

Cognitive district: Micromobility fleet planning and management, and its integration to public transport mobility based on data stream mining and big data, at the scale of a suburban district.

Lab: COSYS-GRETTIA

Project: ISite Future/Eiffage E3S

International Partners: University Las Palmas, Gran Canaria (Spain)

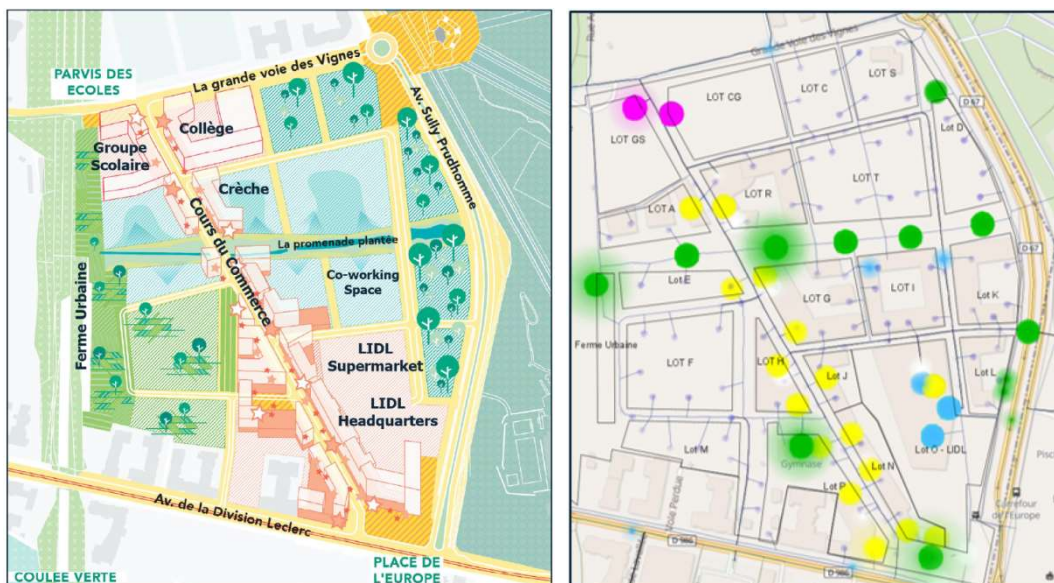
Tutors: Chengbin Chu chengbin.chu@esiee.fr, Rachid Belaroussi, rachid.belaroussi@univ-eiffel.fr

Filière : Datascience et intelligence artificielle

Prof. Javier J. Sanchez Medina javier.sanchez@ulpgc.es

Context

E3S¹ program is a partnership between University Gustave Eiffel and Eiffage made of 8 research projects on urban innovation. E3S stands for Eco-district Smart, Sure, Sustainable: the project uses the opportunity of a large construction project called LaVallée recently started in Paris's suburb. Its spatial extent is about 500 m x 400 m, part of a larger city called Châtenay-Malabry. The whole district is to be delivered in 2024. We are in the first phase of the project with the first roads being built and the first inhabitants expected by the end of 2022.



Main activities in LaVallée and prediction on most visited places

In its design, the LaVallée district is physically open to the outside and will offer services that will be of interest to other residents or users of the surrounding area. To know the effect of this opening on a potential transit of visitors in the district, as well as the places of interest for the inhabitants, it is necessary to predict the flows of micro-trips within the district in a project situation (ie the eco-district once built).

¹ <https://www.programme-e3s.com/en/the-programme/>

The work carried out at GRETTIA lab addresses dynamic traffic modeling (road, public transport and active modes) based on travel demand and infrastructure supply. The travel supply is made of the road network and facilities location. We build daily activity planning for a set of agents (a synthetic population), and calculate the temporal evolution of planned trips, that is to say the predicted path of people during a typical day as well as their mode of travel.

Research and development mission of the thesis

This thesis is a continuation of the workshop 8 of E3S: the objective of action 8.1 is to develop methods able to model and predict the potential visitation of the various equipments and public spaces of the district, from which to infer indication of the quality and vitality of public spaces (ie the future hotspots of the district).



