

Sécurité des usagers de la route de la route et conduite automatisée

Interactions véhicule / 2 roues motorisés (WP5)

Thierry SERRE (UGE)

Vincent JUDALET (ESTACA)

Fallou WADJI & Reakka KROGER (CEESAR), Cyril CHAUVEL (LAB)





Sécurité des usagers de la route
et conduite automatisée

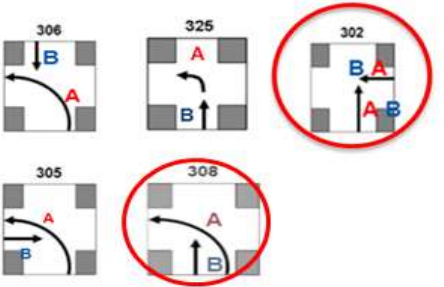
Présentation des scénarios d'intérêt entre véhicule automatisé et 2 roues motorisés

Thierry Serre

Familles de scénarios retenues pour les 2 RM

Intersection TAG (VL)



A 
B 

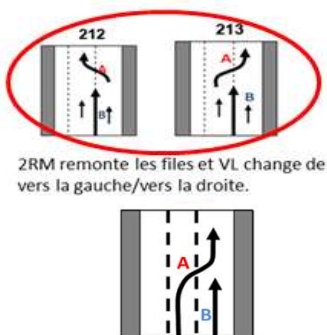


Un véhicule léger confronté à un 2RM (VL tournant à gauche et 2RM allant tout droit)

Circulation inter-file 2RM

Changement de voie VL



A 
B 

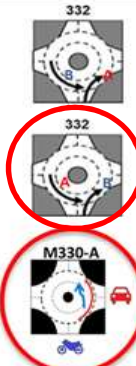


2RM remonte les files et VL change de voie vers la gauche/vers la droite.

VL change de voie (ou se rabat) vers la droite et 2RM circulant sur cette voie.

Giratoire

A 
B 





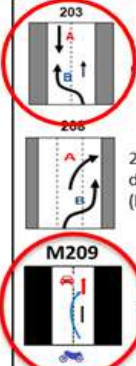
Sur giratoire : VL s'insère sur le giratoire alors qu'un 2RM arrive à sa gauche (1)

Sur giratoire : 2RM s'insère sur le giratoire alors qu'un VL arrive à sa gauche (2)

Accident sur giratoire: le véhicule circulant sur l'anneau intérieur décide de sortir du giratoire alors que se trouve un autre véhicule sur l'anneau extérieur.

Dépassement (2RM)

A 
B 




Un 2RM dépasse un véhicule est confronté à un VL arrivant en sens inverse

2RM dépasse par la droite un VL qui décide de se rabattre ou de tourner à droite (hors intersection)

Un véhicule en dépassement se rabat et percute le véhicule qui le précède.

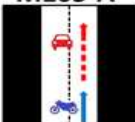
Insertion (VL)

A 
B 



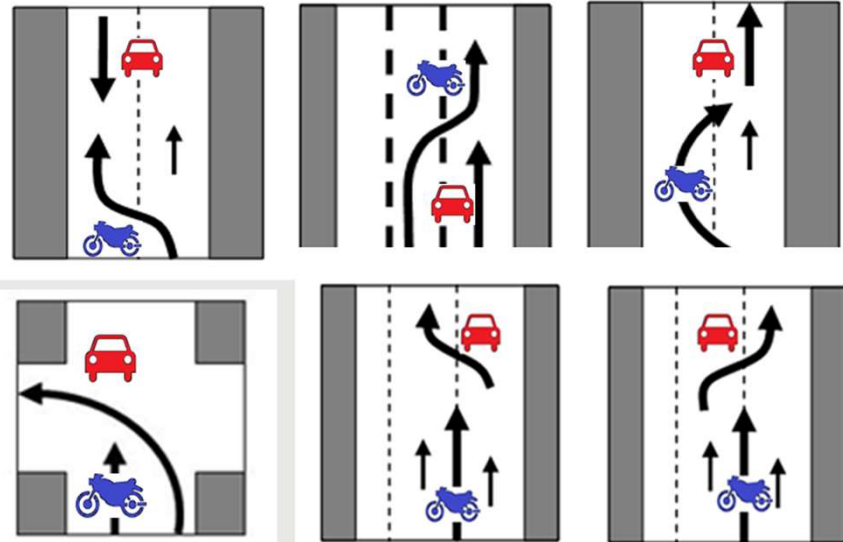
VL provenant de la bretelle d'entrée est confronté à un 2RM)

M105-A



Un véhicule heurte l'arrière du véhicule précédent qui ralentissait.

Dépassement en circulation inter-files



Quelle(s) précaution(s) prend le 2RM au moment du dépassement, et quelles sont les réactions du VA ?

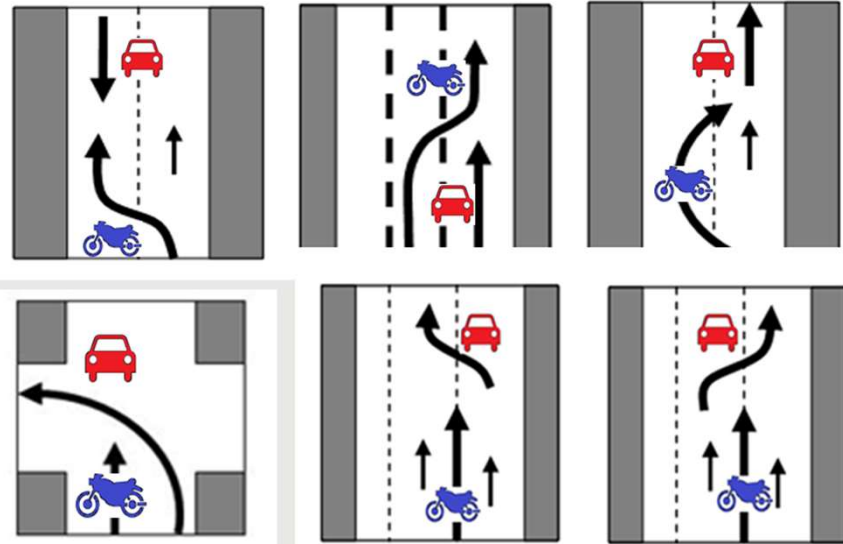
Quelle(s) précaution(s) prend le 2RM au moment de la remontée de file, quelles sont les réactions du VA en tête de file, et quelles sont les réactions des VL intermédiaires ?

Quels sont les indicateurs qui font comprendre précocement au VA que le 2RM peut ou va engager un dépassement ?

Quelles sont les normes comportementales partagées ou pas en remontée de file (de type courtoisie, par exemple, « s'écarter »)?

Quelle est la vitesse du 2RM ? Où se situe le 2RM par rapport au VL (VA) en latéral, en longitudinal ?

Dépassement en circulation inter-files



Aider le VA à identifier précocement l'éventualité d'une manœuvre de dépassement du 2RM avant même qu'elle ne soit engagée

→ Aide à la décision de manœuvre VA

→ Aide à la décision de délégation au conducteur

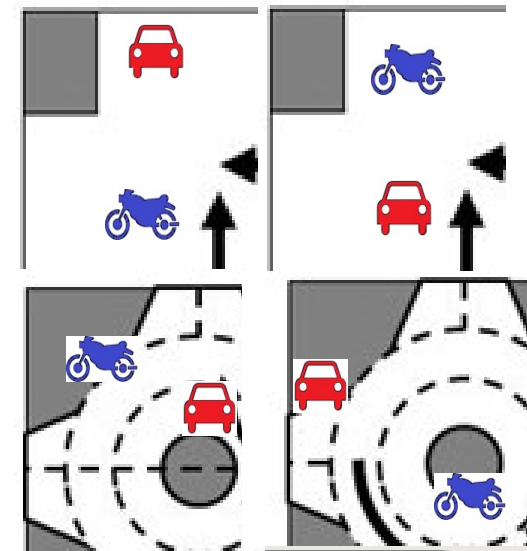
EDA – Etudes Détaillées d'Accidents de l'Univ. Eiffel/LMA et du LAB

MOOVE - MOnitoring Outillé pour le Véhicule dans son Environnement par Vedecom

DYMOA - Diagnostic d'infrastructures et dynamique du véhicule pour les Motos et les Autos Par Univ. Eiffel/LMA et Cerema

MACC C - Moto d'Analyse du Comportement du Conducteur par Cerema

Insertion carrefour/ giratoire

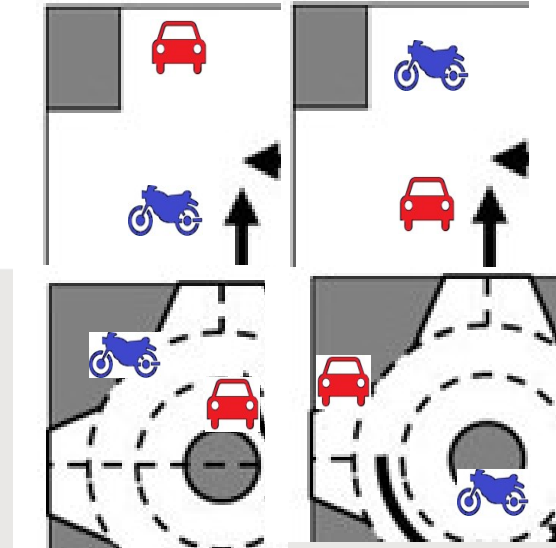


Quelle(s) précaution(s) prend le 2RM au moment de s'insérer dans le Carrefour, et quelles sont les réactions du VA face au 2RM qui lui coupe la route ?

Quelle(s) précaution(s) prend le 2RM lorsqu'il entre dans le Giratoire et comment réagit le VL lorsqu'il se fait couper la route ?

Quelle(s) précaution(s) prend le 2RM lorsqu'il est dans le Giratoire, et comment réagit le VL lorsqu'il se fait couper la route ?

Insertion carrefour/ giratoire



Quel comportement devrait adopter un VA ?

