

**Université Claude Bernard - Lyon 1**  
**Polytech Lyon**

**Rapport de stage - 4<sup>ème</sup> année**  
**présenté par**

**Xinyun LI**

Filière : Mathématiques Appliquées et Modélisation.

Année universitaire :  
2022-2023

---

**Stage de modélisation du trafic  
et de simulation des services  
de mobilité à la demande**

---

Laboratoire : LICIT-ECO7



**Université  
Gustave Eiffel**

*Tuteur du laboratoire :* M. Louis BALZER  
M. Ludovic LECLERCQ  
*Tutrice de l'école :* Mme. Sarah DELCOURTE

Janvier - 2023

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>4</b>
<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>I Présentation du laboratoire</b>	<b>6</b>
<b>1 Historique du laboratoire</b>	<b>6</b>
<b>2 Présentation de l'activité</b>	<b>6</b>
<b>3 Composition du laboratoire</b>	<b>7</b>
<b>II Environnement du stage</b>	<b>8</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>8</b>
<b>2 Logiciels et outils</b>	<b>8</b>
<b>3 Déroulement du projet de stage</b>	<b>10</b>
<b>III Contenu de mon stage</b>	<b>11</b>
<b>1 Extraction des données du réseau de transport d'Amsterdam à partir des données MATSim</b>	<b>11</b>
<b>2 Visualisation et traitement des données open source (scénario MATSim) de la ville d'Amsterdam</b>	<b>14</b>
2.1 Visualisation du cadre du réseau de transport d'Amsterdam	14
2.2 Traitement des données de demande . . . . .	16
2.2.1 Analyse statistique des données extraites . . . . .	16
2.2.2 Visualisation les zones d'Amsterdam aux heures de pointe . . . . .	18
<b>3 Régression pour le MFD</b>	<b>20</b>
3.1 Relation entre l'accumulation et la vitesse du véhicule . . . . .	20
3.2 Mis en place la régression en comparant les deux méthodes	21
3.2.1 Première méthode . . . . .	21
3.2.2 Deuxième méthode . . . . .	23

3.2.3 Comparaison des deux méthodes . . . . .	24
<b>4 Mise en oeuvre du simulateur MnMs sur la ville d'Amsterdam</b>	<b>24</b>
4.1 Présentation du fonctionnement de MnMs . . . . .	24
4.2 Difficultés rencontrées pendant la simulation et solutions . .	25
4.2.1 Difficulté liée à la simulation . . . . .	25
4.2.2 Difficulté liée au MnMs . . . . .	27
4.3 Résultats de la simulation . . . . .	27
4.3.1 Visualisation de résultats . . . . .	28
4.3.2 Analyse des indicateurs de résultats . . . . .	29
4.3.3 Travaux futurs . . . . .	35
<b>5 Discussion des résultats</b>	<b>36</b>
<b>Conclusion et perspectives</b>	<b>37</b>
<b>Résumé</b>	<b>39</b>

## Abréviations et définitions

**DIT4TraM :** DIT4TraM est l'acronyme de Distributed Intelligence and Technology for Traffic and Mobility Management (intelligence et technologie distribuées pour la gestion du trafic et de la mobilité). Le projet se déroule du 1er septembre 2021 au 31 août 2024. L'Université de technologie de Delft (TU Delft) est le coordinateur du projet DIT4TraM.

**ENTPE :** L'École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE) est l'une des 204 écoles d'ingénieurs françaises accréditées au 1er septembre 2020 à délivrer un diplôme d'ingénieur<sup>4</sup>. Placée sous la tutelle du Ministère de la Transition écologique, elle est membre du réseau de l'Université de Lyon.

**MATSim :** MATSim est un logiciel open-source pour la mise en œuvre de simulations de transport à grande échelle basées sur des agents.

**MFD :** (Macroscopic Fundamental Diagram) est un diagramme qui donne une relation entre le flux de trafic routier (véhicules/heure) et la densité de trafic (véhicules/km). Un modèle de trafic macroscopique impliquant le flux de trafic, la densité de trafic et la vitesse constitue la base du diagramme fondamental. Il peut être utilisé pour prédire la capacité d'un système routier, ou son comportement lors de l'application d'une régulation du débit entrant ou de limitations de vitesse.

**MnMs :** (Multimodal Network Modelling and Simulation) est un simulateur multimodal pour DIT4TraM basé sur le MFD basé sur les déplacements.

## Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier l'ensemble du personnel du **laboratoire LICIT-ECO7** qui m'a accueilli et qui ont permis le bon déroulement de mon stage de 4A.

Je remercie particulièrement **M. Ludovic LECLERCQ**, directeur du **laboratoire LICIT-ECO7**, qui a eu l'amabilité de m'accueillir comme stagiaire au sein du laboratoire. Je le remercie aussi pour sa disponibilité et la qualité de son encadrement au laboratoire.

Je souhaite ensuite adresser mes remerciements à **M. Louis BALZER**, qui m'a fait confiance pour être mon tuteur de stage, et qui a partagé ses connaissances de manière très pédagogique. Un grand merci pour sa patience et ses précieux conseils.

Je remercie bien évidemment **Mme. Manon SEPPECHER**, qui a été mon premier contact avec **laboratoire LICIT-ECO7**, et qui a pris le temps pour m'expliquer les fonctionnements du simulateur pour ma mission.

Je désire aussi remercier **Mme. Anne-Christine DEMANNY**, Assistante de direction du **laboratoire LICIT-ECO7**, avec qui j'ai été contact durant la période administrative et qui a ensuite toujours veillé à mon bien-être au sein du laboratoire.

Et enfin, un grand remerciement à ma tutrice de l'école, **Mme. Sarah DELCOURTE**, qui a pris soin de s'informer sur le bon déroulement de mon stage.

## Introduction

Dans le cadre de mes études d'ingénieur en spécialité **Mathématiques appliquées et modélisation** à l'école Polytech Lyon, j'ai eu l'opportunité de réaliser un stage dans un laboratoire. Ce stage a pour objectif de mettre, dès la 4<sup>ème</sup> année d'étude, l'étudiant en situation dans un secteur qui l'intéresse afin de mieux le connaître, et de savoir si ce secteur est fait pour lui. J'ai donc effectué mes recherches dans le secteur qui m'intéresse : **la simulation, la modélisation et l'analyse des données**

**Laboratoire LICIT-ECO7**(Laboratoire ingénierie, circulation, transports et éco-gestion des systèmes énergétiques pour les transports), ses thématiques de recherche visent à la modélisation et la régulation des systèmes de transports multimodaux.

J'ai donc eu la chance de rejoindre ce laboratoire en septembre 2022 en tant que stagiaire pour une durée de 20 semaines.

La mission de ce stage s'inscrit dans la modélisation du trafic et la mise en œuvre le simulateur MnMs dans la ville d'Amsterdam afin de caractériser différentes mobilités à la demande.

Dans ce rapport, je présente tout d'abord les activités ainsi que la composition du laboratoire de manière généralisée. Je présente ensuite tout ce qui a constitué mon environnement de travail, à savoir, les outils et les logiciels utilisés, ainsi que le contenu de mon stage, les difficultés rencontrées et les solutions trouvées et les travaux futurs. Et enfin, j'évoquerai mes impressions personnelles par rapport à cette expérience, les difficultés rencontrées ainsi que les compétences que j'ai pu développer.

## Première partie

# Présentation du laboratoire

## 1 Historique du laboratoire

Créé en 1993, le LICIT (Laboratoire d'Ingénierie Circulation Transports) est une unité mixte placée sous la double tutelle de l'ENTPE et de l'Université Gustave Eiffel. Il est implanté sur les sites de l'Université Gustave Eiffel à Bron et de l'ENTPE à Vaulx-en-Velin.

Ses thématiques de recherche visent à la modélisation et la régulation des systèmes de transports multimodaux.

Au 1<sup>er</sup> janvier 2022, le laboratoire ECO7 (Eco-gestion des Systèmes Energétiques Pour les Transports) a fusionné avec le LICIT (Laboratoire d'Ingénierie Circulation Transports) pour former une nouvelle unité mixte de recherche LICIT-ECO7 placée sous la double tutelle de l'École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE) et de l'Université Gustave Eiffel.

## 2 Présentation de l'activité

Les thèmes de recherche de l'équipe du LICIT au sein du laboratoire intègrent des problématiques à forts enjeux (impacts environnementaux, systèmes de transport intelligent, multimodalité et intermodalité) abordées par une approche "intégrée" et fédérant des compétences scientifiques complémentaires.

L'équipe du LICIT au sein du laboratoire travaille également dans les domaines suivants :

- Développer d'outils innovants pour la mobilité intelligente
- Étudier l'impact des nouveaux services de mobilité (covoiturage, transport à la demande)
- Recherche sur les moyens d'améliorer la résilience des systèmes de transport

Il s'intéresse enfin à l'étude des patterns de mobilité et des comportements des usagers via les techniques issues de l'intelligence artificielle (big data, apprentissage statistique,...).

