# Étudier les flux de déplacements d'un campus pour alimenter un jumeau numérique de la mobilité : l'outil de détection automatique MobiCount.



## Congrès DYNAMO


**Bruno Dato**
Post-doctorant (IRIT)
bruno.dato@irit.fr

**Adrien Lammoglia**
MCF (UMPV / LAGAM)
adrien.lammoglia@umpv.fr

**Guillaume Dufour**
IR (ONERA)
guillaume.dufour@onera.fr



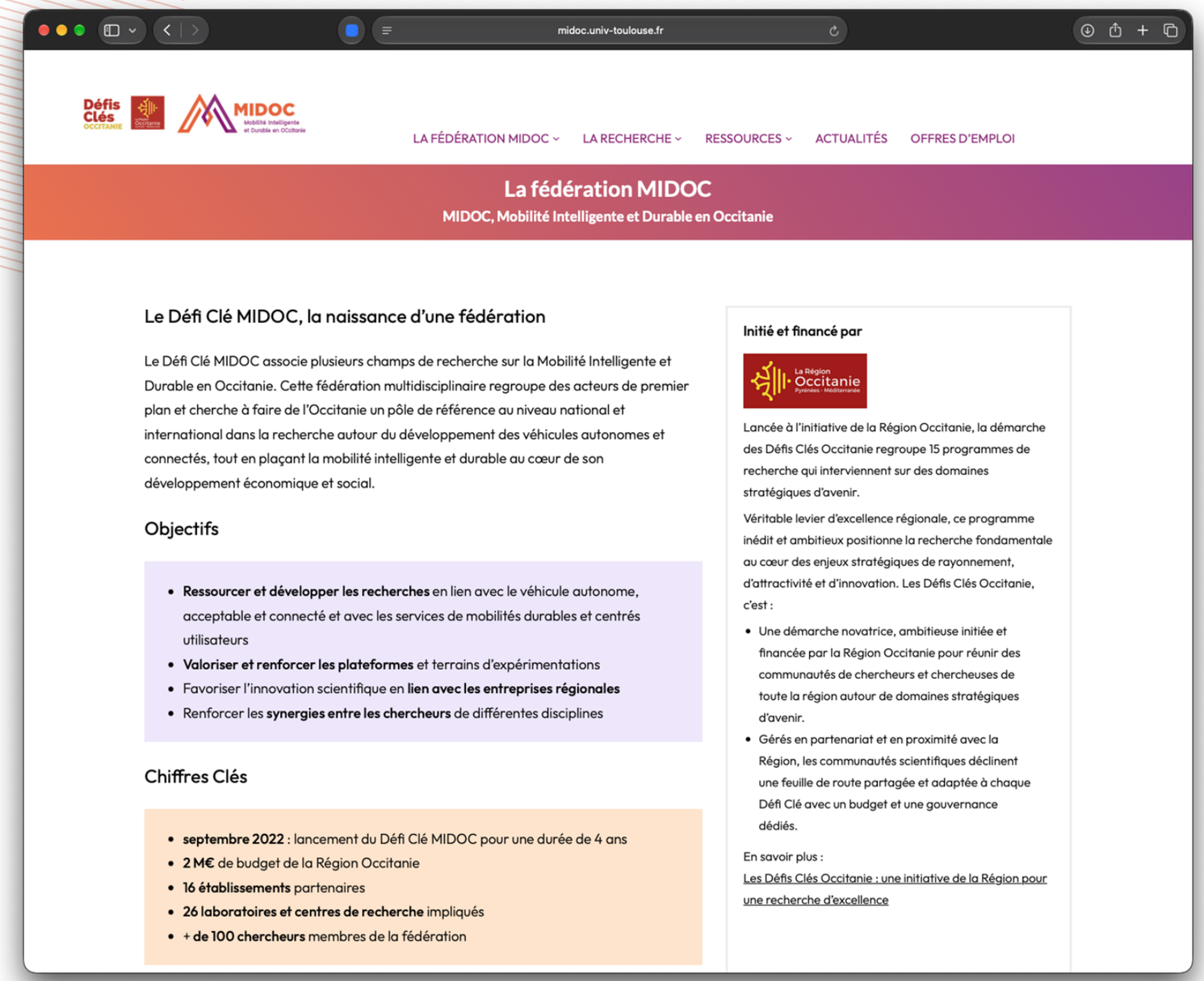
Soutenu par


Bordeaux, 17 novembre 2026

# PLAN DE LA PRÉSENTATION

- La Fédération MIDOC et le GT JuMob
- Analyse et simulation des mobilités sur le campus Toulouse Rangueil
- L’outil MobiCount : captations et recomposition des flux de mobilité
- Le modèle CampMobSim
- Premiers résultats de simulation
- Perspectives

# LA FÉDÉRATION MIDOC




**16 établissements partenaires engagés dans le Défi Clé Mobilité Intelligente et Durable en Occitanie**

- Cerema, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
- CESI, École d'ingénieurs
- CNRS, Centre national de recherche scientifique
- ENAC, École nationale d'aviation civile
- IMT Mines Albi-Carmaux, École d'ingénieur Mines-Télécom
- INSA Toulouse, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse
- ISAE Supaero, Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace
- Onera, Office national d'études et de recherches aérospatiales
- TBS Education, École de commerce et de management
- Toulouse INP, Institut national polytechnique de Toulouse
- Université de Montpellier
- Université de Montpellier Paul-Valéry
- Université de Perpignan Via Domitia
- Université de Toulouse
- Université Toulouse Capitole
- Université Toulouse Jean Jaurès

**26 laboratoires et centres de recherches impliqués dans le Défi Clé Mobilité Intelligente et Durable en Occitanie**

- CDA, Centre de droit des affaires
- CDED YS, Centre de Droit Économique et du Développement Yves Serra
- CEREMA, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
- CESI-LINEACT, Laboratoire d'innovation numérique pour les entreprises et les apprentissages au service de la compétitivité des territoires
- CHROME, Détection, évaluation, gestion des risques chroniques et émergents
- CLLE, Cognition, langues, langage, ergonomie
- CRESEM, Centre de Recherches sur les Sociétés et Environnements en Méditerranées
- ENAC, École nationale de l'aviation civile
- EPSYLON, Laboratoire de psychologie
- ICA, Institut Clément Ader
- IES, Institut d'électronique et des systèmes
- IRIT, Institut de recherche en Informatique de Toulouse
- ISAE-SUPAERO, Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace
- LAAS-CNRS, Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes
- LAGAM, Laboratoire de géographie et d'aménagement de Montpellier
- LAPLACE, Laboratoire plasma et conversion d'énergie
- LERASS, Laboratoire d'études et de recherches appliquées en sciences sociales
- LIRMM, Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier
- LISST, Laboratoire interdisciplinaire solidarités, sociétés, territoires
- LMDC, Laboratoire matériaux et durabilité des constructions
- MRM, Montpellier Research in Management
- MSHST, Maison des sciences de l'homme et de la société de Toulouse
- ONERA, Office national d'études et de recherches aérospatiales
- SEMA, Systèmes embarqués pour la mobilité autonome
- TBS, Toulouse business school
- TSM-R, Toulouse school of management – research

