

**Séminaire ELUE**  
**24 juin 2021**

**BELAROUSSI Rachid**  
**LEBACQUE Jean-Patrick**

# **Modélisation de la mobilité douce dans le projet E3S (Eco-quartier Sobre, Sûre, Smart)**

Séminaire ELUE  
24 juin 2021

# Partie 2: modélisation des EDP (engins de déplacement personnel)

Jean-Patrick LEBACQUE

# Atelier 6

## Nouveaux services de mobilité



### Objectif

Proposer des nouveaux services de mobilité du dernier kilomètre

### Sujets

- Construction d'un living lab de la mobilité
- Les EDP: diagnostic, analyse de conflit, infrastructure du quartier

### Budget

225 000€



Thématiques à fort enjeux pour Eiffage et les donneurs d'ordre

Nécessité d'avoir une meilleure connaissance pour concrétiser la ville des petits pas (mobilités douces)

Living lab mobilité

EDPs  
(Engins de Déplacement Personnel)

### EIFPAGE

- Franck FAUCHEUX
- Julien SARTHE
- Jean-Baptiste BERG

### I-SITE

- Jean-Patrick LEBACQUE – IFSTAR – GRETTIA
- R Belaroussi (Action 1)
- Z Christoforou (Action 2)

# Déterminants des travaux de l'atelier

- **Le quartier**

- Taille du quartier 23 ha soit 400 m x 500 m
- Proximité de transports en commun de masse: T10, RER B

- **Principaux déterminants de la mobilité**

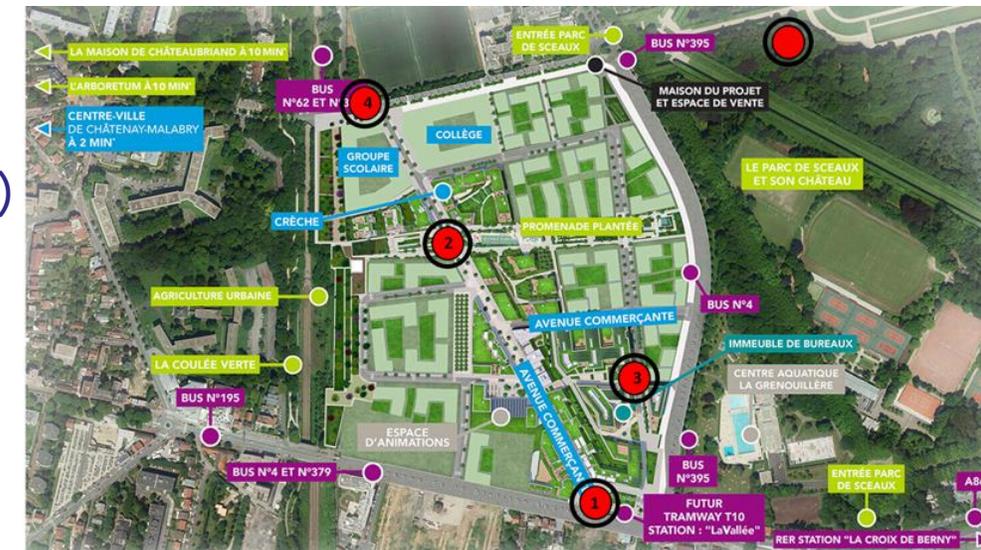
- Interne au quartier
- Connexion avec Chatenay-Malabry
- Premier / Dernier kilomètre

- **Effort de recherche: micromobilité**

- modèle de simulation microscopique
  - du mouvement des engins de déplacement personnel (EDP)
  - de leurs interactions (piétons, véhicules)
- intégrer à l'interface d'un simulateur microscopique du trafic.

- **Mobilité en relation avec l'atelier 8**

- Thèse Younes DELHOUM



# Travaux sur la micromobilité: thèse Yeltsin Valero

Début de thèse: **01/12/2019**

## Titre :

- Modélisation microscopique des Engins de Déplacement Personnel (EDP), dans des conditions de trafic mixte et d'espaces partagés

## Direction :

*Zoi Christoforou* (Univ Patras) *Nadir Farhi* et *Mahdi Zargayouna* (UGE/COSYS/GRETTIA)