Les modèles développés par le LICIT apportent une aide concrète à la décision et contribuent au développement d'outils de gestion durable des trafics.

En tant que laboratoire de recherches appliquées, le LICIT se place à l'interface entre les mondes physique et numérique avec une assise expérimentale : les connaissances produites sont ensuite validées expérimentalement à partir de données opérationnelles.

Ainsi, le LICIT accorde une attention particulière à la confrontation données-modèles qui nécessite une activité expérimentale et l'adossement accru de ses projets aux plateformes expérimentales et aux living labs.

### **3 Composition du laboratoire**

Le laboratoire est composé des membres suivants :

- 22 membres du personnel permanent
- 9 étudiants postdoctoraux et ingénieurs de recherche
- 13 étudiants en doctorat
- 6 étudiants doctorants affiliés

## Deuxième partie

# Environnement du stage

## 1 Introduction

J'ai été acceptée en stage dans le laboratoire LICIT-ECO7. Je participe aux travaux de recherche conduit par plusieurs membres de l'équipe LICIT dans le cadre d'un projet de recherche européen, le projet DIT4TraM<sup>1</sup> (Distributed Intelligence and Technology for Traffic and Mobility Management). La mission de ce stage s'inscrit dans la Mise en oeuvre du simulateur MnMs sur la ville d'Amsterdam pour l'analyse de la compétition de services de mobilité à la demande et de covoitage. Dans ce contexte, on parle de covoitage lorsqu'un passager partage une voiture avec un conducteur et un autre passager dont le trajet est différent.

## 2 Logiciels et outils

Pendant mon stage j'ai pu découvrir et utiliser des différents outils et logiciels. Parmi ces logiciels, se trouve dans un premier temps un logiciel de gestion de versions décentralisés comme Git et aussi les outils plus spécifiques pour la programmation et la visualisation de données que je vais présenter dans cette partie.



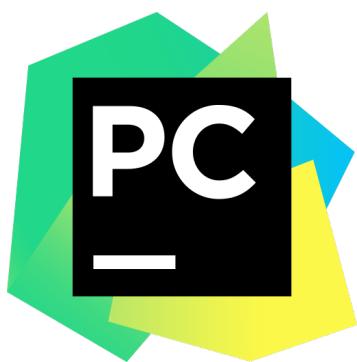
**GitHub :** GitHub est un service d'hébergement Open-Source, permettant aux programmeurs et aux développeurs de partager le code informatique de leurs projets afin de travailler dessus de façon collaborative. J'ai donc pu mettre à jour les programmes MnMs, modifiés et améliorés par les membres du laboratoire, et exécuter la simulation.

---

1. Lien vers [DIT4TraM](#).



**ArcMap :** ArcGIS est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine Esri, et est utilisé principalement pour visualiser, éditer, créer et analyser des données géospatiales. ArcMap permet à l'utilisateur d'explorer les données d'un ensemble de données, de symboliser les caractéristiques en conséquence et de créer des cartes.



**PyCharm :** PyCharm est un environnement de développement intégré utilisé pour programmer en Python. Il permet l'analyse de code et contient un débogueur graphique. Il permet également la gestion des tests unitaires, l'intégration de logiciel de gestion de versions.



**Jupyter Notebook :** Jupyter Notebook est un environnement de programmation interactif basé sur le Web permettant de créer des documents Jupyter Notebook. La plupart de mes programmes de modélisation et d'analyse de données sont formés sur le serveur Jupyter Notebook.

Au cours de mon stage, j'ai donc utilisé tous ces outils. Le moyen dont j'en ai eu l'usage sera précisé dans les parties suivantes lors du déroulement des tâches nécessitant leurs utilisations.

### **3 Déroulement du projet de stage**

Ma mission de stage peut être définie en 4 grandes étapes :

- Préparation avant la mise en œuvre de la simulation
- Mise en œuvre de la simulation pour le scénario d'Amsterdam
- Analyse et étude des résultats de la simulation
- Travaux futurs

Pendant mon stage, j'ai eu l'occasion de participer à un séminaire à la mi-novembre à l'ENTPE, où j'ai présenté le travail que j'avais effectué en anglais.

## Troisième partie

# Contenu de mon stage

## 1 Extraction des données du réseau de transport d'Amsterdam à partir des données MATSim

MATSim<sup>2</sup> est un logiciel open-source pour la mise en œuvre de simulations de transport à grande échelle basées sur des agents. Il est également décrit dans le livre [Horni and others incite, 2016].

Les données MATSim sont celles que j'ai utilisées pendant mon stage provenaient du repository<sup>3</sup>. Ensemble de données basé sur la ville d'Amsterdam dans ce repository posté le 26/11/2019 par Konstanze Winter, J. (Jishnu) Narayan. Il contient un réseau, les plans des agents, des fichiers de configuration et des informations supplémentaires. La simulation du repository était d'étudier un service de taxi autonome avec des parkings qui est spécifié dans l'article [Winter and others incite, 2021].

Les 2 fichiers de données que j'utilise lors de mon stage sont les suivants :

- *agent\_plan\_with\_ASV.xml* : Le plan de l'agent contient l'ID de chaque utilisateur, son statut (âge, sexe, travail) et toutes les activités qu'il effectue dans la journée. Pour chaque activité, il y a une heure de départ et des coordonnées correspondant à l'origine et à la destination.
- *Network.xml* : Le fichier réseau contient des noeuds et des liens vers les plus grandes artères de la zone métropolitaine d'Amsterdam.

Dans un premier, l'objectif était d'écrire des programmes en Python pour parcourir le fichier *agent\_plan\_with\_ASV.xml* en sélectionnant les activités réalisées en mode **voiture** et d'extraire les données dont j'avais besoins : ID utilisateur, heure de départ, coordonnées de départ et arrivée. Ensuite créer un dataframe de demande dans l'ordre croissant de l'heure de départ. Le dataframe est le suivant :

---

2. Lien vers [MATSim](#)  
3. Voir [repository](#)

Entrée [188]: demandDF					
	ID	DEPARTURE	ORIGIN	DESTINATION	
262470	1092778	02:25:28	630209.2183736941	5802560.252655378	628139.6507828436
460541	2047996	02:34:47	706691.7915121207	5710429.208945983	629439.1110360922
514339	844163	02:38:18	645624.9258951969	5844635.201187612	645612.8354277287
160780	1055879	02:38:34	625213.2565636548	5801283.454577501	625010.44236077
599524	998725	02:39:31	638423.1537658195	5814097.23923733	651710.2043398552
	...	...	...	...	...
551618	941384	24:29:46	610323.4448327582	5804523.463456508	610139.8036228275
213913	1074915	24:29:51	628716.9511927095	5801493.025342571	628945.7914998502
108801	1038204	24:29:58	685267.4815879678	5790409.823144514	627012.8028807903
359028	1127071	24:49:54	627439.3502445676	5800106.909626863	627428.2057525564
536646	910088	24:54:07	625389.7815265602	5805248.141699309	612653.8062071091

601862 rows x 4 columns

Figure 1 – Dataframe de la demande

Ensuite, lors de l’application de la simulation sur le simulateur MnMs, fichiers d’entrée demandés sont aux formats **Json** et **csv**. Donc l’objectif sera de récupérer les données et les transformer suivant les formats d’entrée du **MnMs** :

- Création du fichier d’entrée au format **csv** pour la demande en parcourant *agent\_plan\_with\_ASV.xml*. Le fichier créé comporte 4 colonnes : id, heure de départ, origine, destination. Exemple du fichier d’entrée au format **csv** :

1	ID;DEPARTURE;ORIGIN;DESTINATION
2	1092778;02:25:28;630209.2183736941
3	5802560.252655378;628139.6507828436
4	5805236.524603739;608622144
5	2047996;02:34:47;706691.7915121207
6	5710429.208945983;629439.1110360922
7	5801283.454577501;5801802.608622144
8	625213.2565636548;625010.44236077
9	645612.8354277287;6456037501
10	610323.4448327582;610139.8036228275
11	5804523.463456508;6101805.738762439
12	628716.9511927095;628945.7914998502
13	5801493.025342571;628946.767243623
14	627012.8028807903;627428.2057525564
15	685267.4815879678;685268.012739899
16	5790409.823144514;62628.0158154204
17	5805248.141699309;612653.8062071091
18	612624.4270579318;612624.4270579318
19	5800106.909626863;601862.0158154204
20	5805236.524603739;601862.0158154204
21	627439.3502445676;627428.2057525564

Figure 2 – Entrée au format csv

- Création du fichier d’entrée pour le réseau d’Amsterdam au format **Json** en parcourant *Network.xml*. Le fichier créé respecte une structure spécifique pour le stockage des informations d’identification et de coordonnées des routes, des nœuds, des liens, des stations, etc.