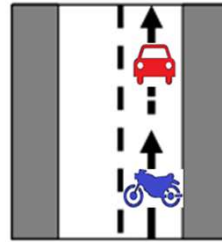
- pour gérer les usagers qui coupent la route
- Pour rentrer dans un giratoire
- Pour rouler dans un giratoire

EDA – Etudes Détaillées d’Accidents de l’Univ. Eiffel/LMA et du LAB

DYMOA - Diagnostic d'infrastructures et dynamique du véhicule pour les Motos et les Autos par Univ. Eiffel/LMA et Cerema

MACC - Moto d'Analyse du Comportement du Conducteur par Cerema

Ralentissement



Le VA ralentit, alors que le 2RM roulait derrière. De quelle(s) manière(s) le 2RM réagit dans cette situation ?

Quel comportement devrait adopter un VA lors de la décélération alors qu'un 2RM le suit ?

DYMOA - Diagnostic d'infrastructures et dynamique du véhicule pour les Motos et les Autos par Cerema

MACC - Moto d'Analyse du Comportement du Conducteur par Cerema

En résumé...

Des enjeux 2RM sur:

- **Les situations**
 - En intersection (manœuvre de tourne à gauche)
 - En insertion
- **Les changements de voie**
- **Les phases de dépassement ou remontée de file**

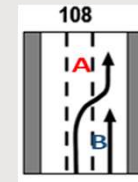
Exemple d'analyse des interactions entre conducteurs de véhicule léger conventionnel et de 2 roues motorisés - MOOVE

Vincent Judalet

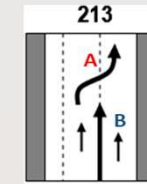
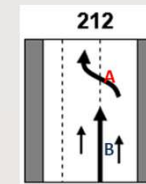
Les scénarios étudiés

- **Deux scénarios sélectionnés:**

- Les cut-in des 2RM (insertion et rabatement)



- La remontée de files des 2RM



- **Analyses issues de la base de données MOOVE**

- Caractérisation des manœuvres des 2RM

- Etude des interactions entre le 2RM et le véhicule MOOVE

La base de données MOOVE

- 1 million de km parcourus par des chauffeurs professionnels, majoritairement en interurbain et sur autoroute
- Véhicules équipés de capteurs extéroceptifs

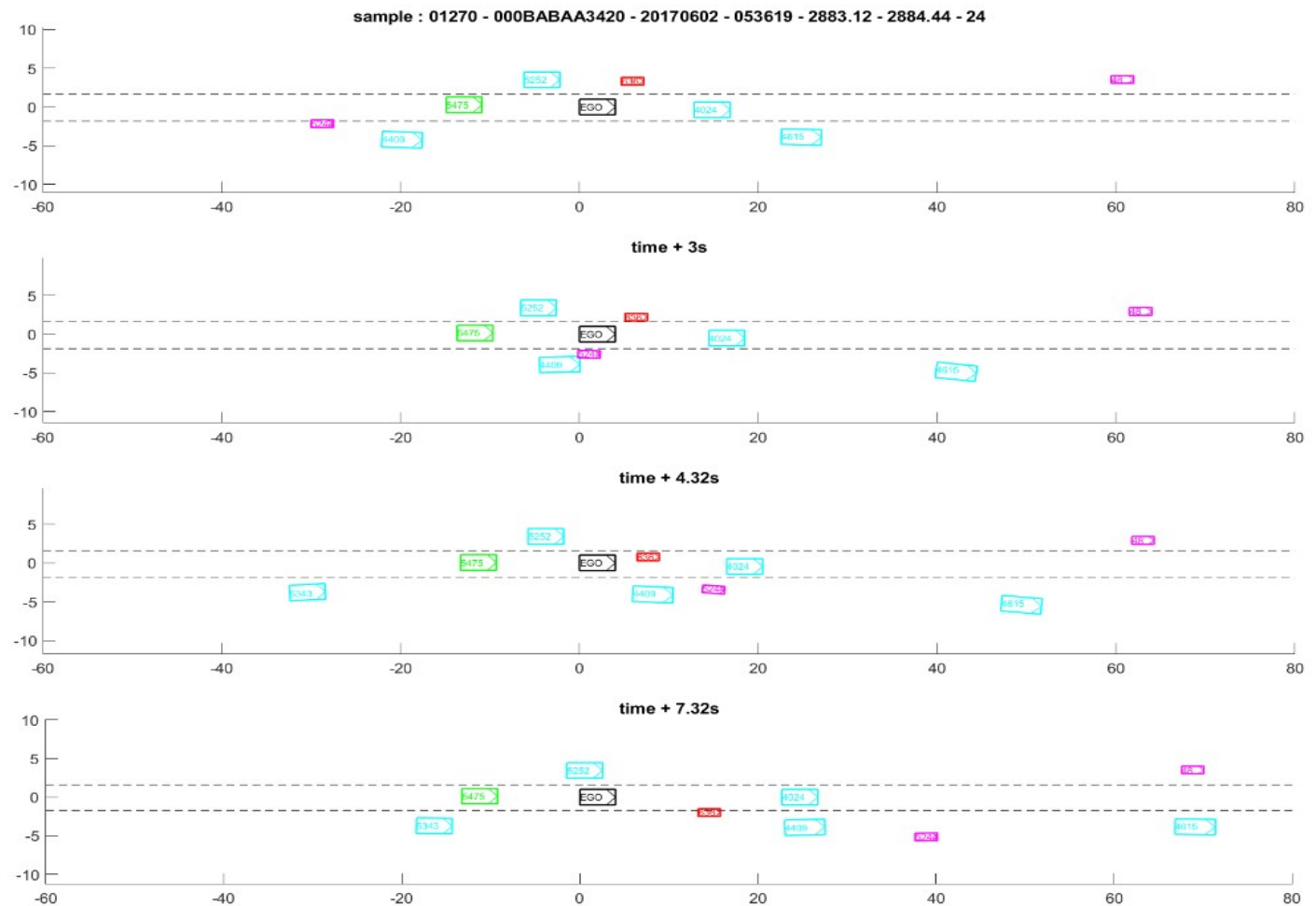


- **Les extractions (scènes de ~10 secondes) contiennent:**
 - **Ego** : position, vitesse, accélération, actions du conducteur
 - **Infrastructure** (marquages, voies, vitesse limite, courbure ...)
 - **Environnement** (météo, conditions lumineuses)
 - **Obstacles** : position, vitesse

Etude 1 : Insertions et rabattements de 2RM (cut-in)

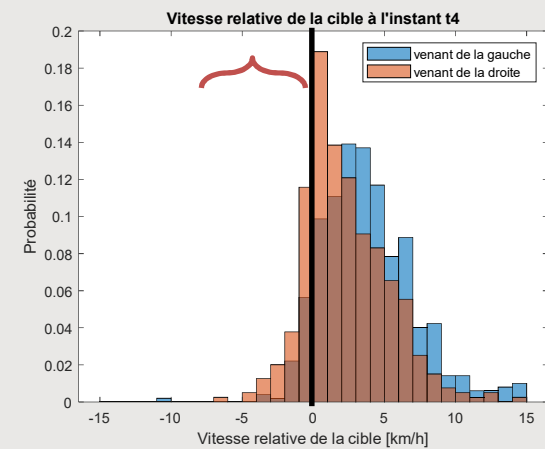
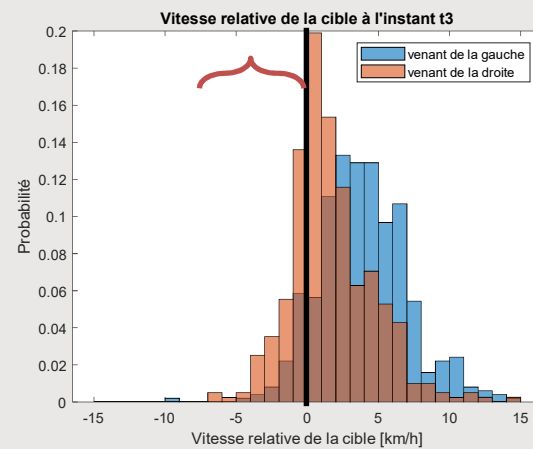
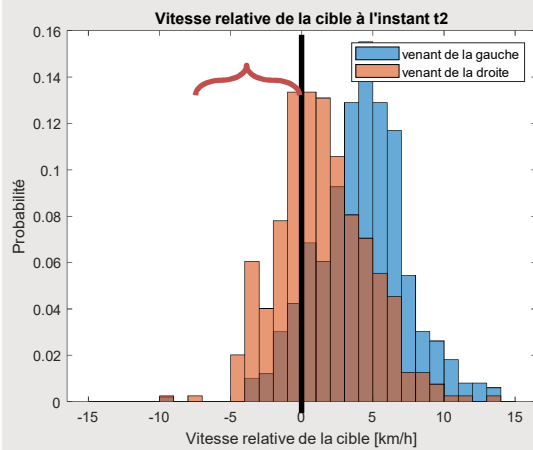
- Nombre d'extractions: 397 rabattements / 496 insertions

T1
3 secondes
T2 – début du franchissement
T3 – fin du franchissement
3 secondes
T4



Etude 1 : Insertions et rabattements de 2RM (cut-in)

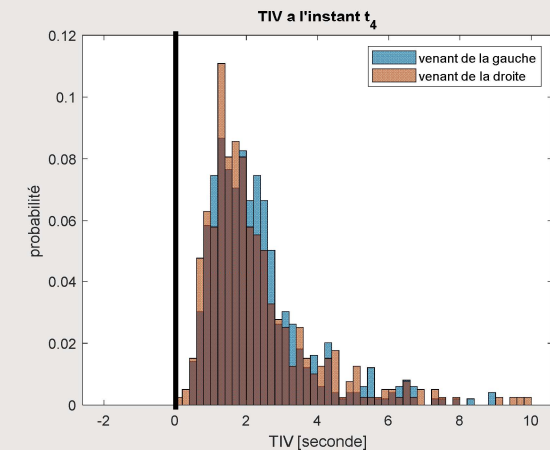
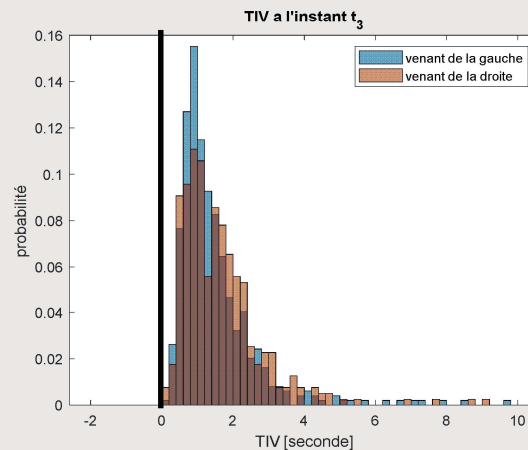
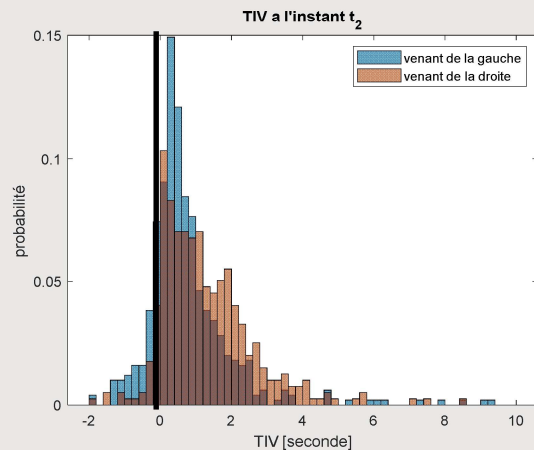
- Vitesses relatives des 2RM



