

A dark blue vertical bar on the left side of the page. A blue arrow points to the right from this bar, containing the word 'Optimisation' in white text.

Optimisation

# Protocole expérimental 1 : analyse comparative des réseaux routiers

*Génération d'un plan de navigation à partir d'une  
scène #PFE23-R-198*

Several thin, curved lines in dark blue and light grey originate from the bottom left corner and curve upwards and to the right.

Auteurs : Alexis MARIE, David MARCHÈS, Luca BANKOFSKI, Martial BROSTIN, Theo HELLER, Thomas MABILLE

# Résumé

## Contexte :

Notre projet vise à effectuer de nombreuses simulations du trajet le plus court sur des graphes orientés représentant les réseaux routiers de vraies villes. Il était donc nécessaire d'établir un protocole expérimental pour déterminer quels étaient les paramètres qui variaient d'une ville à l'autre et lesquels étaient constants. La principale interrogation était de savoir s'il était nécessaire de faire une distinction entre les grandes et les petites villes, d'où la nécessité d'une analyse préalable des graphes des réseaux routiers des villes.

## Objectif de l'expérience :

L'objectif de cette expérience est de déterminer quels paramètres du réseau routier varient d'une ville à l'autre et de comprendre comment ces paramètres sont liés à la taille de la ville. En particulier, nous cherchons à identifier si la densité du réseau routier varie en fonction du nombre de sommet d'une ville. Cela nous permettra de vérifier si la taille d'une ville influence la construction intrinsèque de son réseau routier. Nous souhaitons également vérifier si la proportion de voies à sens unique varie et donc pourrait exercer une influence sur la topologie du réseau.

## Hypothèses de recherche :

1. Il existe une corrélation entre la densité du réseau routier et la taille de la ville.
2. La taille d'une ville n'influence pas significativement la structure intrinsèque de son réseau routier.
3. La proportion de voies à sens unique varie d'une ville à l'autre.

## Justification de l'expérience :

Cette recherche revêt une grande importance dans le domaine de la modélisation des réseaux routiers et des simulations de trajets. Comprendre comment les caractéristiques des réseaux routiers varient d'une ville à l'autre permettra d'améliorer la pertinence et d'accélérer nos recherches pour nos simulations futures. En identifiant les paramètres qui changent et ceux qui restent constants, nous pourrions développer des modèles plus réalistes pour diverses tailles de villes. Cette recherche est un travail préliminaire essentiel sans laquelle nous ne pouvons pas faire nos simulations futures.

## Méthodologie :

- Sélection des villes : Nous collecterons des données de réseaux routiers provenant d'OpenStreetMap pour un échantillon représentatif de villes de différentes tailles et géographies.
- Extraction des données : À partir des données d'OpenStreetMap, nous extrairons uniquement les informations relatives au réseau routier de chaque ville, en excluant toutes les autres données non pertinentes telles que les bâtiments, les parcs, etc. Les données extraites seront utilisées pour construire des graphes orientés représentant les réseaux routiers de chaque ville. Chaque sommet du graphe orienté représentera un carrefour ou une intersection, tandis que chaque arc représentera une route ou une connexion entre deux carrefours. Nous

prendrons en compte la direction des routes et la présence de voies à sens unique dans la construction des graphes.

- Analyse des paramètres : Nous analyserons différents paramètres des graphes routiers, tels que la densité du réseau, le voisinage de chaque sommet, le nombre de voies à sens unique, etc. Cela nous permettra d'étudier la corrélation entre les paramètres du réseau routier et la taille de la ville.
- Résultats attendus :

Nous nous attendons à confirmer notre hypothèse selon laquelle la taille d'une ville n'influence pas significativement la construction intrinsèque de son réseau routier, ce qui soutiendrait l'utilisation de données de villes de toutes tailles pour nos simulations futures. Nous nous attendons aussi à voir que la proportion de routes à sens unique est une variable qui n'est pas constante et qu'il sera nécessaire de prendre en compte dans notre projet.

