



2.3 Etudes d'Impact



Co-financed by the Connecting Europe
Facility of the European Union

*The contents of this publication are the sole responsibility of InDiD Consortium
and do not necessarily reflect the opinion of the European Union.*

Présentation générale

Sophie Bourdy-Liébart (URCA)



Etudes d'impact

Objectif

- Evaluation des systèmes C-ITS implémentés dans InDiD d'un point de vue technique, social et économique.
- Expérience utilisateur, les bases de données
- Quantifier l'amélioration apportée par les C-ITS
 - sur site pilote,
 - en laboratoire,
 - via simulation,
 - études théoriques.

Etudes d'impact

Groupes de travail

- 2.3.2 Impact Sanitaire: Exposition aux Ondes Électromagnétiques
- 2.3.3 Evaluation Technique et Fonctionnelle
- 2.3.4 Comportement, Distraction et Sécurité Routière
- 2.3.5 Acceptabilité et Impacts Organisationnels
- 2.3.6 Impacts Socio-Économiques et Business Model
- 2.3.7 Trafic et Environnement
- 2.3.8 Impacts Juridiques

Groupes de travail (GT)

Impacts Sanitaires (Divitha Seetharamdoo)

- Impacts sur la santé
- Exposition aux Ondes Électromagnétiques (EM)
- Augmentation des sources émettrices = augmentation du nombre et de la durée d'exposition d'énergie rayonnée ?

Groupes de travail (GT)

Evaluation technique et fonctionnelle (Hasnaa Aniss)

- ✓ Objectifs fonctionnels des services
- ✓ Objectifs fonctionnels pour passage au déploiement à grande échelle

- ✓ Réseau numérique
- ✓ Sécurité des données
- ✓ Précision de la géolocalisation

Groupes de travail (GT)

Comportement, Distraction et Sécurité Routière (Laura Bigi)

- Les enjeux de sécurité routière
- Situations accidentogènes:
 - ✓ L'utilisation de l'application smartphone Coopits
 - ✓ Les passages à niveau
 - ✓ L'insertion sur voie courante pour véhicule à conduite automatisée

Groupes de travail (GT)

Acceptabilité et Impacts organisationnels (Mehdi Chahir)

- ✓ L'application smartphone Coopits → Grand public
- ✓ Acceptation des C-ITS et du Véhicule à conduite automatisée (VCA) → Agents d'exploitation

Groupes de travail (GT)

Impacts socio-économiques et Business Model (Jamel Chakir)

- ✓ Définir un modèle économique favorable de déploiement en prenant en compte les différentes possibilités de connectivité.

Groupes de travail (GT)

Trafic et Environnement (Pierre-Antoine Laharotte)

- ✓ Gains sur la régulation du trafic
- ✓ Consommation énergétique
- ✓ Émissions polluantes

→ Modèle de simulation du passage à l'échelle

Groupes de travail (GT)

Impacts Juridiques (Cabinet Lexing)

- Conséquences juridiques pour différents acteurs.
- Cas d'usages → Véhicule à conduite automatisée

2.3.2 Exposition aux Ondes Électromagnétiques

Divitha Seetharamdoo (Université Gustave Eiffel)

Le cadre réglementaire

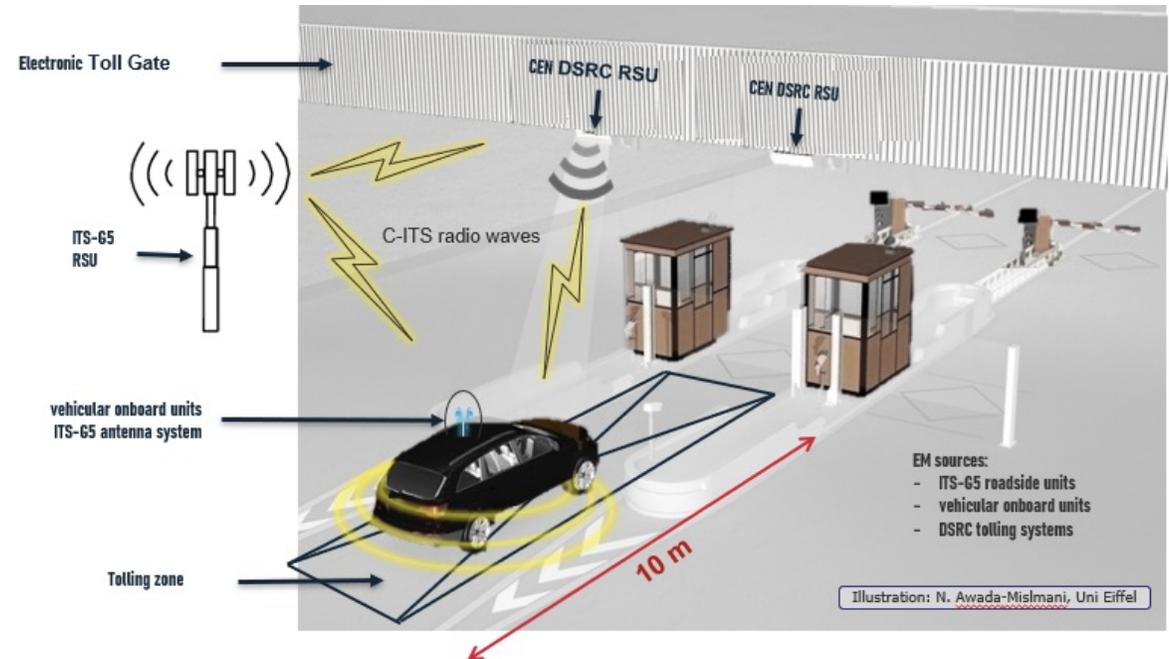
Recommandations 1995/519/CE sur la limitation du niveau d'exposition du public

- Objectif : définir les valeurs limites afin de prévenir des risques biophysiques directs et les effets indirects connus.
- Ces recommandations sont basées sur celles de l'ICNIRP (International commission on non-ionizing radiation protection) - Recommandation adoptée en France – Décret 2002-77.
- Directive Européenne 2013/35/CE du Conseil Européen sur la limitation du niveau d'exposition des travailleurs - Recommandation adoptée en France - Décret 2016-1074 avec entrée en vigueur au 1er janvier 2017.
- IEEE/IEC 62704-1-2017 (norme) - Méthode numérique pour déterminer le débit d'absorption spécifique (DAS) dans le corps humain à partir d'appareils de communication sans fil, 30 MHz - 6 GHz.

Le cas d'usage considéré

Scénario : Véhicule automatisé s'approchant d'une station de télépéage

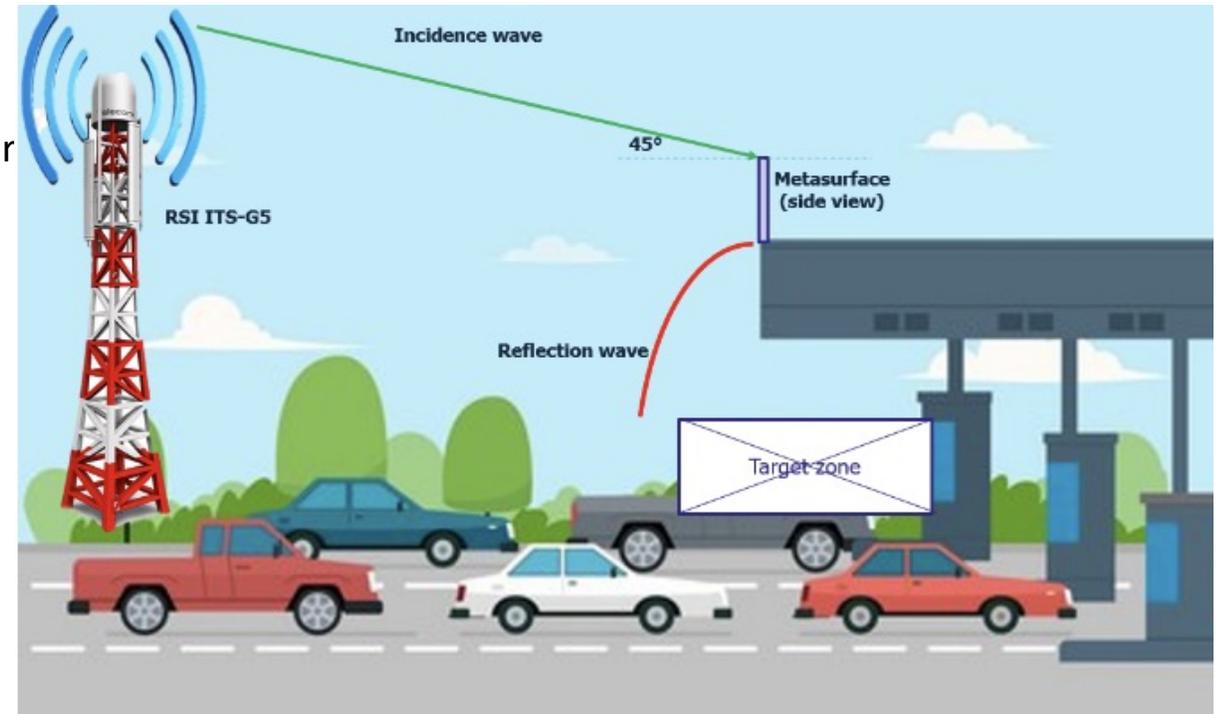
- Envoi d'un message spécifique lors de l'approche d'un VA
- Aide à l'orientation du VA vers une voie de télépéage
- Contraintes
 - Risque de perturbation électronique pour les équipements de péage électronique
 - Couverture : présence d'obstruction métalliques
 - Choix technologique qui tiennent compte de l'exposition EM