## Autres participants:

*Régine Seidowsky, Francis Dupin*

## Mesures et exploitation - micro-simulation des EDPs :

*Sur site parisien (pas de données eco-quartier disponibles à ce stade)*

*Données drone RWTH*

*Analyse résultats (trajectoires → lois d'interaction et paramètres)*

*Simulation SUMO (microscopique)*

## En perspective:

*Outils aménagement*

*Enquête habitants*

*Collectivité utilisateurs*

## Interactions complexes

Longitudinales

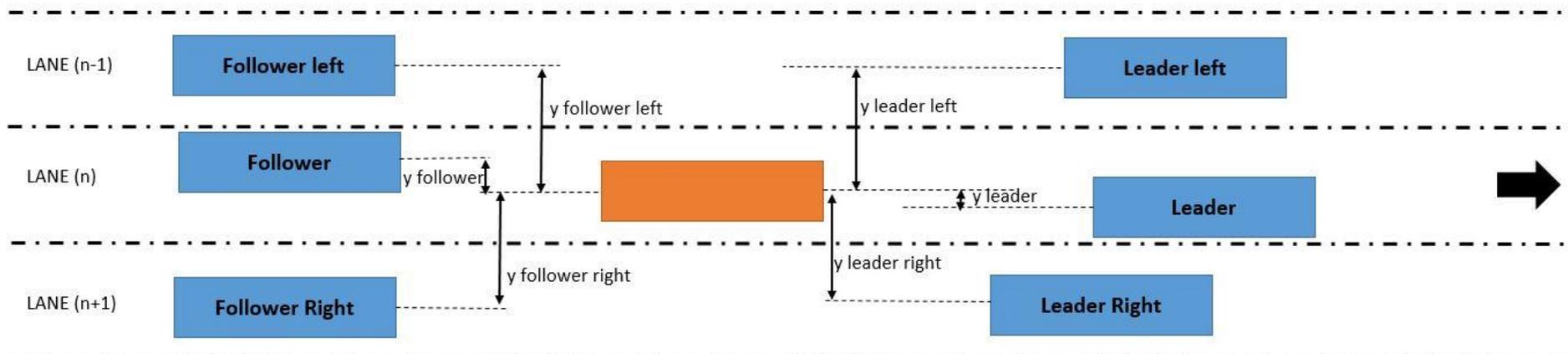
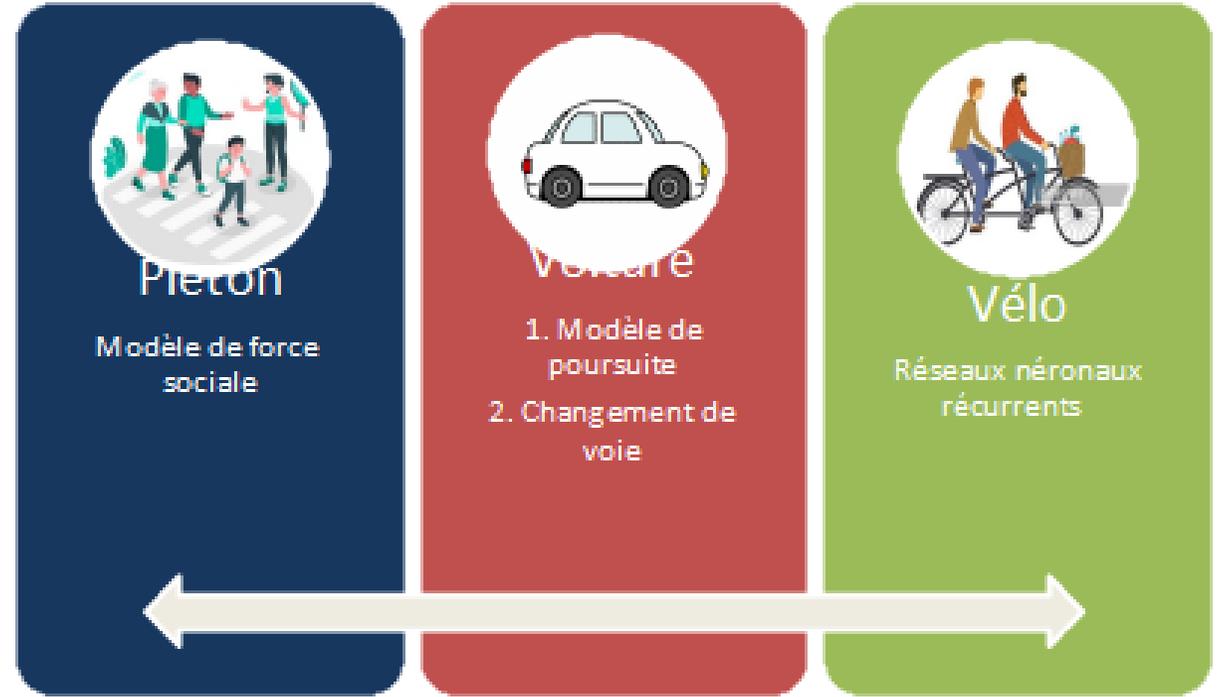
Latérales

Multiples

Trottinettes == vélos

## Démarche

- Partir de modèles connus (piétons, véhicules)
- recueil données
- interactions longitudinales (lois de poursuite, modèles de force sociale)
- Interactions générales (force sociale, réseaux de neurones récurrents)



## Calibration

$$v_{safe}(t) = v_{\alpha-1}(t) + \frac{s_{\alpha}(t) - v_{\alpha}(t)\tau_k}{\frac{v_{\alpha-1}(t) + v_{\alpha}(t)}{2b_{max}} + \tau_k},$$
$$v_{des}(t) = \min(v_{max}, v_{\alpha}(t) + a_{max}\Delta t, v_{safe}(t)),$$
$$v_{\alpha}(t + \Delta t) = \max(0, v_{des}(t) - \eta),$$