# LE GT JUMOB

## Un jumeau numérique pour étudier les déplacements sur un campus universitaire

### Multi-usagers

Piétons, vélos, véhicules,
transports collectifs
Flux, trajectoires, comportements



### Multi-niveaux

De l'individu aux flux agrégés
Différents niveaux de
granularité des données



### Multi-échelles

Du campus à la zone d'interaction
Du global au
niveau local



### Données réelles et simulées

Mesures terrain, capteurs et données existantes
Données simulées et résultats de modèles



### Expérimentations

Tester différents scénarios de mobilité
Comparer et visualiser leurs effets



JuMob = données de terrain et extrapolées + modèle descriptif de géosimulation + visualisation 3D dynamique et immersive + outils d'aide à la décision

# ANALYSE ET SIMULATION DES MOBILITÉS SUR LE CAMPUS TOULOUSE RANGUEIL

## Objectifs de la brique “Modélisation des mobiles”

**Analyse des mobilités sur le campus**

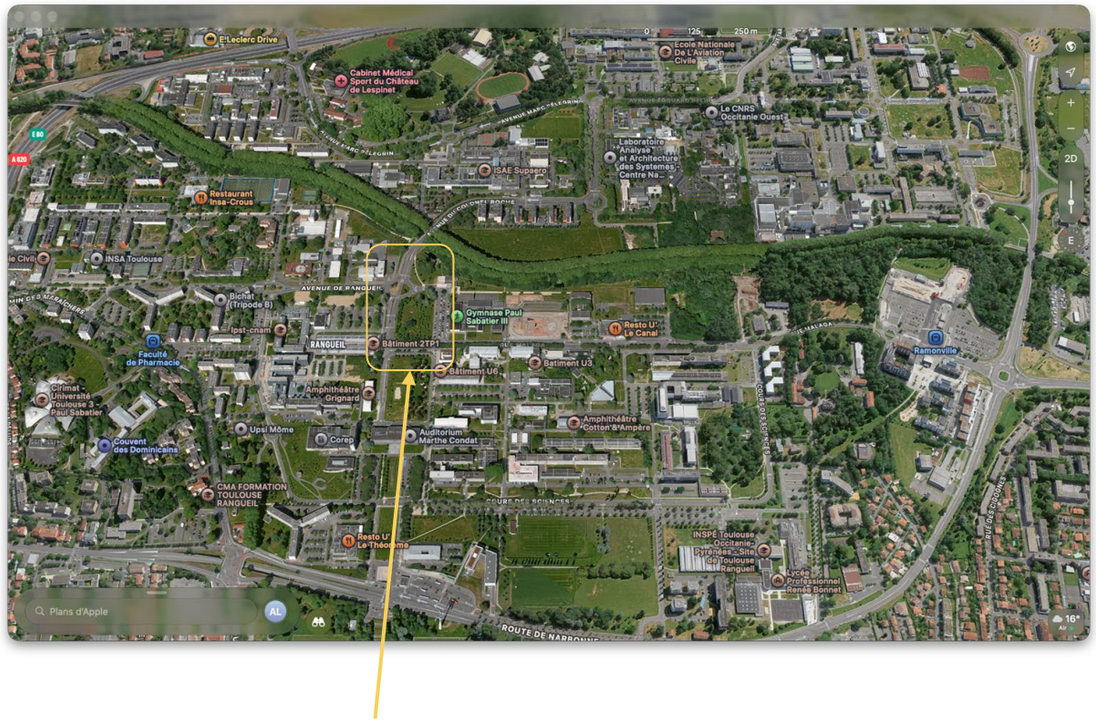
- État des lieux des déplacements à partir de données de terrain : études et compteurs.
- Campagne de comptage par captation vidéo pour compléter les données existantes.
- Traitement des vidéos avec MobiCount : un outil de détection et de suivi (YOLO).
- Reconstruction de flux multimodaux sur une journée.

**Modélisation et simulation de scénarios de mobilité**

- Modélisation d’agents mobiles : piéton, vélo, voiture, bus
- Construction de scénarios exécutables (micro-simulation).
- Exécution des simulations sur la plateforme multi-agents GAMA.
- Cartographie des interactions entre les mobiles et analyse d’indicateurs agrégés.
- Couplage du modèle au JuMob.

Vue satellite du campus de Rangueil

**Chiffres clés :** Superficie : 2,64 km² · Université de Toulouse : 37 000 étudiants · 80 laboratoires · 2 stations de métro, téléphérique, BHNS et bus




Zone d’étude restreinte du GT JuMob

# ANALYSE ET SIMULATION DES MOBILITÉS SUR LE CAMPUS TOULOUSE RANGUEIL

## Une équipe pluridisciplinaire (2025-2026)



**Bruno Dato**
Post doctorant
*Physique*
*Robotique*
*Informatique*



**Guillaume Dufour**
Ingénieur de recherche
*Mathématiques appliquées*



**Adrien Lammoglia**
Maître de conférences
*Géographie*
*Transports & Mobilités*
*Géosimulation*



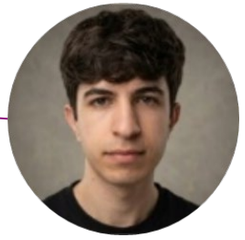
**Louis Laurens**
Stagiaire M1
*Transport, Mobilités, Réseaux*