Ce fichier **Json** contient un objet *Roads* et un tableau *Layers*. Dans l’objet *Roads*, il y a 3 sous-objets, le sous-objet *Nodes* contenant les ID et les coordonnées de tous les noeuds, le sous-objet *Sections*

contenant la manière dont chaque noeud est connecté, c'est-à-dire que pour chaque noeud, il y a les ID des deux noeuds connectant les deux extrémités de ce noeud et le sous-objet *Zones* contient les informations de contour, c'est-à-dire les coordonnées des 4 points d'extrémités du réseau d'Amsterdam.

Dans le tableau *Layers*, il y a 2 sous-tables, la sous-table *Nodes* contenant les informations des nœuds (IDs, coordonnées) et la sous-table *Links* contient à nouveau les ID des deux nœuds auxquels chaque nœud relie ses deux extrémités.

## 2 Visualisation et traitement des données open source (scénario MATSim) de la ville d'Amsterdam

### 2.1 Visualisation du cadre du réseau de transport d'Amsterdam

À partir de l'extraction des données MATSim, j'ai trouvé le cadre rectangulaire du réseau de transport défini par les coordonnées GPS de ses 4 points d'extrémités :

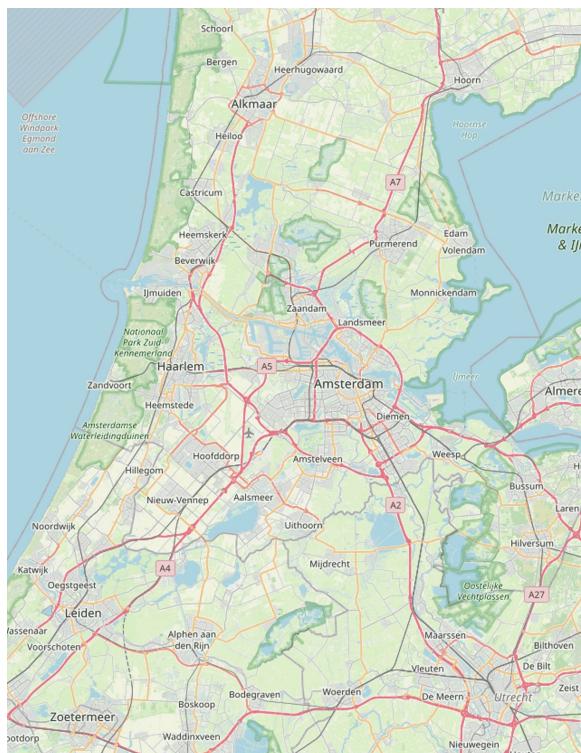


Figure 3 – Cadre du réseau de transport

Afin d'afficher plus précisément ce que les données représentent, j'ai créé un script Python qui prend en entrée un fichier du réseau au format **Json**, extrait les coordonnées des nœuds et les convertit en coordonnées GPS, puis crée un fichier **csv** contenant les coordonnées de tous les nœuds ainsi qu'un autre fichier **csv** contenant l'ordre de connexion des nœuds.

Les deux fichiers **csv** dans la sortie du script ressemblent à :

```
lat;lon
52.3540687281289;4.971114044626234
52.35658920224283;4.9725699943278805
52.36172080691148;4.965980463579563
52.36858526640459;4.958247136464509
52.367277564571204;4.958740678864616
52.366193836013466;4.944839255010867
52.36600272557907;4.92920519150103
52.361731419132525;4.915856844359205
52.358236158096574;4.90140241620293
52.3600393484652;4.887022233993135
52.36253674806033;4.873929954986852
52.358736692935;4.85915964239697
52.35808740272893;4.844356349300043
52.356291204801124;4.8360006972657406
52.35624670317322;4.835947615525708
```

```
X_Start;Y_Start;X_End;Y_End
52.3540687281289;4.971114044626234;52.35658920224283;4.9725699943278805
52.35658920224283;4.9725699943278805;52.36172080691148;4.965980463579563
52.36172080691148;4.965980463579563;52.36858526640459;4.958247136464509
52.36858526640459;4.958247136464509;52.367277564571204;4.958740678864616
52.367277564571204;4.958740678864616;52.366193836013466;4.944839255010867
52.366193836013466;4.944839255010867;52.36600272557907;4.92920519150103
52.36600272557907;4.92920519150103;52.361731419132525;4.915856844359205
52.361731419132525;4.915856844359205;52.358236158096574;4.90140241620293
52.358236158096574;4.90140241620293;52.3600393484652;4.887022233993135
52.3600393484652;4.887022233993135;52.36253674806033;4.873929954986852
52.36253674806033;4.873929954986852;52.358736692935;4.85915964239697
52.358736692935;4.85915964239697;52.35808740272893;4.844356349300043
52.35808740272893;4.844356349300043;52.356291204801124;4.8360006972657406
52.356291204801124;4.8360006972657406;52.35624670317322;4.835947615525708
```

(a) csv des nœuds

(b) csv des liens

Figure 4 – Sortie du script

Grâce au script mentionné ci-dessus et au fichier **Json**, je dispose donc de toutes les informations sur la manière et l'ordre dans lequel tous les nœuds sont reliés entre eux pour former les liens. En utilisant les deux fichiers **csv**, j'ai pu dessiner les liens du réseau de transport pour le scénario d'Amsterdam sur *ArcGis* :



Figure 5 – Liens du réseau de transport

Les lignes noires représentent tous les liens du réseau.

Il est clair que la zone couverte par les liens du réseau correspond au cadre représenté dans la figure 3.

Comme nous nous intéressons à ce qui se passe dans Amsterdam et non autour (zones moins densément peuplées), j'ai également pu dessiner en vert les liens du réseau de la ville d'Amsterdam :

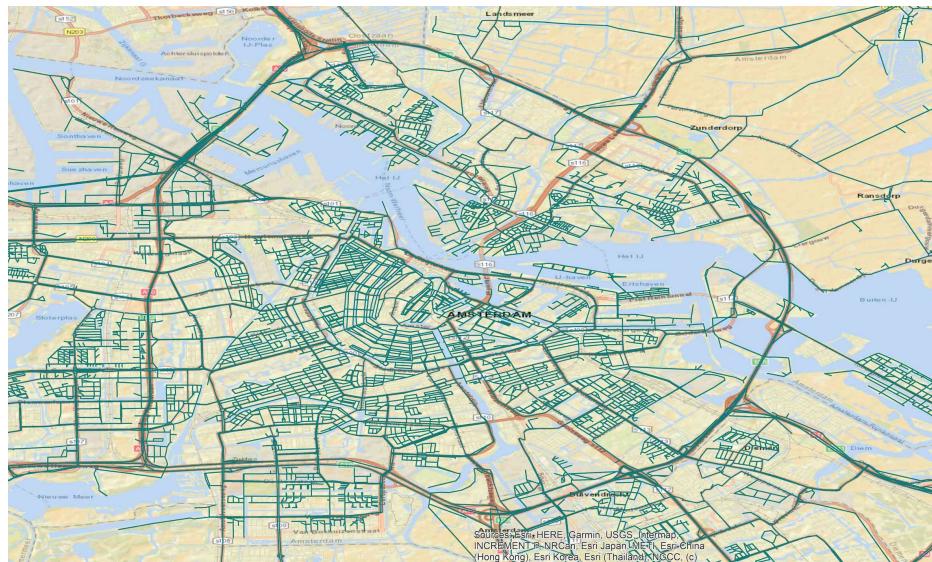


Figure 6 – Liens du réseau de transport Amsterdam

La figure 6 montre très clairement les détails de la disposition du réseau de transport dans la ville d'Amsterdam.

## 2.2 Traitement des données de demande

L'essentiel de cette partie du travail consiste à réaliser des analyses statistique à l'aide du fichier *agent\_plan\_with\_ASV.xml* enfin d'identifier les heures de pointe de la journée et de mieux visualiser les zones d'Amsterdam qui sont très fréquentées aux heures de pointe. Nous nous intéressons également au statut de l'utilisateur (travailleur ou non-travailleur) pour voir s'il a un impact sur le nombre de trajets que l'utilisateur effectue dans une journée.

### 2.2.1 Analyse statistique des données extraites

- Nombre de l'utilisateur par heure pendant la journée :

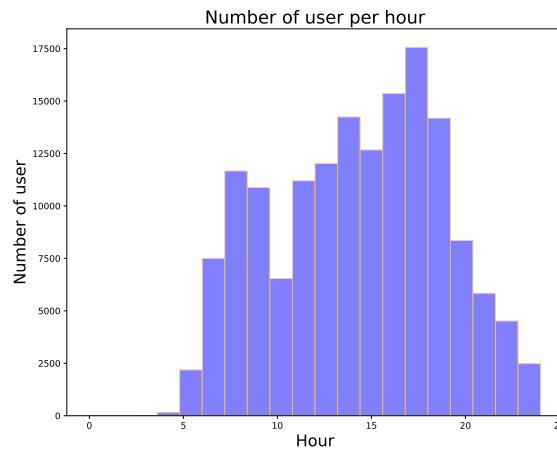


Figure 7 – Nombre de l'utilisateur par heure

D'après cet histogramme, je peux voir que les heures de pointe de la journée se situent entre 5h et 11h et entre 16h et 20h.