trajectoires pour la calibration (75%) et trajectoires (25%) pour la validation

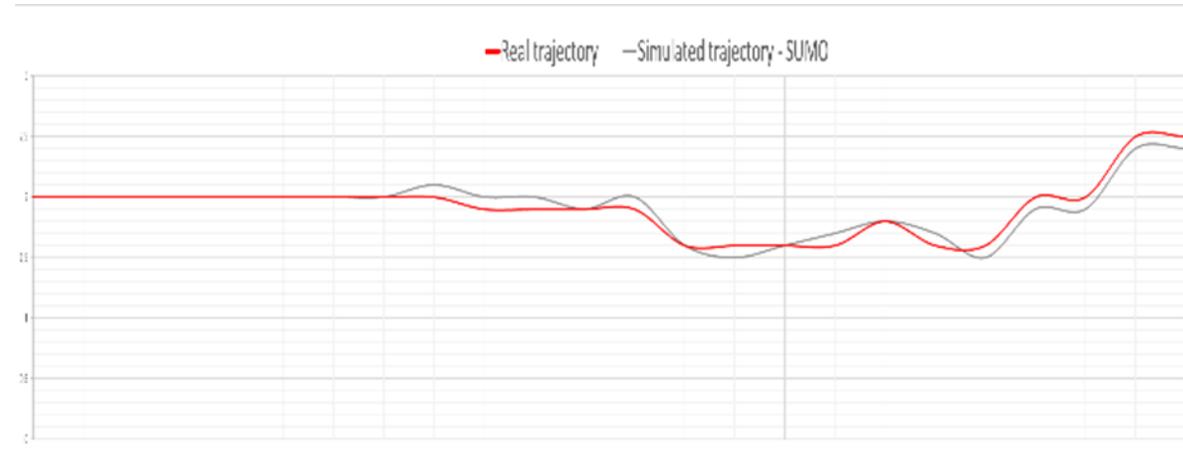


**Fonction à optimiser**

$$\min f(x) = |T_{real} - T_{simulated}|$$

**Algorithme d'optimisation**

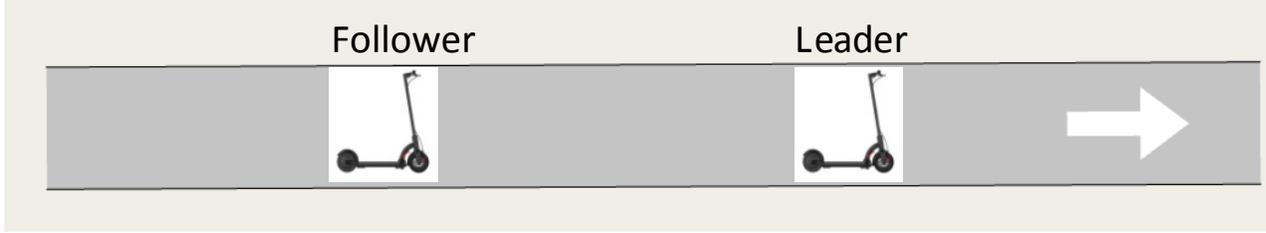
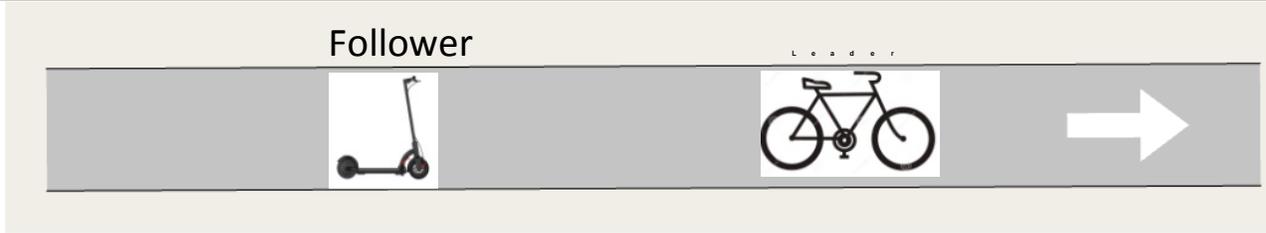
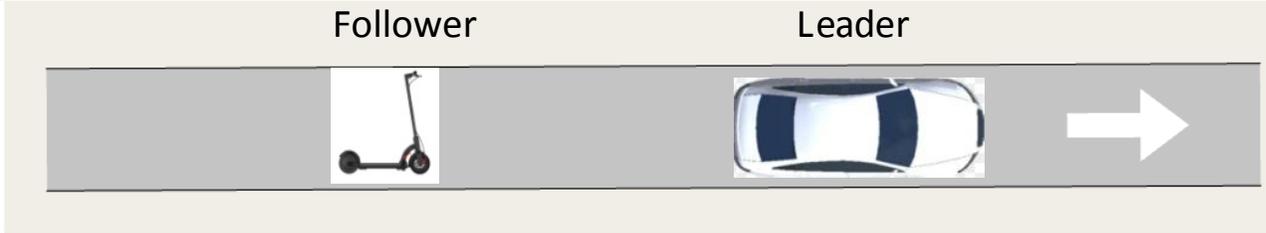
Cross-Entropy Method (CEM)



**Poursuite:** *trottinette – trottinette et trottinette voiture*



## Interactions

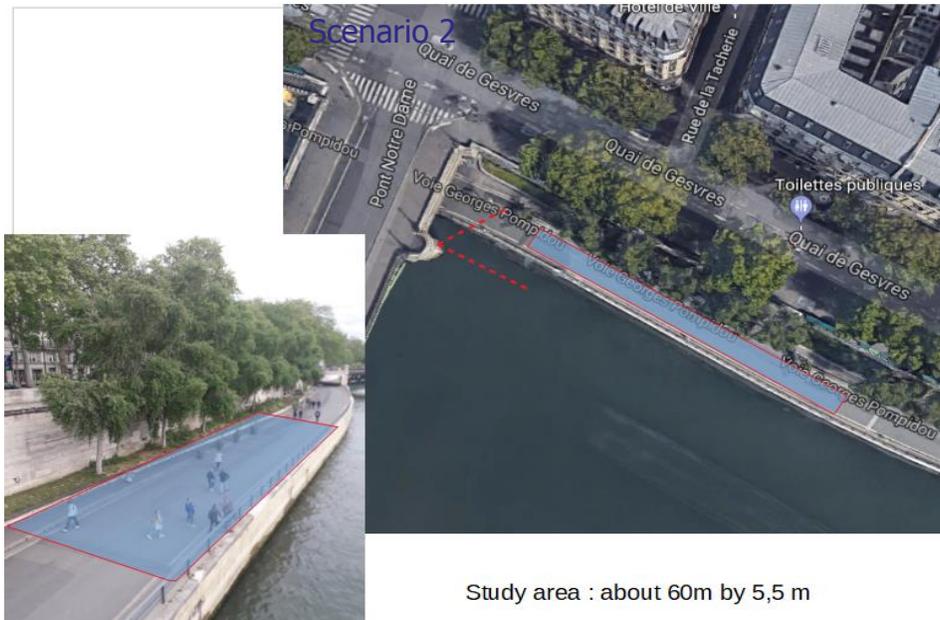
<p><b>S1.</b> Trottinette « leader » – trottinette « follower »</p>	
<p><b>S2.</b> Vélo « leader » – trottinette « follower »</p>	
<p><b>S3.</b> Voiture « leader » – trottinette « follower »</p>	