Left : Map of the road network (car/walker/bicycle) with parcels and building. Right : activities locations (Home, Work, Leisure, Shopping, Education, Restaurant and Kindergarten) with their access nodes and links to the network.

In order to be able to further exploit of our results in a project situation, we want to:

- **Optimize a micromobility fleet made of automated shuttles, ride-hailing services and shared vehicles: number of vehicles, routes and optimal position of pick-up stations and parking spots**
- **Plan and manage the fleet in real-time using data stream mining approach, yet giving the district a cognitive capability related to its mobility management. Subject with a strong link to tactical urbanism.**

Cognitive building is an emerging concept based on digital frameworks and IoT networks, that gives a building the capability of learning from users' behavior and environmental data, to increase users comfort, energy-saving, flexible functionality, high durability, and good maintainability. The concept of cognitive district extend this concept to a larger scale with inputs are not related to physical values (temperature, pollution, wind etc) but real-time traffic data in order to achieve a better residential mobility. The use of data stream mining -or online training as opposed to a classical approach of a once for all training- is

particularly appropriate to give the district a capability to analyse the traffic state inside the district and adapt the management of a micromobility fleet to increase the overall mobility for resident. Data Stream Mining provides a brand new approach to data processing, allowing to create adaptive, incremental models that do not need huge amounts of storage size, as the data is processed as it is received.



Tactical urbanism: some roads of the district can be closed or opened to motorized vehicle.

A diversity of sensing devices densely spread over the infrastructure, vehicles or the travelers' personal devices act as sources of data flows that are eventually fed into a software running on automatic devices, actuators or control systems producing. These information flows provide enormous opportunities to improve model development and decision-making.

A cognitive district would have the ability to analyse the current traffic state, making short-term forecasting on traffic volume (#veh/15min) and A) produce actions on light signals and actuator of road poles to block or open a street to motorized vehicle (tactical urbanism) ; B) adapt and manage the supply of vehicles from a micromobility fleet, in links with public transportation.

Inputs

- Big data: data from mobile device (CDR data)
- data streams: traffic data from wireless access (Wifi, Bluetooth) probe requests

Outputs

- Improve resident mobility, traffic flow and safety by reducing stops
- Tactical urbanism by opening/shutting ways
- Reduce greenhouse gas emissions and noise by facilitating active modes and public transportation

Methods

- **data stream mining**
- real-time presence monitoring with Wifi/Bluetooth hotspots
- traffic simulation

References

Work at University Las Palmas de Gran Canaria:

Lana et al. From Data to Actions in Intelligent Transportation Systems: A Prescription of Functional Requirements for Model Actionability. *Sensors* 2021

Guerra-Montenegro et Sanchez-Medina. Traffic Predictive Analysis Through Data Stream Mining. *Eurocast 2019*.

Sanchez-Medina et al. Data Stream Mining Applied to Maximum Wind Forecasting in the Canary Islands. *Sensors* 2019.

Work at COSYS-GRETTIA:

Delhoum et al. Modeling Activity-Time to Build Realistic Plannings in Population Synthesis in a Suburban Area. *Applied Sciences* 2021

Delhoum et al. Activity-Based Demand Modeling for a Future Urban District. *Sustainability* 2020