# Matériel et méthodes

## Matériel et équipement :

- Un ordinateur portable ;
- Le programme python contenant le code permettant de générer et d'enregistrer les informations des graphes orientés générés à partir du réseau routier des villes [1]
- Une connexion internet pour récupérer les données d'OpenStreetMap [2]

## Participants ou spécimens :

Nous étudierons des villes de toutes tailles à travers toute la France, allant du petit village à la mégalopole, choisies arbitrairement sans critère de sélection autre que leur caractère français, car nous souhaitons nous concentrer sur un réseau routier homogène, sans les variations potentielles dues à des législations différentes.

## Variables :

- Indépendantes : Villes choisies arbitrairement
- Dépendantes : **Aucune**
- Contrôlées : **Aucune**

## Procédure expérimentale :

- Partie 1 : Récupération des fichiers OSM des villes choisies
  - ✓ Dans un premier temps, il est nécessaire d'aller sur OpenStreetMap et de télécharger les fichiers OSM des villes choisies. Pour cela, il suffit d'aller sur OpenStreetMap [2], de sélectionner la zone géographique voulue, puis de cliquer sur "Exporter".
- Partie 2 : Traitement des fichiers téléchargés
  - ✓ Une fois les fichiers OSM téléchargés, il faut les traiter avec un programme Python [1] pour ne récupérer que le nécessaire. Le but est de récupérer, pour chaque ville, les sommets du réseau routier ainsi que les routes, donc les arcs qui formeront notre graphe orienté. Pour ce faire, nous allons effectuer plusieurs étapes pour nettoyer nos données :
    - Supprimer tous les sommets qui ne font pas partie du réseau routier ou qui sont isolés ;

- Supprimer toutes les voies piétonnes ou isolées pour ne garder que le réseau routier praticable en voiture ;
- Calculer la distance entre deux sommets pour chaque arc du graphe grâce à la formule haversienne [3] pour prendre en compte la courbure de la Terre ;
- Simplifier le graphe en supprimant tous les sommets ayant exactement deux voisins et dont les deux routes reliées à ces voisins ont les mêmes caractéristiques (même vitesse maximale et même type de routes sens unique ou double sens). La nouvelle route résultant de la suppression de ce sommet aura comme distance la somme des distances des deux routes précédentes.

#### ➤ Partie 3 : Récupération des données

- ✓ Une fois ce nettoyage effectué, nous récupérerons pour les graphes de chaque ville les données suivantes avec le même programme Python [1] que nous enregistrons dans un fichier CSV nommé "graph\_info.csv" :
  - Le nom de la ville ;
  - Le nombre de sommets ;
  - Le nombre d'arcs ;
  - Le nombre d'arcs à sens unique ;
  - Le nombre d'arcs à double sens ;
  - Le nombre d'arcs qui n'ont pas de spécifications sur la vitesse maximale ;
  - La vitesse moyenne sur l'ensemble du réseau.
- ✓ Pour effectuer nos simulations futures, nous pouvons également enregistrer avec ce même programme les deux fichiers CSV suivants, permettant de reconstruire nos graphes orientés traités :
  - Fichier CSV pour les sommets :
    - Identifiant du sommet ;
    - Latitude du sommet ;
    - Longitude du sommet.
  - Fichier CSV pour les arcs :
    - Identifiant du sommet 1 ;
    - Identifiant du sommet 2 ;
    - Vitesse maximale sur cette portion ;
    - Type de voie (sens unique ou double sens) ;
    - Longueur de la voie.

#### ➤ Partie 4 : Analyse des données

##### **Hypothèse 1 :**

Une fois le fichier CSV "graph\_info.csv" créé, nous pouvons commencer notre étude visant à déterminer quels paramètres du réseau routier varient d'une ville à l'autre.