Solution proposée

Réflecteur avec des propriétés holographiques

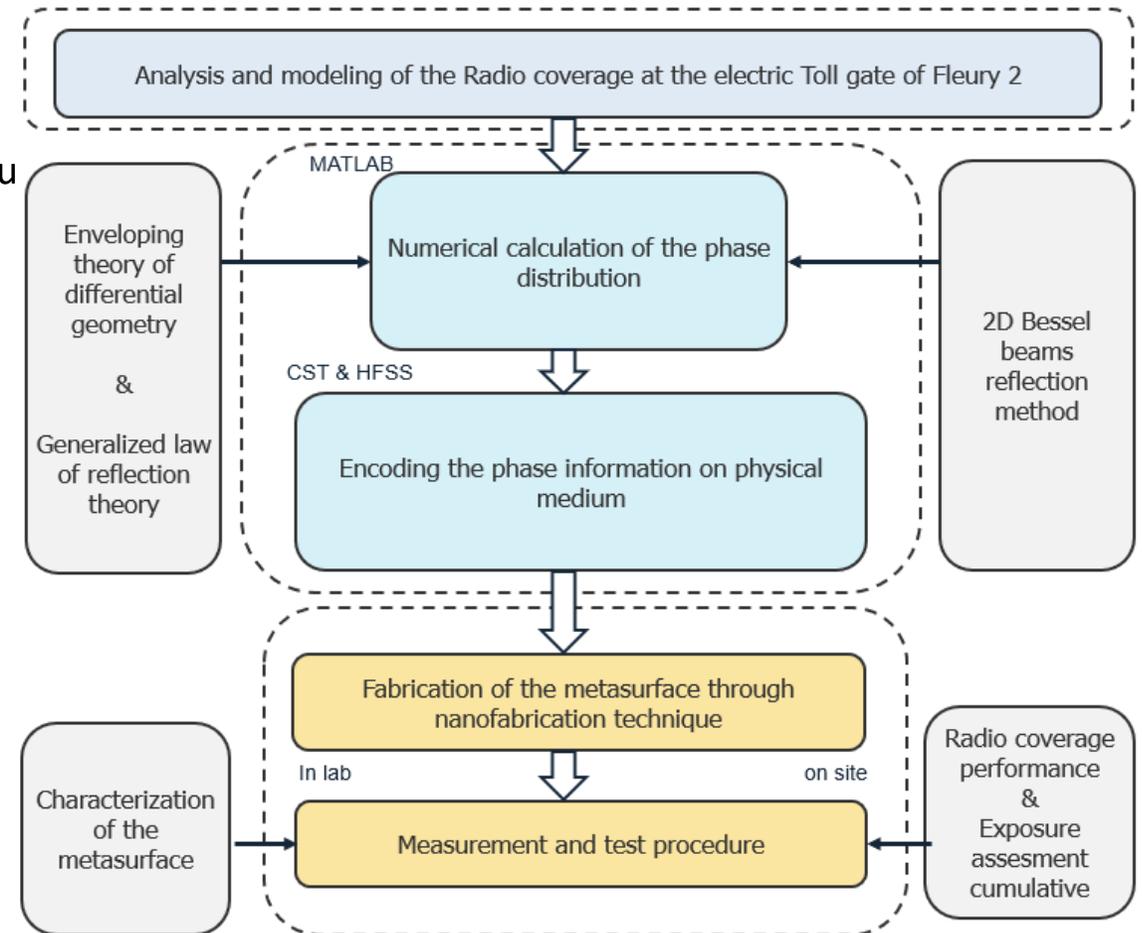
- Des réflecteurs avec des propriétés particulières peuvent permettre de réduire le nombre de RSU déployées en particulier proche de la station de télépéage
- Nécessite une courbure du rayon réfléchi
 - S'appuie de la théorie de l'holographie
 - À base d'une technologie bas coût composite de métal et diélectrique (isolant)
- Solution qui tient compte conjointement
 - La couverture et les performances du système ITS-G5
 - Minimise l'exposition aux ondes électromagnétiques



Méthodologie proposée

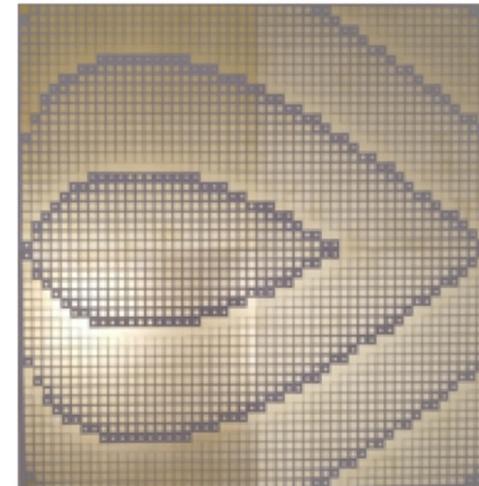
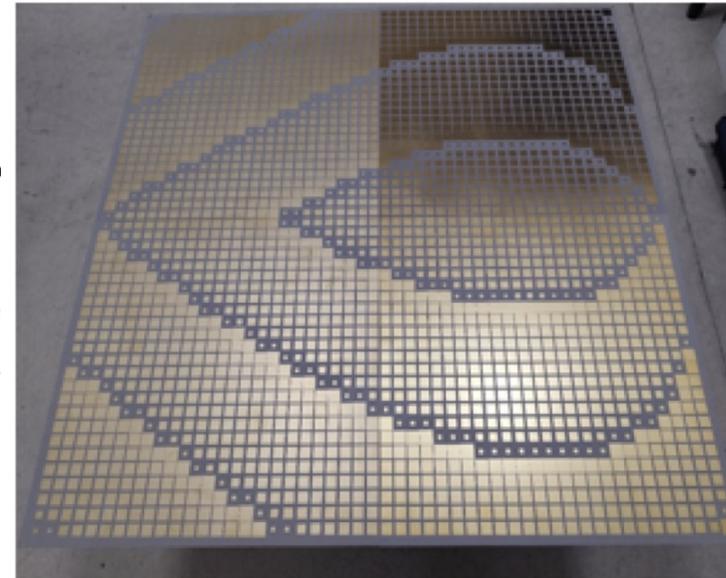
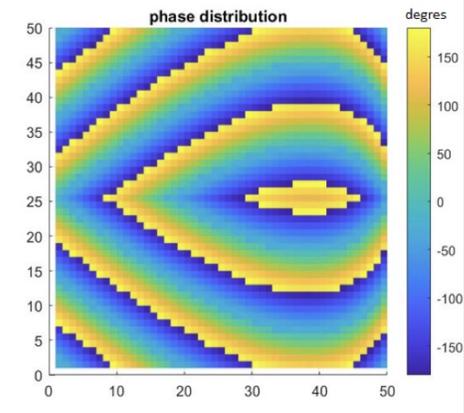
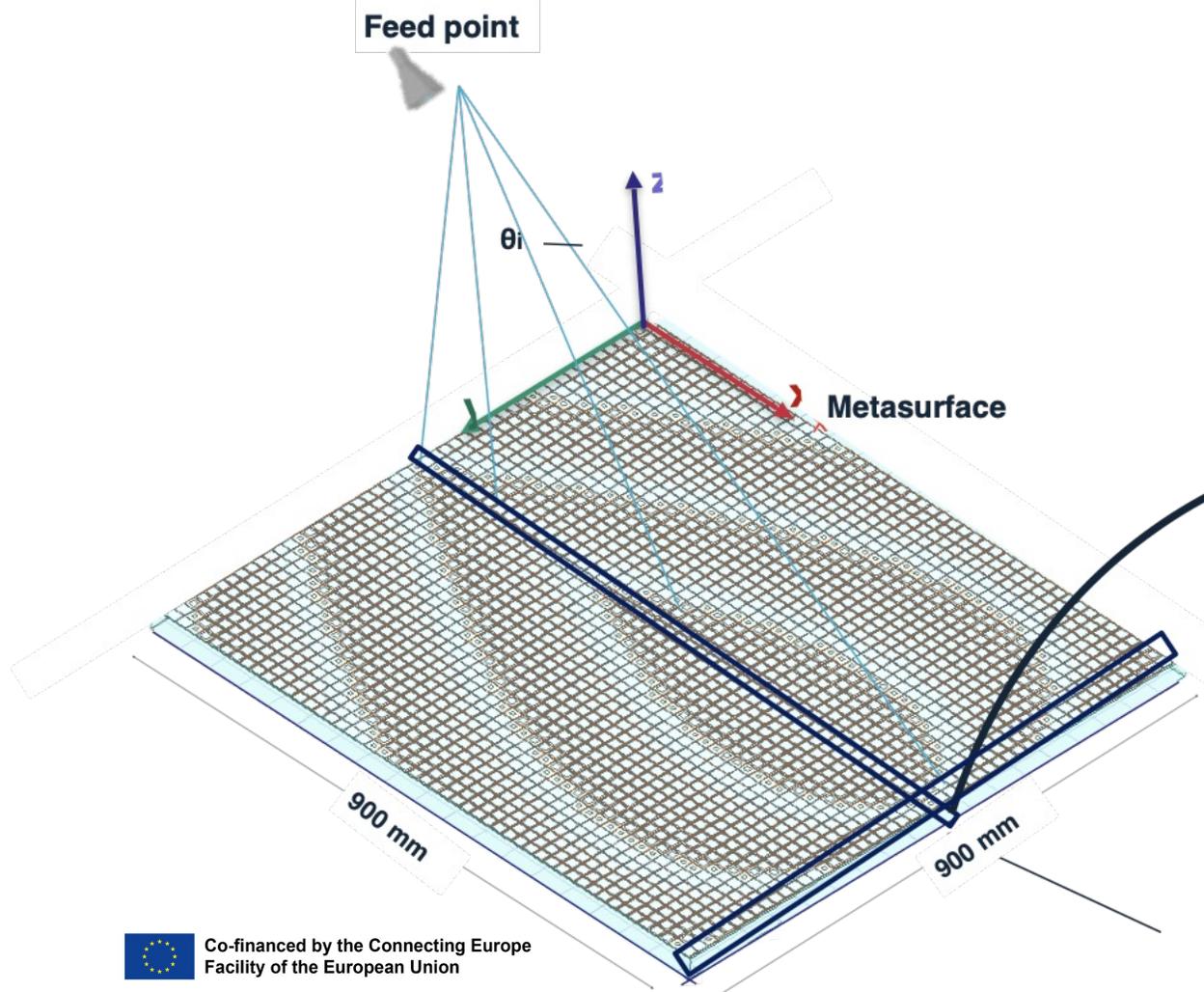
Comment intégrer un tel réflecteur dans cet environnement ?