- Lorsque les 2RM roulent moins vite que l'EGO, ils accélèrent pendant la manœuvre d'insertion

Etude 1 : Insertions et rabattements de 2RM (cut-in)

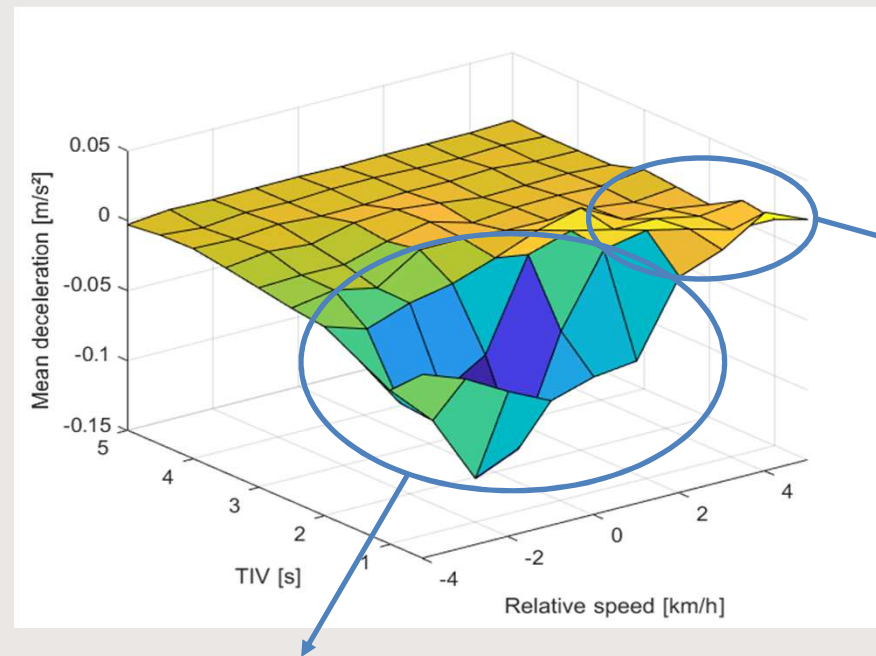
- Temps inter véhiculaire (TIV) 2RM <-> EGO



- Les TIV sont très faibles (< 0,6 seconde à l'instant T3 dans 10% des cas)
- La réaction de l'EGO est limitée (pas de freinage actif observé)

Etude 1 : Insertions et rabattements de 2RM (cut-in)

- Décélération de l'EGO



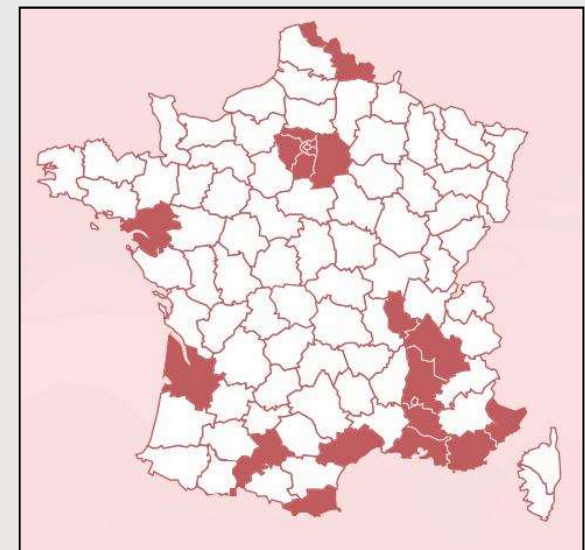
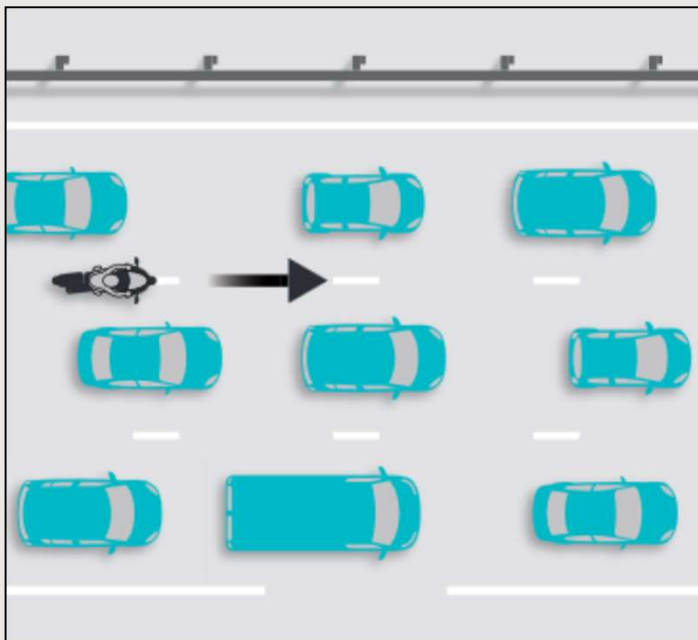
Pas de réaction de l'EGO

La réaction de l'EGO est limitée (pas de freinage actif observé)

Etude 2 : Remontées de files des 2RM

- **La circulation inter-files:**

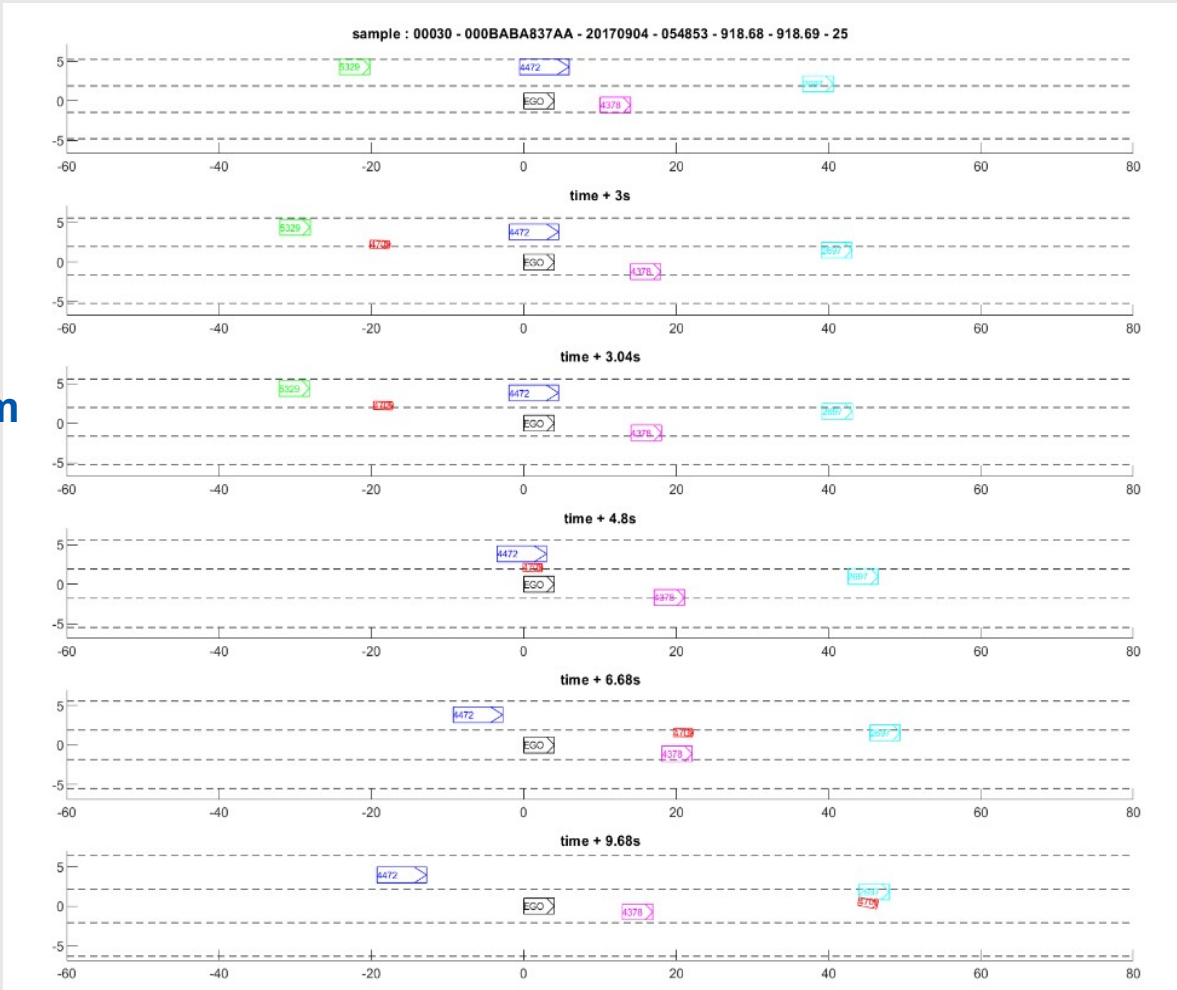
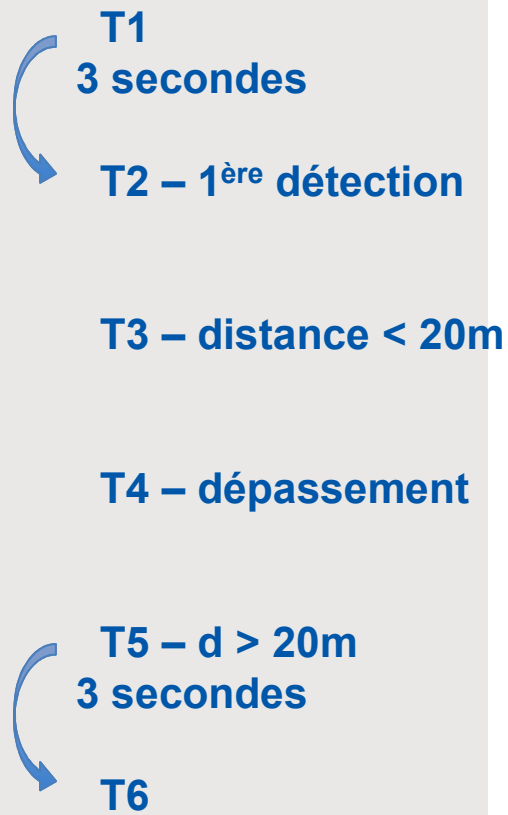
- Autorisée à titre expérimental dans 21 départements
- Entre les deux files situées les plus à gauche
- Circulation dense sur les 2 files (< 50km/h)
- Vitesses relatives < 30 km/h