- Occurrence du nombre de trajets effectués par utilisateurs :

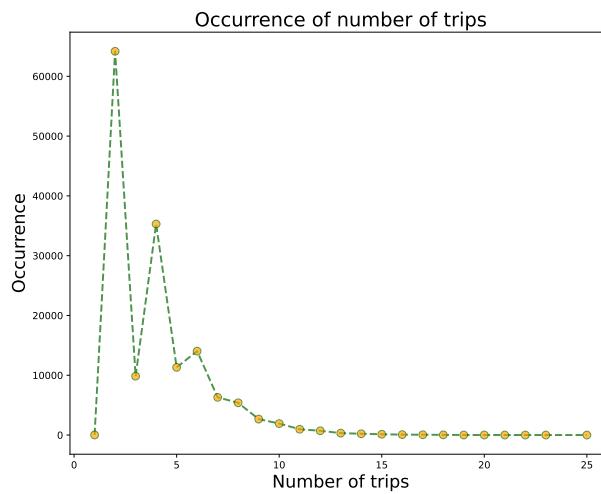


Figure 8 – Occurrence du nombre de trajets

D'après le calcul, on a su que 42% des utilisateurs font 2 trajets par jour (aller-retour). La plupart des usagers fait plus que 2 trajets par jour.

- Pourcentage de travailleurs par rapport aux non-travailleurs parmi les utilisateurs :

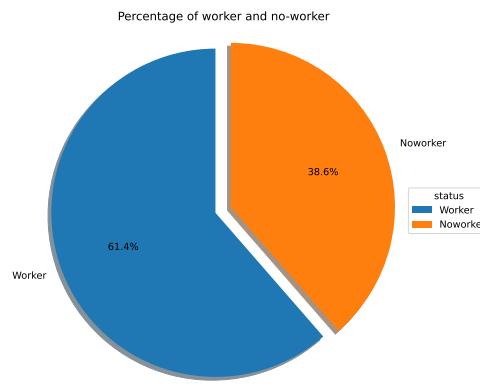


Figure 9 – Pourcentage de travailleurs et non-travailleur

- Occurrence des trajets réalisés des travailleurs et des non-travailleurs :

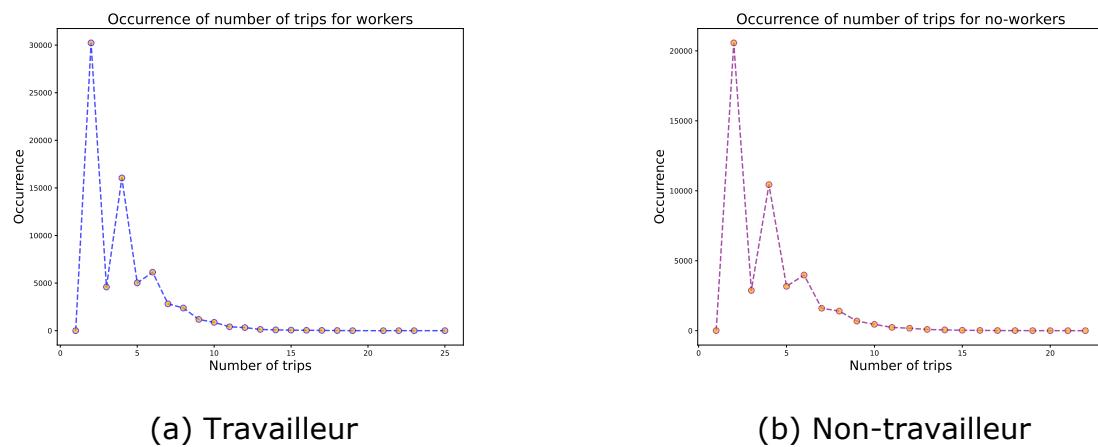


Figure 10 – Occurrence du nombre de trajet

Comme on peut le voir sur les graphiques obtenus, le statut de l'utilisateur n'a pas d'effet sur le nombre de trajets effectués dans la journée.

### 2.2.2 Visualisation les zones d'Amsterdam aux heures de pointe

D'après la figure 7 dans la partie précédente, les périodes de pointe se situent entre 5h et 11h et entre 16h et 20h, à partir de ça, j'ai donc dessiné des cartes de densité d'utilisateurs du matin au soir pendant les heures de pointe. Le point violet présente la gare centrale d'Amsterdam :

- La matin :

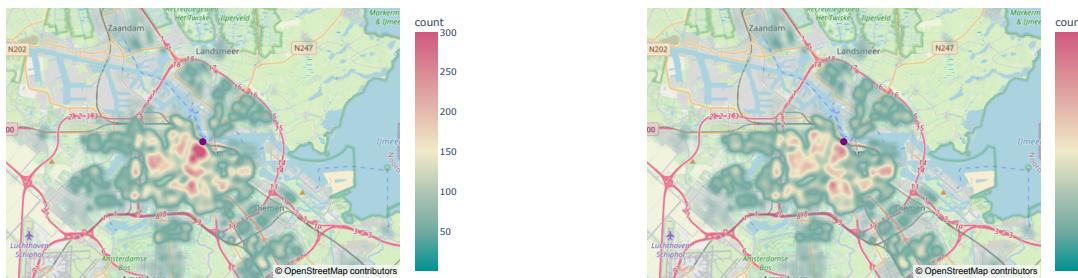


(a) Départ

(b) Arrivée

Figure 11 – Matin entre 5h et 11h

- L'après-midi :



(a) Départ

(b) Arrivée

Figure 12 – Après-midi entre 16h et 20h

D'après la figure 11a et la figure 11b , j'ai remarqué que les utilisateurs ont tendance à aller dans le centre d'Amsterdam le matin. La figure 12a et 12b montrent que la trajectoire des utilisateurs de l'après-midi est presque opposée à celle du matin, avec une tendance à se déplacer du centre vers la périphérie.

Il est nécessaire de comprendre le sens de la fréquentation et les zones à forte densité de population aux heures de pointe et de placer les services de mobilité à la demande dans ces zones afin qu'ils puissent recevoir rapidement les demandes d'utilisateur et y répondre. Les cartes de densité présentées ci-dessus contribueront donc à la distribution des services de mobilité à la demande dans la zone urbaine d'Amsterdam.

### 3 Régression pour le MFD

MFD (Macroscopic Fundamental Diagram), détaillé dans l'article [Daganzo, 2007], est un diagramme qui donne une relation entre le flux de trafic routier (véhicules/heure) et la densité de trafic (véhicules/km).

Avant de mettre en place la simulation pour le scénario d'Amsterdam il a fallu calculer le MFD pour la ville d'Amsterdam, c'est-à-dire trouver les principaux paramètres décrivant la relation entre l'accumulation de voitures et la vitesse des voitures : plus il y a de voitures, moins la vitesse des voitures est élevée. Ensuite, les introduire ces paramètres dans le simulateur.

#### 3.1 Relation entre l'accumulation et la vitesse du véhicule

Afin de calculer l'accumulation de voitures il a fallu définir un intervalle de temps pour le calcul de la vitesse, j'ai choisi donc **60 secondes** comme intervalle de temps. Pour la vitesse, j'ai utilisé la vitesse moyenne de chaque intervalle pour représenter la vitesse de l'intervalle.

J'ai ensuite nettoyé les données extraites en éliminant celles dont la vitesse était nulle, car cela signifiait que l'accumulation dans cet intervalle était également nulle. S'il n'y a pas de véhicules, on ne peut pas définir une vitesse.

La relation entre la vitesse et l'accumulation de voitures à Amsterdam ressemble à ceci :

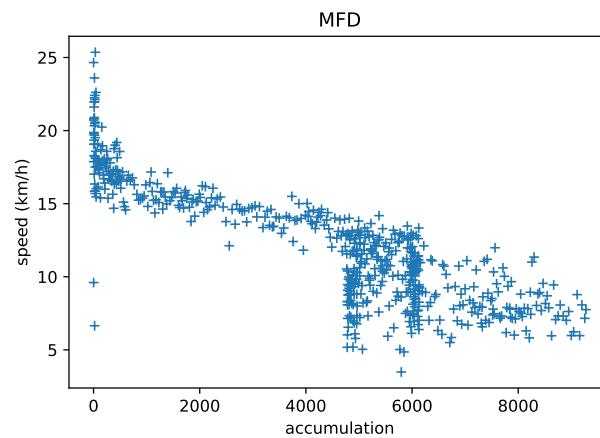


Figure 13 – Relation entre la vitesse et l’accumulation de voitures à Amsterdam

### 3.2 Mis en place la régression en comparant les deux méthodes

#### 3.2.1 Première méthode

D’après l’article [Knoop and others incite, 2018], MFD de la ville d’Amsterdam est défini par l’équation

$$V = V_0 \cdot e^{\frac{-N}{2 \cdot N_{crit}}} \quad (1)$$

$V$  : vitesse    $N$  : accumulation    $V_0$  et  $N_{crit}$  : paramètres inconnus

L’étape suivant consiste à construire une régression pour trouver les deux paramètres inconnus présentés dans l’équation 1.