- Analyse de la couverture de la station de télépéage
- Calcul des tous les paramètres requis pour les caractéristiques du réflecteur
 - En particulier les lois de phase
- Implémentation de cette loi de phase
- Conception du réflecteur holographique
- Prototypage, test et vérification expérimentale des caractéristiques du réflecteur
- Analyse/calcul de couverture avec la solution proposée
- Analyse de l'exposition aux ondes EM avec la solution proposée



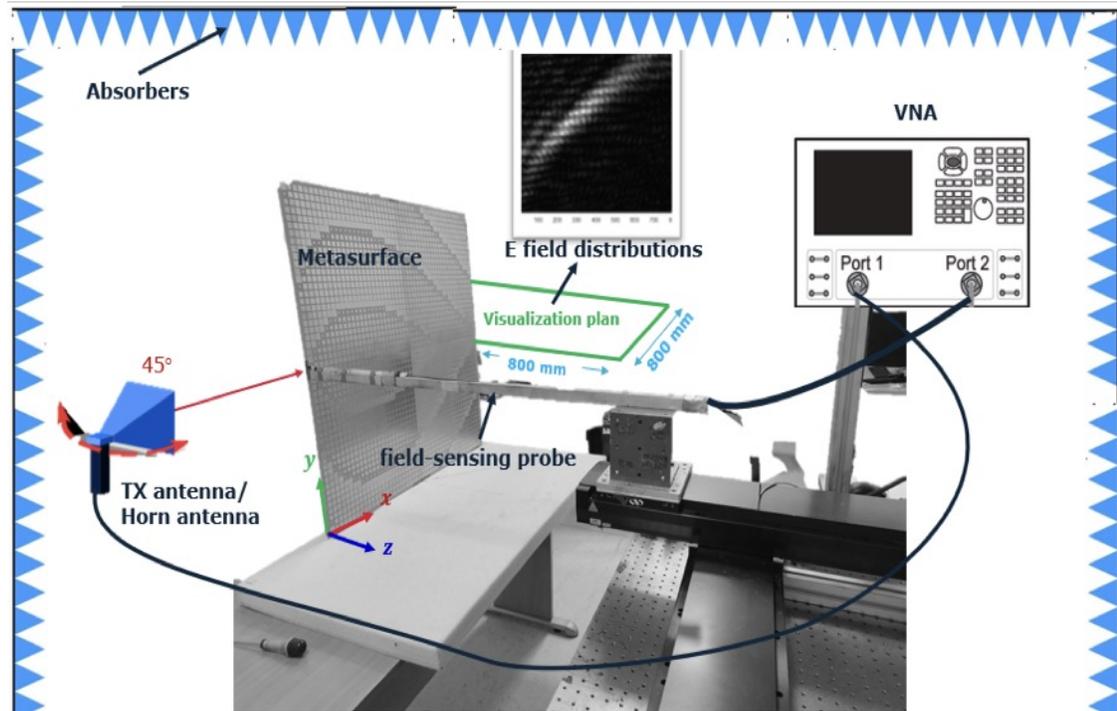
Le réflecteur métasurface proposé

Du concept au prototype

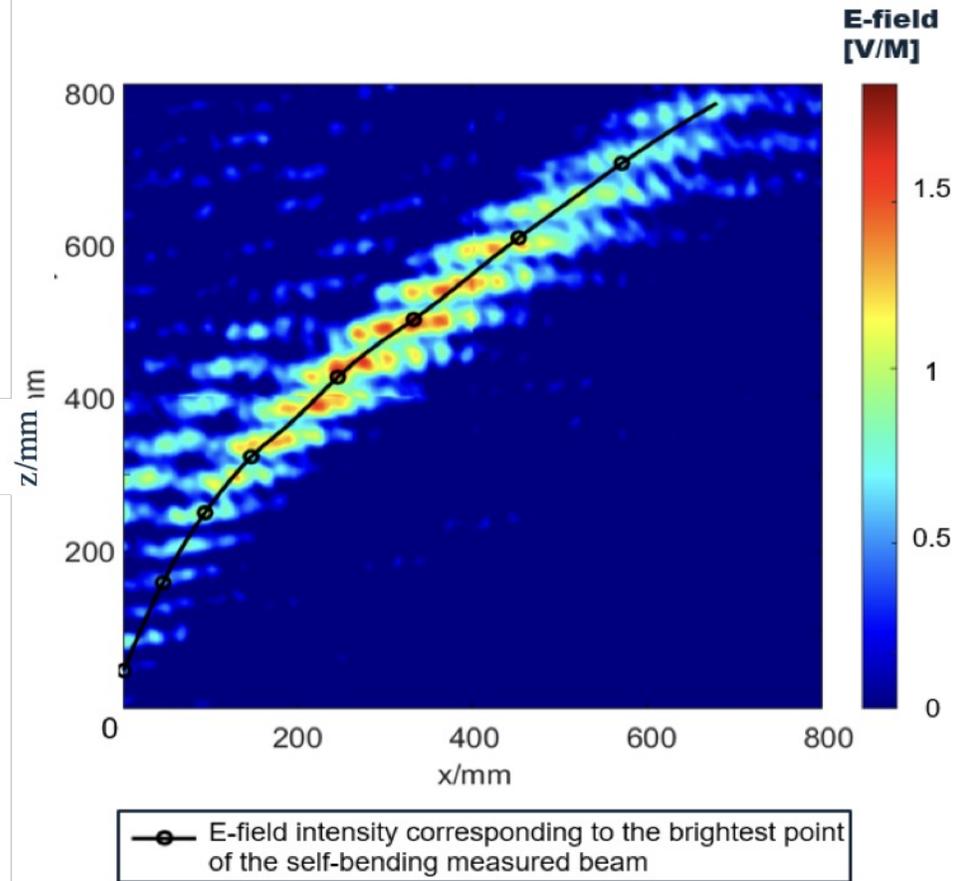


Les résultats expérimentaux (1/3)

Mesures en champ proche

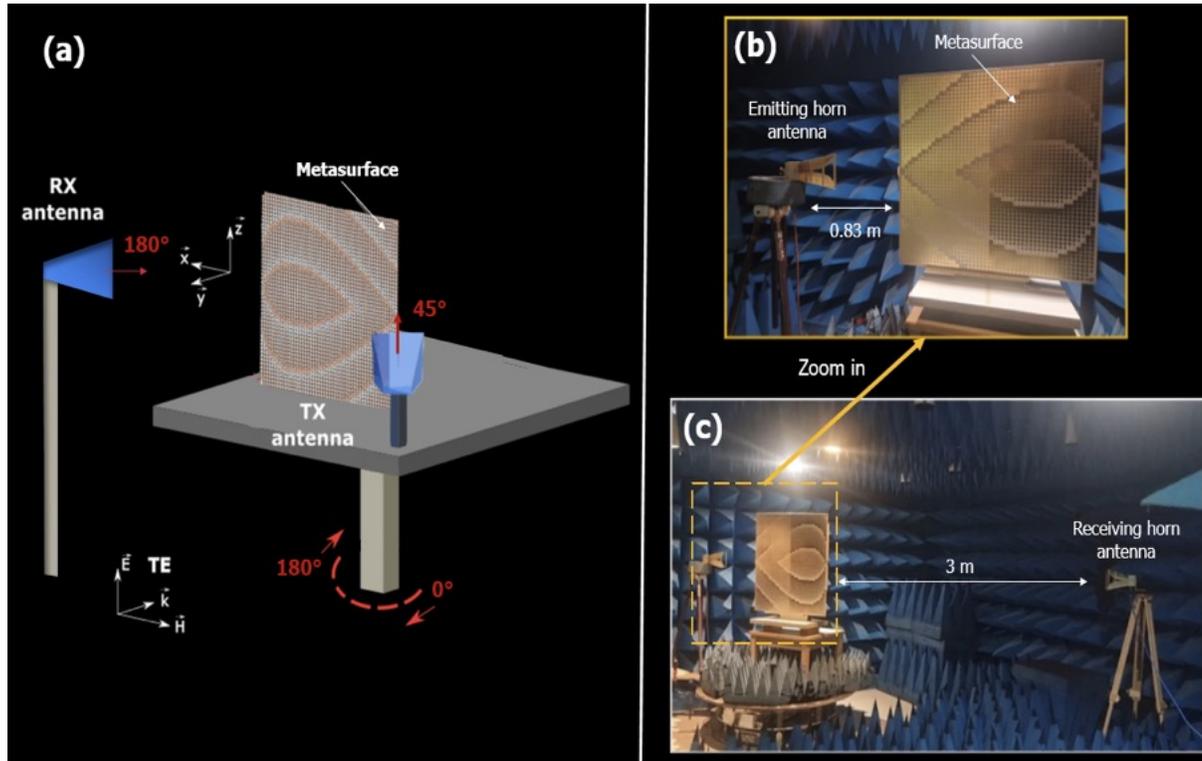


Near Field setup

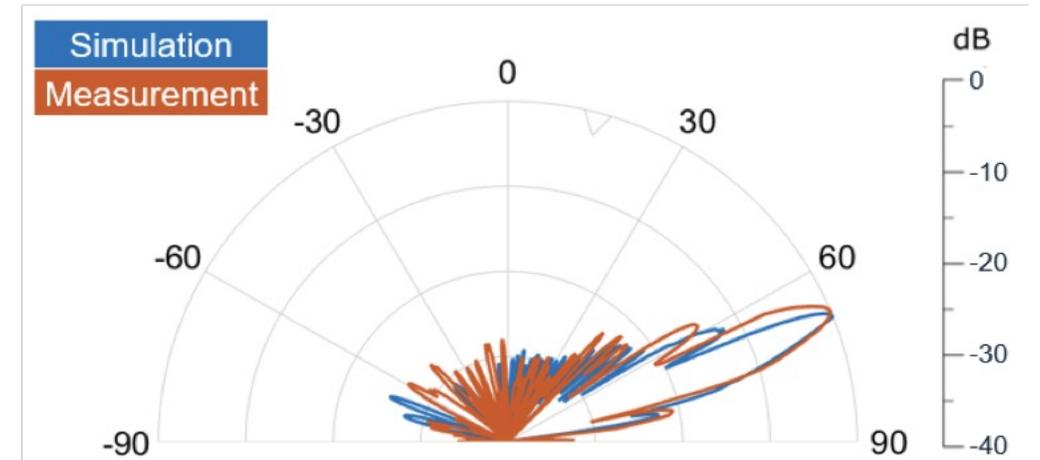


Les résultats expérimentaux (2/3)

Mesures en champ lointain en chambre anéchoïque

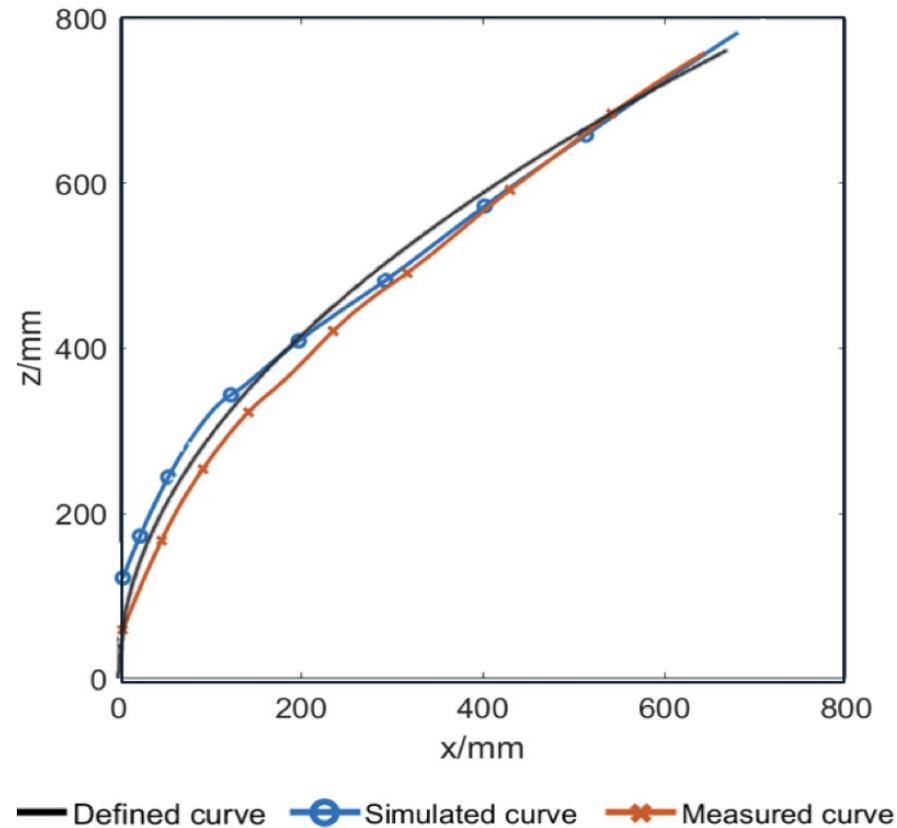
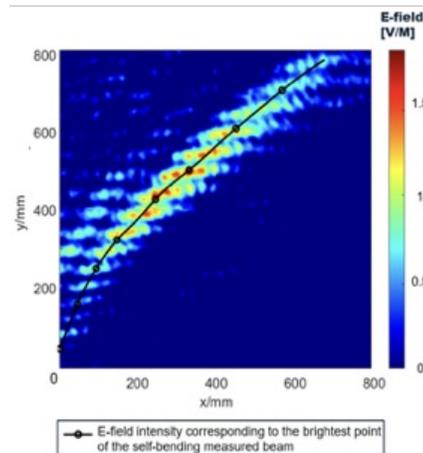
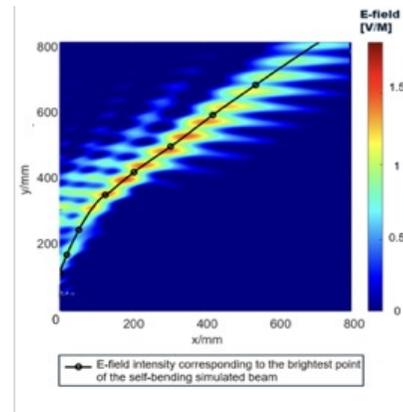


