

# Évaluation a priori de la sécurité de parcours pour la navette autonome dans le cadre du projet ENA

Hélène Tattegrain

UGE TS2 Lescot

Laboratoire d'Ergonomie et de Sciences COgnitive pour  
les Transports

# Le projet ENA : déploiement de navettes autonomes

- **Des cas d'usages représentatifs des challenges à venir de la mobilité au quotidien :**
  - **Désenclaver les territoires peu denses et ruraux**
  - **Compléter les solutions de mobilités existantes**
  - **S'adresser à une grande diversité de publics**
- **Un socle scientifique commun aux expérimentations pour des résultats harmonisés :**
  - **Méthodologies communes d'évaluation des usages (acceptabilité/acceptation) et des scénarios critiques des parcours établie par l'Université Gustave Eiffel**
  - **Méthodologie d'évaluation des impacts socio-économiques et environnementaux développée par l'ENTPE-LAET**
- **Une co-construction des expérimentations entre Territoires et un écosystème de partenaires socio-économiques complémentaires**

# Objectifs et applications

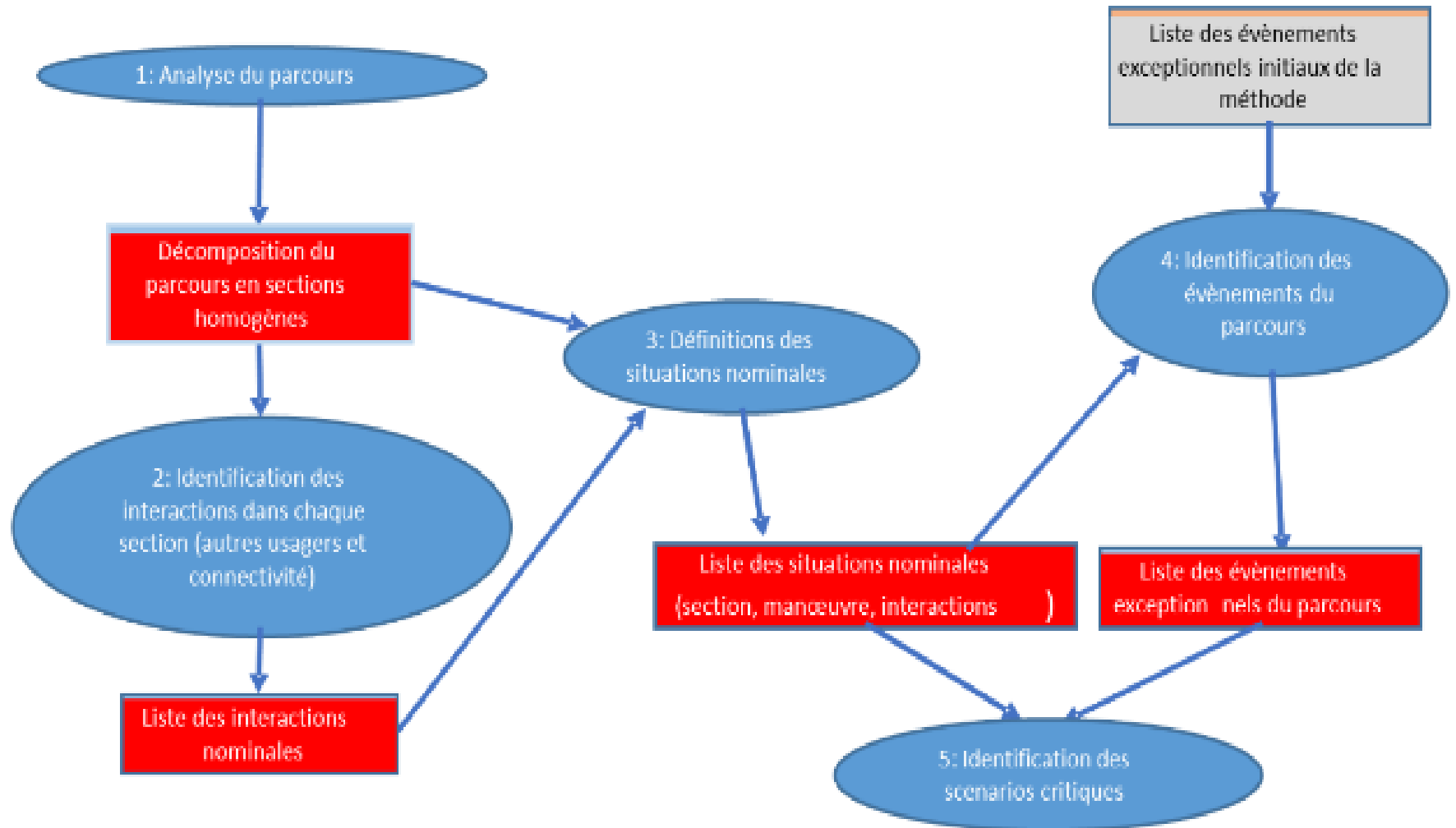
- **Objectifs**

- Avant le déploiement d'une navette autonome, identifier les sections le plus critiques
- Proposer des solutions pour réduire les risques