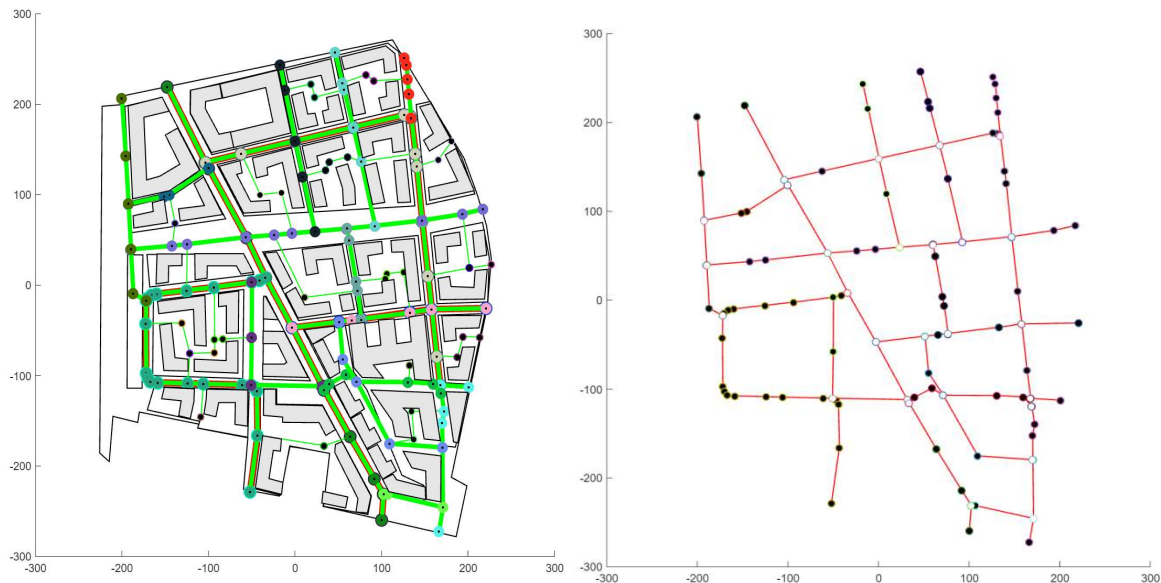
<https://www.youtube.com/watch?v=UQB0S16a4m4>

Project at GRETTIA (Marne-La-Vallée) November 2021 to April 2022 then Internship at ULPGC (Las Palmas, Spain) from May to July 2022

The subject in a nutshell:

Planning of a fleet of shared personal mobility device: sizing of the offer, placement of charging points.

We are studying the particular application of μ -mobility = active modes (walking/cycling) and light personal mobility device (**PMD**), whether motorized or not (scooters, gyropods, etc.).



We are interested in sizing then managing the supply of PMD which is made of three stages illustrated in the figure below:

- Sizing the fleet and finding the best locations of PMD docking stations: the number of PMD per site depends on service costs, the utility brought by the service to the customer, the walking distance to reach a vehicle and the cost of rebalancing operations to refill empty station during the day,
- Defining a first draft of the service management throughout a typical day,
- Adapt the management of the fleet to real-time measurement of people presence to satisfy the travel demand by PMD over the district.

The internship consists more specifically in the Modeling of presence measurement by wifi hotspots: use of these hotspots to measure the flow of people, and optimization of the placement of these hotspots within a neighborhood to monitor residential μ -mobility.

The second step to be done at ULPGC is the Exploitation of these flow measurements by data stream mining methods for the management of a fleet of shared micromobility vehicles.

Optimization of Personal Mobility Device docking stations location

- Potential sites before construction: all nodes of the district
- Dimensioning of the fleet: $\text{cost} = f(\text{nb of PMD/station}) + \text{walk utility} + \text{station rebalancing}$
- Nb of trip from a site to another by estimation (from simulation)

Output = nb of PMD/site

Organisation (typical day)

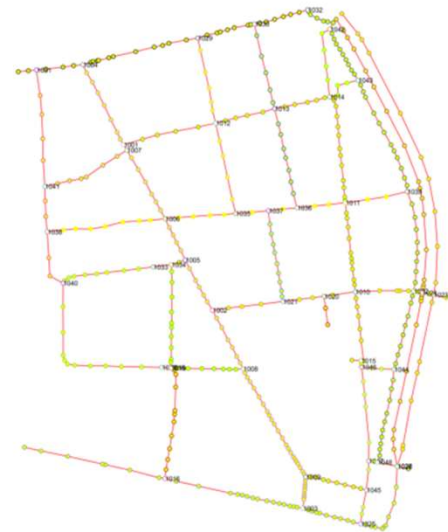
- Modal choice with PDM
- Total Daily travels
- Daily trips simulation



- Conditional rebalancing from future trips $dt=15\text{mn}$

Real time management

- Nb of visits of all spots with Wifi
- Data Stream Mining: demand forecasting
- Rebalancing operations optimization



PMD: shared bikes and e-scooters
Initially all road nodes have PMDs
After optimization most of them have zero

Acquired Skills and tools

Theory: data stream mining, artificial intelligence

Programmation: Python to parse IFC files and for AI tools

Traffic simulation: Java (MATSim platform)