Far Field setup

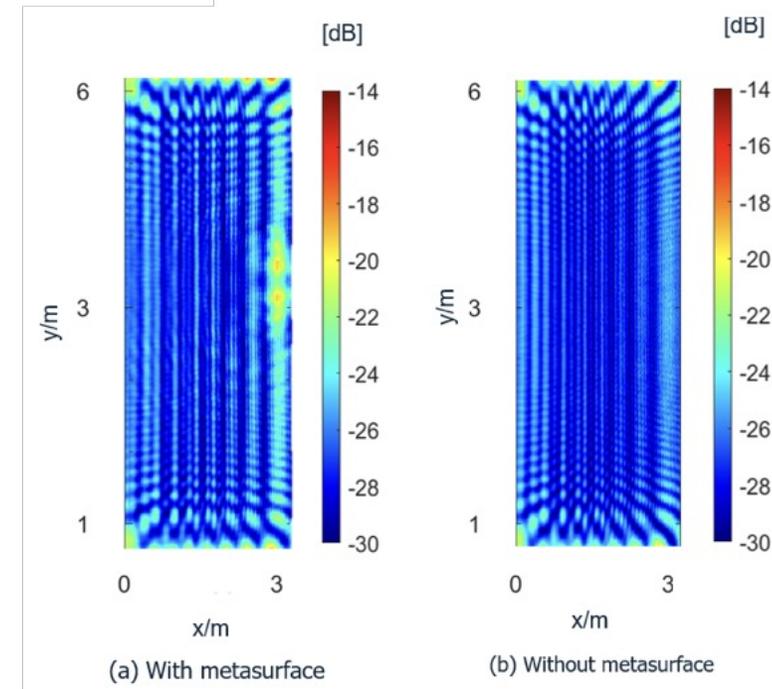
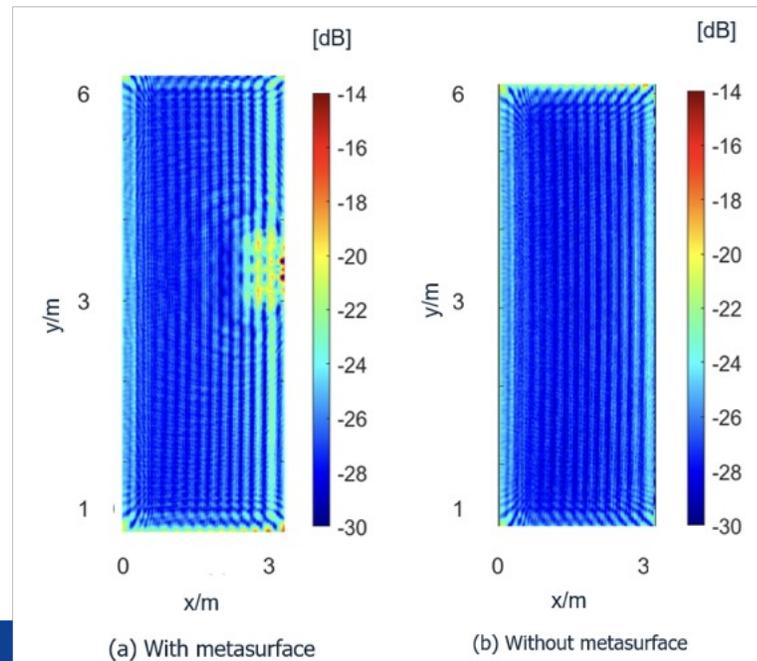
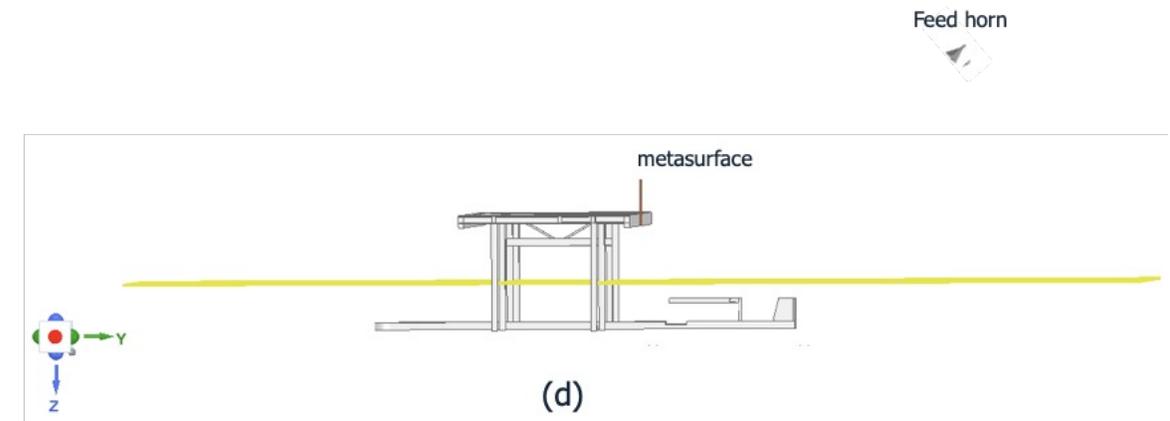
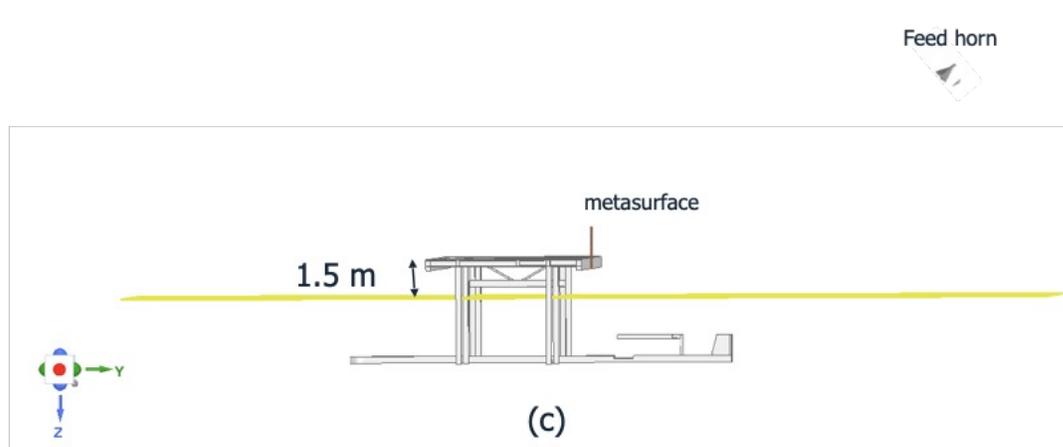


Les résultats expérimentaux (3/3)

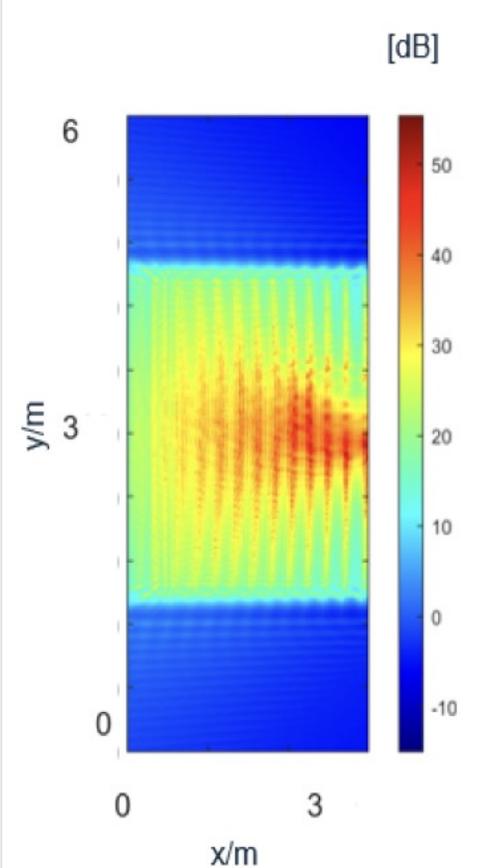
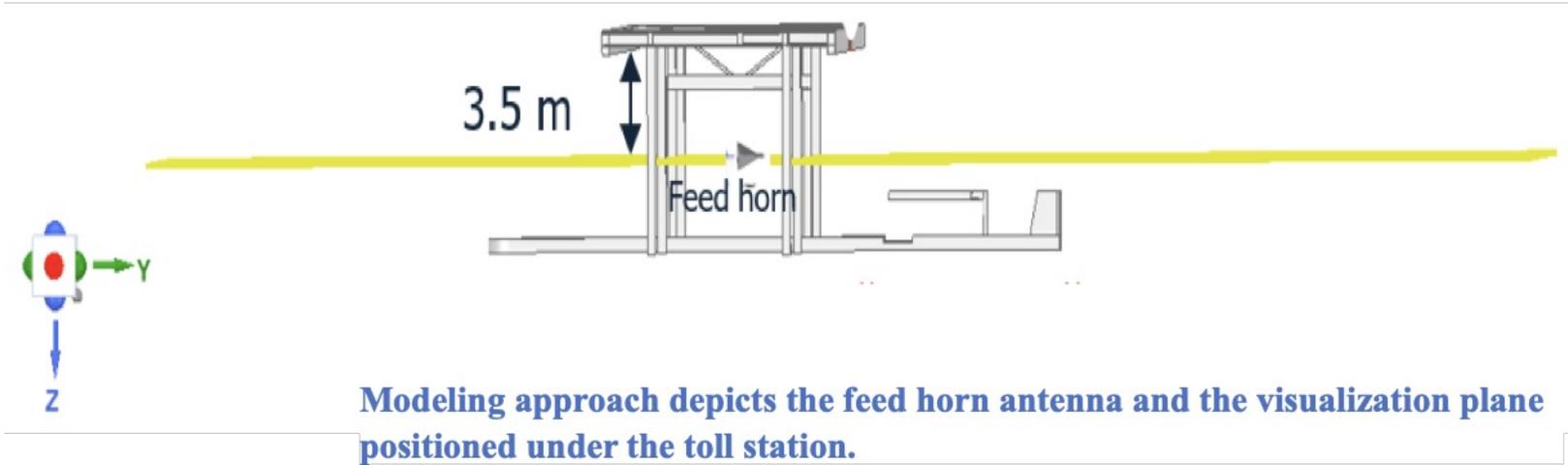
Analyse de la courbure du rayon : comparaison mesure/calcul