- Transformation logarithmique de la vitesse :

$$\ln(V) = \ln(V_0 \cdot e^{\frac{-N}{2 \cdot N_{crit}}}) \quad (2)$$

$\iff$

$$\ln(V) = \ln(V_0) + \frac{-N}{2 \cdot N_{crit}} \quad (3)$$

j’ai redéfini l’équation 3 comme :

$$y = a - b \cdot x \quad (4)$$

En posant :

$$x = N \quad (5)$$

$$y = \ln(V) \quad (6)$$

$$a = \ln(V_0) \quad (7)$$

$$b = \frac{1}{2 \cdot N_{crit}} \quad (8)$$

- Régression linéaire de la transformation logarithmique de la vitesse :

J'ai appliqué les méthodes de régression linéaire pour trouver les paramètres  $a$  et  $b$  de l'équation 4 :

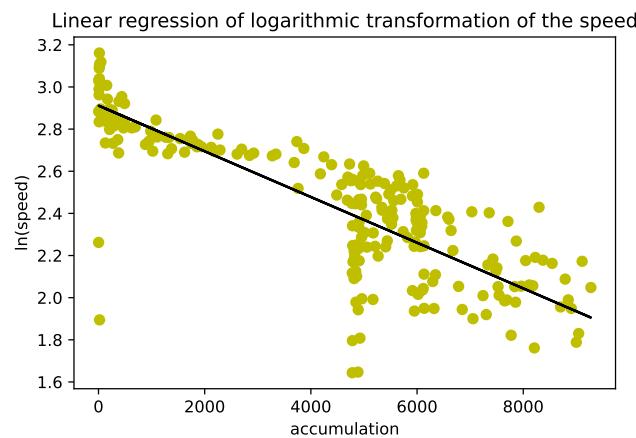


Figure 14 – Régression linéaire

Avec les paramètres :

$$a = 2.89 \quad (9)$$

$$b = 1e - 4 \quad (10)$$

- Transformation exponentielle de la vitesse :

Par transformation exponentielle de l'équation 4 :

$$e^y = e^{a-b \cdot x} \quad (11)$$

$\iff$

$$e^{\log(V)} = e^{a-b \cdot N} \quad (12)$$

$\iff$

$$V = e^{a-b \cdot N} \quad (13)$$

- Régression pour le MFD :

En appliquant les valeurs de  $a$  et  $b$ , j'ai tracé la courbe correspondant à l'équation 13. Finalement j'ai obtenu la régression de l'accumulation de voiture et la vitesse de voiture :

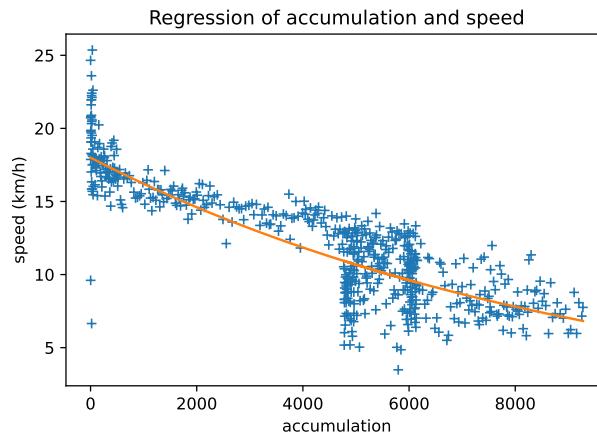


Figure 15 – Régression de l'accumulation de voiture et la vitesse de voiture

### 3.2.2 Deuxième méthode

Selon la forme des points présentés dans la figure 13, j'ai décidé donc d'effectuer uniquement une régression linéaire et de trouver les paramètres  $a$  et  $b$  dans l'équation :

$$V = a - b \cdot N \quad (14)$$

$V$  : vitesse    $N$  : accumulation    $a$  et  $b$  : paramètres inconnues

- La régression linéaire :

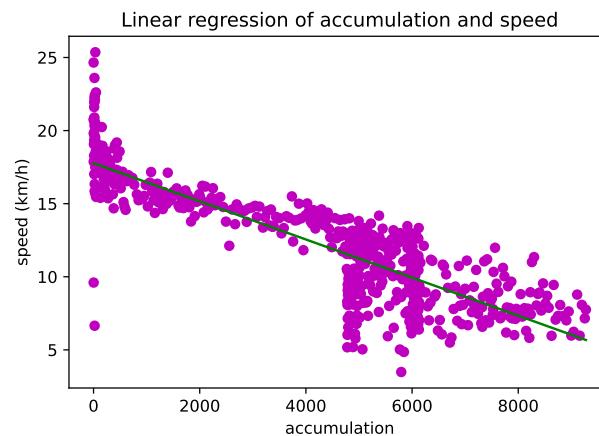


Figure 16 – Régression linéaire de l’accumulation de voiture et la vitesse de voiture

- Les paramètres :

$$a = 17.765 \quad (15)$$

$$b = 1.3e - 3 \quad (16)$$

### 3.2.3 Comparaison des deux méthodes

Pour comparer les deux méthodes, j’ai choisi de regarder le  $R^2$  score des deux modèles et j’ai eu  $R^2$  score = 0.70 pour la première méthode et  $R^2$  score = 0.64 pour la deuxième méthode.

J’ai décidé donc d’utiliser la méthode exponentielle avec l’équation 13 et les paramètres  $a$  et  $b$  présentées dans l’équation 10 et 9 pour représenter le MFD d’Amsterdam.

## 4 Mise en oeuvre du simulateur MnMs sur la ville d’Amsterdam

### 4.1 Présentation du fonctionnement de MnMs

**MnMs**(Multimodal Network Modelling and Simulation) est un simulateur multimodal pour DIT4TraM sur la base d’un MFD basé sur les déplacements.

**MnMs** prend en entrée le fichier de la demande et le fichier du réseau, il

construit ensuite la couche d'origine et de destination. Il ajoute les services de mobilité et les dépôts afin de stocker les services de mobilité à la demande, puis il ajoute les services de mobilité dans la couche de mobilité. Il lance ensuite une boucle de supervision avec un pas de temps prédéterminé de l'heure de début à l'heure de fin, la gestion des décisions de déplacement et la calcule de MFD ainsi que l'écriture dans les fichiers de sortie se font au fur et à mesure dans cette boucle.

J'ai synthétisé le schéma suivant du fonctionnement de **MnMs** :

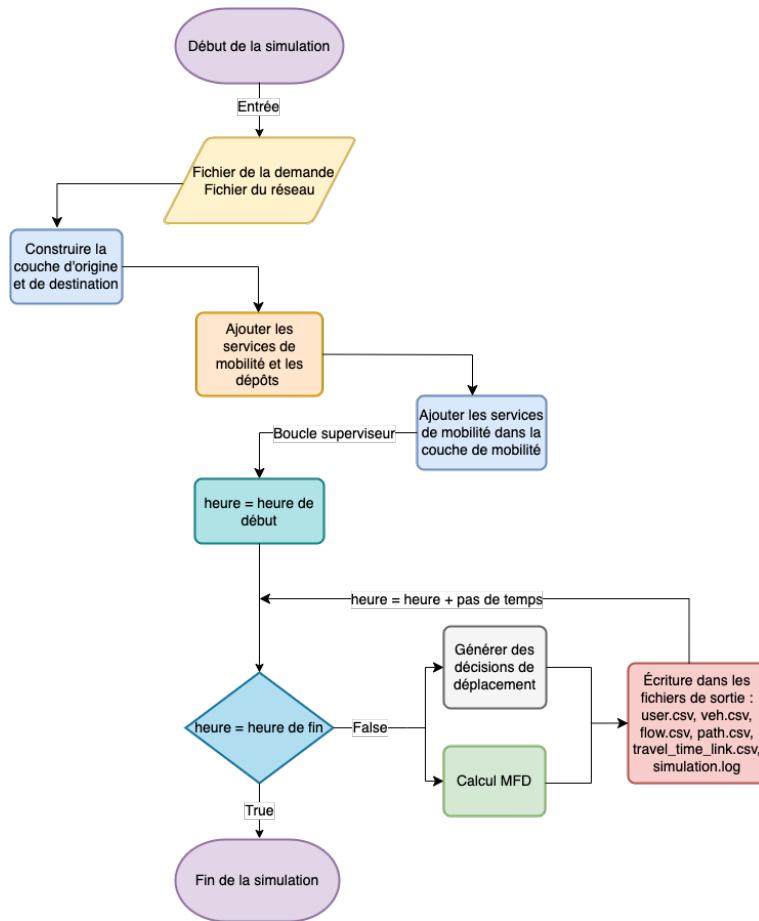


Figure 17 – MnMs

## 4.2 Difficultés rencontrées pendant la simulation et solutions

### 4.2.1 Difficulté liée à la simulation

Lorsque j'ai commencé à mettre en place les simulations, les difficultés tout d'abord étaient liées au temps très long nécessaire pour simuler le scénario d'Amsterdam. Cela s'explique par le fait que la zone couverte

par le script est si vaste qu'il fallait trop de temps pour connecter chaque point de départ et d'arrivée au réseau.