**Alexandra Kezdi**
Stagiaire M1
*Transport, Mobilités, Réseaux*



**Chloé Sarrazin**
Stagiaire L3
*Analyse et gestion de données*



**Francisco Javier Martos Romero**
Stagiaire L3/M1
*Développement logiciel*

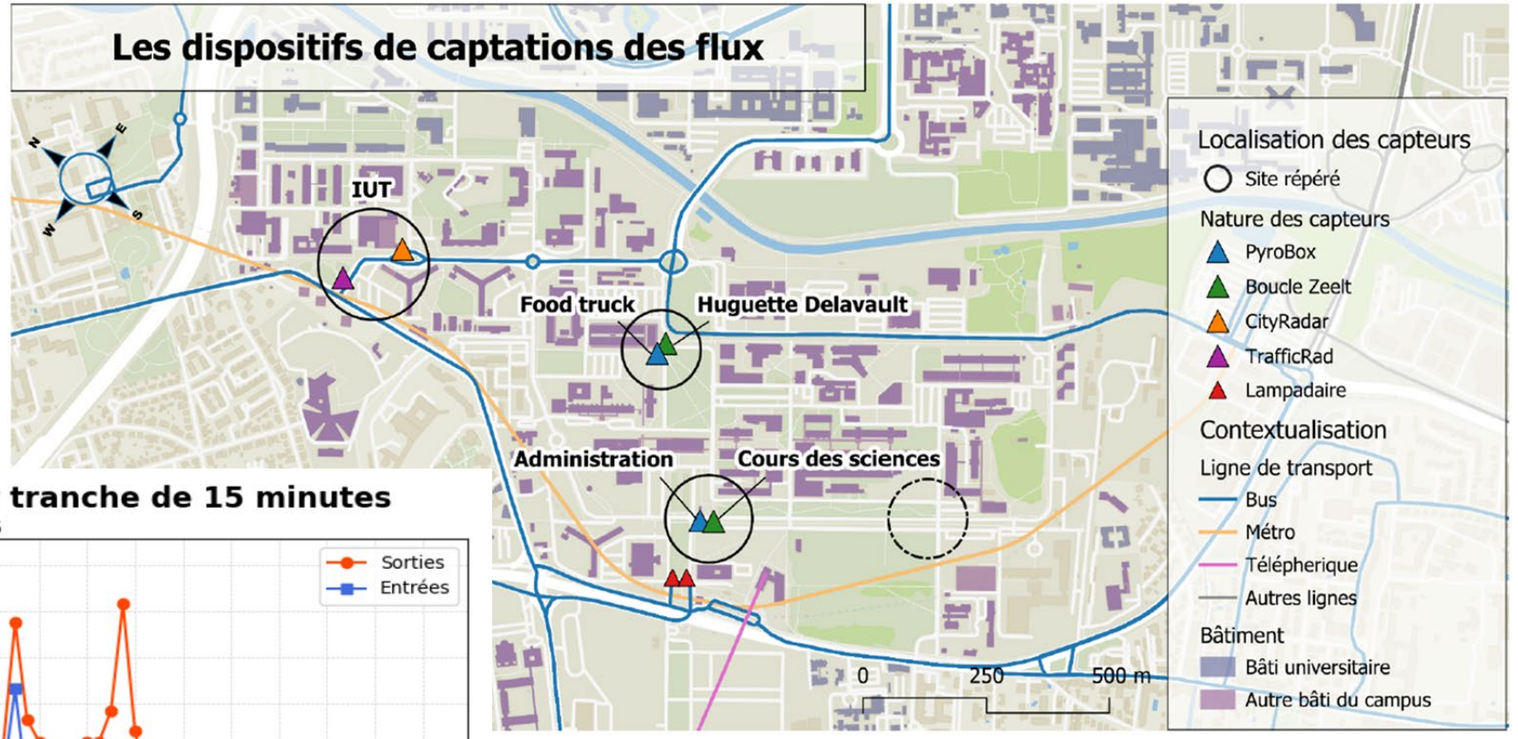


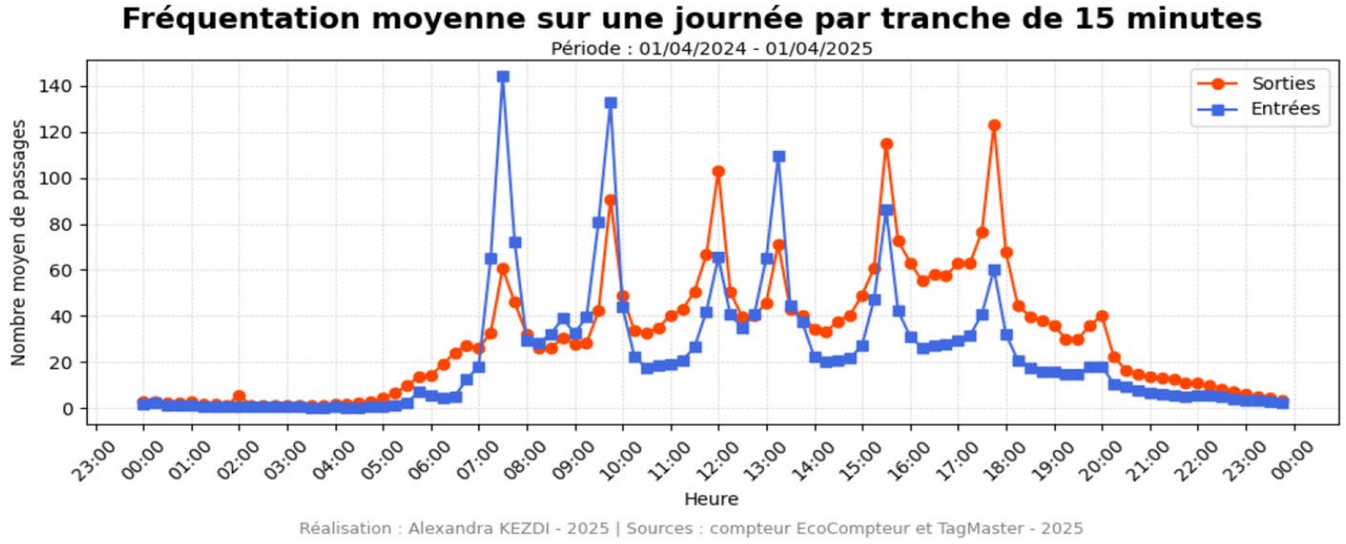
**Mai Khanh Nguyen**
Stagiaire L3
*Analyse et gestion de données*