Evaluation de la couverture par simulation



Evaluation d'exposition aux ondes électromagnétique par simulation

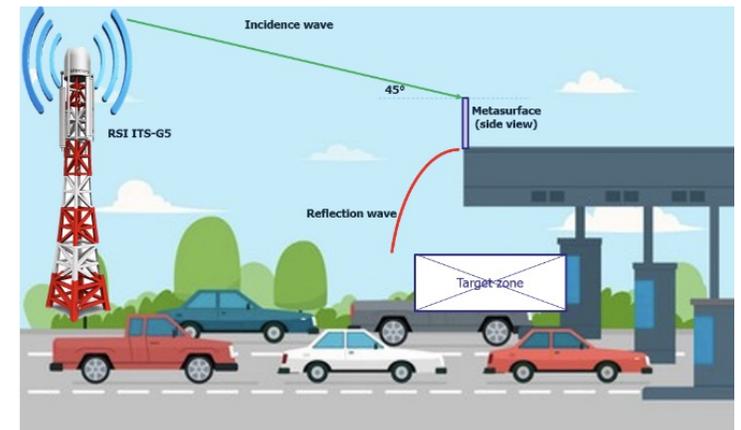
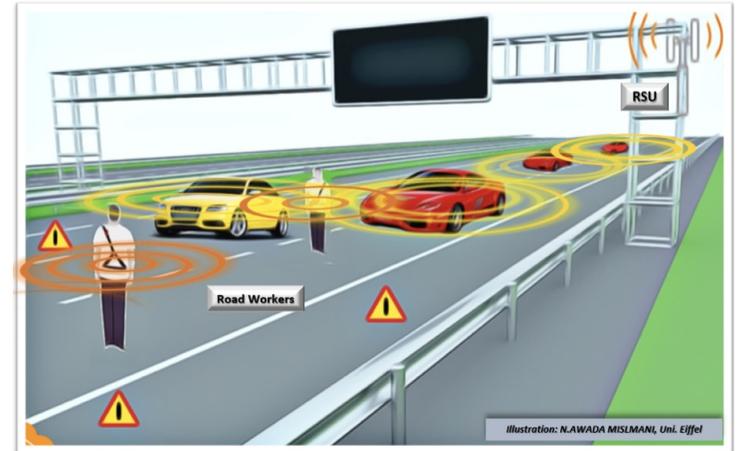
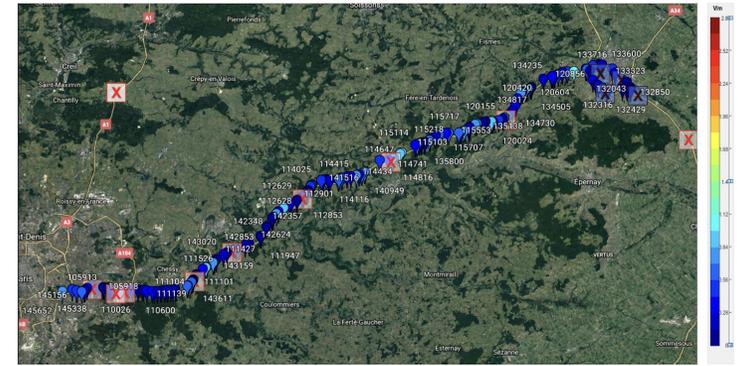


Difference in the electric-field distribution (in dB) levels at z=3500 mm in x0y plane, under the toll gate at 5.9 GHz.

Conclusion

Exposition aux ondes due au déploiement des C-ITS

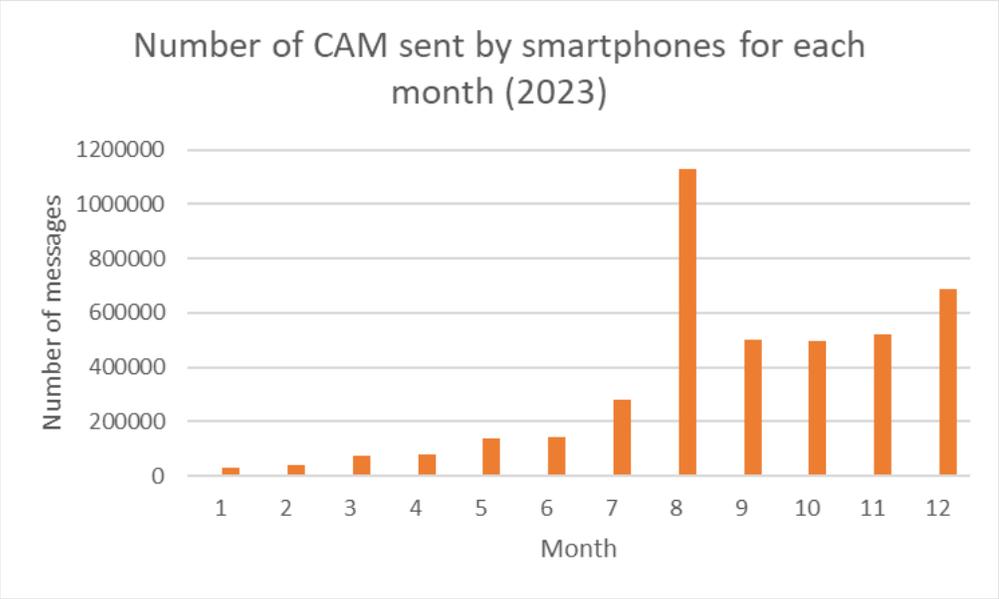
- Il existe un cadre réglementaire pour l'exposition aux ondes EM
- Plusieurs cas d'usage ont été analysés dans le contexte particulier du déploiement des C-ITS depuis plusieurs années
 - Cas d'usage de déploiement des RSU et OBU (Projet [Scoop@F](#))
 - Cas d'usage d'autoroutier sur la route équipée d'une balise ITS-G5 (C-Roads)
 - Cas d'usage de véhicule automatisé s'approchant d'une station de télépéage (InDiD)
- Le niveau d'exposition des personnes aux ondes est nettement inférieur au seuil recommandé dans tous les cas d'usages étudiés.
- Nous démontrons également que des méthodologies peuvent être mises en œuvre afin d'étudier et de réduire le niveau d'exposition tout en garantissant une bonne qualité de service du système G5 dans des cas d'usages qui semblent les plus difficiles au regard de la propagation et/ou de l'exposition aux ondes.



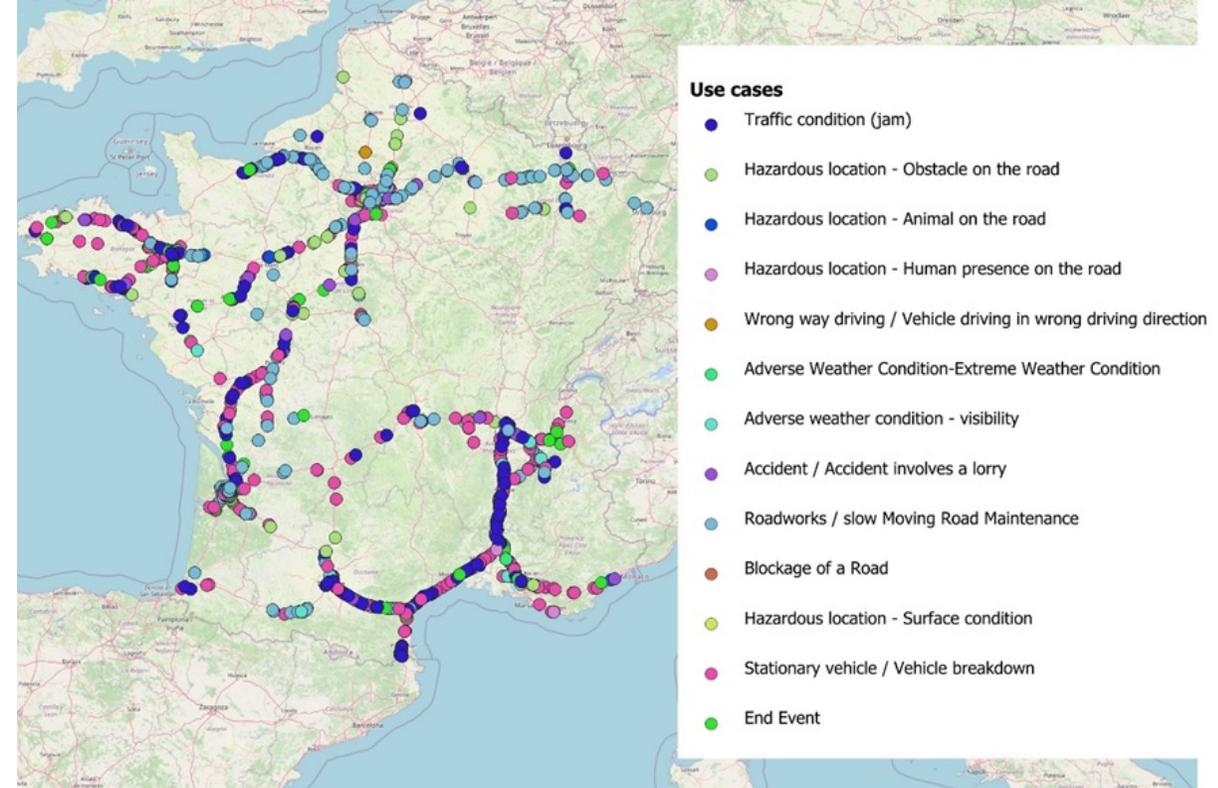
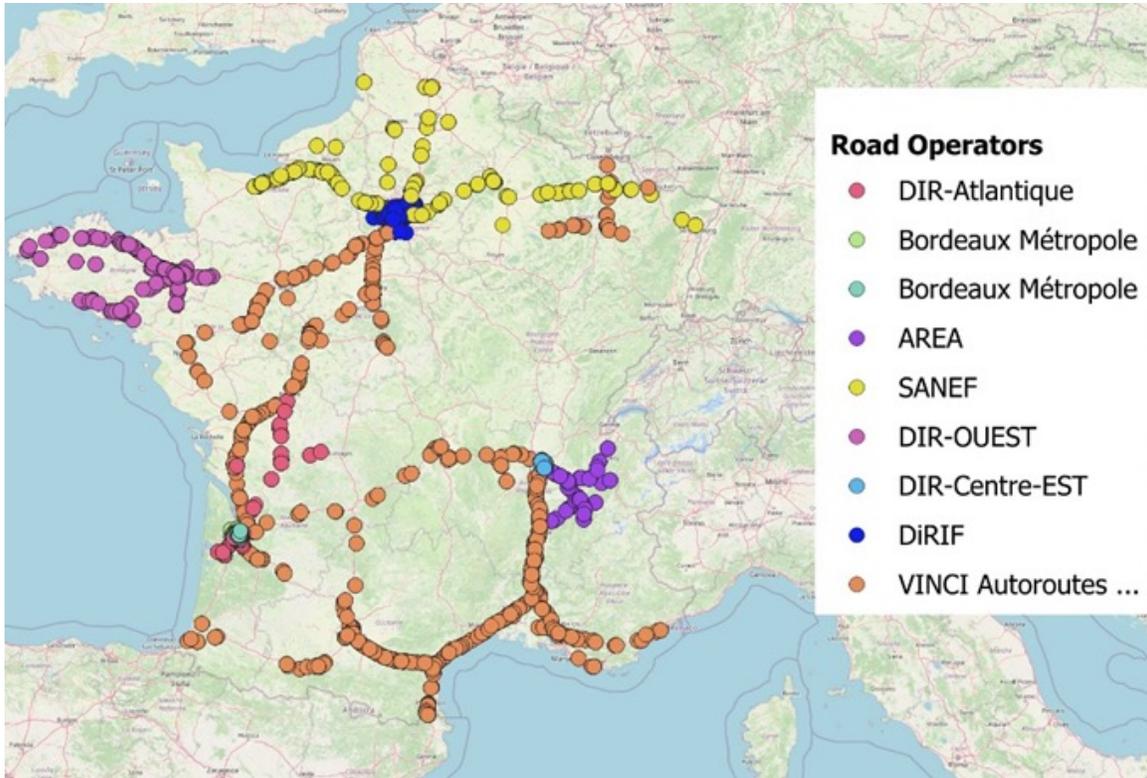
2.3.3 Évaluation technique et fonctionnelle

