RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

Chaire MTI

R OB

BORDEAUX INP

INP Enseirb-Matmeca

ID4 MOBILITY

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN



Analyse du comportement de trottinette électrique en interactions avec des piétons et vélo électrique

EMob-Lab

Martin de Jaeghere , Louis-Jacques Etaix, Alexander Rasch, Rahul Rajendra Pai, Marco Dozza, Nour-Eddin El Faouzi, Silvia Varotto

Novembre 2026

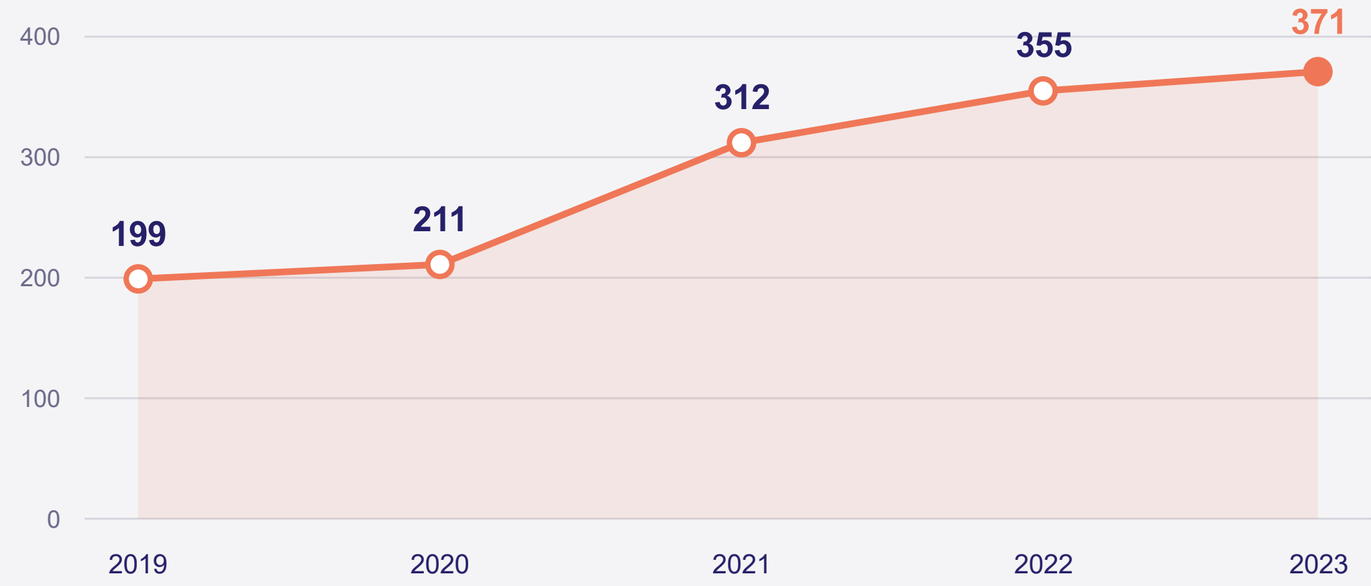
CONTEXTE

PARIS + LYON

+87 %

Victimes impliquant une trottinette électrique **2019 → 2023**

VICTIMES DE TROTTINETTES ÉLECTRIQUES · PAR AN



Source : fichier BAAC des accidents corporels · Paris + Lyon · 2019–2023

REVUE DE LITTÉRATURE

	TYPE D'INTERACTION				USAGERS					INFRASTRUCTURE			COLLECTE DE DONNÉES			
	Suivi	Croisement	Dépassement	Traversée	Trottinette	Vélo	EDPM	Voiture	Piéton	Largeur de voie	Type de voie	Revêtement	Observation	Réalité virtuelle	Expé. contrôlée	Parcours imposé
Christoforou et al., 2026		✓	✓	✓	✓	✓			✓		✓				✓	
Distefano et al., 2024	✓			✓	✓	✓		✓					✓			
Fonseca-Cabrera et al., 2021		✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓				✓
Jafari et Liu, 2024		✓	✓		✓				✓	✓					✓	
Kegalle et al., 2025	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓					✓
Lee et al., 2021	✓		✓		✓	✓	✓		✓						✓	
Oh et al., 2024			✓		✓			✓						✓		
Sim et Cho, 2025		✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓			✓		
Su et al., 2026	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓			✓		
Valero et al., 2020	✓	✓	✓		✓				✓				✓			
Yuan et al., 2026		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓						✓	
Zhang et al., 2024		✓	✓		✓	✓			✓		✓		✓			