# Résultats

vClass (SVC)	example	shape (SVS)	length width height	minGap	$a_{\max}^{(**)}$ accel	$b^{(**)}$ decel	$b_e$ emergency decel	$V_{\max}$ maxSpeed	seats	emissionClass (HBEFA3)
pedestrian		pedestrian	0.215m <sup>(1)</sup> 0.478m <sup>(1)</sup> 1.719m <sup>(1)</sup>	0.25m	1.5m/s <sup>2(23)</sup>	2m/s <sup>2(23)</sup>	5m/s <sup>2</sup>	5.4km/h <sup>(23)</sup>	-	zero
<b>two-wheeled vehicle</b>										
bicycle		bicycle	1.6m <sup>(17)</sup> 0.65m <sup>(17)</sup> 1.7m <sup>(*)</sup>	0.5m	1.2m/s <sup>2(19)</sup>	3m/s <sup>2(19)</sup>	7m/s <sup>2</sup>	20km/h <sup>(19)</sup>	1	zero
E-scooter			1.1 m 0.5 m	0.5 m	3.5 m/s <sup>2</sup>	7.5 m/s <sup>2</sup>	9.6 m/s <sup>2</sup>	28 km/h		
moped		moped	2.1m <sup>(17)</sup> 0.8m <sup>(17)</sup> 1.7m <sup>(*)</sup>	2.5m	1.1m/s <sup>2(25)</sup>	7m/s <sup>2(26)</sup>	10m/s <sup>2</sup>	45km/h <sup>(24)</sup>	2	zero
motorcycle		motorcycle	2.2m <sup>(28)</sup> 0.9m <sup>(28)</sup> 1.5m <sup>(28)</sup>	2.5m	6m/s <sup>2(19)</sup>	10m/s <sup>2(27)</sup>	10m/s <sup>2</sup>	200km/h <sup>(28)</sup>	2	LDV_G_EU6

## Zone d'étude

## Enregistrement vidéo

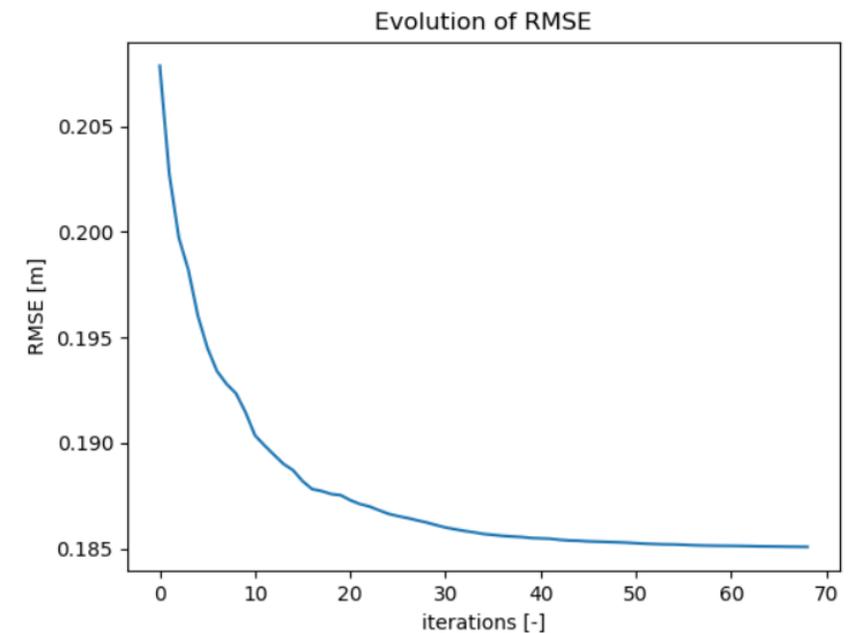


Véhicules à deux roues et piétons  
Quais de la Seine

$$\vec{F}_{i \rightarrow j} = g(\theta_{ij}) A_{ij} \exp\left(\frac{-d(i,j)}{B_{ij}}\right) \vec{n}_{ij}$$

$$g(\theta_{ij}) = \left( \lambda_j + (1 - \lambda_j) \cdot \frac{1 + \cos(\theta_{ij})}{2} \right)$$