Hasnaa Aniss (Université Gustave Eiffel)

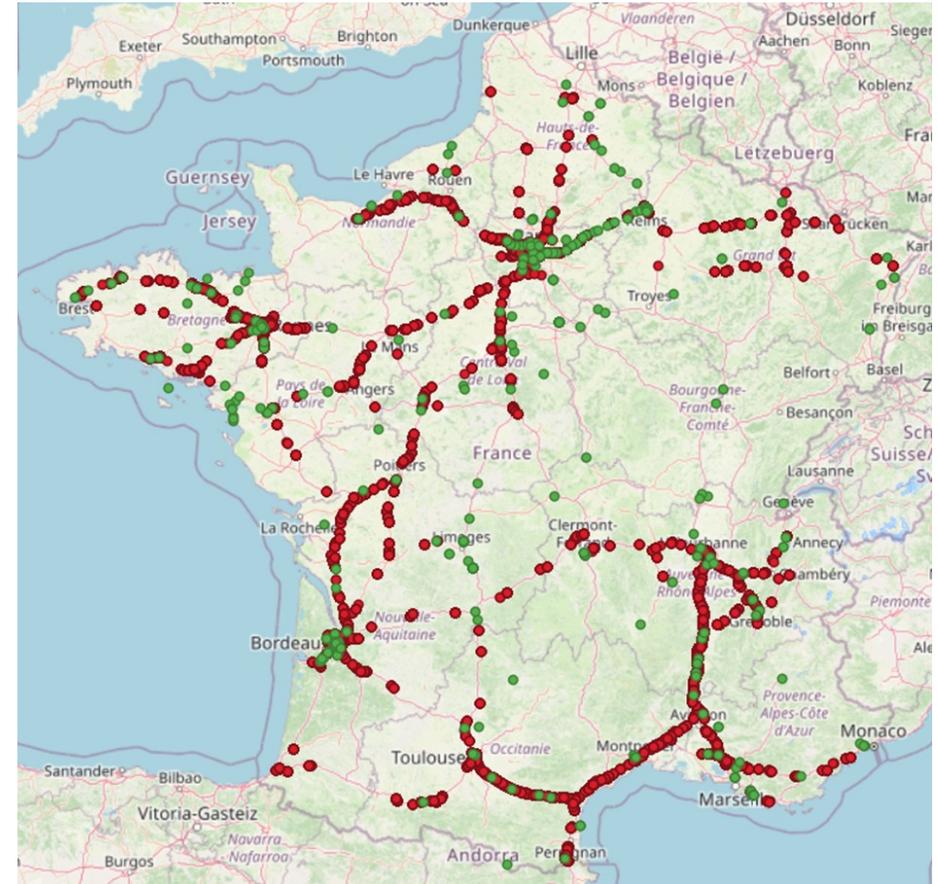
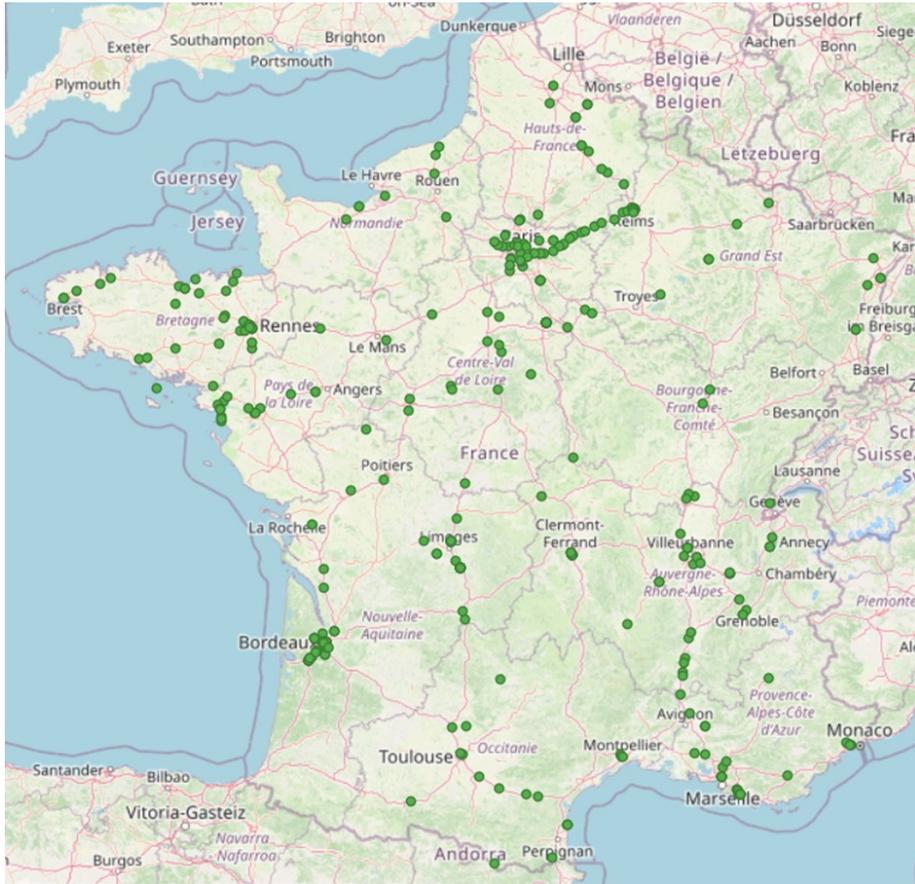
Répartition géographique des CAM