Visualisation 2D: Leaflet (JavaScript) to provide real-time capability to the GIS at

http://137.121.121.18/leaflet_reseau/BuildingsReseauRoutes-v1aFermeUrbainReservee.html

Quartier cognitif : Planification et gestion de flotte de micromobilité, et son intégration à la mobilité des transports publics basée sur l'exploration de flux de données et le big data, à l'échelle d'un quartier périurbain

Le bâtiment cognitif est un concept émergent basé sur le numérique et l'internet des objets, qui donne à un bâtiment la capacité d'apprendre du comportement des utilisateurs et des données environnementales, pour améliorer le confort des utilisateurs, les économies d'énergie, la durabilité et une bonne maintenance. Le concept de quartier cognitif étend ce concept à une plus grande échelle avec des entrées qui ne sont pas liées à des valeurs physiques (température, pollution, vent etc) mais des données de trafic en temps réel afin d'atteindre une meilleure mobilité résidentielle. L'utilisation du data stream mining -ou apprentissage en ligne par opposition à l'approche classique d'apprentissage *a priori*- est particulièrement appropriée pour donner à un quartier la capacité d'analyser l'état du trafic à l'intérieur de son périmètre et d'adapter la gestion d'une flotte de micromobilité pour augmenter la mobilité globale des résidents. Le Data Stream Mining offre une toute nouvelle approche du traitement des données, permettant de créer des modèles adaptatifs et incrémentiels qui ne nécessitent pas d'énormes quantités de stockage, car les données sont traitées au fur et à mesure de leur réception.

Une variété de capteurs répartis sur l'infrastructure, des véhicules connectés ou les appareils personnels de voyageurs peuvent agir comme des sources de flux de données qui alimentent des algorithmes agissant sur des dispositifs automatiques, des actionneurs ou des systèmes de contrôle de l'infrastructure. Ces flux d'informations offrent d'énormes possibilités d'améliorer le développement de modèles et la prise de décision.

Un quartier cognitif aurait la capacité d'analyser l'état courant du trafic, en faisant des prévisions à court terme sur le volume de trafic (# veh/15min) et A) produire des actions sur les feux tricolores ou des bornes escamotables pour bloquer ou ouvrir une rue aux véhicules motorisés (urbanisme tactique) ; B) adapter et gérer l'offre de véhicules d'une flotte de micromobilité, en lien avec l'offre de transports en commun.

Un des premiers verrous d'une telle approche est l'hétérogénéité des données d'entrées :

- Big data: données IoT
- Données CDR de téléphonie mobile
- Capteurs enfouis : boucles magnétique mesurant les flux et taux d'occupation
- Captation vidéo, type caméra à reconnaissance de plaque
- Captation sonore mesurant la gêne occasionnée par le bruit
- Monitoring de la qualité de l'air

Sorties attendues :

- Fluidification du trafic et amélioration de la sécurité en réduisant les congestions
- Urbanisme tactique par ouverture/fermeture de voies

- Réduction de l'émission de polluant et du bruit dus à la circulation

Approches implémentées :

- **data stream mining**
- estimation temps-réel de présence via les bornes Wifi/Bluetooth
- simulation du trafic à l'échelle de la ville