De même que dans la sortie de simulation, j'ai remarqué que 40% des utilisateurs étaient perdus parce que les coordonnées du point de départ ou d'arrivée de l'utilisateur se trouvaient en dehors de la zone de simulation.

Je me suis concentrée ensuite sur comment réduire le temps de calcul en réduisant la zone de couverture. À l'aide des cartes de densités que j'ai produit dans la figure 11, et la figure 12, j'ai remarqué que la plupart des utilisateurs se déplaçaient dans la ville d'Amsterdam surtout, dans *la ceinture périphérique d'Amsterdam*. Par conséquent, au lieu de travailler sur la grande zone dans la figure 3 j'ai choisi de travailler sur une zone plus petite qui est entourée par *la ceinture périphérique d'Amsterdam* :

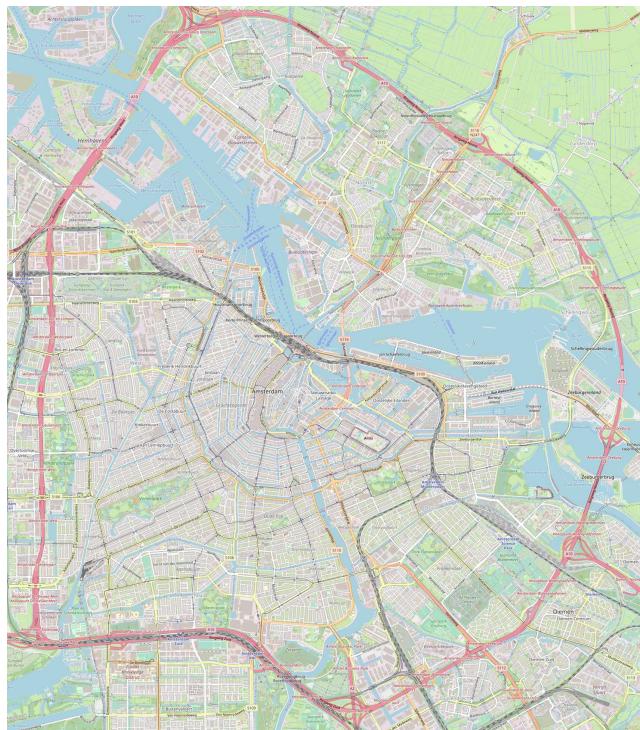


Figure 18 – Zone de simulation

En raison des modifications apportées à la zone de simulation, les coordonnées des points de départ et d'arrivée de l'utilisateur dans l'application ont dû être modifiées. À cette fin, j'ai trouvé les coordonnées correspondant aux 7 points à l'entrée de la ceinture périphérique d'Amsterdam sur l'autoroute A10.

J'ai ensuite écrit un script qui examinait les coordonnées de chaque utilisateur et si l'une de leurs coordonnées de départ et d'arrivée se trouvait en dehors de la zone de simulation, je la projetais sur l'un des sept points les plus proches de ses coordonnées. Dans le cas d'un utilisateur dont les coordonnées de départ et d'arrivée étaient toutes deux en dehors de la zone de simulation, j'ai supprimé cet utilisateur de la demande.

Grâce à cette modification, le temps de simulation a été considérablement réduit, en outre, tous les utilisateurs ont été retrouvés dans la sortie de la simulation.

#### 4.2.2 Difficulté liée au MnMs

La plateforme de simulation MnMs est encore en développement, mon travail comprend également la validation de la plateforme.

Lorsque j'ai exécuté le scénario d'Amsterdam avec des services de mobilité à la demande, il a été nécessaire d'ajouter au script de simulation des dépôts pour le stockage des services de mobilité à la demande. J'ai donc choisi d'ajouter 5 dépôts au nœuds du réseau dans le centre ville d'Amsterdam. Cependant, j'ai trouvé un bug lorsque j'ai ajouté ces dépôts à la simulation, que j'ai ensuite signalé aux membres du laboratoire.

Il s'agissait d'un bug dans MnMs qui provoquait un plantage de la correspondance entre les véhicules et les passagers lors du retrait des véhicules des dépôts. Une fois le bug corrigé, je pouvais passer à l'étape suivante.

### 4.3 Résultats de la simulation

Une fois la préparation de la simulation terminée, j'ai choisi de simuler uniquement les utilisateurs dans la période 7:00 - 10:00. J'ai exécuté avec succès la simulation du service de mobilité à la demande dans le scénario d'Amsterdam.

Dans la sortie de la simulation, comme le montre la figure 17, j'ai six fichiers csv de sortie tels que le chemin, le véhicule et l'utilisateur, etc.

L'étape suivante consiste à visualiser et à analyser ces fichiers de résultats de simulation.

### 4.3.1 Visualisation de résultats

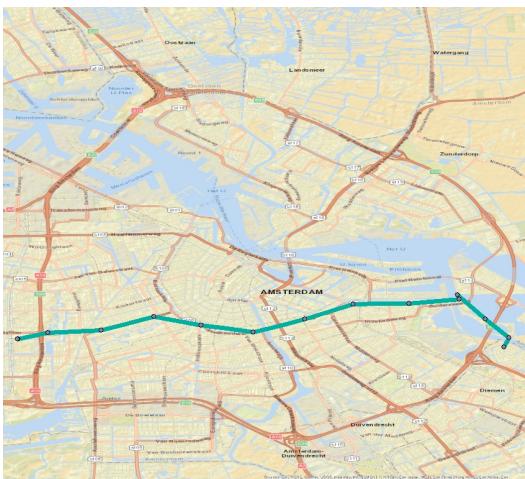
D'abord, j'ai traité le fichier de résultats **user.csv** comme dans la figure 19 qui contient toutes les informations sur les déplacements de chaque utilisateur entre 7:00 et 10:00 (heures de pointe).

TIME	ID	LINK	POSITION	DISTANCE	STATE	VEHICLE	CONTINUOUS_JOURNEY
93683	09:22:00.00	1111572	m46398228 m1582427317	623741.397 5804045.852	16126.350	INSIDE_VEHICLE	8883.0
93684	09:22:00.00	1023576	m46398228 m1582427317	623741.397 5804045.852	16126.350	INSIDE_VEHICLE	8886.0
93685	09:22:00.00	1024864	m46398228 m1582427317	623741.397 5804045.852	16126.350	INSIDE_VEHICLE	8893.0
93686	09:22:00.00	1028197	m46396748 m46403728	624513.207 5804234.475	15058.142	INSIDE_VEHICLE	8909.0
93687	09:22:00.00	1086696	m1582427317 DESTINATION_119	623738.553 5804033.514	16139.012	WALKING	NaN
93688	09:22:00.00	1117005	m46186201 DESTINATION_106	627677.434 5799020.868	14289.112	WALKING	NaN
93689	09:22:00.00	405674	m46186201 DESTINATION_106	627677.434 5799020.868	14289.112	WALKING	NaN
93690	09:22:57.09	1052407	m75538939 DESTINATION_122	635995.585 5803966.272	17835.122	ARRIVED	NaN
93691	09:22:57.09	1083378	m75538939 DESTINATION_122	635995.585 5803966.272	13969.187	ARRIVED	NaN
93692	09:22:57.09	1213592	m75538939 DESTINATION_122	635995.585 5803966.272	13969.187	ARRIVED	NaN
93693	09:22:57.09	1024376	m75538939 DESTINATION_122	635995.585 5803966.272	13969.187	ARRIVED	NaN
93694	09:22:57.09	1013224	m75538939 DESTINATION_122	635995.585 5803966.272	10787.747	ARRIVED	NaN
93695	09:22:57.09	1090797	m75538939 DESTINATION_122	635995.585 5803966.272	13969.187	ARRIVED	NaN

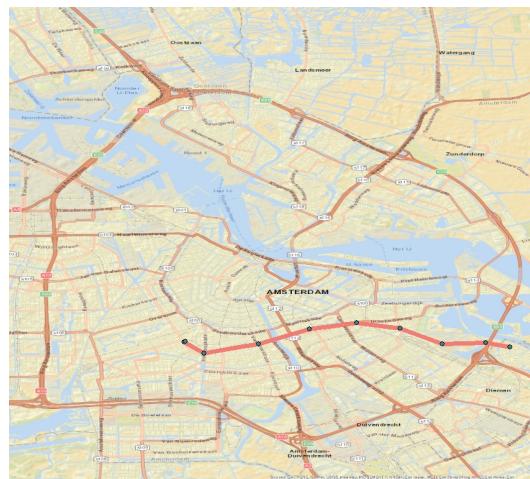
Figure 19 – user.csv

Ensuite, en sélectionnant deux des utilisateurs, afin de visualiser tous les trajets qu'ils avaient effectués en utilisant *ArcGis*, j'ai extrait les coordonnées de chaque point de leur trajet et les ai formées dans deux fichiers csv sous la même forme que celle présentée dans la figure 4

Le trajet pour ces deux utilisateurs sont représentés comme suivant :



(a) Trajet 1



(b) Trajet 2

Figure 20 – Trajets des utilisateurs

Comme on peut le voir sur les deux figures ci-dessus, les deux itinéraires utilisés par ces deux utilisateurs se superposent bien au réseau routier d'Amsterdam.

