554 employés, 778 MT et 388 MR pour 6.43 M\$.

On remarque que le budget est largement respecté, donc deux solutions étaient proposées: garder la différence pour toutes les dépenses que nous n'avons pas prises en compte ou alors maximiser les efforts pour un budget total de 7M. La solution de cette dernière proposition est alors de 1691 employés, 845 MT et 423 MR pour 7 M\$.

Nous pensons qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer la dernière solution, 1h est déjà un bon résultat pour le déneigement d'une ville. Nous préconisons donc de garder cette marge de 565.000 \$ pour les drones (~15.000) et la maintenance des machines.

Cas pratique

I) Librairies utilisées

La première étape de ce projet fut de se procurer les bonnes bases pour commencer à travailler. Dans notre cas : trouver un moyen d'obtenir la carte de Montréal sous forme de graph.

Nous avons donc utilisé la librairie Python OSMnx, cette librairie nous a permis de transformer Montréal en graphes.

Ensuite de cela nous avons utilisé la librairie NetworkX qui offre de puissantes méthodes afin de manipuler les graphes précédemment acquis.

II) Les démarches pour répondre à la problématique

1. Optimisation des calculs et méthodologie

Notre première idée fut de télécharger le graphe de Montréal pour commencer à travailler dessus. Directement nous avons vu que ce graphe était beaucoup trop gros pour y faire des calculs, nous avons donc eu l'idée de diviser Montréal en plusieurs parties et de prendre les graphes uniquement arrondissement par arrondissement. Montréal est une ville composée de 19 arrondissements.

Une fois le graph d'un arrondissement obtenu nous avons réduit chaque graf en enlevant successivement tous les nœuds qui n'ont qu'un seul voisin car ce sont les cul de sac et souvent ce sont des rues peu fréquentées.

Ensuite, une fois le graph simplifié nous avons utilisé une fonction de NetworkX permettant de rendre le graph eulérien et de trouver ensuite un chemin eulérien.

C'est-à-dire de faire en sorte qu'il y ait un chemin dans ce graph qui passe par toutes les arêtes uniquement une seule fois, nous pensons que c'est le plus optimisé dans notre cas.

Nous avons eu des problèmes lors du téléchargement de l'arrondissement *LaChine* ainsi que *Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles*, ainsi ils ne seront pas pris en compte.

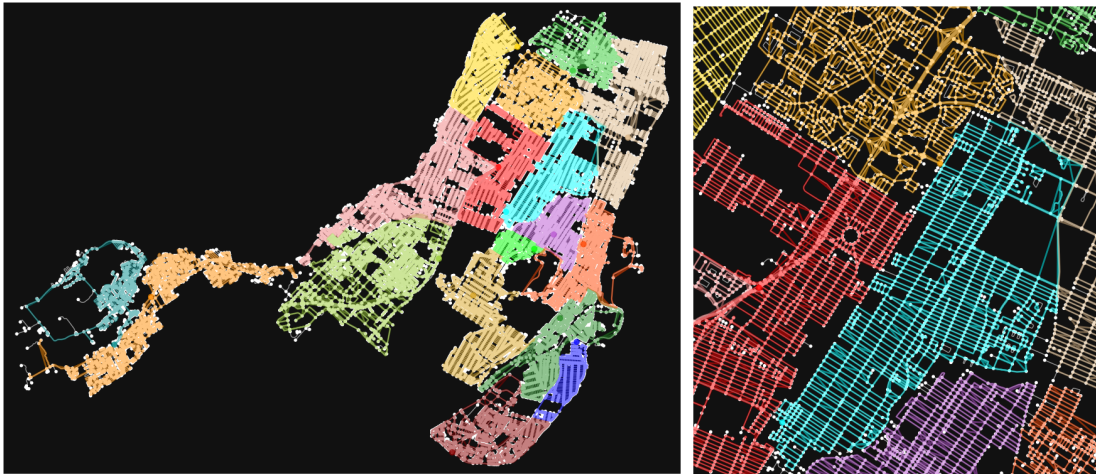
2. Les drones, vitesse : 50 kmh, nombre : 78

Les drones ont pour but de faire de la reconnaissance et d'analyser les routes et les trottoirs, nous sommes partie du principe que lorsque le drone suit les routes de Montréal il arrive également à analyser les trottoirs.

Nous avons fait en sorte que la reconnaissance de chaque arrondissement dure autour d'une heure environ.

Les drones suivent les routes et non les trottoirs.

Voici le schéma final du parcours de drones par quartier:



3. Les déneigeuses de routes, vitesse : 10 kmh, nombre : 388

Les déneigeuses de routes suivent le même tracé que les drones c'est-à-dire les routes. Comme les chemins par arrondissement ne sont en réalité qu'un seul et même chemin, les déneigeuses seront lâchées à différents endroits de ce circuit pour que la quantité de travail soit égale entre elles.

Nous avons pas réussi à simuler le fait que le drone trouve une route qui n'ait pas besoin d'être déneigé c'est pour cela que les chemins des drones et des déneigeuses sont les mêmes. Le schéma de leur tracé est le même qu'au-dessus.

4. Les déneigeuses piétonnes, vitesse : 8 kmh, nombre : 80

Nous avons eu beaucoup de problème au niveau de cette partie notamment car les graphes piétons de chaque district ne pouvait pas être convertis en graphes eulériens, on ne pouvait donc pas travailler cependant nous avons quand même réussi à déneiger 4 arrondissements:

- L'Île-Bizard-Sainte-Genève
- Verdun
- Outremont
- Montréal-Nord

Voici le schéma obtenu :



III) Conclusion détails et coût

Tous les détails de la pratique sont écrits sur la console lors de la démonstration que vous pouvez lancer via le Readme.

En termes de coût, nous n'avons pas pris en compte les taux de neige en fonction des mois.

Cependant les coûts de déneigement des routes sont relativement similaires car la quantité de machines théoriques et réelles sont les mêmes.

Les coûts de déneigement des trottoirs sont très différents car nous n'avons pas utilisé toutes les machines pour 4 arrondissements.

Nous estimons donc les coûts à : 5.5 millions de \$.