Source : www.securite-routiere.gouv.fr/

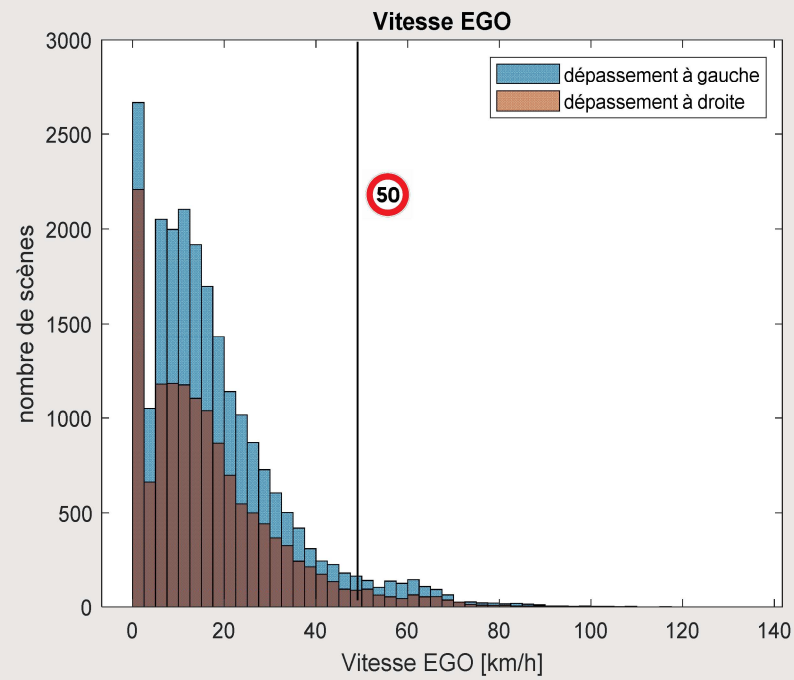
Etude 2 : Remontées de files des 2RM

- Nombre d'extractions: 36276 scènes (22447 dépassements à gauche)

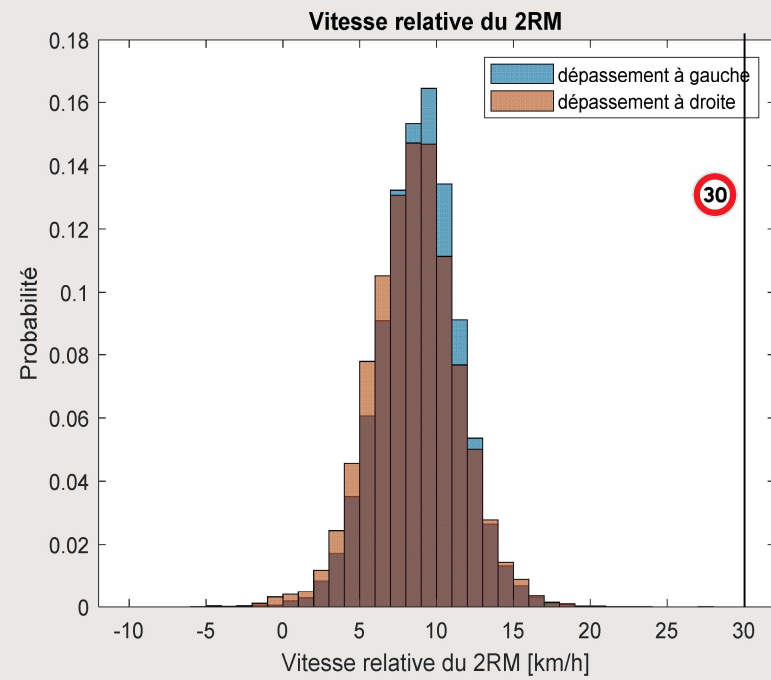


Etude 2 : Remontées de files des 2RM

- Vitesse de la circulation

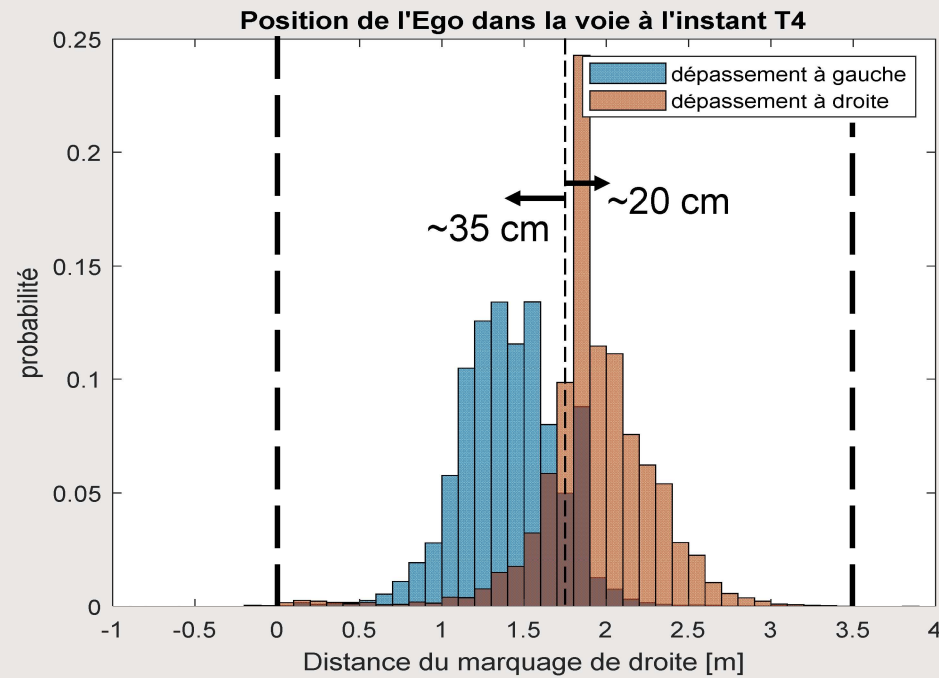


Vitesse relative des 2RM



Etude 2 : Remontées de files des 2RM

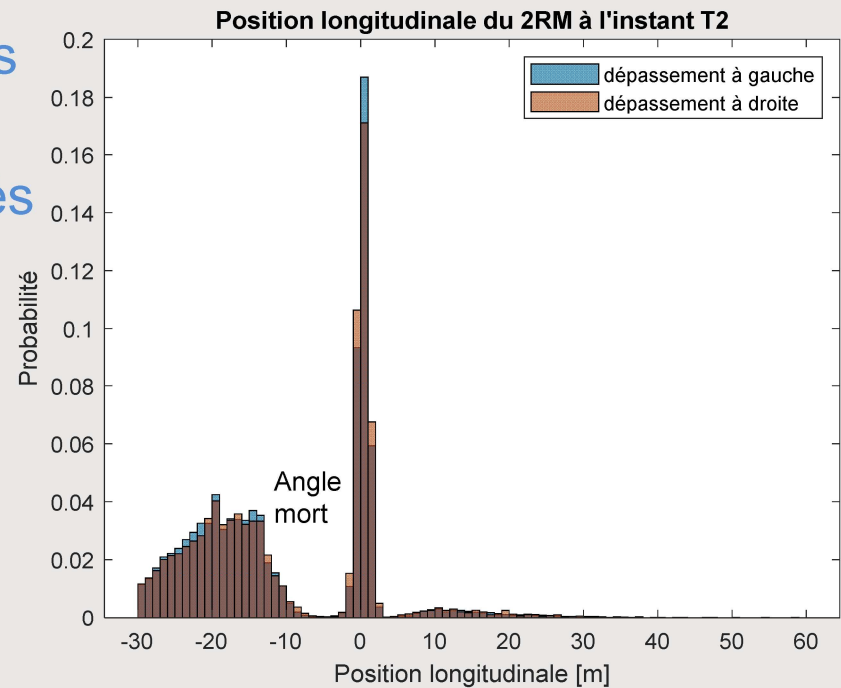
- **Position de l'EGO dans la voie**



– Les véhicules se décalent pour faciliter les remontées de file

Etude 2 : Remontées de files des 2RM

- **Première détection des 2RM**
 - Détections tardives (<5m) dans environ 1/3 des cas.
 - Les 2RM peuvent être masqués par un véhicule à l'arrière de l'EGO



Recommandations:

Manœuvres de cut-in d'un 2RM

Lorsqu'un 2RM se rabat ou s'insère devant un véhicule automatisé avec un temps inter véhiculaire réduit, celui-ci ne doit pas réaliser un freinage brusque si la vitesse relative du 2RM est positive ou nulle.

Remontées de files

Lorsqu'un véhicule automatisé roule sur une route sur laquelle des 2RM sont susceptibles de réaliser des remontées de file, le VA doit se positionner dans sa voie de manière à faciliter la remontée de file.

Lorsqu'un véhicule autonome décide de réaliser un changement de voie sur une route à voies multiples, il doit être en mesure de détecter suffisamment tôt les 2RM qui réalisent une remontée de file.