QUESTION DE RECHERCHE

« Comment analyser le comportement des utilisateurs de trottinettes électriques en interaction avec les piétons et les cyclistes sur la voirie ? »

OBJECTIFS DE RECHERCHE

OBJECTIF 1

Concevoir une instrumentation reproductible

OBJECTIFS DE RECHERCHE

OBJECTIF 1

Concevoir une instrumentation reproductible

OBJECTIF 2

Valider une chaîne de traitement des données

OBJECTIFS DE RECHERCHE

OBJECTIF 1

Concevoir une instrumentation reproductible

OBJECTIF 2

Valider une chaîne de traitement des données

OBJECTIF 3

Collecter des données sur piste d'essai

OBJECTIFS DE RECHERCHE

OBJECTIF 1

Concevoir une instrumentation reproductible

OBJECTIF 2

Valider une chaîne de traitement des données

OBJECTIF 3

Collecter des données sur piste d'essai

01 Matériel

02 Logiciel

03 Collecte de données

04 Résultats préliminaires

INSTRUMENTATION DE LA TROTTINETTE



Caméra GoPro 360°

Smartphone

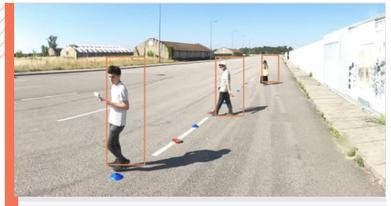
GNSS RTK

Odométrie de roue

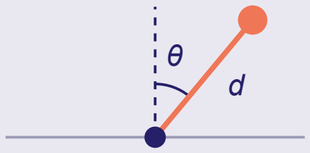
CHAÎNE DE TRAITEMENT PAR VISION



Vidéo 360°



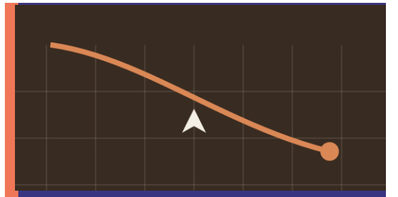
Détection & suivi



Position



Interpolation & lissage



Trajectoire relative

DÉTECTION D'OBJETS

YOLO11 X

(Redmon et al., 2016 ; Rasch & Pai, 2026)