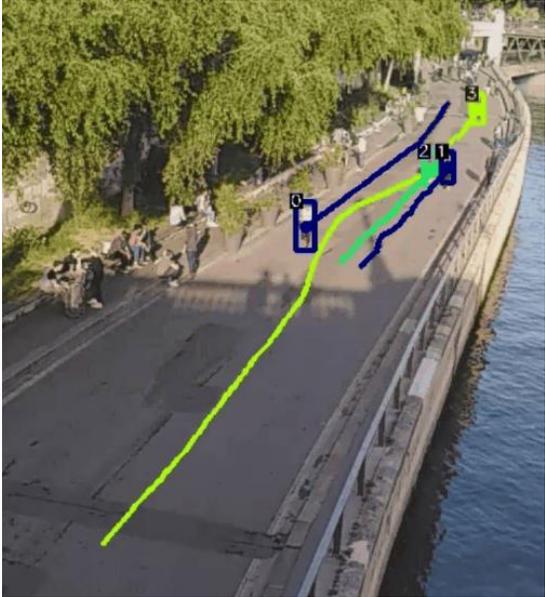
## Modèle de force sociale



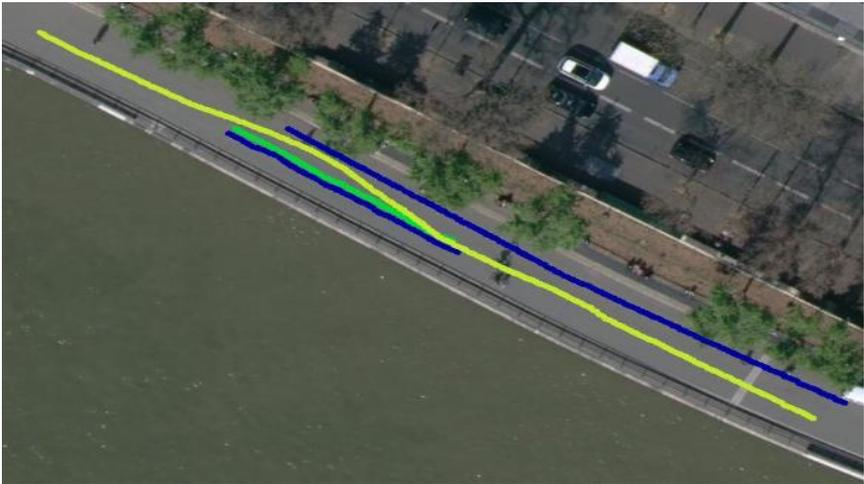
# Traitement de données



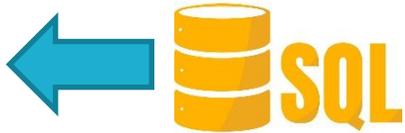
Matrice de transformation



Basse des données

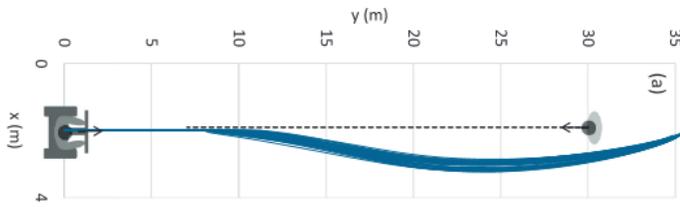
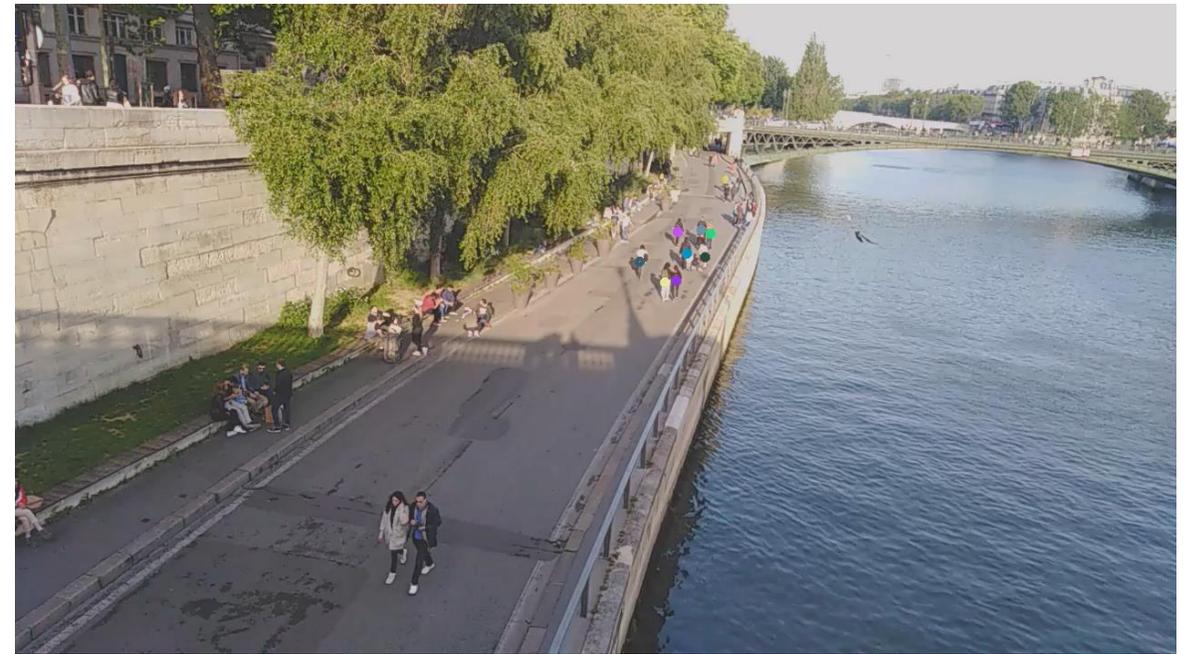


Visualisation



## Développement du modèle

- Modèle de force sociale Développe sur MATLAB - Pecol (2011); Kabalan (2016).

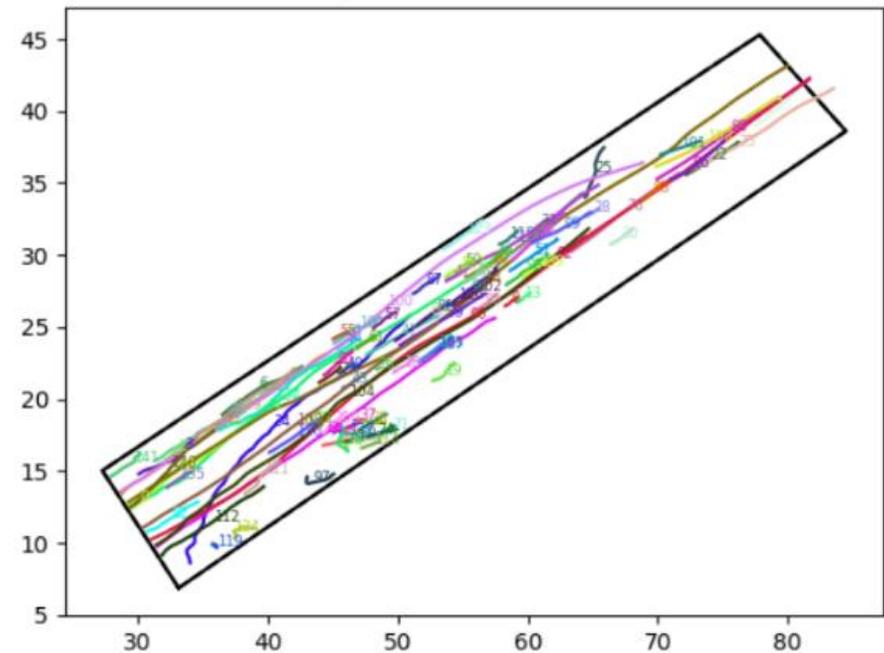


Source: Dias, C., Iryo-Asano, M., Nishiuchi, H., and Todoroki, T. (2018).