Modélisation des scénarios – DYMOA

Thierry Serre

Reconstitution de scénarios 2RM issus de données DYMOA

Simulation de détection par le 4RM

- Instrumentation d'une flotte d'une quarantaine de véhicules
- Enregistrement pendant 45s autour d'un événement/incident
- Données enregistrées: vitesse, trajectoire GPS à 1 Hz, accélérations longitudinale, transversale et verticale, vitesses de rotation de roulis, tangage et lacet à 100Hz
- Enregistrement vidéo de la scène à l'avant

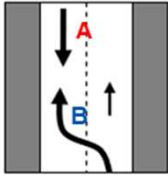
Pour SURCA:

- Reconstitution du scénario
- Simulation d'un cône de détection à l'avant du VL

(et éventuellement un à l'arrière)

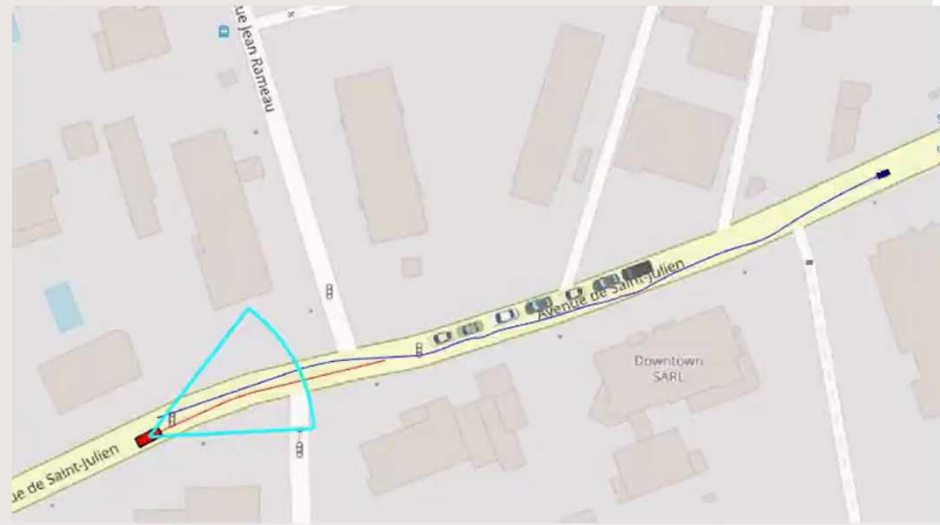
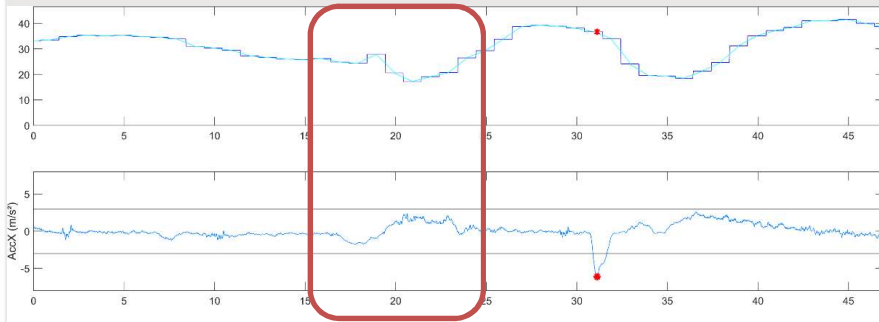
- portée de 30 m
- champ de vue de 25°





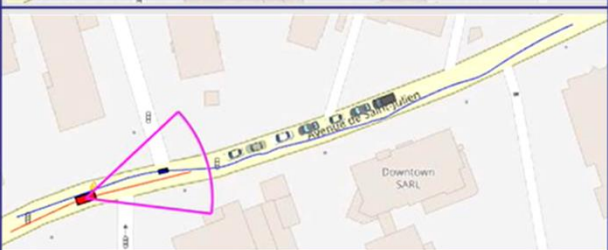

203

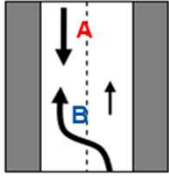


Le 2RM double une file de véhicules et se retrouve en face d'un VL qui démarre au feu

A – Véhicule supposé automatisé B – 2RM

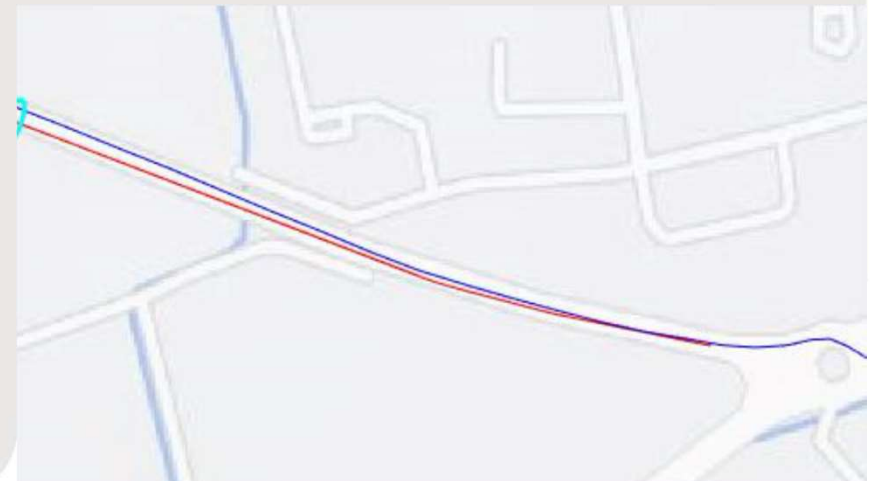
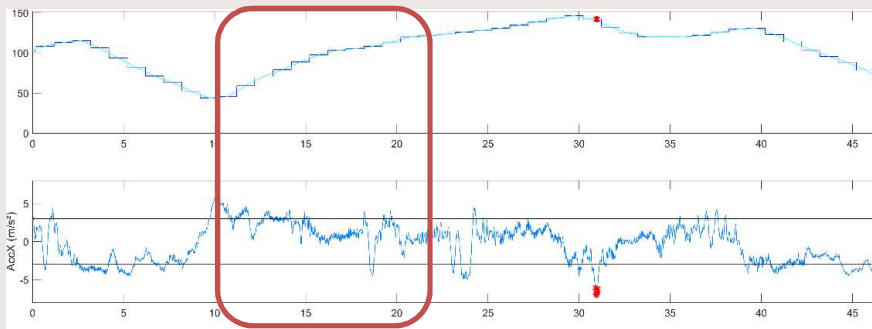
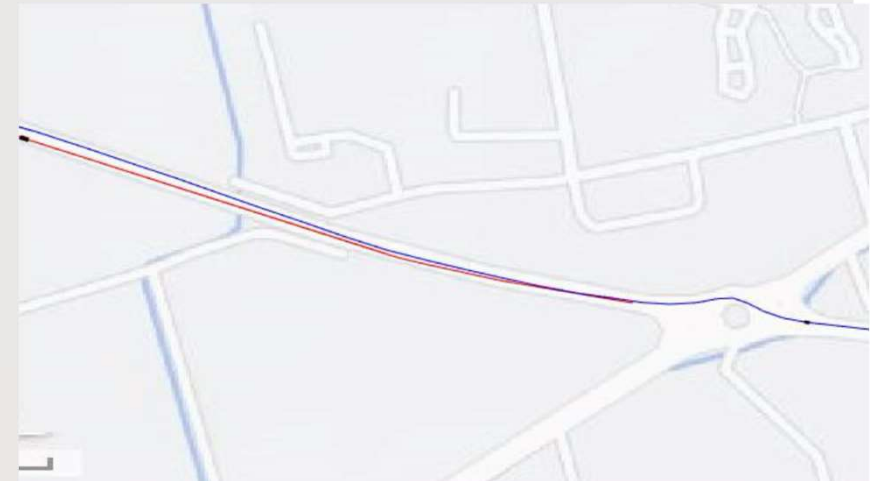


-4s			VL : 11,5 km/h 2RM : 26 km/h
-3s			VL : 14,5 km/h 2RM : 24,5 km/h
-2s			VL : 17,5 km/h 2RM : 19 km/h
-1s			VL : 20,5 km/h 2RM : 18 km/h
0			VL : 23 km/h 2RM : 20 km/h

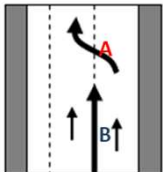


Le 2RM double des VL et se retrouve en face d'un VL qui se serre et ralentit pour permettre le croisement

A – Véhicule supposé automatisé B – 2RM

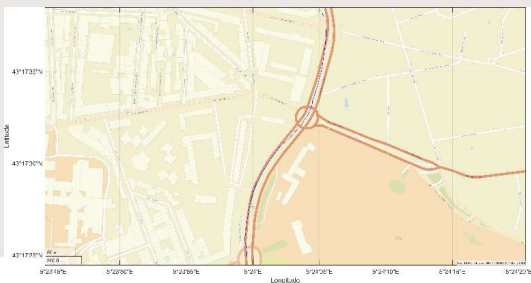
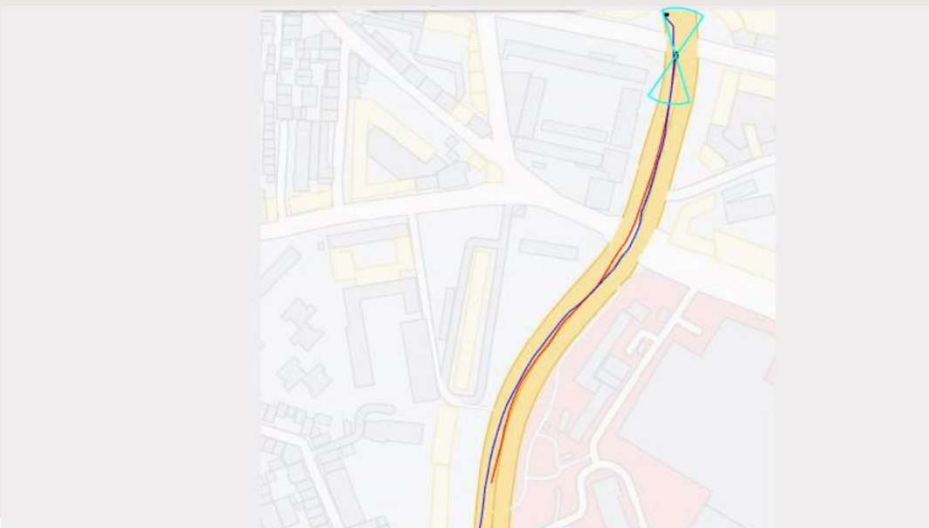
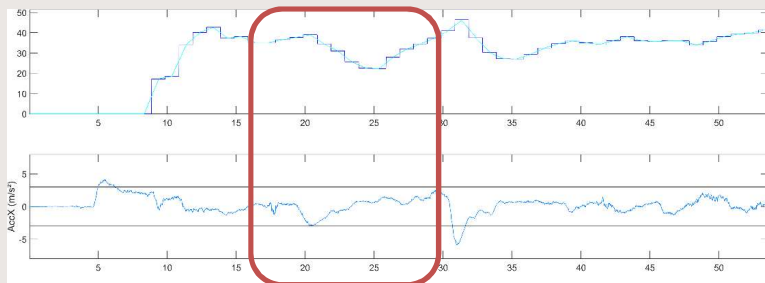