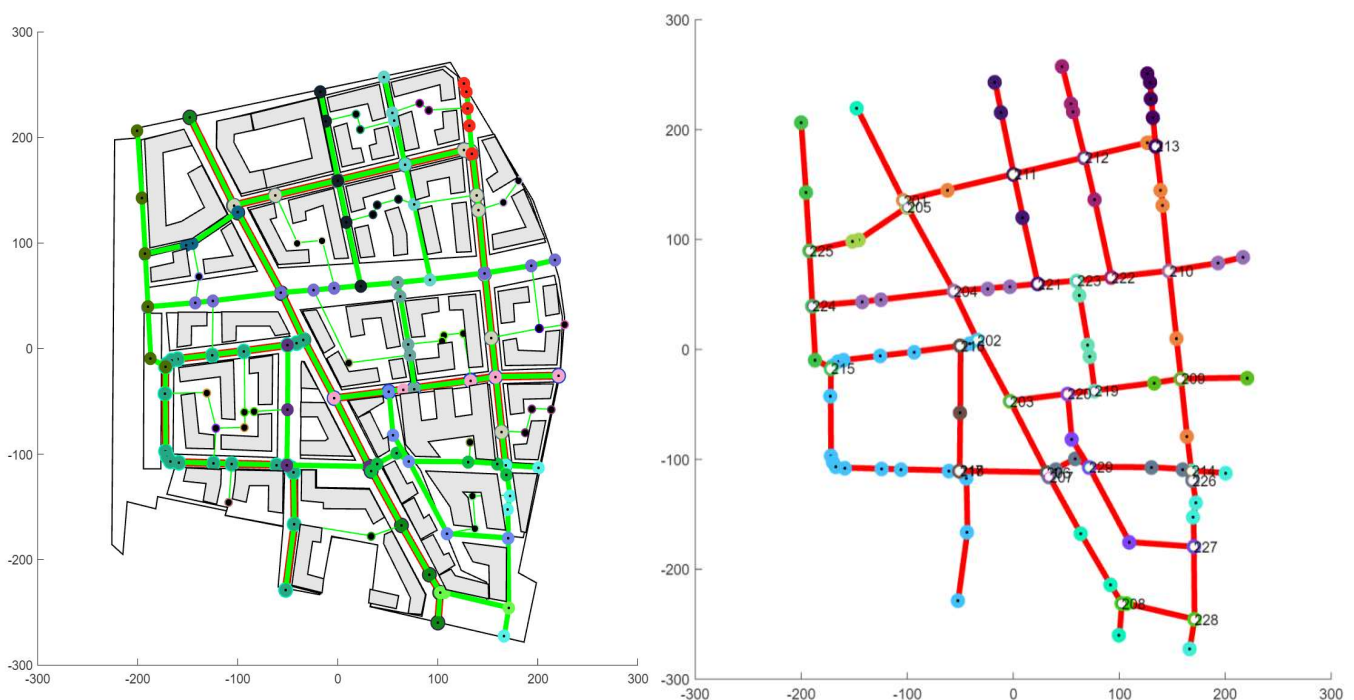
Stage au GRETTIA (Marne-La-Vallée) en collaboration avec l'Université Las Palmas de Gran Canaria

Le sujet En bref :

Planification d'une flotte d'engins de déplacement personnels partagés : dimensionnement de l'offre, placement des points de recharge.

On étudie l'application particulière de la μ -mobilité = modes actifs (marche/vélo) et engins de déplacement personnels léger motorisé ou non (trottinettes, gyropode etc).

Le stage consiste plus spécifiquement en la Modélisation de la mesure de présence par bornes wifi : utilisation de ces hotspots pour mesurer les flux de personnes, et optimisation du placement de ces bornes au sein d'un quartier pour monitorer la μ -mobilité résidentielle.



Exploitation de ces mesures de flux par des méthodes de data stream mining pour la gestion d'une flotte d'engins de micromobilité partagés.

Contexte sur la simulation des déplacements avec MATSIM

Dans sa conception le quartier LaVallée est physiquement ouvert vers l'extérieur et proposera des services qui intéresseront d'autres habitants ou usagers des environs. Pour **connaître l'effet de cette ouverture sur un potentiel transit de visiteurs** dans le quartier, ainsi que **les places d'intérêt pour les habitants**, il est nécessaire de prédire les flux de micro-déplacements à l'intérieur du quartier en situation de projet (ie l'éco-quartier une fois construit).

L'objectif de l'action 8.1 de E3S est de développer une méthode permettant de

- modéliser les visites potentielles des différents équipements et espaces publics du projet.
- Déterminer des mesures indicatives de la qualité et de la vitalité des espaces publics, à partir de données de mobilité et du foncier (aménagement, trame viaire, disposition des commerces et activités).