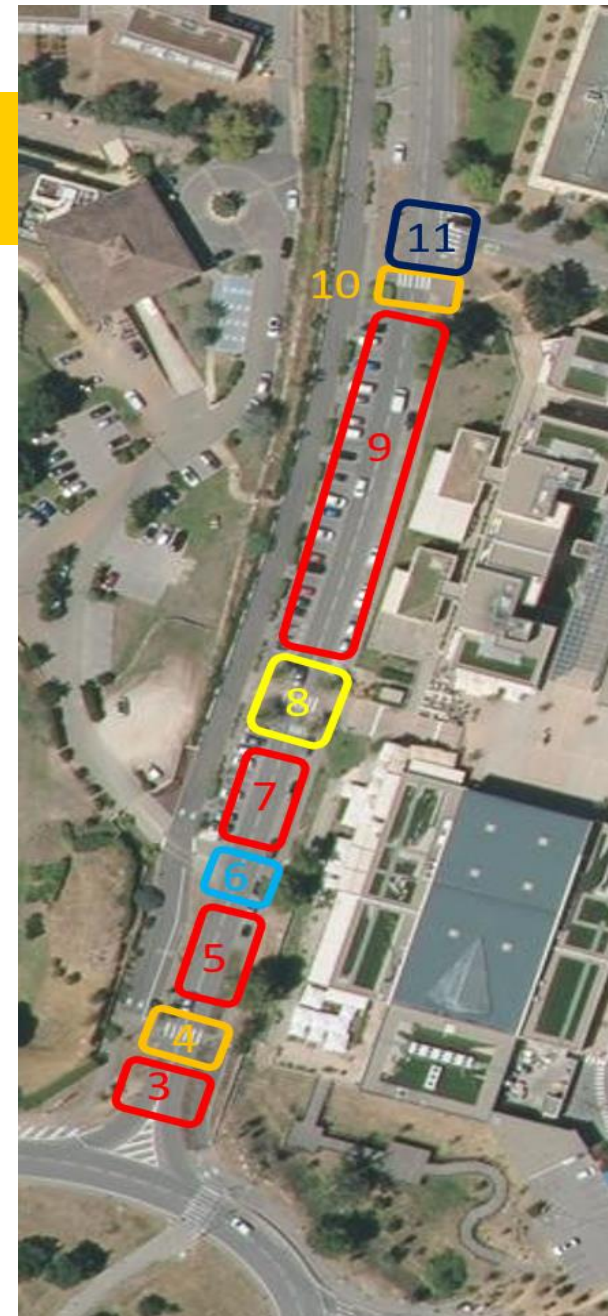
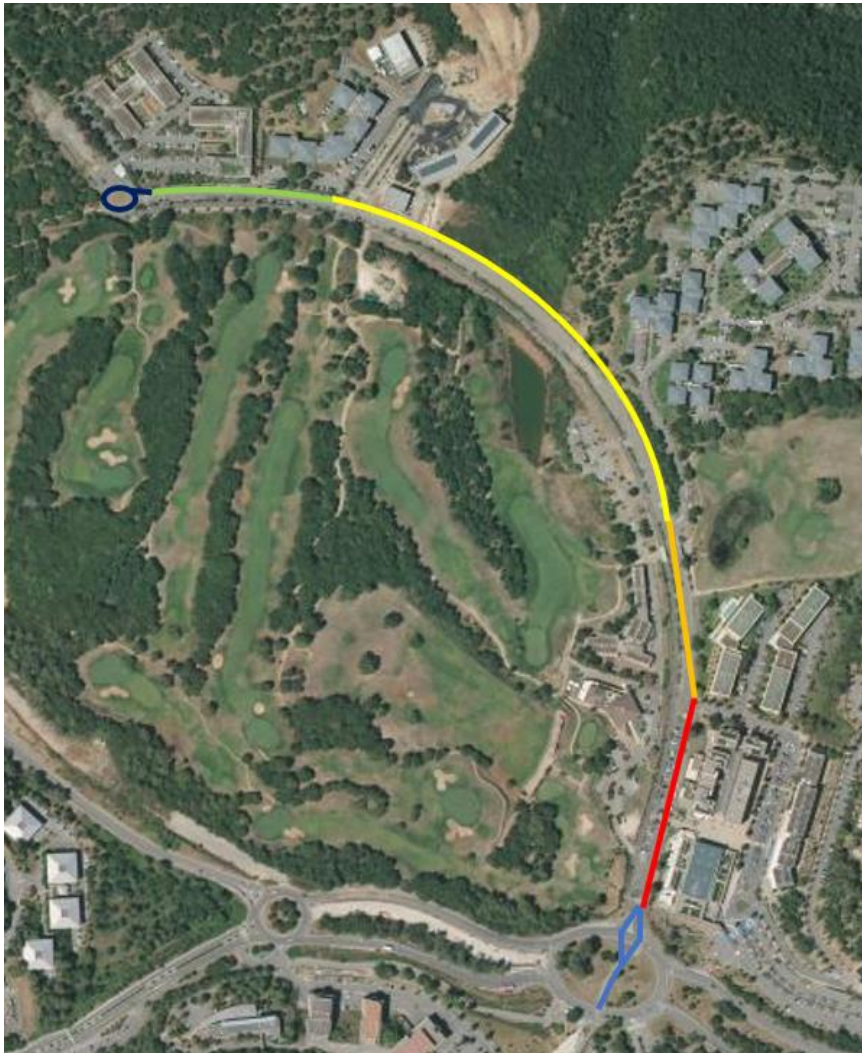
- **Deux cas d'usage**