# ANALYSE ET SIMULATION DES MOBILITÉS SUR LE CAMPUS TOULOUSE RANGUEIL

## Observations et analyse des mobilités sur le campus de Rangueil




➥ Besoin de données de mobilité supplémentaires…

# L'OUTIL MOBICOUNT : CAPTATIONS ET RECOMPOSITION DES FLUX DE MOBILITÉ

## Campagne de captations vidéo - Procédures, matériel et logistique

Procédures administratives

**Début Déc 2025**
*Début demandes*

**Jan 2026**
Autorisation mairie Toulouse

**Mars 2026**
Réunion responsable RGPD IRIT / DEeV / DPO

**Mars 2026** Avis favorable DPO

**Fin Mars 2026**
Demande dépôt nouveau dossier

**Avril 2026**
Autorisation présidence UT

**Mi Avril 2026**
Premières captations

Caméras action



Trépieds




Campagne de communication







Etude de terrain

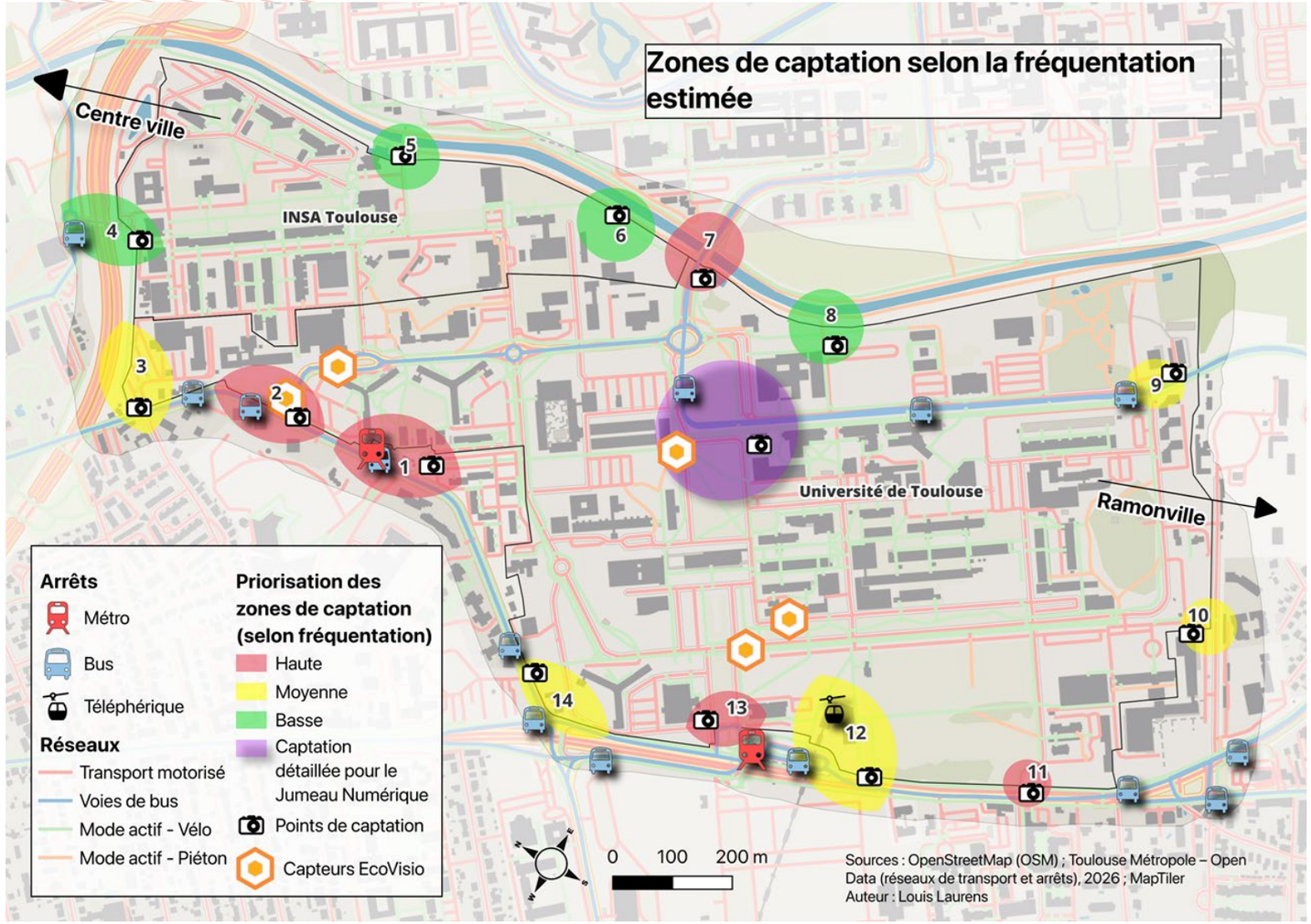


Équipe de 5 personnes



# L'OUTIL MOBICOUNT : CAPTATIONS ET RECOMPOSITION DES FLUX DE MOBILITÉ

## Campagne de captations vidéo - Réalisations




Zone étendue - Campus de Rangueil

Zone restreinte JuMob

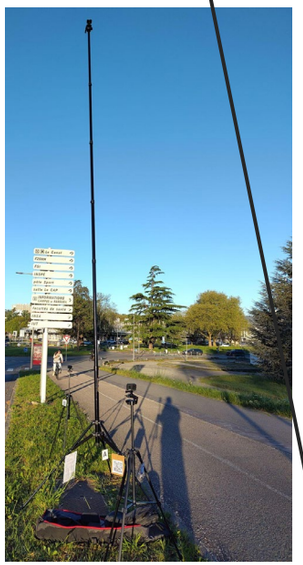


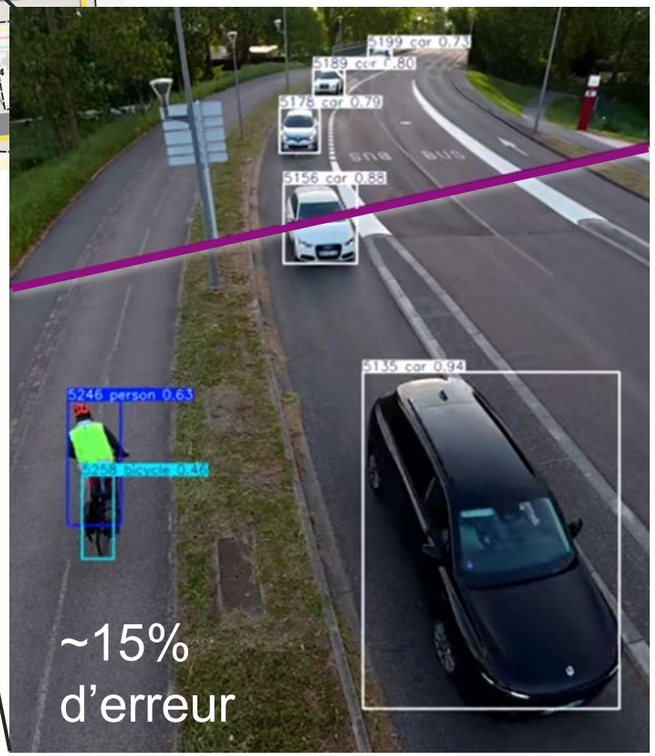

- 6 jours de mesures
- ~70h captées
- 8 + 15 sites captés
- Zone restreinte traitée

# L'OUTIL MOBICOUNT : CAPTATIONS ET RECOMPOSITION DES FLUX DE MOBILITÉ

## Traitement des vidéos de mobilité (*YOLO*)





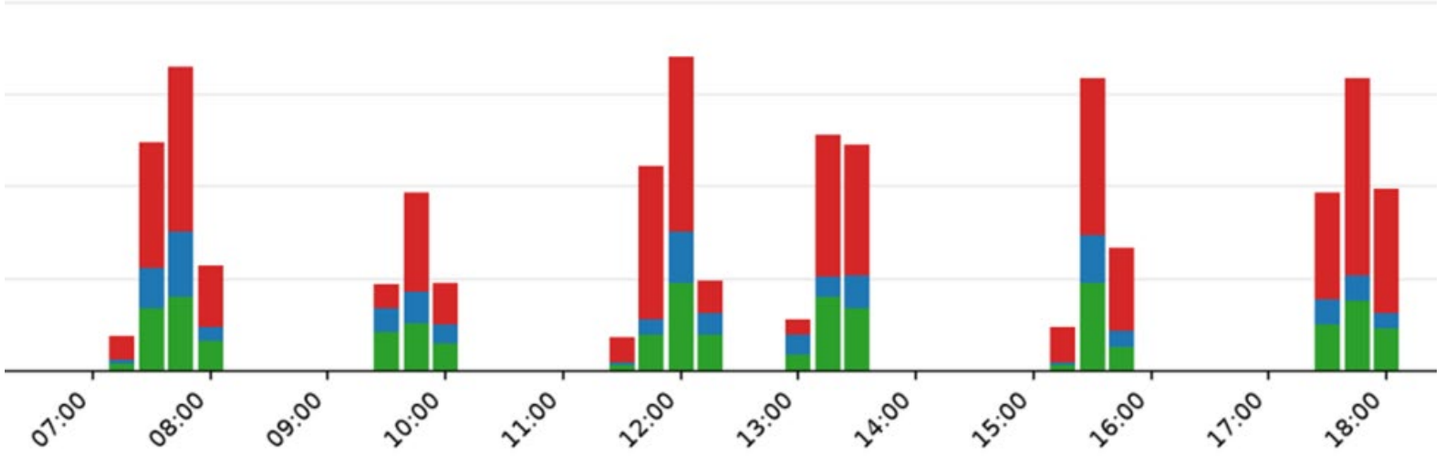



Capture du comptage automatique par *YOLO*

Tableau des événements entrants et sortants par modalité

| TIME | FRAME | person IN | person OUT | bicycle IN | bicycle OUT | car IN | car OUT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14:32:09 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 14:32:09 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 14:32:14 | 129 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 14:32:14 | 139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14:32:15 | 170 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Histogramme des fréquentations par modalité (15 min)