-4s			VL : 64 km/h 2RM : 99 km/h
-3s			VL : 64 km/h 2RM : 104 km/h
-2s			VL : 64 km/h 2RM : 106 km/h
-1s			VL : 59 km/h 2RM : 109,5 km/h
0			VL : 51,5 km/h 2RM : 115 km/h



Le 2RM veut dépasser un VL mais celui-ci a mis son clignotant G, il attend que celui-ci passe sur sa voie et le dépasse par la droite

A – Véhicule supposé automatisé B – 2RM



-4s			VL : km/h 2RM : km/h
-3s			VL : 16 km/h 2RM : 36 km/h
-2s			VL : 22 km/h 2RM : 37 km/h
-1s			VL : 29 km/h 2RM : 38,5 km/h
0			VL : 32 km/h 2RM : 36 km/h

Analyse des scénarios – Etudes détaillées d'accidents (EDA)

Fallou Wadji & Reakka Kröger

Etudes détaillées d'accidents

La base de données EDA-LAB

- **Etudes détaillées d'accidents**
 - Temps réel
 - Temps différé
- **Zone/Période de recueil**
 - Département de l'Essonne (91)
 - La période de collecte (2005-2019)
- **Analyse de l'accident**
 - **Infrastructure** (plan détaillé)
 - **Véhicule** (déformations)
 - **Conducteur** (lésions, équipements du conducteur 2RM, défaillances et éléments explicatifs)
 - **Reconstruction cinématique**
et simulation PC- Crash (vitesse au choc)



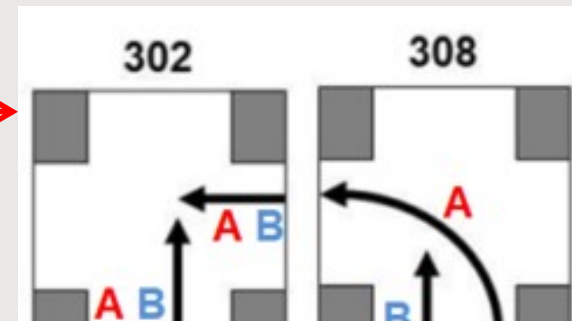
Sélection des accidents

EDA LAB 2005 à 2019
757 accidents

Nombre total d'accidents
2RM/VL
76 accidents

3 configurations d'accidents
sélectionnées
5 accidents analysés

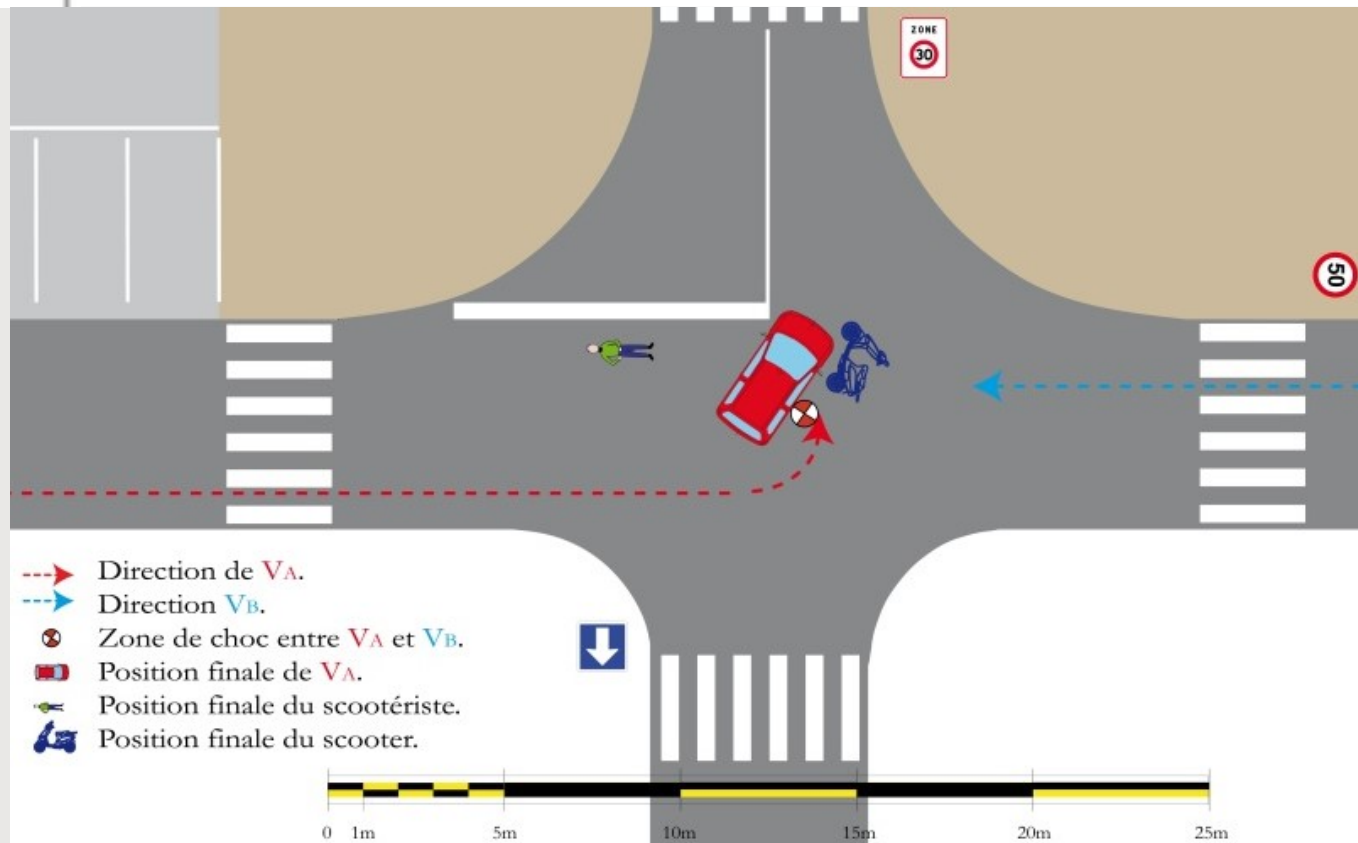
2 accidents présentés
Cas 1 : 306
Cas 2 : 308



Cas 1

Accident en intersection ; les 2 véhicules provenant de directions opposées, dont l'un allant tout droit et l'autre tournant à gauche.

A – Véhicule supposé automatisé B – 2RM

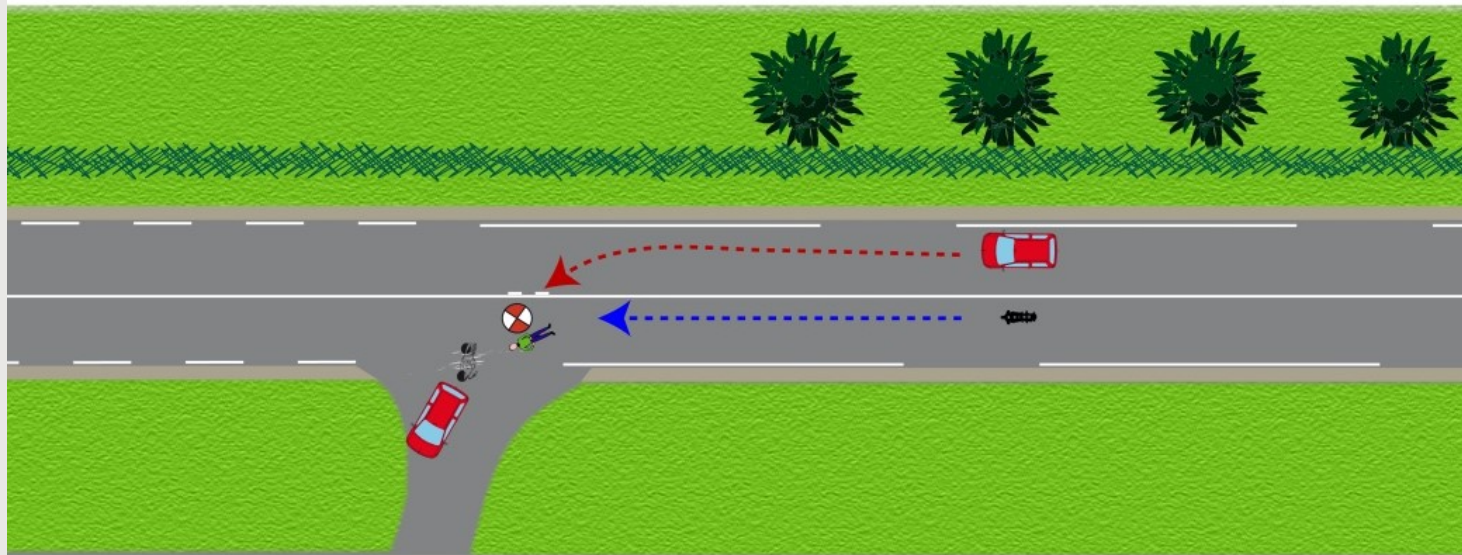
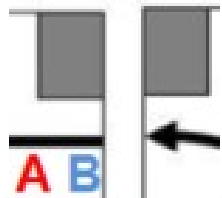


- En agglomération
- $V_{\text{limit}}=50$ km/h
- Intersection en X
- Chaussée sèche
- Temps clair
- Conducteur VL: ♂ 41ans, indemne
- Conducteur 2RM: ♂ 37 ans, blessé
- $V_{\text{choc VL}}= 25$ km/h
- $V_{\text{choc 2RM}}= 35$ km/h

Cas 2

Accident en intersection ; les 2 véhicules provenant de la même direction, dont le véhicule le plus à droite décide de tourner à gauche coupant la route de l'autre.