### 4.3.2 Analyse des indicateurs de résultats

Afin de mieux comprendre les fichiers de sortie de simulation concernant l'utilisateur et le véhicule, nous avons défini quelques indicateurs.

Nous avons défini des indicateurs dynamiques et statiques pour mieux observer l'évolution de l'état de l'utilisateur et du véhicule en termes de changements temporels et de changements globaux.

Dans un premier temps, je n'ai examiné que les véhicules personnels afin de valider le scénario d'Amsterdam. Donc dans cette section d'analyse des résultats, je n'ai analysé que les indicateurs de résultats pour les véhicules personnels.

On a défini les indicateurs comme suivant :

- Pour chaque utilisateur :
  1. Temps de parcours
  2. Nombre/type de véhicule emprunté
  3. Distance parcourue
- Pour chaque véhicule :
  1. Nombre de voyageurs servis
  2. Temps de parcours
  3. Nombre de passager par véhicule
  4. Distance parcourue
- Indicateurs globaux :
  1. Distance totale parcourue
  2. Temps de parcours (total, distribution, min, max, écart type pour tous les voyageurs)

Le but de ces indicateurs est de mieux comprendre les résultats de la sortie de la simulation. Il est intéressant d'examiner les indicateurs individuels (utilisateurs et véhicules), pour chaque utilisateur et chaque véhicule, afin de voir combien de temps ils voyagent, quelle distance ils parcourent et combien de fois ils le font. Il est également important d'examiner les indicateurs globaux afin de comprendre plus intuitivement les propriétés du trafic d'Amsterdam et pour les recherches futures sur la manière de minimiser la congestion et la pollution et d'évaluer les réglementations du trafic.

Afin de calculer ces indicateurs, j'ai écrit un script en Python qui prend le répertoire des résultats de la simulation comme entrée et crée des fichiers csv contenant les résultats calculés comme sortie.

Pour la partie des indicateurs individuels, il recherche pour chaque véhicule individuel et chaque utilisateur individuel tous les voyages qu'ils ont effectués, puis calcule le temps et la distance parcourus. Pour chaque utilisateur, il calcule également son nombre de véhicules empruntés et pour chaque véhicule, il calcule son nombre de passagers servis. Le script crée à la fin un fichier csv contenant les résultats calculés pour les utilisateurs et un autre fichier csv pour les véhicules.

Pour la partie indicateurs globaux, il calcule pour tous les véhicules et utilisateurs le total, la moyenne, le maximum, le minimum et l'écart type pour le temps de trajet, la distance parcourue ainsi que le nombre total de passagers desservis par les véhicules et le nombre total de véhicules empruntés par les utilisateurs. Le script crée un fichier csv avec les résultats calculés ci-dessus pour les utilisateurs et un autre fichier csv pour les véhicules.

Les résultats des calculs sont les suivants :

- Véhicule :
  - Indicateurs individuels :

Le fichier csv contenant les indicateurs individuels des véhicules contient 4 colonnes, pour chaque véhicule nous avons son identifiant, son temps de trajet total présenté en secondes, sa distance totale parcourue présentée en mètres ainsi que son nombre de passagers desservis.

Le fichier csv ressemble à ceci :

ID;TIME;DISTANCE;PASSENGERS
51;480.0;8014.583;1
52;780.0;13617.878;1
53;480.0;8014.583;1
55;180.0;3250.85;1
56;240.0;4201.618;1
57;420.0;7236.02;1
58;420.0;7236.02;1
59;540.0;9376.095;1
60;840.0;13957.696;1
63;240.0;4175.002;1
64;240.0;3857.78;1
65;420.0;7236.02;1
66;420.0;7236.02;1
69;300.0;5097.555;1

Figure 21 – Indicateurs individuels des véhicules

Si l'on compare ces indicateurs individuels aux indicateurs globaux présentés dans tableau 1, la distance moyenne parcourue par les véhicules est de *8.24km* et la durée moyenne des déplacements est de *8.3mn*, ce qui est plausible.

#### – Indicateurs globaux :

Le tableau ci-dessous fournit une analyse statistique de la durée et de la distance parcourue par le véhicule et du nombre de passagers desservis.

	total	moyenne	min	max	écart type
durée (s)	$3.6e + 06$	502.09	180	1500	208.73
distance (m)	$5.9e + 07$	8243.70	3163.67	25823.11	3635.27
passa-gers	$7.2e + 03$	1.0	1.0	1.0	0.0

Table 1 – Tableau d'indicateurs globaux du véhicule

La figure 22 montre que l'évolution de l'état de l'ensemble du

véhicule varie dans le temps entre le service et l'arrêt.

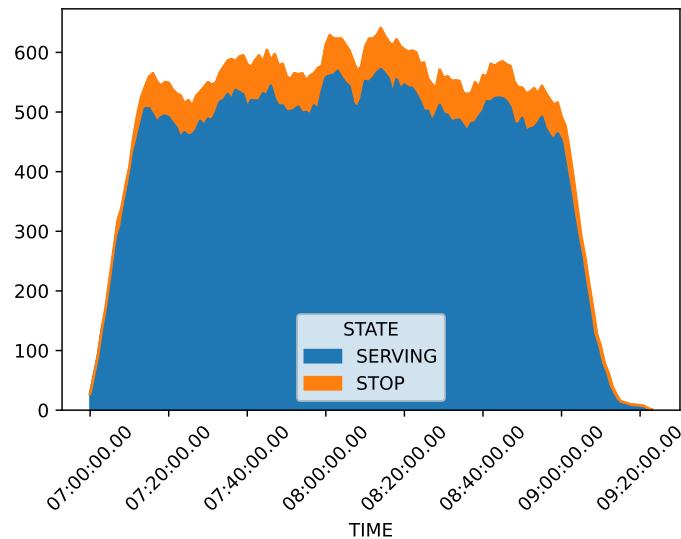


Figure 22 – État du véhicule

— Distance parcourue par passager :

En utilisant la totale distance parcourue et le nombre de passagers, la distance moyenne parcourue par passager a été obtenue comme suit :  $8.24\text{km}$ , ce qui est vraisemblable.

— Évolution de la vitesse :

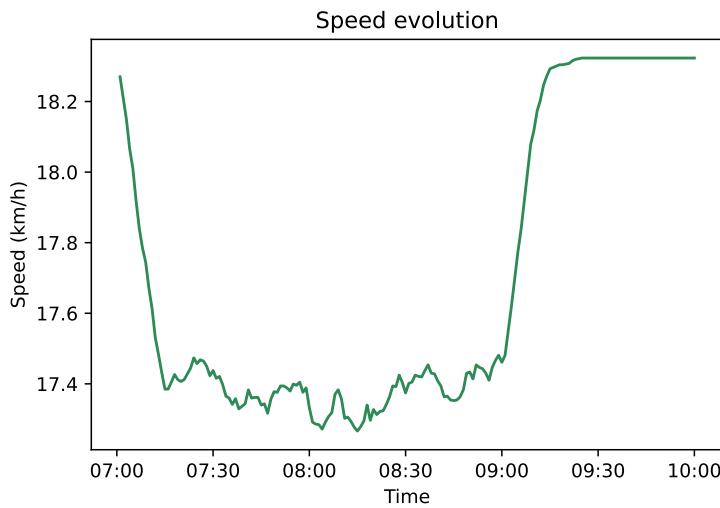


Figure 23 – Évolution de la vitesse

On peut voir que la vitesse des véhicules ralentit entre 7h15

et 9h, ce qui prouve que le trafic est plus congestionné à ce moment de la journée.

- Utilisateur :
  - Indicateurs individuels :

Le fichier csv contenant les indicateurs individuels des utilisateurs contient également 4 colonnes, pour chaque utilisateur nous avons son identifiant, son temps de trajet total présenté en secondes, sa distance totale parcourue présentée en mètres ainsi que son nombre de véhicule emprunté.