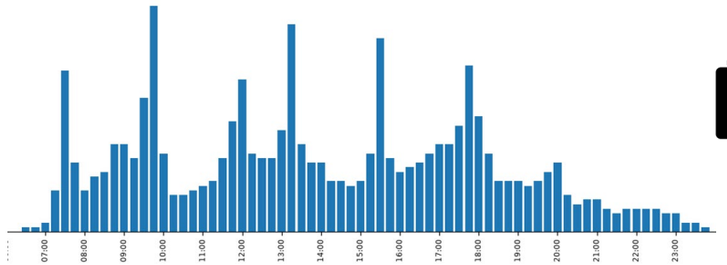



Piéton Cycliste Automobiliste

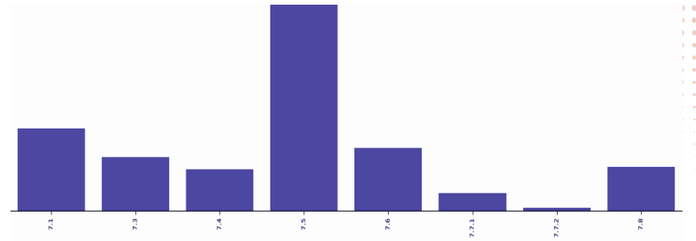
# L'OUTIL MOBICOUNT : CAPTATIONS ET RECOMPOSITION DES FLUX DE MOBILITÉ

## Reconstruction des flux



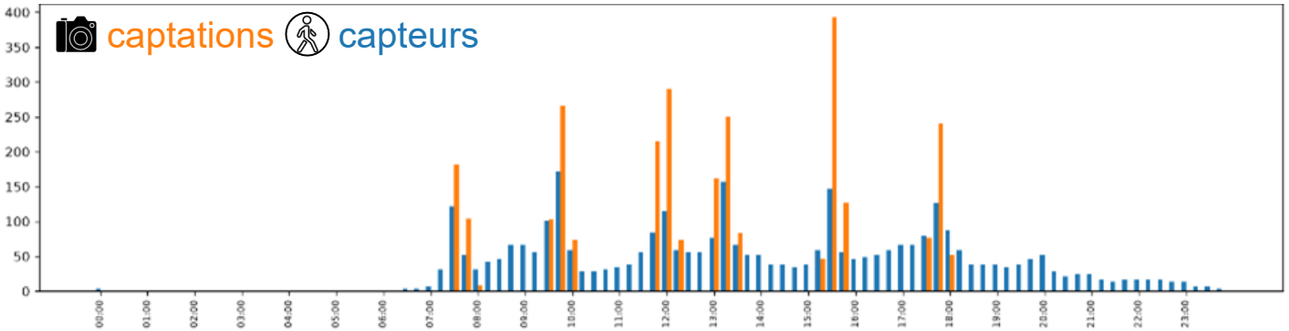



Fréquence piétons capté en 7.6



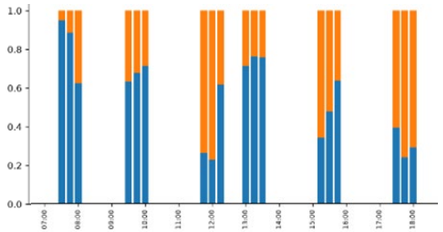
Poids des zones captées

Fréquence reconstruite

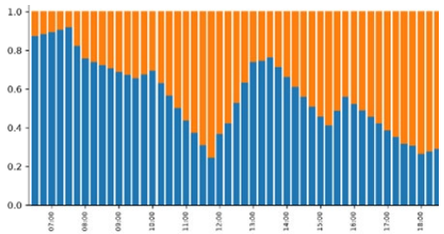


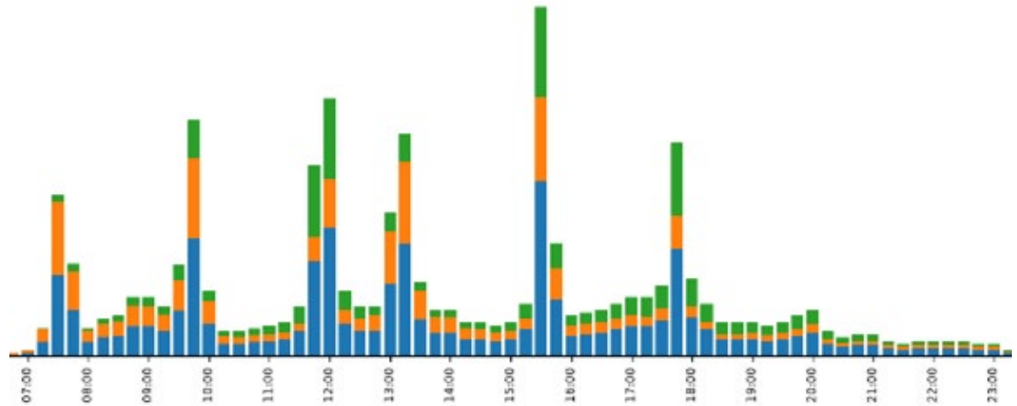

Poids entrant et sortant

captés



reconstruits



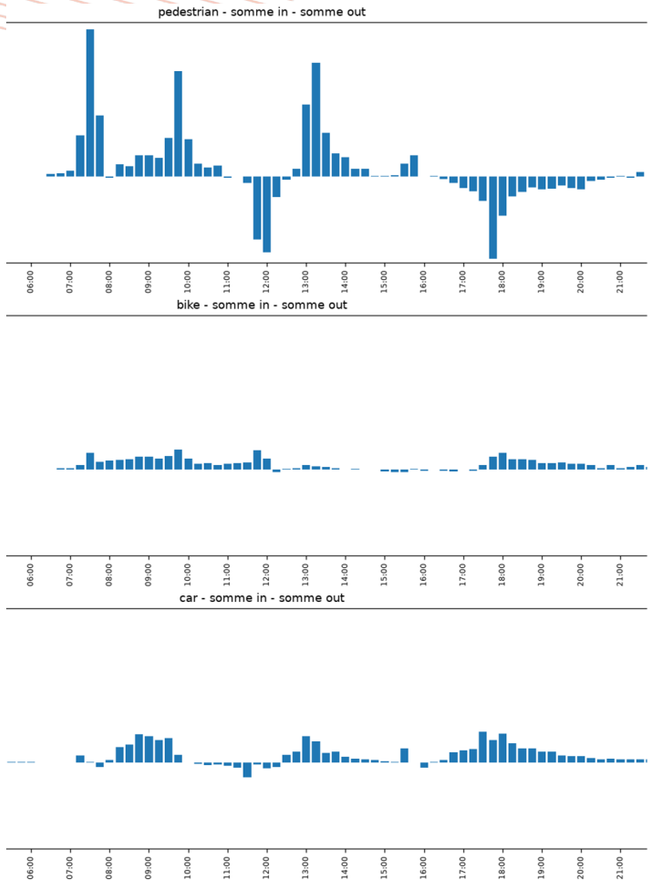


Fréquence et flux entrants et sortants reconstruits

# L'OUTIL MOBICOUNT : CAPTATIONS ET RECOMPOSITION DES FLUX DE MOBILITÉ

## Reconstruction des flux

### Flux internes






# LE MODÈLE CAMPMOBSIM

Plateforme ABM spatiale explicite à usage général avec une forte intégration SIG et une modélisation à plusieurs niveaux
https://gama-platform.org/

GAMA Platform

Simulation multi-agents et multimodale (piéton, vélo, voiture, bus) du campus de Rangueil à Toulouse.