A – Véhicule supposé automatisé B – 2RM



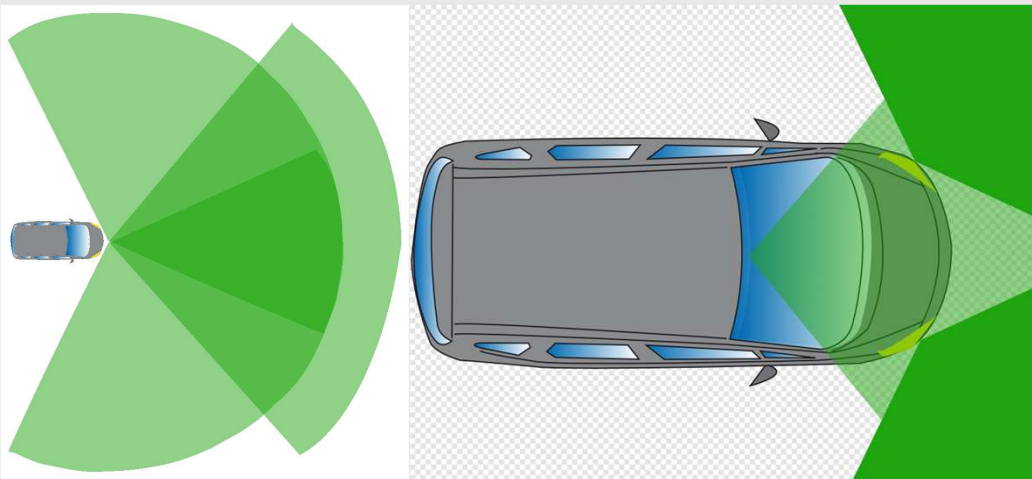
- > Direction de V_A .
- > Direction V_B .
- ⊗ Zone de choc entre V_A et V_B .
- 🚗 Position finale de V_A .
- 🏍️ Position finale du motocycliste.
- 🏍️ Position finale de la moto.



- Hors agglomération
- $V_{\text{limit}} = 90 \text{ km/h}$
- Intersection en T
- Chaussée sèche
- Nuit, sans éclairage public
- Conducteur VL : ♂ 41 ans, indemne
- Motocycliste: ♂ 22 ans, blessé
- $V_{\text{choc VL}} = 16 \text{ km/h}$
- $V_{\text{choc 2RM}} = 38 \text{ km/h}$

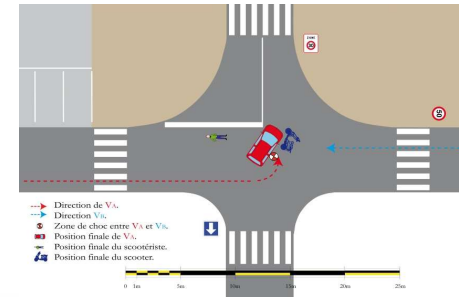
Les paramètres du système de freinage automatique d'urgence - Automated Emergency Braking(AEB)

- 2 capteurs chacun avec angle de 150° et une portée de 120 m. Ils sont positionnés sur le devant du véhicule (chacun sur un côté) avec un angle d'inclinaison de $\pm 45^\circ$
- Un capteur central d'un angle de 100° et une portée de 150 m



- TTC : 1s
- Délai détection : 0,20s
- Délai de mise en action freinage : 0,05s
- Durée de la mise en pression du système de freinage : 0,3s
- Valeur du freinage maximal : 0,9g
- Distance latérale max : 2 m.

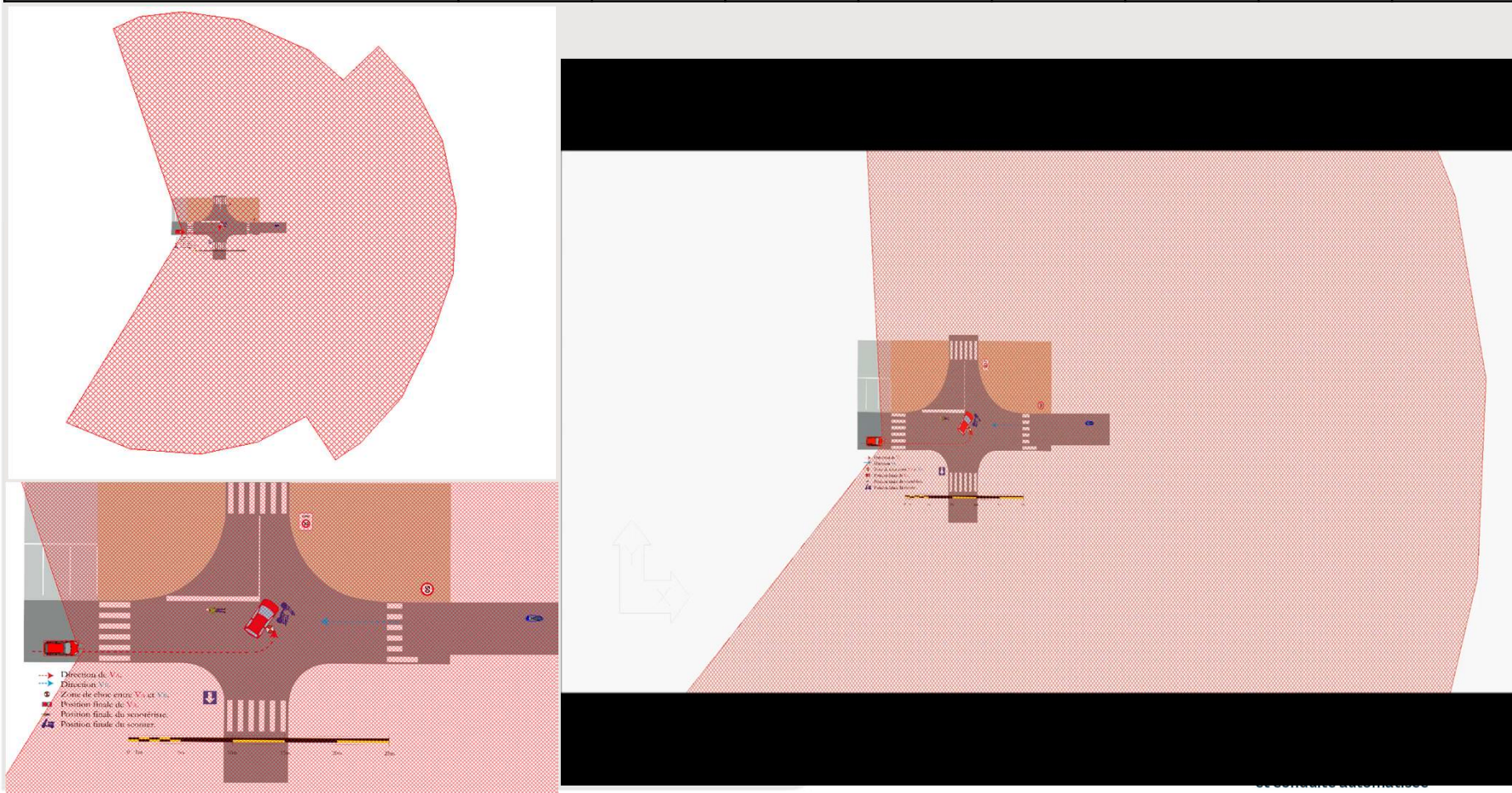
CAS 1: Simulation sans AEB



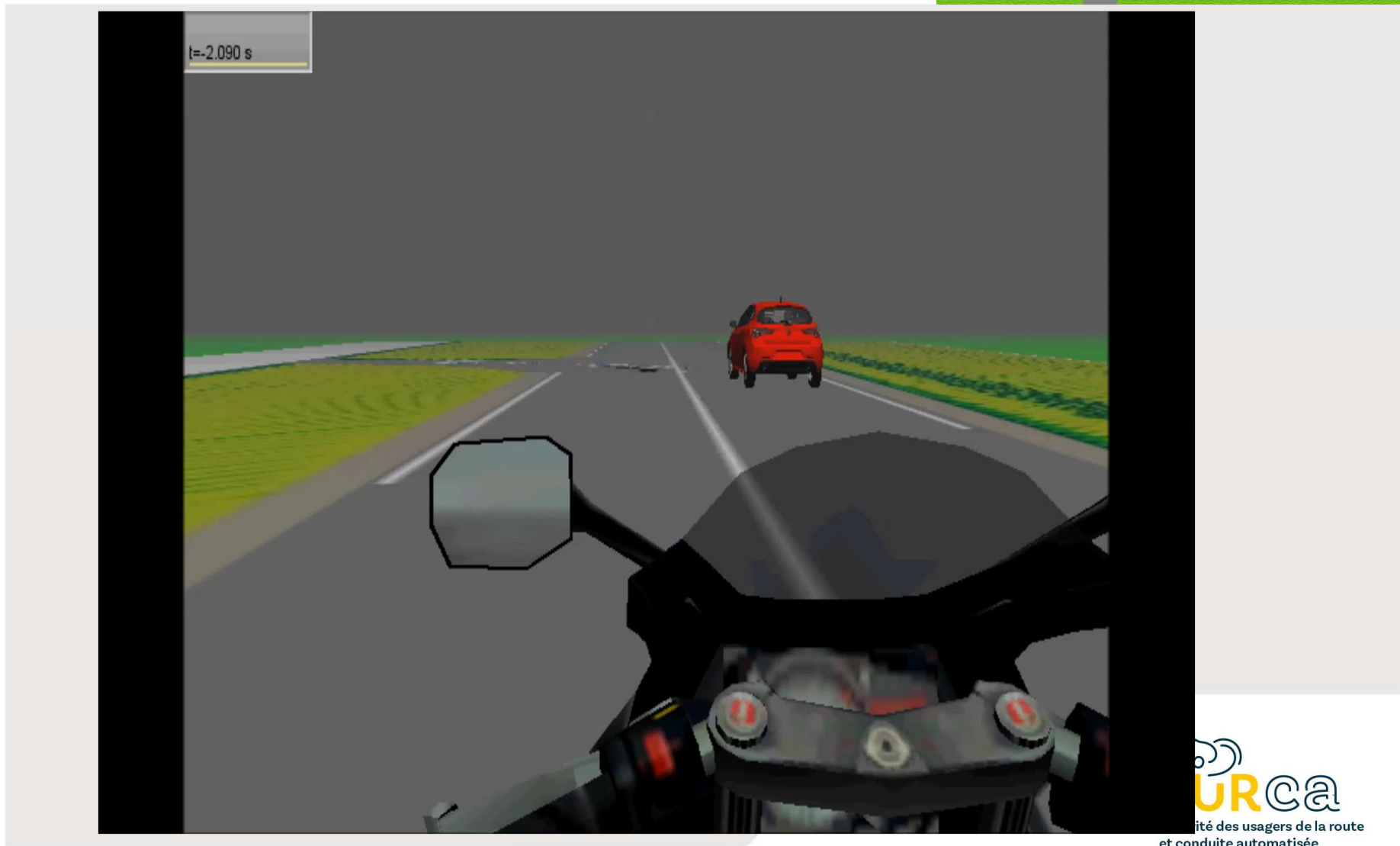
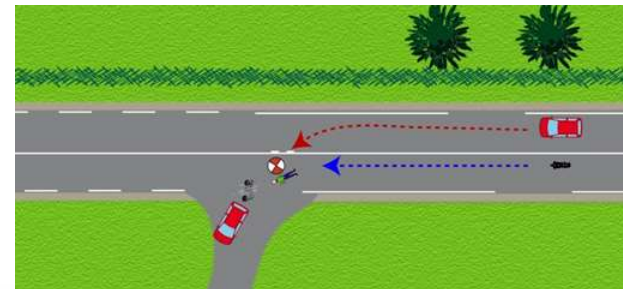
Cas 1: Simulation avec AEB