Paramètre	
A	B
Amplitude de la force de répulsion	Période de la force de répulsion

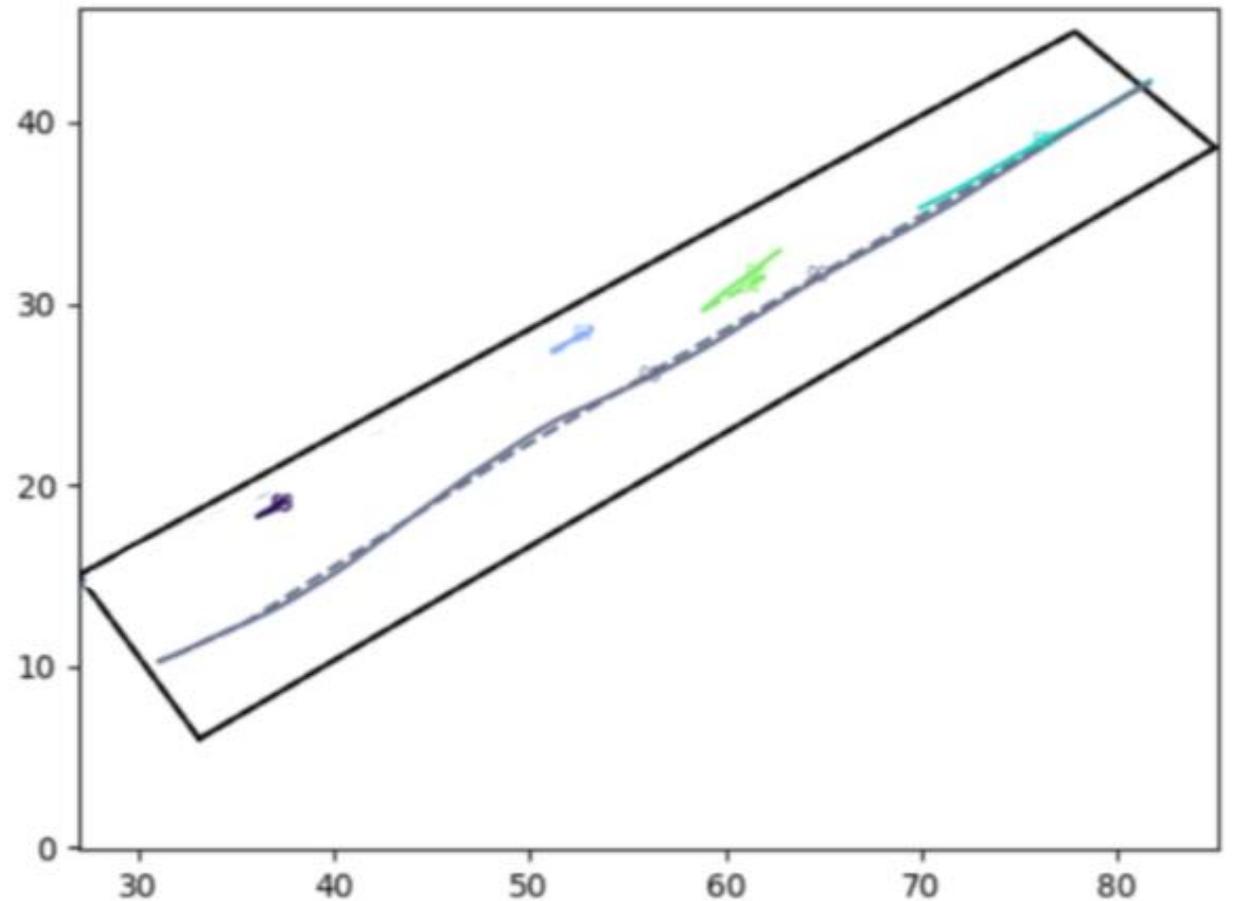
Paramètres du modèle de force sociale

Trajectoires post-traitées



## Résultats

La calibration du modèle a démontré que la force de répulsion d'une trottinette pour éviter un piéton est plus grande que la force d'un piéton pour éviter une trottinette  
Les conducteurs d'une trottinette réagissent plus rapidement que les piétons.



Paramètre	$v_0$ (m/s)	A(kg.m/s <sup>2</sup> )	B(m)	$\tau$ (s)
Piéton évitant une trottinette	1.65(±0.37SD)	320(±140SD)	0.44(±0.15SD)	0.25(±0.08SD)
Trottinette évitant un piéton	5.34(±0.89SD)	414(±256SD)	0.60(±0.41SD)	0.19(±0.08SD)

## *Zone d'étude*

Données de trajectoires des intersections allemandes (par drone).