## Entrées

*OSM*



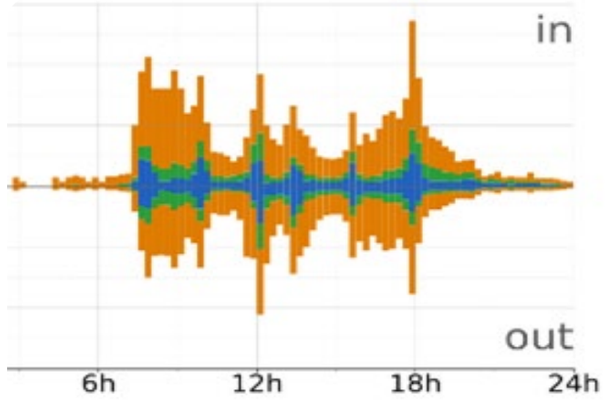
Géographie

*GTFS*



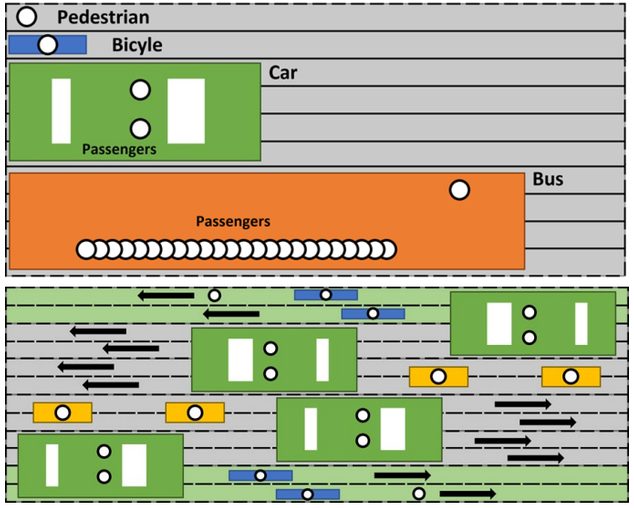
Transports

*GEOJSON*

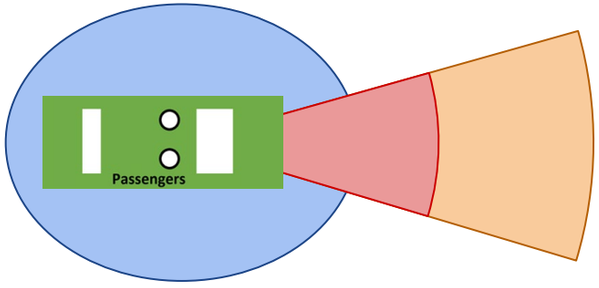



Flux de mobilité multimodaux

## Comportements microscopiques



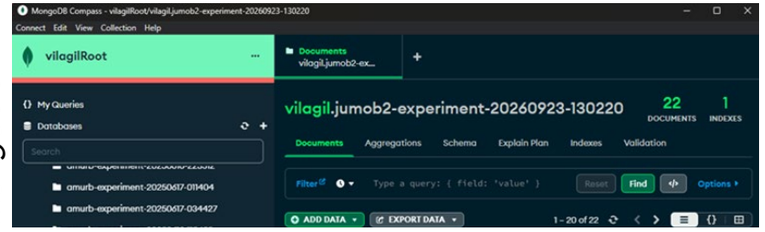

Voies partagées



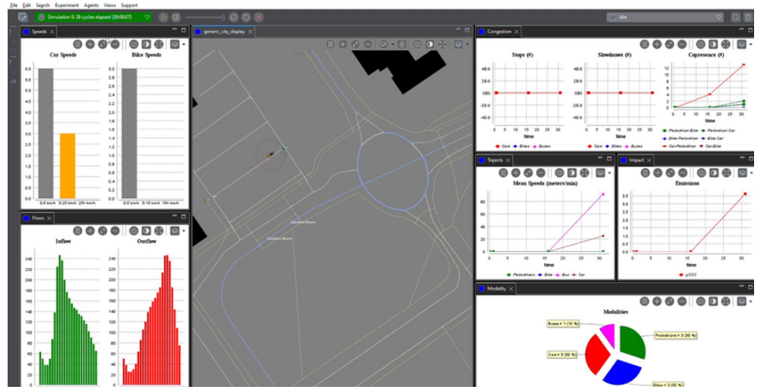

Perceptions

## Sorties

*MongoDB*



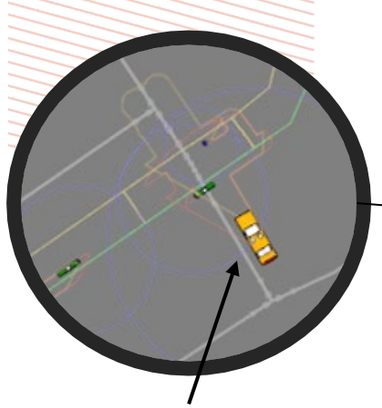

Indicateurs de mobilité



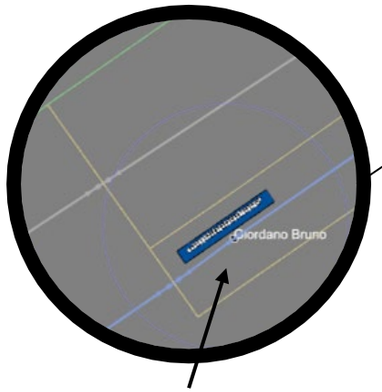
Dashboard en temps réel

# PREMIERS RÉSULTATS DE SIMULATION

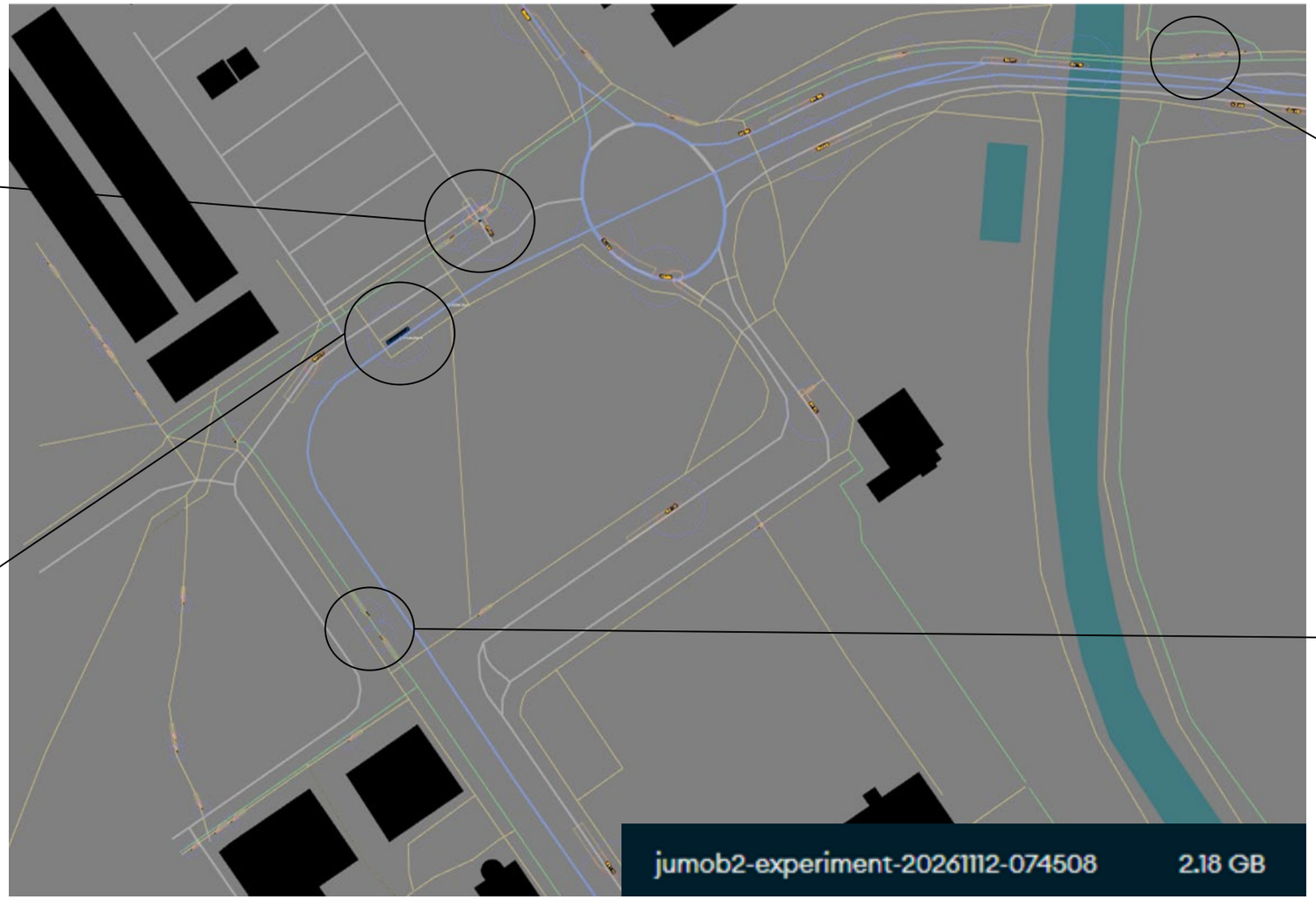
Simulation sur une journée

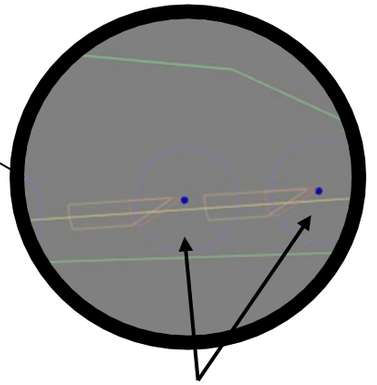


Voiture

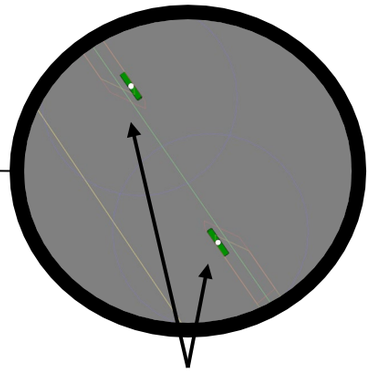



Bus



Piétons

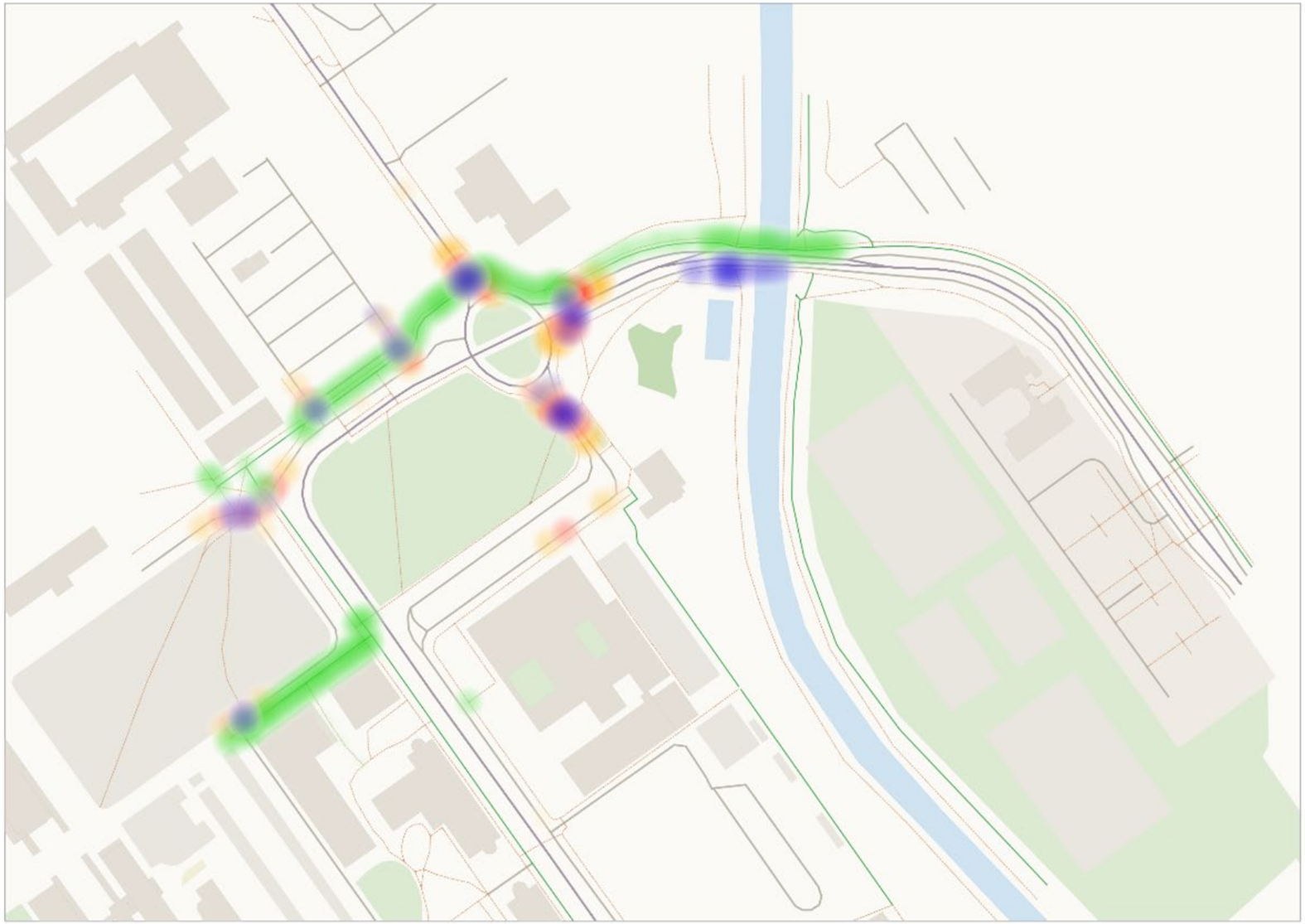


Cyclistes

# PREMIERS RÉSULTATS DE SIMULATION

## Cartes de chaleur

- Co-présences
  - Piéton-Cycliste
  - Piéton-Voiture
- Arrêts voitures
- Ralentissement voitures



# RETOUR D'EXPÉRIENCE

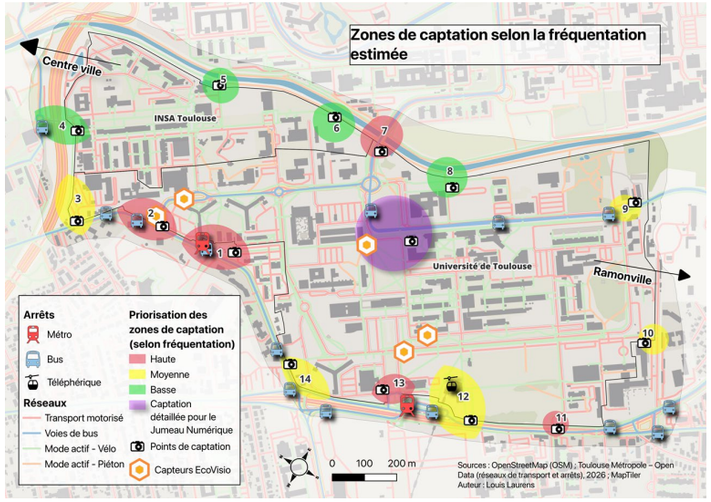
| AVANTAGES | INCONVÉNIENTS |
|---|---|
| Mobile, flexible, et discret | Autonomie, météo, ressources humaines |
| Chaîne complète (captations → simulation) | Reconstitution de données |
| Facilité d'utilisation (*YOLO par défaut*) | Stockage, transferts de données, ressources de calcul |
| Performance correcte (15% d'erreurs) | Configuration |

# PERSPECTIVES

Indicateurs, nouvelles mobilités et campus étendu

## Campus étendu

Simulation d'une journée complète sur tout le campus




## Nouvelles mobilités



Entrainement de modèles pour compter les trottinettes