Détection et freinage automatique

	$\Delta t = 0,01$	COG_X	COG_Y	COG_Z	Tangage	Roulis	Lacet	Vitesse (km/h)
Déclenchement de AEB pour éviter l'accident	-1,000	4,130	-9,194	0,500	0,000	0,000	-3,497	33,419

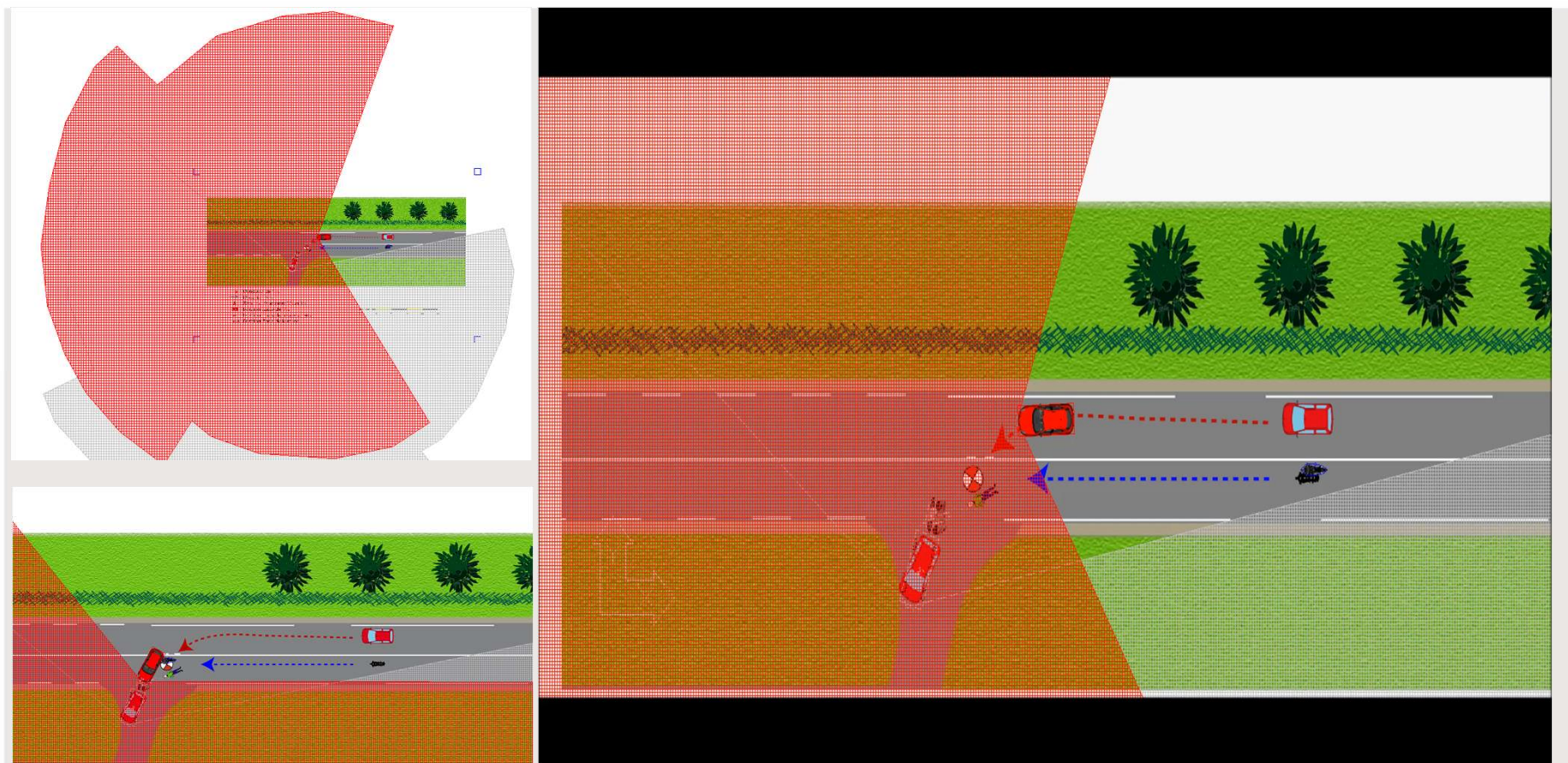


CAS 2: Simulation sans AEB



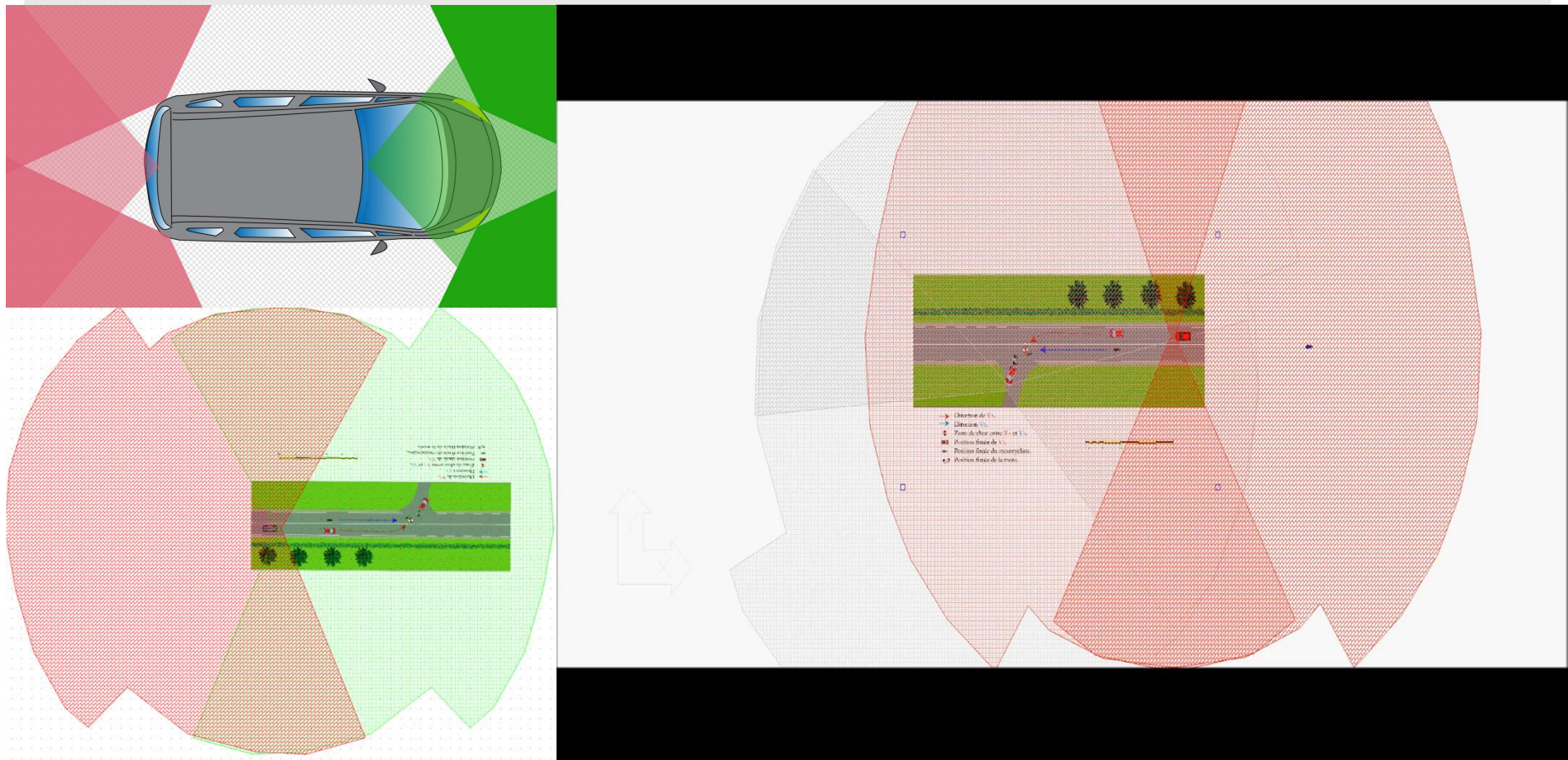
Cas 2: Simulation avec AEB

Détection et freinage automatique



Cas 2: Simulation avec une double détection avant - arrière

	$\Delta t = 0,01$	COG_X	COG_Y	COG_Z	Tangage	Roulis	Lacet	Vitesse (km/h)
Déclenchement de AEB pour éviter l'accident	-1	23,688113	-20,081204	0,5	0	0	-156,335962	15



Conclusion

Le 2RM est challengeant pour le VA, particulièrement les motocyclettes du fait de leur vivacité pour dépasser et changer de trajectoire.

Surca, projet de recherche partenariale