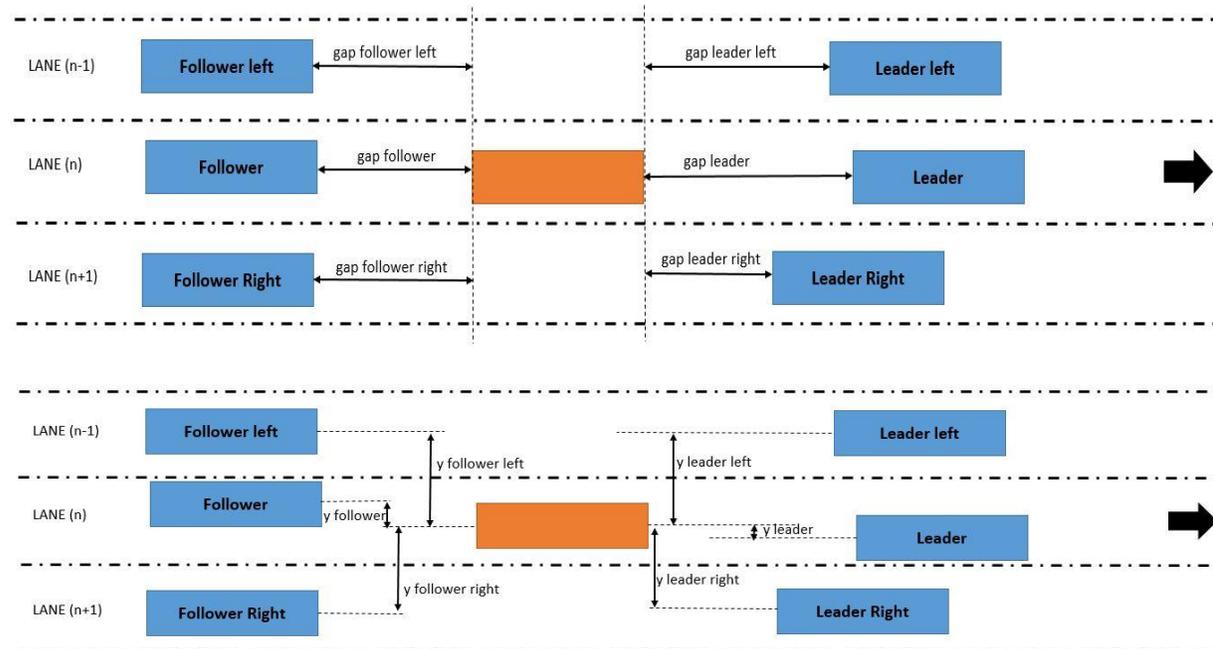
Base RWTH

On dispose de 4 différents scenarios.



Géométrie complexe  
Trajectoires complexes

## Modèle



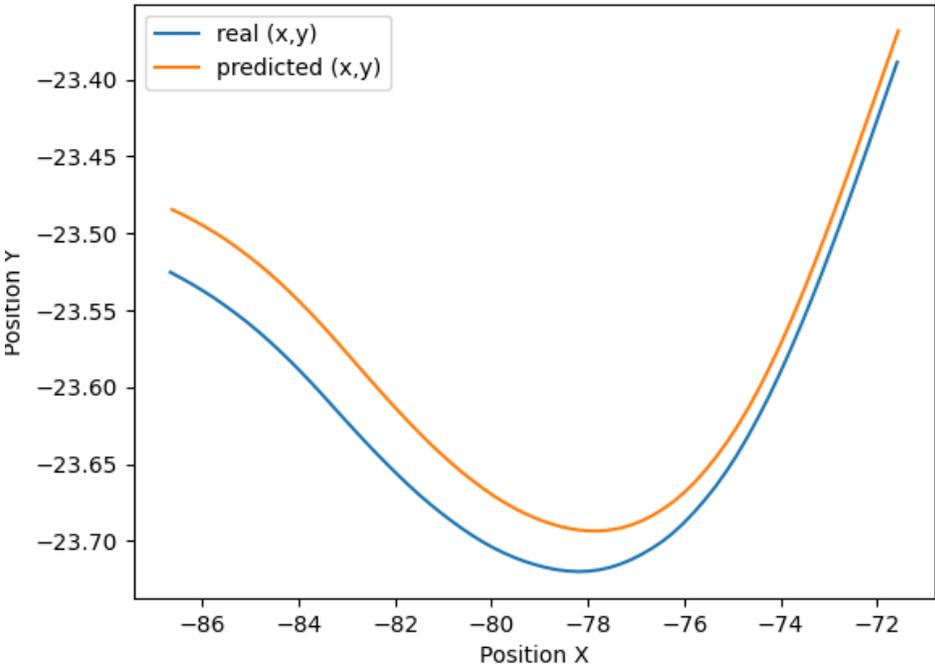
### Variables d'entrée

- Positions relatives
- Vitesses
- Largeur et longueur des véhicules
- Vitesses relatives

### Sortie:

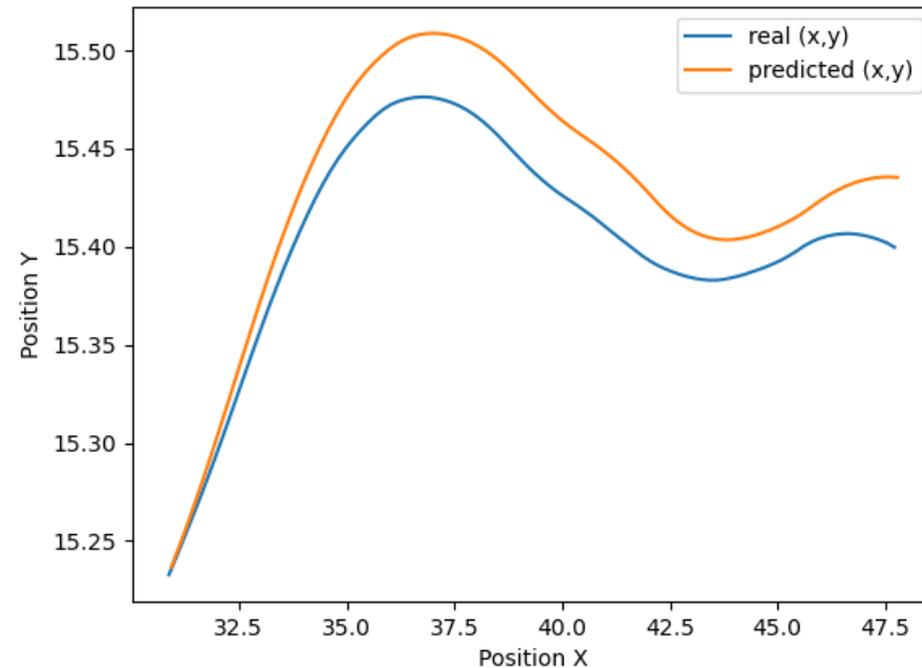
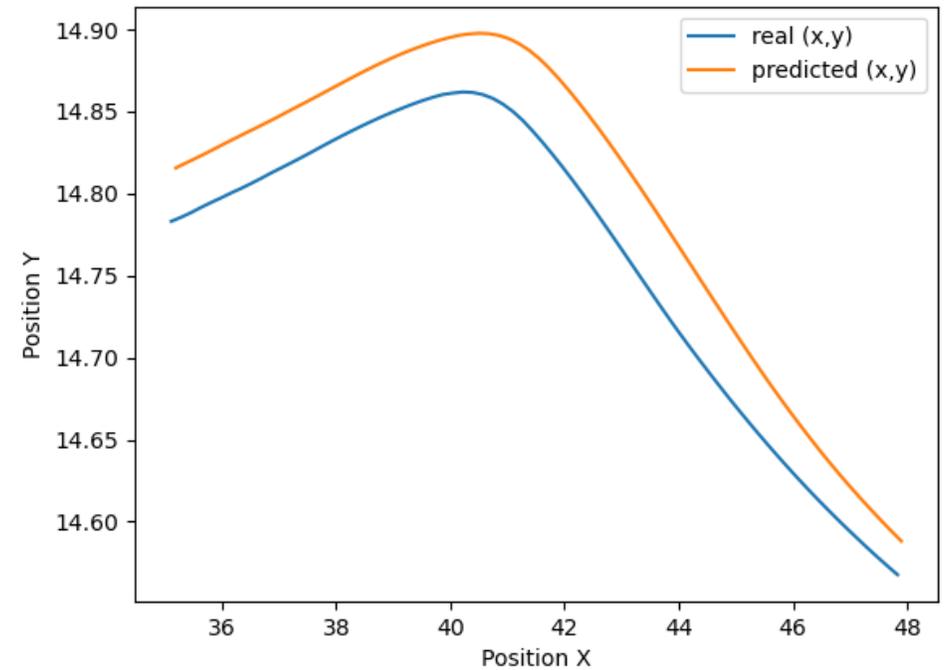
- Trajectoire future