## Analyse des indicateurs de mobilité

| Thème | Indicateur | Description |
|---|---|---|
| **Mobilité** | **Durée du trajet** | Temps mesuré en minutes du temps de déplacement du point d'origine au point de destination de l'agent. |
| | **Distance du trajet** | Distance kilométrique mesuré du déplacement de l'agent de son point d'origine à son point de destination. |
| | **Nombre de ralentissements** | Nombre de décélérations significatives comptées au cours du déplacement |
| | **Nombre d'arrêts** | Nombre d'arrêts (vitesse = 0) comptés sur le trajet |
| | **Temps à l'arrêt** | Temps passé à l'arrêt au cours du déplacement en additionnant tous les temps d'arrêt |
| | **Temps de déplacement selon la vitesse** | Temps de déplacement réparti par tranches de vitesse, par exemple :<br>Voiture : ]0 ; 5] [6 ; 25] [26 ; +]<br>Vélo / EDPM : ]0 ; 5] [6 ; 15] [16 ; +] |
| | **Coprésence** | Nombre de fois où un agent est à proximité d'autres agents (seuil de proximité à fixer) |
| **Environnement** | **Emissions (voiture)** | Estimation des polluants émis au cours du trajet : particules fines (PM2.5/PM10), ozone, $CO_2$, etc. |
| | **Dépense énergétique** | Energie nécessaire estimée pour effectuer le déplacement en kjoule |
| | **Impact carbone** | Impact carbone estimé selon les modèles de l'ADEME |
| **Bien être** | **Exposition aux polluants** | Temps d'exposition aux polluants en fonction des cartes de qualité de l'air de Atmo Occitanie |
| | **Activité physique** | Intensité d'activité estimée en Metabolic Equivalent of Task (MET) |