Pour chaque ville, nous pouvons maintenant calculer la densité du graphe orienté avec la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Densité} &= \frac{\text{Nombre de routes}}{\text{Nombre total de routes possibles}} \\ &= \frac{\text{Nombre de routes}}{\text{Nombre de sommets}} \times \frac{1}{\text{Nombre de sommets} - 1} \end{aligned}$$

Cette formule va nous aider à déterminer ce qu'il faut chercher pour confirmer notre hypothèse concernant la corrélation entre la densité et la taille des villes. Pour cela, il va falloir vérifier deux choses. D'une part, il va falloir vérifier si le nombre de routes par nombre de sommets dans nos villes peut être considéré comme une constante (En effet, qu'elle soit grande ou petite, les intersections dans une ville ne sont pas extensibles et sont souvent l'intersection de 3 ou 4 routes). Cela nous permettra d'écrire notre formule précédente sous cette forme avec C une constante :

$$\text{Densité} = \frac{C}{\text{Nombre de sommets} - 1}$$

D'autre part, si cette information est vraie, il faudra vérifier qu'il y a bien une régression linéaire de la densité en fonction du nombre de sommets d'une ville de la forme  $y = \frac{\text{constante}}{x}$

**Cette partie finira de confirmer s'il existe une corrélation entre la densité du réseau routier et la taille de la ville.**

### Hypothèse 2 :

Pour vérifier si la taille d'une ville n'influence pas significativement la structure intrinsèque de son réseau routier, il faudra non seulement valider l'hypothèse précédente, mais aussi vérifier que chaque intersection a les mêmes probabilités d'être une intersection à 2, 3, 4, 5 voies ou plus, peu importe la taille de la ville.

Pour ce faire, nous utiliserons les deux fichiers CSV créés précédemment permettant de recréer notre graphe de ville et nous compterons le nombre de sommets ayant 1 voisin, 2 voisins, 3 voisins, ... Cela nous permettra d'obtenir pour chaque ville une distribution de probabilité du nombre de voisins qu'un sommet pourrait avoir.

Il est nécessaire que ces distributions soient similaires d'une ville à l'autre, peu importe leur taille, pour valider notre deuxième hypothèse. Pour cela, il faudra calculer une moyenne et un écart type et vérifier que cet écart type ne soit pas trop grand pour valider la similarité de nos distributions.

**Cette partie finira de confirmer si oui ou non la taille d'une ville influence significativement la structure intrinsèque de son réseau routier.**

### Hypothèse 3 :

Enfin, pour vérifier si la proportion de voies à sens unique varie d'une ville à l'autre, il suffira de calculer la proportion de voies à sens unique grâce à notre premier fichier CSV "graph\_info.csv" et de réaliser une petite étude statistique en examinant la moyenne et l'écart type de cette proportion.

**Cette partie finira de confirmer si oui ou non la proportion de voies à sens unique varie d'une ville à l'autre.**

Les détails des expériences menées avec ce protocole expérimental sont disponibles dans le document *PFE23-R-198\_TEM\_Optimisation\_Génération-graphes*.

## Considérations éthiques :

Consentement éclairé : Étant donné que les données utilisées dans cette expérience sont des données publiques provenant d'OpenStreetMap, il n'est pas nécessaire de solliciter le consentement des participants. Cependant, il est crucial de respecter les conditions d'utilisation et les licences des données pour garantir leur utilisation éthique.

Intégrité des données : Il est impératif de manipuler les données avec intégrité et de s'abstenir de toute manipulation frauduleuse ou trompeuse des informations. Cela garantira la fiabilité des résultats de la recherche et maintiendra la crédibilité scientifique de l'étude.

### Mesures de sécurité :

Sauvegarde des données : Effectuez régulièrement des sauvegardes des données pour éviter toute perte accidentelle ou toute corruption des informations, ce qui garantira la disponibilité continue des données pour l'analyse et la recherche.



## Calendrier :

Les expériences qui ont découlent de ce protocole expérimental se dérouleront sur 3 jours au début de la partie recherche de notre projet.

## Bibliographie :

- [1] [https://github.com/alexismarieece/PFE\\_RECHERCHE\\_VOITURE/blob/theo/Parsing\\_graph/parsing\\_graph\\_all\\_city.py](https://github.com/alexismarieece/PFE_RECHERCHE_VOITURE/blob/theo/Parsing_graph/parsing_graph_all_city.py)
- [2] <https://www.openstreetmap.org/export>
- [3] <https://community.esri.com/t5/coordinate-reference-systems-blog/distance-on-a-sphere-the-haversine-formula/ba-p/902128>