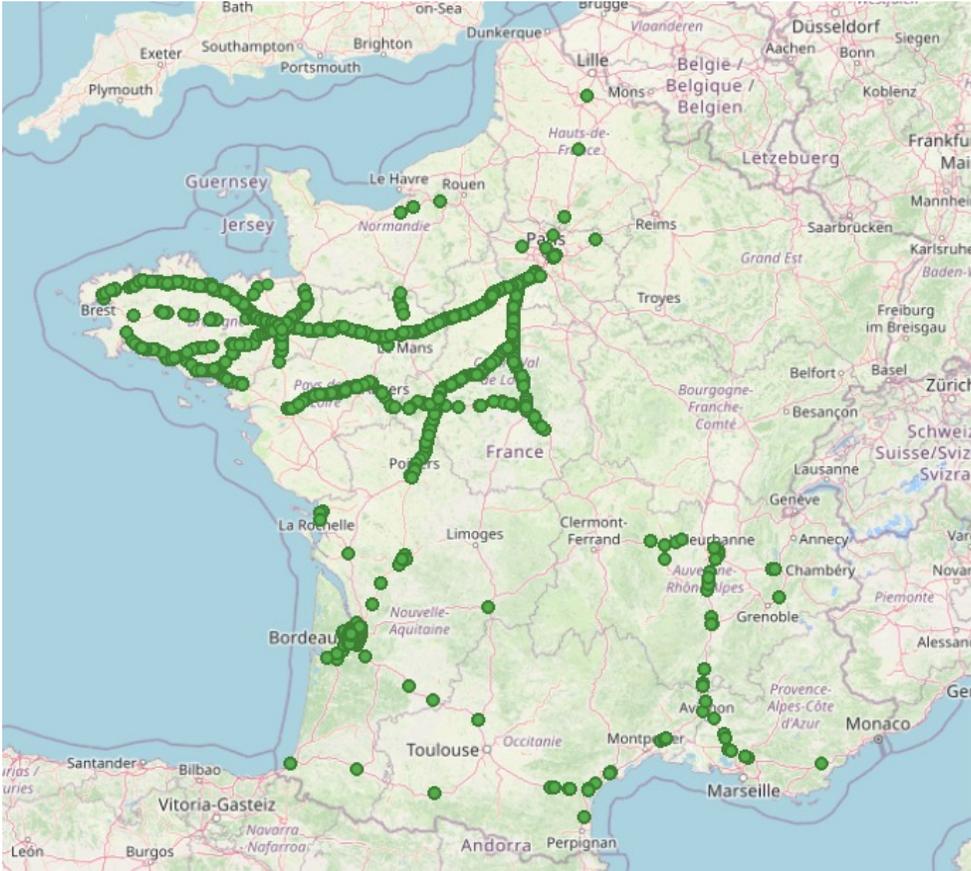
Répartition géographique des DENM



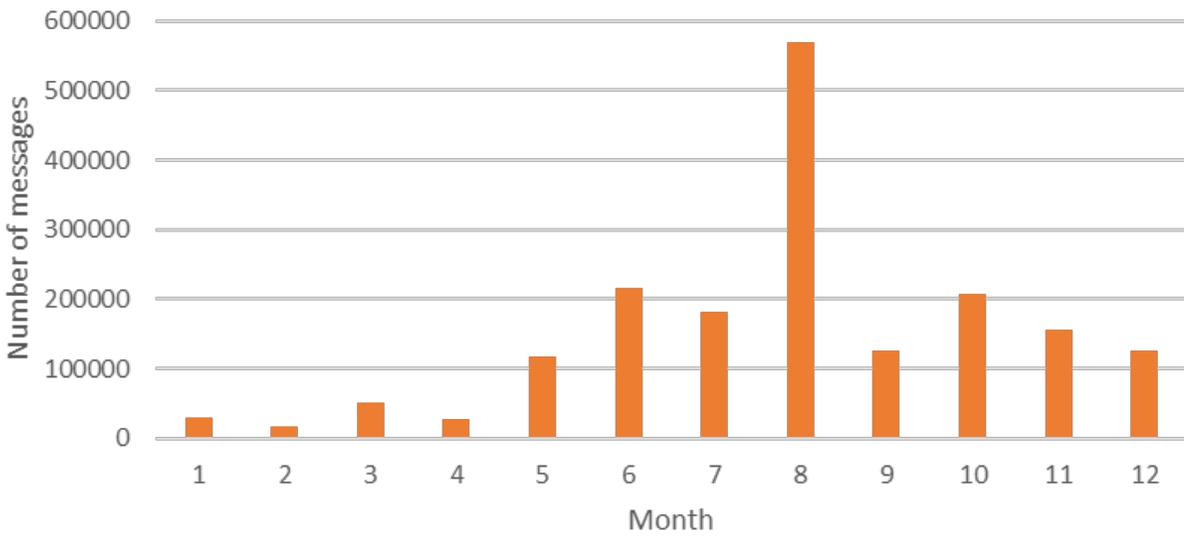
DENM envoyés par les smartphones



Répartition des messages IVI



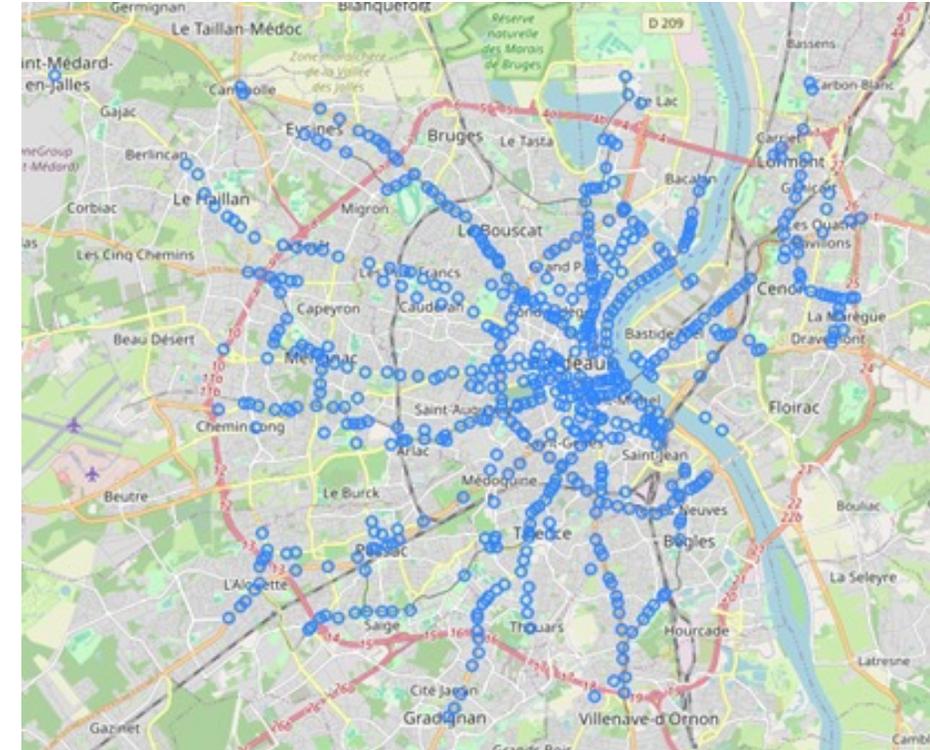
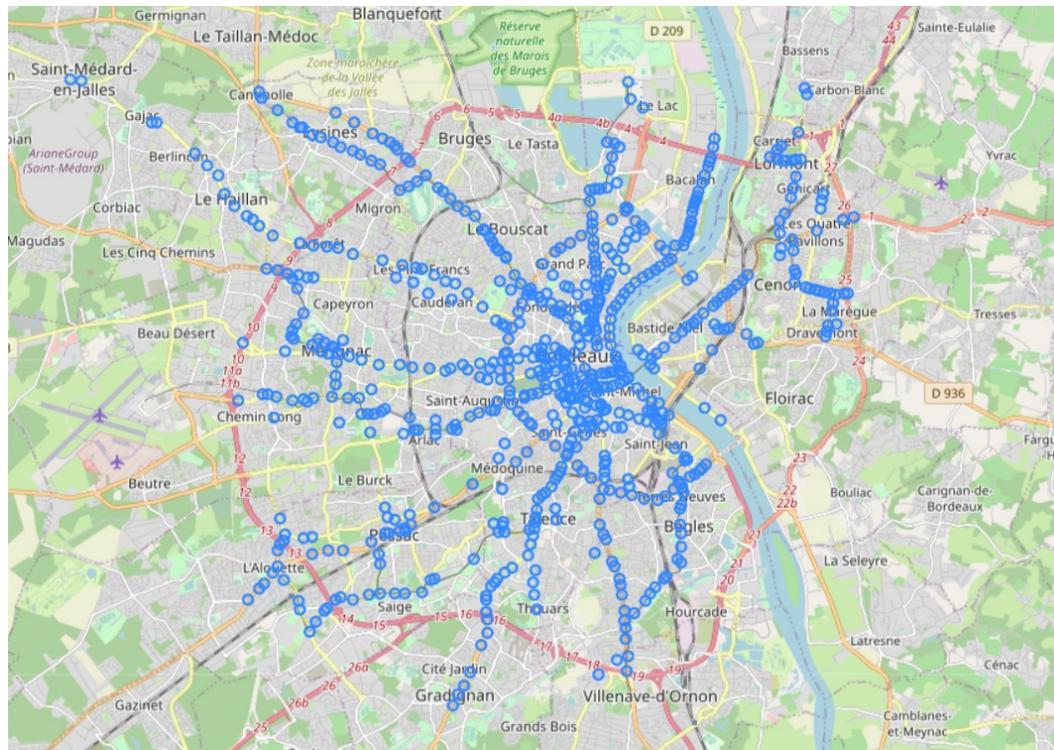
Number of IVI received by smartphones for each month



MAPEM

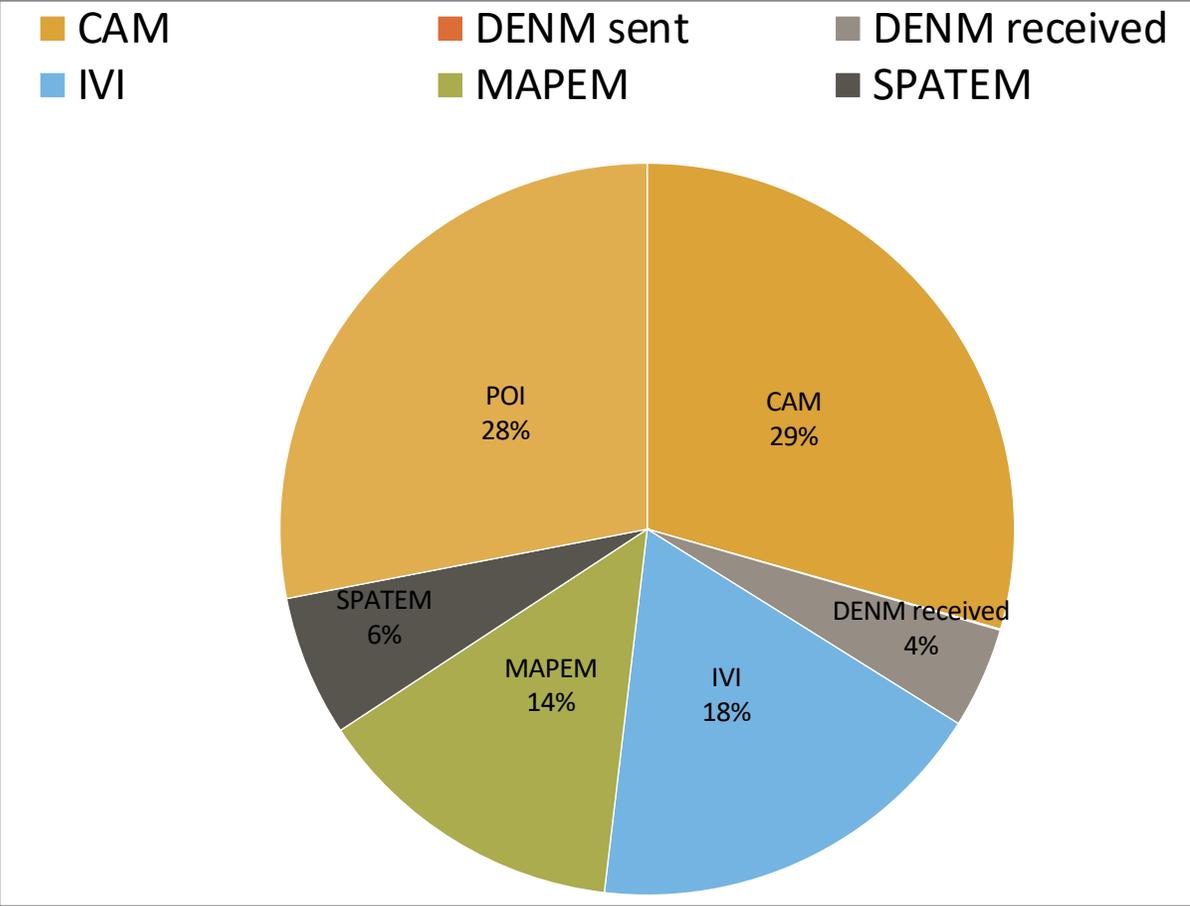
SPATEM

	Number of messages	Number of intersectionids	Number of log_StationIDs
MAPEM	1 412 261	674	5704
SPATEM	634 653	585	3086