| | **Stress** | Niveau de stress estimé à partir de critères objectifs (densité de trafic, discontinuité des aménagements cyclables, absence de végétalisation, etc.) et/ou subjectifs (enquêtes utilisateurs) |

Soutenu par

# Merci pour votre attention




**Bruno Dato**
Post-doctorant
Informatique
Institut de recherche en informatique de Toulouse (IRIT)
Université de Toulouse

*bruno.dato@irit.fr*

**Adrien Lammoglia**
MCF
Géographie
Laboratoire de Géographie et Aménagement de Montpellier
Université de Montpellier Paul Valéry

*adrien.lammoglia@umpv.fr*

**Guillaume Dufour**
IR
Mathématiques appliquées
ONERA
Université de Toulouse

guillaume.dufour@onera.fr

Fédération MIDOC : https://midoc.univ-toulouse.fr/

Code MobiCount : https://github.com/BrunoDatoMeneses/MobiCount

# Retour d’expérience détaillé

- **Préparation** (suppression sites, fin d’année scolaire, captations sur plusieurs semaines)
- **Installation** (1 seul trépied haut, journées longues, autonomie limitante)
- **Acquisition** (4k 25fps, conditions météo changeantes, pannes)
- **Stockage** (>2To)
- **Traitement** (besoin de matériel performant, configuration, entraînement)
- **Qualité et validation** (~15% d’erreur sur le comptage)
- **Cadre juridique** (procédures lourdes, échanges nombreux)
- **Ressources** (6 jours, 5 personnes, ~3000€ de matériel)
- **Exploitation** (calibration non terminée)
- **Synthèse**
  - Chaîne complète **captations** → **simulation**
  - Captations incomplètes → reconstitution nécessaire
  - Peu de sources de données de validation