## Analyse par RNN

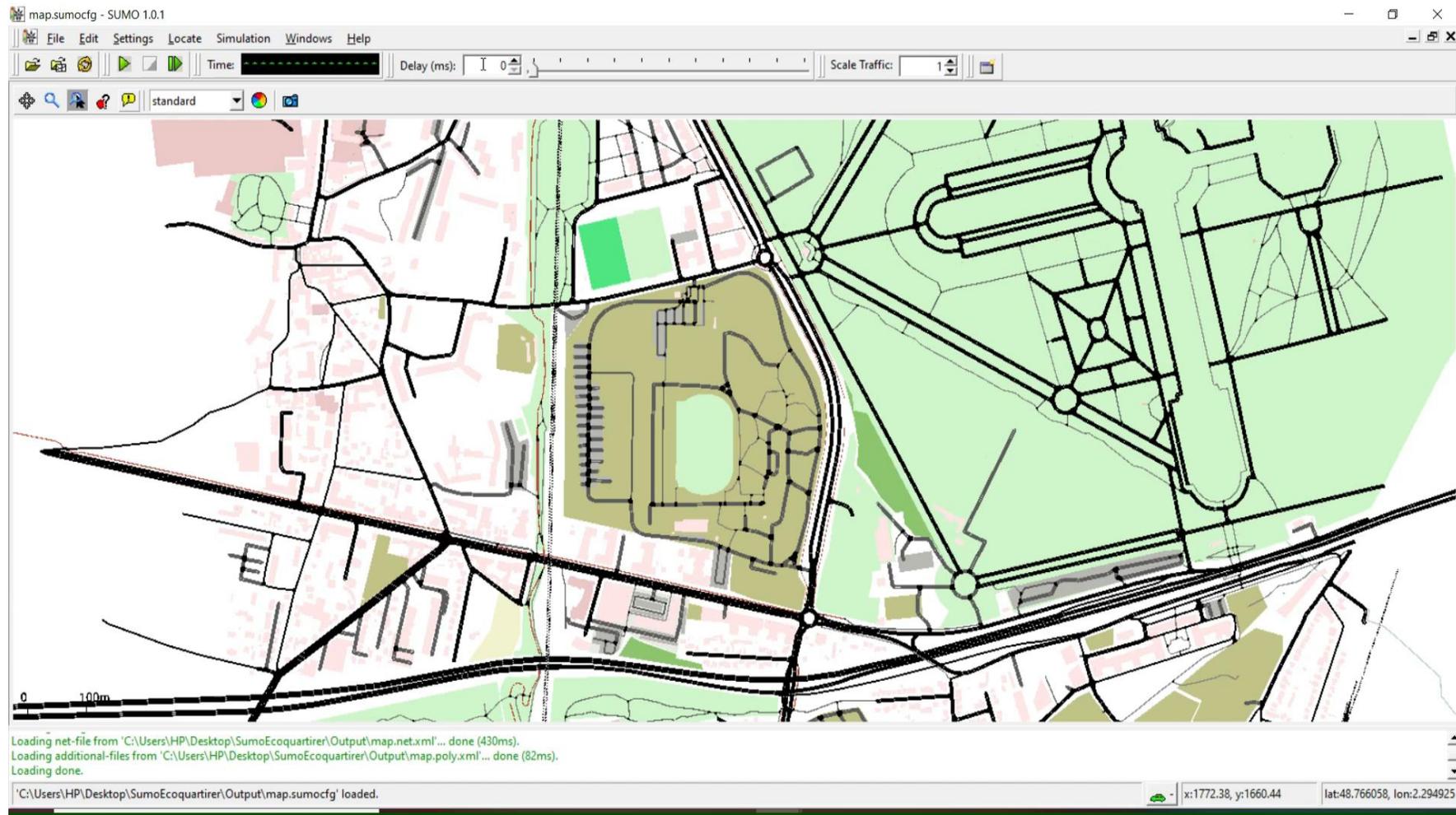


L'erreur: 13cm pour l'entraînement et 14 cm pour la validation.

Le réseau de neurones peut modéliser le comportement latéral d'un véhicule à deux roues, et nous pouvons même observer que l'erreur est très faible.



## Situation actuelle - SUMO





**Jean-Patrick Lebacque**

Jean-patrick.lebacque@univ-eiffel.fr

07 61 08 17 37