- « Zone d'activités dispersée » : CA Sophia-Antipolis
  - Un urbanisme diffus des entreprises rendant difficile la desserte en transport en commun
  - Usage quasi exclusif de la voiture dans une zone où il n'y a pas de concentration des lieux d'activités. La démarche est associée à un renforcement de l'offre TC
  - Challenges: Cohabitation avec zone de stationnement en bataille, acceptabilité automobilistes
- « Zone rurale » : CC Cœur de Brenne (Centre – Val de Loire)
  - Un vieillissement de la population souvent accompagné par des services de soins à domicile
  - Une mutation de la population avec des personnes venant des zones urbaines défavorisées socialement
  - Une diminution de la population avec maintien de services sur le territoire
  - Pratiquement aucune alternative à la voiture hormis le service de déplacement à la demande de la Région
  - Cible : les seniors, mais aussi attirer des populations plus jeunes dans la région
  - Challenges : distances importantes (>5km) nécessitant un déplacement rapide, pas de repères fixes pour les navettes, profil des usagers,

# Méthodologie développée



## Découpage d'un parcours en sections



## Annotations des sections : éléments d'infrastructure

Macro-section	2
Numsection	3
TypeSection	LigneDroite
Manoeuvre	ToutDroit
VitesseNavette	18 km/h
StationnementG	0
StationnementD	0
VitesseUVParcours	20 km/h
VitesseVLParcours	30 km/h
VitessePLParcours	30 km/h
VisibiliteDeNavParAutresMemeVoie	1
VisibiliteDeNavParAutresCroisement	0
VisibiliteDesAutreUsagerParNavMemeVoie	1
VisibiliteDesAutreUsagerParNavCroisement	0
Pente	0
PisteCyclable	0
SeparationVoieNavetteGauche	1
SeparationVoieNavetteDroite	2

## Annotations des sections : interactions nominales

Type Section	Passage Piéton
ExpositionUVvoie	4
ExpositionVLvoie	4
ExpositionPLvoie	2
ExpositionPersonnevoie	4
ExpositionUVcroisement	4
ExpositionVLCroisement	0
ExpositionPLcroisement	0
ExpositionPersonnecroisement	4

Classe d'Exposition	Définition
E4	> 10 % du temps d'exploitation moyen
E3	1 % à 10 % du temps d'exploitation moyen
E2	< 1 % du temps d'exploitation moyen
E1	Très faible probabilité de se trouver dans la situation