0,75

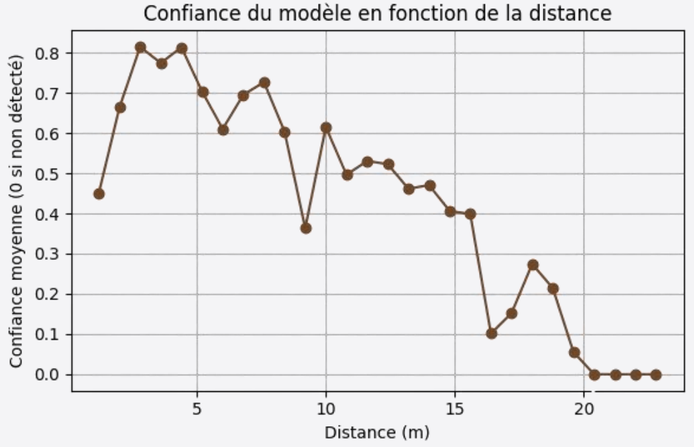
mAP @ 0,5 · TOUTES CLASSES

AP @ 0,5 · PAR CLASSE

PIÉTON (1 371) — 0,70

CYCLISTE (101) — 0,82

TROTTINETTISTE (33) — 0,73



SUIVI MULTI-OBJETS

ByteTrack

Zhang et al., 2022

MOTA

86,1%

IDF1

87,4%

BoT-SORT

Aharon et al., 2022

MOTA

76,8%

IDF1

74,3%

ESTIMATION DE LA POSITION RELATIVE

Distance

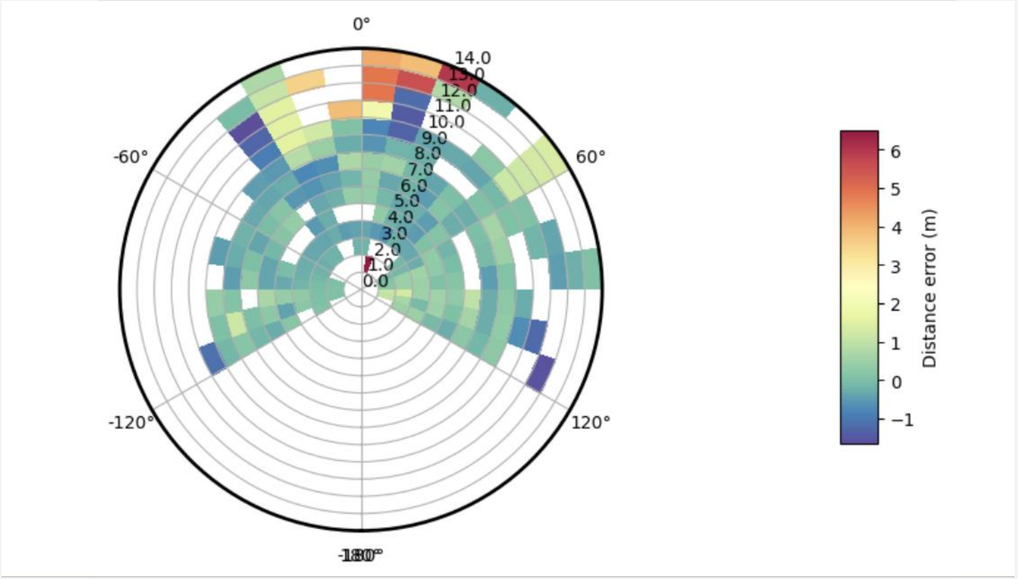
RÉGRESSION POLYNOMIALE SUR LES COORDONNÉES DE LA BOÎTE ENGLOBANTE

Angle

POSITION DANS L'IMAGE 360°

10,2% ERREUR MÉDIANE

ERREUR RELATIVE · 2 150 BOÎTES DE VÉRITÉ TERRAIN



COLLECTE DE DONNÉES



24

participants

16 hommes · 8 femmes

833

clips d'interaction

5

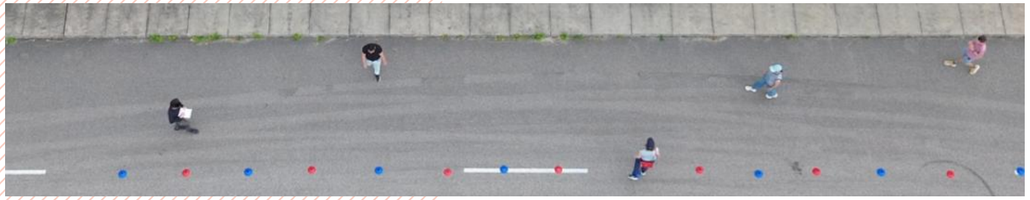
piétons figurants

20×3 m

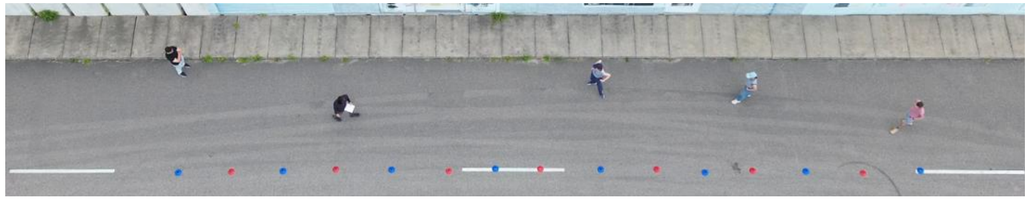
zone d'interaction

3 VARIABLES

01 PIÉTON EN TRAVERSÉE