Les travaux menés au **GRETTIA** adressent ce type de modélisation **dynamique** de trafic (routier, transport publics et mode doux) à partir de la demande de déplacement et de l'offre en infrastructures. La demande est construite en synthétisant des populations dont le planning d'activités est estimé à partir de données d'enquête de recensement INSEE et de données de catégorie socio-professionnelle projetés des futurs habitants. L'offre est constituée du réseau routier et des données horaires de transports publics. On en déduit l'évolution temporelle des déplacements prévus, c'est-à-dire le cheminement prédit des personnes durant une journée typique ainsi que leur mode de déplacement.



Chemins piétons et lieux de résidence des agents, ainsi que plan de masse (lots+bâtiments)

Le réseau routier lors de la simulation des déplacements se présente sous la forme d'un fichier xml regroupant ses noeuds et arcs, leurs coordonnées dans un repère spatial (Projection RGF/CC49).

Il faudra en particulier implémenter des parsers XML exploitant ces fichiers compatibles avec l'interface Simunto Via actuellement utilisé pour la visualisation 2D des déplacements.

```

<network>
  <nodes>
    <node id="1000880183" x="-413187.869341368" y="5484188.984903636" > </node>
    <node id="1000880191" x="-413535.426413386" y="5484343.808612176" > </node>
    <node id="1000880202" x="-413187.97015311883" y="5484182.865392386" > </node>
  </nodes>
  <links capperiod="01:00:00" effectivecellsize="7.5" effectivecellwidth="3.75">
    <link id="1" from="252098648" to="4739794791" length="9.200755913852875"
      freespeed="13.889" capacity="3000.0" perlanes="2.0" oneway="1" modes="car" >
      <attributes>
        <attribute name="origid" class="java.lang.String" >32502251</attribute>
        <attribute name="type" class="java.lang.String" >primary</attribute>
      </attributes>
    </link>
    <link id="10" from="393981487" to="249251502" length="14.38485844415946"
      freespeed="4.167" capacity="600.0" perlanes="1.0" oneway="1" modes="bus" >
      <attributes>
        <attribute name="origid" class="java.lang.String" >34349576</attribute>
        <attribute name="type" class="java.lang.String" >primary</attribute>
      </attributes>
    </link>
    <link id="100" from="5885129350" to="470252580" length="4.054948559481329"
      freespeed="4.167" capacity="600.0" perlanes="1.0" oneway="1" modes="car" >
      <attributes>
        <attribute name="origid" class="java.lang.String" >623134001</attribute>
        <attribute name="type" class="java.lang.String" >residential</attribute>
      </attributes>
    </link>
  </links>
</network>

```

Le fichier event est un fichier xml contenant pour chaque mobile (personne/véhicule) les instants d'entrée et de sortie sur chaque arc emprunté durant la journée.

```
]<events version="1.0">
  <event time="47191.0" type="VehicleArrivesAtFacility" vehicle="320_bus_4" facility="244885198" delay="-69.0" />
  <event time="47191.0" type="VehicleDepartsAtFacility" vehicle="320_bus_4" facility="244885198" delay="-89.0" />
  <event time="47192.0" type="left link" vehicle="320_bus_4" link="10688" />
  <event time="47192.0" type="entered link" vehicle="320_bus_4" link="7860" />
  <event time="47192.0" type="left link" vehicle="320_bus_3" link="10474" />
  <event time="47192.0" type="entered link" vehicle="320_bus_3" link="10476" />
  <event time="47192.0" type="left link" vehicle="bus_6" link="9167" />
  <event time="47192.0" type="entered link" vehicle="bus_6" link="5777" />
  <event time="47192.0" type="left link" vehicle="bus_5" link="3435" />
  <event time="47192.0" type="entered link" vehicle="bus_5" link="3433" />
  <event time="47193.0" type="left link" vehicle="bus_7" link="1159" />
  <event time="47193.0" type="entered link" vehicle="bus_7" link="1157" />
  <event time="47193.0" type="left link" vehicle="bus_5" link="3433" />
</events>
```

Acquired Skills and tools

Theory: data stream mining, artificial intelligence

Programmation: Python to parse IFC files and for AI tools

Traffic simulation: Java (MATSim platform)

Visualisation 2D: Leaflet (JavaScript) to provide real-time capability to the GIS at

http://137.121.121.18/leaflet_reseau/BuildingsReseauRoutes-v1aFermeUrbainReservee.html