# Annotations des sections : exemples d'évènement

Type de section		Ligne Droite												
	Piéton se déplaçant sur la voie navette parallèlement à la navette	4												
FREQUENCE EVENEMENTS	Foule sur la voie, ou à proximité													
	Piéton se déplaçant transversalement à la navette	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe de Fréquence</th> <th>Définition</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F4</td> <td>Se produit à presque chaque trajet en moyenne</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>Se produit au moins une fois par mois</td> </tr> <tr> <td>F2</td> <td>Se produit au moins une fois dans l'année</td> </tr> <tr> <td>F1</td> <td>Se produit au moins une fois dans la durée de vie du système</td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>Non crédible</td> </tr> </tbody> </table>	Classe de Fréquence	Définition	F4	Se produit à presque chaque trajet en moyenne	F3	Se produit au moins une fois par mois	F2	Se produit au moins une fois dans l'année	F1	Se produit au moins une fois dans la durée de vie du système	F0	Non crédible
	Classe de Fréquence	Définition												
	F4	Se produit à presque chaque trajet en moyenne												
	F3	Se produit au moins une fois par mois												
	F2	Se produit au moins une fois dans l'année												
	F1	Se produit au moins une fois dans la durée de vie du système												
	F0	Non crédible												
	Cycliste qui traverse													
	Remontée de file de cycliste par la droite													
	Cycliste en sens inverse sur la voie NA													
	Arrivée sur queue de bouchon (ex feux de trafic)	0												
	Tout véhicule à l'arrêt sur la chaussée (véhicules de livraison, stationnement double file, en panne)	0												
	Véhicules en cours de manœuvre à l'avant (parking par exemple)	0												
	2RM à contresens qui coupe la route pour tourner	0												
PL à contresens qui coupe la route pour tourner	0													
VL à contresens qui coupe la route pour tourner	0													
Interaction à toutes les intersections du site du fait du comportement infractionniste d'un VL	0													
VL en insertion forçant le passage	0													
2RM en insertion forçant le passage	0													
PL en insertion forçant le passage	0													
Remontée de file de 2RM par la droite	0													
Remontée de file de 2RM par la gauche	0													
Dépassement par la droite par VL	0													
Comportement à l'arrêt de véhicules de livraison sur la voie NA	0													



# Identification des scénarios critiques

Classe d'évitabilité	Définition
C3	Difficilement évitable ou inévitable : (Moins de 90% Peu des participants à la scène sont capables d'éviter les danger)
C2	Normalement évitable : (90% ou plus des participants à la scène sont capables d'éviter les danger)
C1	Facilement évitable : (99% ou plus des participants à la scène sont capables d'éviter les danger)

		Sévérité			
		S1	S2	S3	S4
Type de collision	Entre navette et objet (collision frontale)	$\Delta v \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < \Delta v \leq 20 \text{ km/h}$		$\Delta v > 20 \text{ km/h}$
	Entre navette et voiture (avant ou arrière)	$\Delta v \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < \Delta v \leq 30 \text{ km/h}$		$\Delta v > 30 \text{ km/h}$
	Navette percutée de côté	$\Delta v \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < \Delta v \leq 25 \text{ km/h}$		$\Delta v > 25 \text{ km/h}$
	Navette vers UV	$\Delta v \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < \Delta v \leq 20 \text{ km/h}$	$\Delta v > 20 \text{ km/h}$	

Sévérité	Fréquence	Evitabilité		
		C1	C2	C3
S0	E0	0	0	0
	E1	0	0	0
	E2	0	0	0
	E3	0	0	0
	E4	0	0	0
S1	E0	0	0	0
	E1	1	1	1
	E2	1	1	1
	E3	1	1	2
	E4	1	2	3
S2	E0	0	0	0
	E1	1	1	1
	E2	1	1	2
	E3	1	2	3
	E4	2	3	4
S3	E0	0	0	0
	E1	1	1	2
	E2	1	2	3
	E3	2	3	4
	E4	3	4	5
S4	E0	0	0	0
	E1	1	2	3
	E2	2	3	4
	E3	3	4	5
	E4	4	5	5

# Résultats par sections

		NumSect	5	MacroSection		2		
TypeSection		LigneDroite						
Manoeuvre		ToutDroit						
VitesseNavette		18						
Interaction usagers		PL	VL	UV	PLCro is	VLCroi s	UVCro is	PasAU
Fréquence voie		2	4	4	0	0	0	4
Sévérité nominale		2	2	2	0	0	0	0
Évitabilité nominale		2	2	2	2	2	2	2
Dangerosité situation nominale 0-4		1	3	3	0	0	0	0
	Freq							
Aucun tiers ponctuel	4	1	3	3	0	0	0	0
Piéton se déplaçant parallèlement à la navette	3	0	0	2	0	0	0	2
Piéton se déplaçant transversal à la navette (hors passage piéton)	4	0	0	0	0	0	4	4
Remontée de file de cycliste	3	0	0	1	0	0	0	1
Cycliste qui traverse	2	0	0	0	0	0	2	2
Cycliste en sens inverse	2	0	0	2	0	0	0	2
Remontée de file de 2RM	3	0	0	2	0	0	0	2
Foule sur la voie	3	0	0	3	0	0	3	3
Usagers de la voirie qui s'accrochent à la navette	2	0	0	1	0	0	0	1
VL ne respectant pas la priorité	0	0	0	0	0	0	0	0

