

### **Méthode proposée de comparaison des performances de systèmes de transport**

Le projet « Transport-Grid », réalisé à l'ÉTS d'abord individuellement dans le cadre du cours de projets spéciaux (LOG791) à l'été 2019, et qu'il sera proposé de continuer en équipe comme projet de fin d'études (LOG795) à l'automne 2019, a comme but de valider une variation d'un système de transport de type PRT proposé, de deux manières:

En un premier temps (LOG791 et LOG795), en offrant une expérience immersive, où l'on peut utiliser ce système dans un large environnement virtuel 3D simulé, pour en permettre une visualisation et une évaluation qualitative.

En un deuxième temps (LOG795 seulement), en comparant, quantitativement cette fois, des mesures statistiques de performances de déplacements de passagers, entre trois types de systèmes de transport : D'abord, dans quelques grandes villes du monde, (1) la voiture personnelle et (2) le transport en commun. Ensuite, dans des villes virtuelles simulées de taille et de densité de trafic recréé de manière comparable, (3) la variation du système de transport PRT proposée. Pour cette utilisation, la simulation sera utilisée sans affichage 3D, qui pourra donc être de plus grande ampleur, et dont les données seront récoltées plus rapidement.

Une méthode sera maintenant proposée pour générer et comparer quantitativement les mesures statistiques de ce deuxième objectif.

La grandeur mesurée sera la vitesse moyenne de déplacement tout au long d'un itinéraire, réalisé à bord d'un des trois systèmes de transport. Cette grandeur sera détaillée dans un graphique de type « nuage de points » en traçant des courbes de la vitesse moyenne en fonction de la distance (à vol d'oiseau) entre le lieu d'origine et de destination. Chaque graphique, représentant l'une parmi quelques villes choisies dans le monde, à l'heure de pointe ou non, présentera une courbe pour chacun des trois types de systèmes de transport. Ces trois courbes seront comparées entre elles. Un exemple fictif de calcul et de traçage de ces courbes est offert à la fin du présent document.

Deux questions se posent alors :

On voudrait d'abord savoir comment recréer, dans la simulation à large échelle du système de transport PRT proposé, une densité de passagers en déplacement qui soit similaire à celle de la ville dont on compare les deux autres modes de transport considérés?

La solution proposée est d'utiliser une mesure établie pour de nombreuses villes dans le monde, dans certains cas en fonction de l'heure de la journée (heure de pointe ou non), tels que Calgary<sup>1</sup>, Toronto<sup>2</sup>, Mumbai<sup>3</sup> et des villes de Suède<sup>4</sup>, qui est la mesure de véhicule-kilomètre<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> [https://www.calgary.ca/Transportation/TP/Documents/data/vehicule\\_km\\_travelled\\_calgary.pdf](https://www.calgary.ca/Transportation/TP/Documents/data/vehicule_km_travelled_calgary.pdf)

<sup>2</sup> [https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2017/11/91f0-city\\_congestion\\_trends\\_09-15-2015.pdf](https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2017/11/91f0-city_congestion_trends_09-15-2015.pdf)

<sup>3</sup> <https://www.businesstoday.in/current/economy-politics/mumbai-car-density-traffic-congestion-delhi-mumbai-is-indias-most-car-congested-city-with-510-cars-per-km/story/330734.html>

<sup>4</sup> <https://www.mdpi.com/2413-8851/3/1/25/pdf>

<sup>5</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Units\\_of\\_transportation\\_measurement](https://en.wikipedia.org/wiki/Units_of_transportation_measurement)

Si l'on divise, pour une ville, cette mesure par la superficie couverte, on obtient donc des véhicules-kilomètre par superficie. Cette densité de véhicules en déplacement, qui peut être convertie en densité de personnes en déplacement, pourrait être simulée pour les cabines, de 1 à 4 passagers, en déplacement du système de transport PRT proposé dans la simulation.

Une deuxième question serait de savoir : comment connaître le temps de déplacement, et donc indirectement la vitesse moyenne (entre l'origine et la destination à vol d'oiseau), de déplacement, soit à bord d'un véhicule personnel, soit en utilisant les transports en commun, dans des villes spécifiques, à l'heure de pointe ou non?