Le fichier csv ressemble à ceci :

ID;TIME;DISTANCE;VEHICLE
1015810;1020.0;13103.715;1
1015811;780.0;10130.636;1
1081352;480.0;8024.099;2
393233;960.0;11381.347;1
1114130;780.0;10130.636;1
1081365;720.0;9637.117;1
1081369;240.0;3991.776;1
1081374;480.0;8024.099;2
884774;720.0;7514.144;1
1114154;720.0;7514.144;1
1048623;300.0;4048.732;1
1048625;240.0;3991.776;1
1015865;960.0;13159.344;1
983098;960.0;13707.624;1

Figure 24 – Indicateurs individuels des utilisateurs

Selon ce fichier, la plupart des utilisateurs ont emprunté 1 ou 2 véhicules, il y a 7 utilisateurs qui ont emprunté 4 véhicules.

- Indicateur globaux :

D'après tableau 2, la distance moyenne parcourue par les utilisateurs est d'environ 9.3km, ce qui est plausible car, comme on peut le voir sur la figure 25, la plupart des utilisateurs effectuent leurs déplacements en marchant en combinaison avec l'utilisation de véhicules. C'est pourquoi la distance moyenne

parcourue par les utilisateurs est plus grande que la distance moyenne parcourue par les véhicules.

	total	moyenne	min	max	écart type
durée (s)	$5.03e + 06$	768.95	240	3840	352.32
distance (m)	$6.1e + 07$	9319.27	82.41	52175.15	4688.84
véhicule	$7.2e + 03$	1.10	1.0	4.0	0.33

Table 2 – Tableau d'indicateurs globaux de l'utilisateur

La figure 25 montre une courbe cumulée des états des utilisateurs, on peut voir que les utilisateurs commencent tous à pied puis s'arrêtent après un certain temps, ils sont ensuite en voiture et finalement tous les utilisateurs atteignent leur destination.

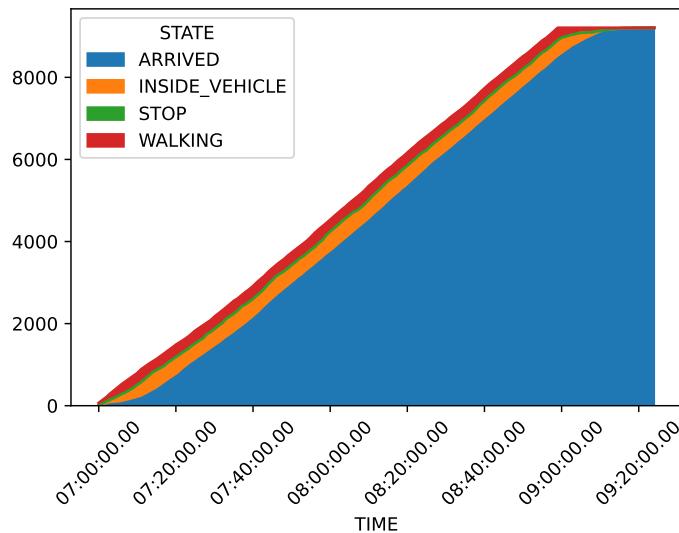


Figure 25 – État de l'utilisateur

#### 4.3.3 Travaux futurs

Comme je l'ai dit précédemment, la plateforme de simulation MnMs est en cours de développement de sorte que les services de mobilité à la demande ne sont pas encore apparus dans les résultats de ma simulation. L'analyse des résultats de la simulation pour les services de mobilité à la demande fera l'objet de travaux futurs.

En attendant, j'ai écrit un script en Python qui pourra être utilisé ultérieurement pour traiter les résultats des simulations du service de mobilité à la demande.

Ce script filtrera les véhicules du fichier **veh.csv** à partir des résultats de la simulation et n'y sélectionnera que les informations pertinentes pour les services de mobilité à la demande. L'analyse est ensuite effectuée en utilisant les mêmes indicateurs que pour les véhicules personnels que j'ai présentés précédemment.

La mission future consiste également à ajouter les lignes de métro et les autres transports publics dans le scénario d'Amsterdam afin d'effectuer la simulation de différents scénarios de concurrence.

## 5 Discussion des résultats

L'objectif du stage était de modéliser le trafic et de mettre en œuvre le simulateur MnMs dans la ville d'Amsterdam pour caractériser différentes mobilités à la demande. Le travail s'est basé sur les données de MATSim.

J'ai rencontré de nombreuses difficultés au cours de ce stage : des difficultés en termes d'intégration liées au manque de documentation sur certaines fonctions du simulateur, c'est pourquoi j'ai passé beaucoup de temps à apprendre les fonctions du simulateur, et des difficultés sur le plan technique liées tout d'abord au temps très long nécessaire pour simuler le scénario d'Amsterdam sur la plateforme de simulation, car la zone couverte par le script était très grande et il fallait trop de temps pour connecter chaque point de départ et d'arrivée du réseau.

J'ai beaucoup appris en surmontant ces difficultés, j'ai appris à identifier les problèmes et à trouver des solutions. Par conséquent, mes compétences en programmation et mon autonomie se sont améliorées.

J'ai également appris à utiliser ArcMap (un outil de modélisation des relations spatiales) pour visualiser comment les itinéraires des utilisateurs représenteraient sur une carte réelle.

Le travail que j'ai effectué dans le cadre de ce stage contribuera à proposer et évaluer des régulations de transport à la demande ainsi que la manière de minimiser la congestion et la pollution.

J'ai vraiment apprécié le sujet de ce stage, qui m'a permis de mieux comprendre le secteur des transports, et j'ai pu utiliser les connaissances que j'avais acquises à l'école pendant ce stage. Je suis très satisfaite de ce stage.

## Conclusion et perspectives

Pour conclure, j'ai effectué mon stage de 4A au laboratoire LICIT-ECO7 en tant que stagiaire en modélisation du trafic et de simulation des services de mobilité à la demande pour le scénario d'Amsterdam. J'ai pu mettre en pratique les connaissances théoriques acquises au cours de ma formation sur la modélisation, la programmation et me suis confrontée aux difficultés d'identification et de résolution des problèmes.

Ce stage a été très enrichissant pour moi car il m'a permis de découvrir le domaine d'étude des systèmes de transport intelligents, ses acteurs et ses limites. Ce stage m'a aussi permis de m'engager spécifiquement dans ses défis à travers mes tâches de modélisation et d'analyse des données.

Fort de cette expérience et en réponse à ses enjeux, je souhaite continuer à développer mes compétences acquises à l'école, notamment en programmation, mathématiques et modélisation, et j'aimerais beaucoup par la suite essayer de m'orienter vers un prochain stage dans le secteur de la science des données.

## Références

- Daganzo, C. F., 2007. Urban gridlock : Macroscopic modeling and mitigation approaches. *Transportation Research Part B : Methodological*, 41(1) : 49-62. issn : 0191-2615.
- Horni, A., Nagel, K. et Axhausen, K., 2016. Multi-Agent Transport Simulation MATSim. London : Ubiquity Press : 618. isbn : 978-1-909188-75-4, 978-1-909188-76-1, 978-1-909188-77-8, 978-1-909188-78-5.
- Knoop, V. L., van Erp, P. B., Leclercq, L. et Hoogendoorn, S. P., 2018. Empirical MFDs using Google Traffic Data. in 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) : 3832-3839.
- Winter, K., Cats, O., Martens, K. et van Arem, B., 2021. Parking space for shared automated vehicles : How less can be more. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, 143 : 61-77. issn : 0965-8564.

## Résumé

Mon stage s'est déroulé au laboratoire LICIT-ECO7 à Bron. Ses recherches portent sur l'analyse, la modélisation, le contrôle et la simulation de la mobilité humaine afin d'améliorer la performance, la résilience et la durabilité des transports urbains. C'était ma première expérience professionnelle dans le domaine technique.

Au LICIT-ECO7, j'ai pu utiliser les compétences acquises lors de ma première année d'études d'ingénieur pour réaliser la modélisation du trafic et la simulation des services de mobilité à la demande, en mettant l'accent sur la modélisation et l'analyse des données. J'ai ainsi pu découvrir des logiciels de modélisation comme ArcGis. Mais il est clair que j'ai encore beaucoup de choses à découvrir.

**Mots-clefs :** Modélisation du trafic, Simulation, Modélisation des données, Analyse des données, Visualisation de données

## Abstract

My internship took place at the LICIT-ECO7 laboratory in Bron. Its research focuses on the analysis, modeling, control and simulation of human mobility in order to improve the performance, resilience and sustainability of urban transport. It was my first professional experience in the technical field.

At LICIT-ECO7, I was able to use the skills acquired during my first year of engineering studies to perform traffic modeling and simulation of on-demand mobility services, with a focus on data modeling and analysis. This allowed me to discover modeling software such as ArcGis. But it is clear that I still have many things to discover.

**Keywords :** Traffic modeling, Simulation, Data modeling, Data analysis, Data visualization