# Exemples de scénarios

Numéro scénario critique	id de Macro-section	Numéro de section	Evènement	Type de section	Manœuvre	Vitesse de la navette	Elément notable	Scenario Associé
1	1	1	Cycliste en sens inverse sur la voie de la navette	Station	Tout droit	18	Présence d'UV importante	Collision de la navette avec cycliste en sens inverse
2	1	2	VL ou PL au croisement ne respectant pas la priorité	Rond-point	Tout droit	18	Rond-point avec beaucoup de trafic Rond-point à feux	Collision de la navette avec un VL ou un PL ne respectant pas la priorité au rond-point
3	2	5	Piéton se déplaçant transversalement à la navette	Ligne droite	Tout droit	18	Présence d'UV importante ; stationnement de véhicule	Collision de la navette avec un piéton pouvant être masqué par des véhicules stationnés
4	2	7	Piéton se déplaçant transversalement à la navette	Ligne droite	Tout droit	18	Présence d'UV importante ; stationnement en bataille	Collision de la navette avec un piéton pouvant être masqué par des véhicules stationnés en bataille
5	3	13	VL ou PL au croisement ne respectant pas la priorité	Carrefour stop	Tout droit	18		Collision de la navette avec un VL ou un PL ne respectant pas la priorité à droite à un carrefour stop
6	4	15	Piéton se déplaçant parallèlement à la navette avec un VL sur la voie	Zebra	Tout droit	10	Présence de beaucoup de piéton dû à lun arrêt de bus	Collision de la navette avec un piéton sur la voie parallèlement à la navette
7	4	19	VL ou PL au croisement ne respectant pas la priorité	Sortie chemin	Tout droit	18	Sortie riveraine peu visible	Collision de la navette avec un VL ou un PL qui sort d'une sortie riveraine à droite en ne respectant pas la priorité

## Exemples de gestion du risque

- **Démontrer que le risque est réduit**
  - Démontrer que la navette saura gérer la situation
- **Aménager le site**
  - Ajouter des feux de trafic
  - Supprimer des masquages
- **Modifier les règles de circulation**
  - Réduire la vitesse des autres usagers
  - Changer le sens de parcours
  - Réduire la vitesse de la navette

# Conclusion

- **Analyse d'un parcours sans a priori sur les événements redoutés**
  - **Description des éléments d'infrastructure**
    - Masquages, usages nominaux
  - **Description des interactions avec les autres usagers de la route**
    - Spécificité de la zone : commerces, groupe scolaires, hôpitaux, casernes de pompiers, ....
  - **Limites**
    - Sens de circulation très importants
    - Point le plus délicat : fréquences des évènements
  - **Améliorations possibles**
    - liste des évènements
    - Outil d'annotations des sections
- **Autres applications possibles**
  - **Analyse de voies de circulation ?**

## 9 Partenaires et 2 Territoires très complémentaires

- **Univ. Gustave Eiffel (Coordinateur):** Acceptabilité & Acceptation, Sécurité & Confort
- **Berthelet :** Solutions de Mobilité Durable - Opérateur
- **Eiffage Energies Systèmes :** Infrastructure & Communication
- **EDF :** Acceptabilité & Acceptation
- **ENTPE :** Impacts Socio-Economique et Environmental
- **Instant System :** HMI - Application de Mobilité
- **Navya :** Conception et Construction des Navettes Autonomes
- **Sector :** Sûreté de fonctionnement
- **Transpolis :** Scénarios et Tests VA et ADAS
- **Cœur de Brenne :** Communauté de Communes
- **Sophia Antipolis :** Communauté d'Agglomérations

# Merci de votre attention

Hélène Tattegrain

UGE TS2 Lescot

25 avenue F. Mitterrand

Tel/Mail : 04 72 14 25 82

[helene.tattegrain@univ-eiffel.fr](mailto:helene.tattegrain@univ-eiffel.fr)