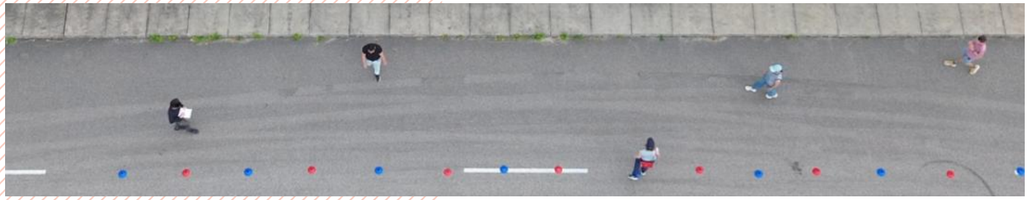


VS

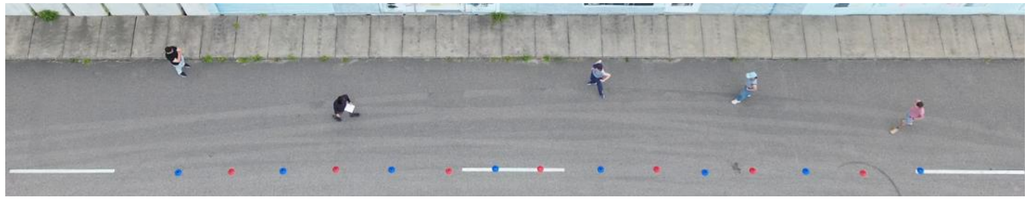


3 VARIABLES

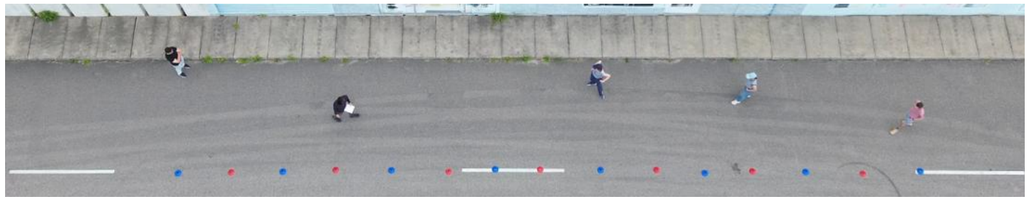
01 PIÉTON EN TRAVERSÉE



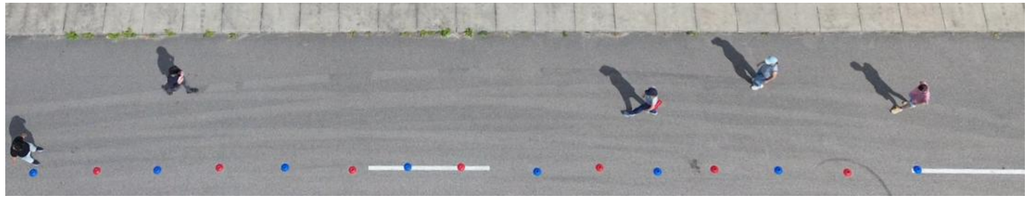
VS



02 DISTANCE INITIALE

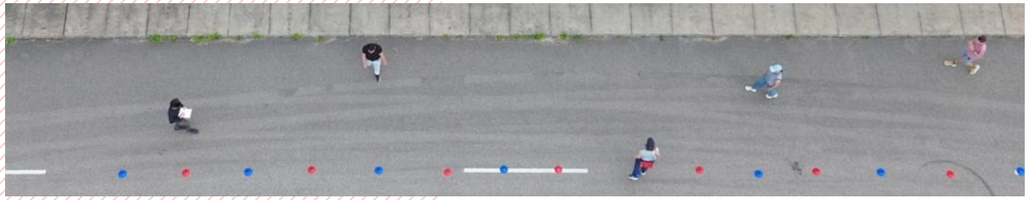


VS

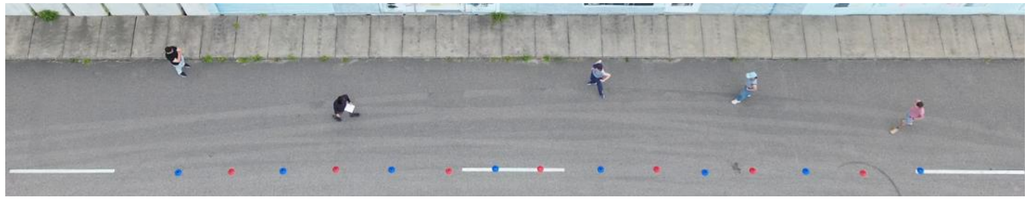


3 VARIABLES

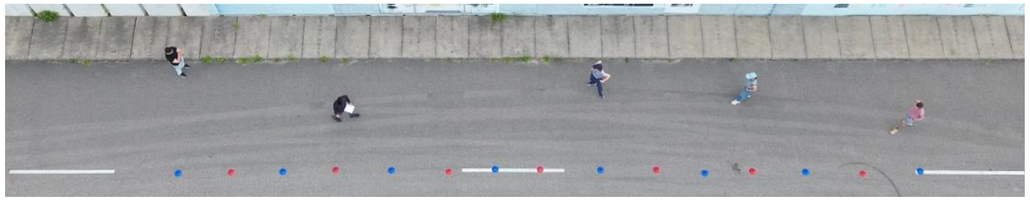
01 PIÉTON EN TRAVERSÉE



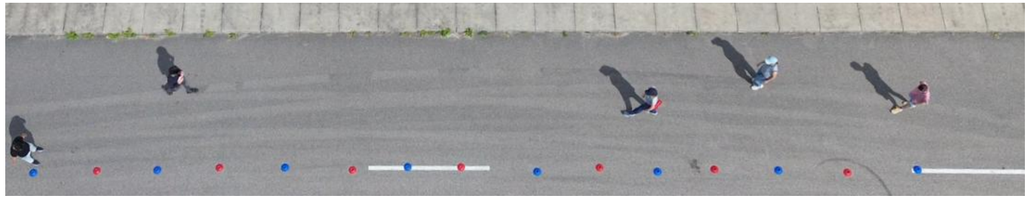
VS



02 DISTANCE INITIALE



VS



03 POSITION INITIALE DE L'ENGIN



VS



RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

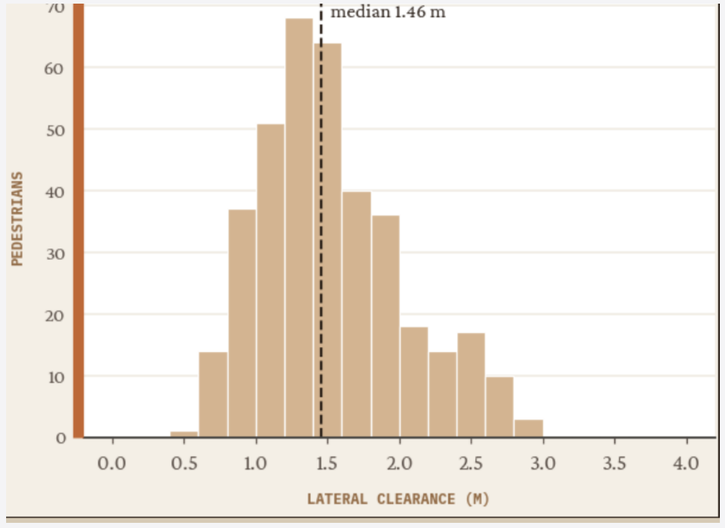
1,46 m

DÉGAGEMENT LATÉRAL MÉDIAN

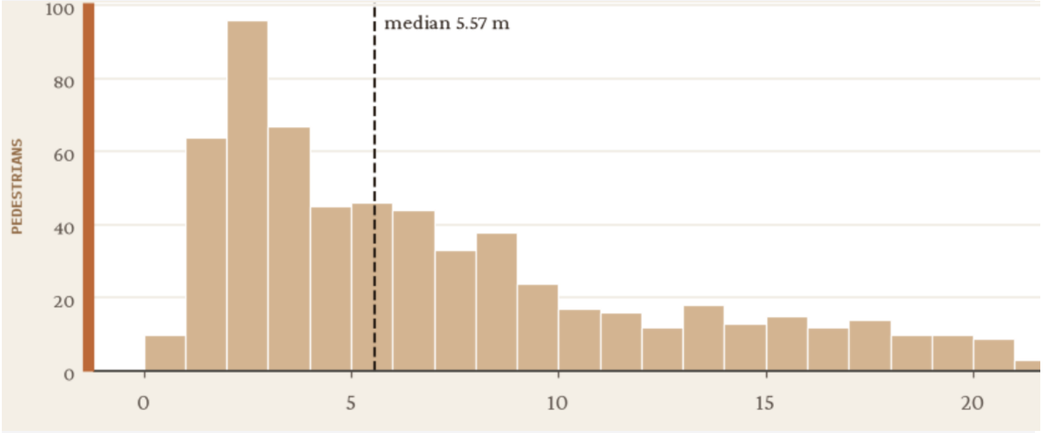
5,57 m

DISTANCE LONGITUDINALE MÉDIANE

$LatClear = |y_p(t^*) - y_m(t^*)|$



$LongDist = x_m(t_a) - x_p(t_a)$



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

01 Une trottinette équipée d'une caméra GoPro 360° et d'un GNSS permet de collecter des données lors d'expérimentations sur route

02 Les trajectoires peuvent être obtenues à partir de la caméra 360° avec une erreur de 10 %

03 Lors des interactions avec les piétons, le dégagement latéral médian est de 1,46 m et la distance longitudinale médiane de 5,57 m

PERSPECTIVES

→ Calculer des indicateurs de sécurité de substitution (TTC, PET)

→ Développer un modèle de prédiction du mouvement du trottinettiste

→ Développer des modèles pour identifier les variables qui influencent ces indicateurs

Merci pour votre attention

Martin.dejaeghere@entpe.fr

EMob-Lab

R OB

BORDEAUX INP

INP Enseirb-Matmeca

ID4 MOBILITY

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Chaire MTI