La solution proposée serait d'utiliser la base de données à laquelle donne accès l'API Web de Google Maps<sup>6</sup>, qui permet de déterminer la durée de trajets, et donc la vitesse moyenne (toujours à vol d'oiseau), entre des origines et des destinations spécifiques, qui resteraient dans le périmètre de la ville comparée, à bord d'un de ces deux moyens de transport, en tenant compte des données d'achalandage projetées pour l'heure de la journée spécifiée.

Pour que les mesures prises pour les transports en commun (qui peuvent être multimodaux pour un même parcours) ne soient pas faussées par des origines et destinations qui seraient situées trop loin d'un point d'embarquement de transport en commun (nécessitant trop de marche pour que l'utilisation soit pratique et efficace), seulement des origines et des destinations à 15 minutes de marche ou moins d'un point d'embarquement de transport en commun, et à l'intérieur du périmètre de la ville comparée, seront considérées.

L'API de Google est gratuite, avec l'option avancée de considération du trafic projeté dans le calcul du temps de parcours, pour jusqu'à 20 000 à appels par mois. Ce quota d'utilisation devrait être suffisant pour nous permettre récolter les données nécessaires.

Un étudiant de l'équipe du PFE pourrait être responsable de concevoir un script qui interroge, de manière appropriée à nos besoins, l'API Google Maps, et nous fournit pour quelques villes, avec des densités de trafic moyennes différentes, et à l'heure de pointe ou non, assez de données pour tracer une courbe de vitesse moyenne en fonction de la distance à vol d'oiseau, pour la voiture personnelle, et une pour le transport en commun. Les mesures prises par notre simulation à large échelle du système de transport PRT proposé, dans des villes virtuelles de densité de trafic comparable, serviraient à tracer la troisième courbe à comparer.

Voici donc la méthode que nous proposons pour, après le cours de projets spéciaux à l'été 2019, dans le cadre du projet de fin d'études à l'automne 2019, comparer quantitativement les performances du système de transport proposé à celles de la voiture personnelle et des transports en commun, en espérant qu'elle apparaisse appropriée à ceux qui en lisent la présente description, ou que quelques ajustements à la méthode fassent qu'elle le devienne.

---

<sup>6</sup> <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/intro?hl=fr>

<b>Montréal (pas de congestion)</b>				
<b>Système de transport</b>	<b>Distance (km)</b>	<b>Durée (h)</b>	<b>Vitesse moyenne (km/h)</b>	
Véhicule personnel		25.7	1.0	25.7
Véhicule personnel		49.5	1.3	38.1
Véhicule personnel		49.2	1.4	35.1
Véhicule personnel		32.5	1.5	21.7
Véhicule personnel		27.3	1.5	18.2
Transport en commun		33.0	1.8	18.3
Transport en commun		43.0	1.6	26.9
Transport en commun		38.1	1.5	25.4
Transport en commun		25.1	1.6	15.7
Transport en commun		47.9	2.0	24.0
PRT Transport-Grid		46.3	0.9	51.4
PRT Transport-Grid		46.5	0.5	93.0
PRT Transport-Grid		33.3	0.6	55.5
PRT Transport-Grid		41.2	0.5	82.4
PRT Transport-Grid		42.2	0.5	84.4
Véhicule personnel		29.4	1.0	29.4
Véhicule personnel		40.4	1.2	33.7
Véhicule personnel		43.9	1.3	33.8
Véhicule personnel		27.2	1.1	24.7
Véhicule personnel		39.4	1.4	28.1
Transport en commun		41.5	1.7	24.4
Transport en commun		34.0	1.8	18.9
Transport en commun		42.2	1.7	24.8
Transport en commun		42.2	1.6	26.4
Transport en commun		44.6	1.9	23.5
PRT Transport-Grid		36.0	0.9	40.0
PRT Transport-Grid		28.9	1.0	28.9
PRT Transport-Grid		26.8	0.9	29.8
PRT Transport-Grid		31.0	1.0	31.0
PRT Transport-Grid		33.7	0.7	48.1