Evaluation Technique

Messages échangés

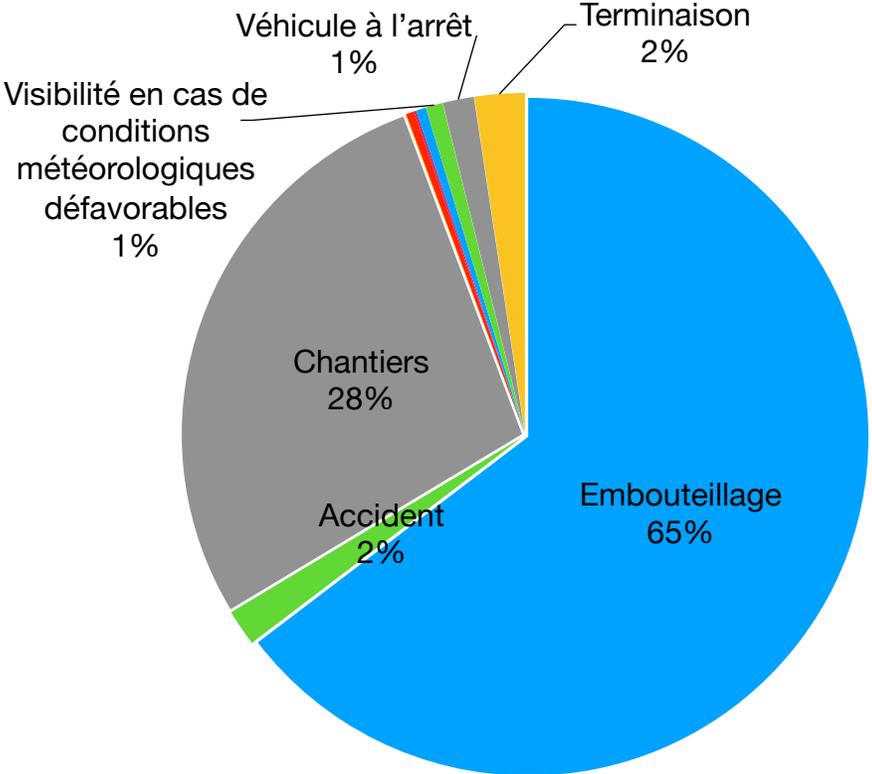


Type de Message	Messages reçus	% de message reçu
CAM	4920516	0,03
DATEX2	3262174	0,02
DENM	4271360	0,03
IVIM	29498432	0,20
MAPEM	31130375	0,21
POI	7932214	0,05
SPATEM	14850797216	99,46
Total	14931812287	100,00

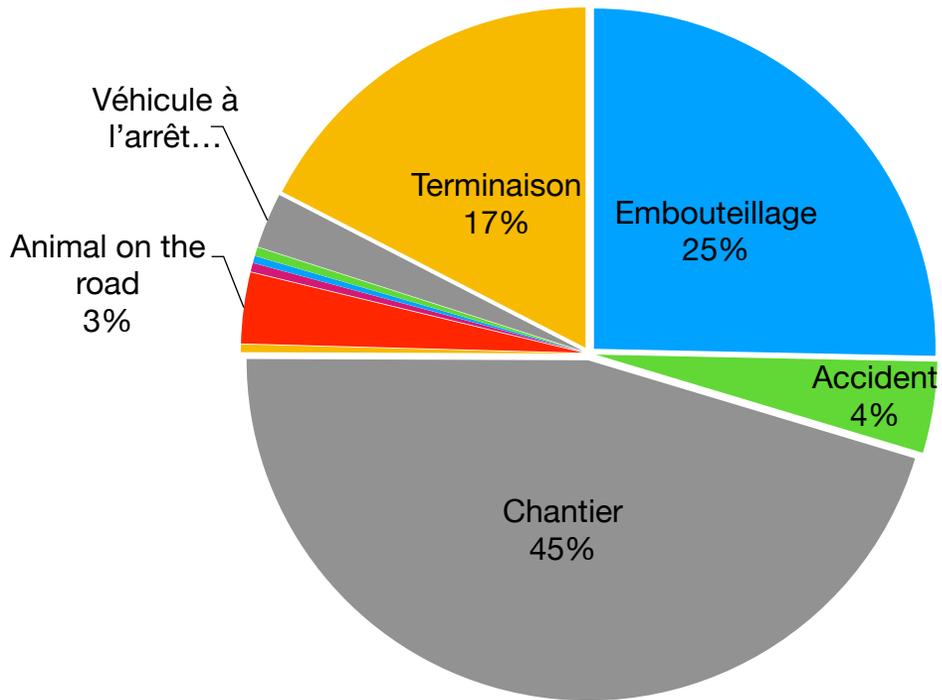
Réception par le Nfr-ITS-S

Plus de 10 millions de messages échangés

Cas d'usage



Messages reçus



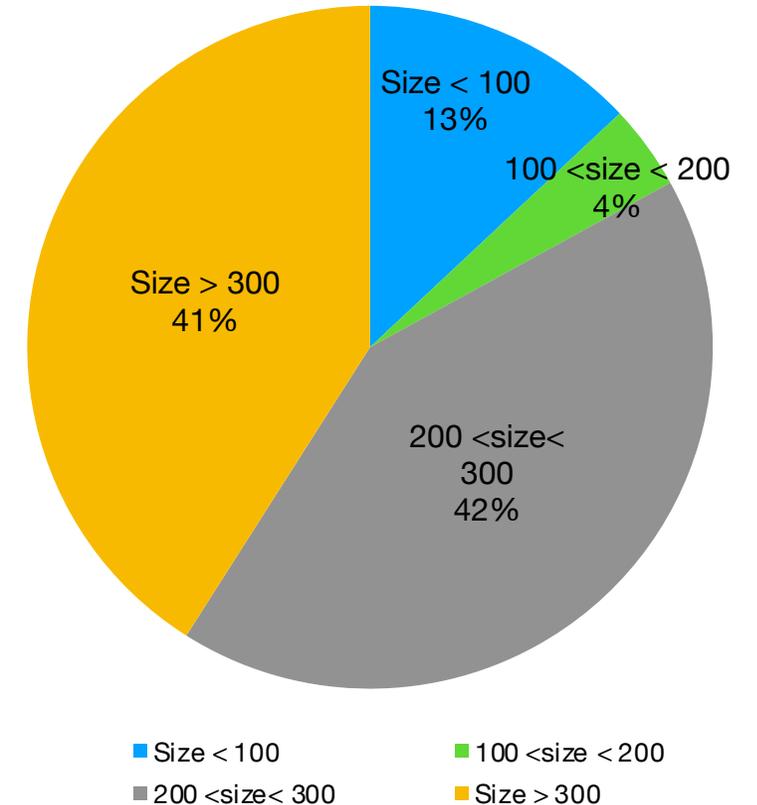
Événements

- Embouteillage
- Accident
- RWW
- Obstacle sur la route
- Animal sur la route
- Human presence on the road
- Conduite à contresens
- Visibilité en cas de conditions météorologiques défavorables
- Stationnary vehicle
- Terminaison

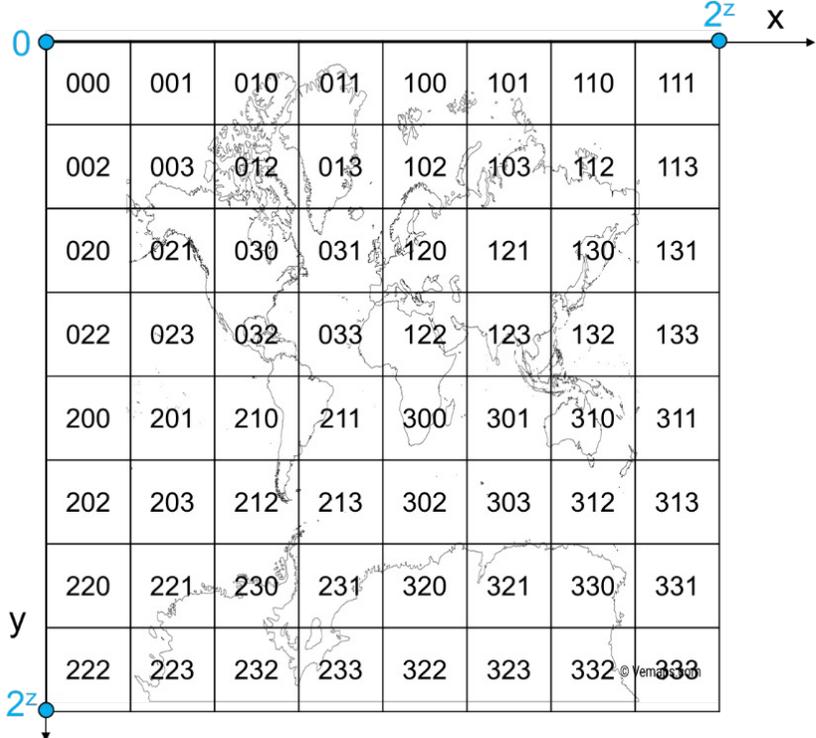
Taille des messages

Message	Taille totale du paquet (MB)	Min (byte)	Max (byte)	Moyenne (byte)	Écart-type (Byte)
CAM	880.61	50	304	264.09	80.63
DENM (envoyés par les smartphones)	1.41	41	307	138.24	102.99
DENM (reçus) (envoyés par les gestionnaire sroutiers)	348.10	43	1355	508.16	351.16
IVI	741.31	72	1005	254.39	65.73
MAPEM	366.43	55	979	272.43	132.99
SPATEM	61.07	31	156	70.19	20.48

CAM

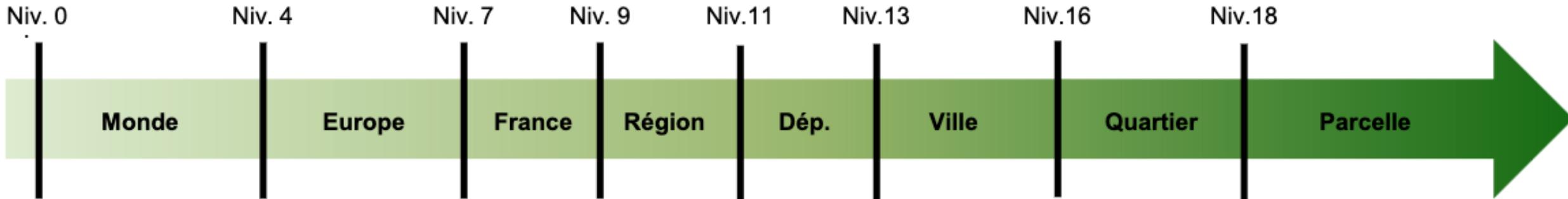


Niveau de zoom des tuiles



message	zoom_level	nombre
DENM	14	14363
DENM	15	17955
DENM	16	46903
IVI	14	14363
IVI	15	17955
IVI	16	46903
map	14	14363
map	15	17955
map	16	46903

Groupe de vitesse \ Niveau de zoom	% zoom 14	% zoom 15	% zoom 16
0 - 30	0	5	94
30 - 50	0	44	55
50 - 70	9	84	8
70 - 90	72	26	2
90 - 110	56	1	43
110 - 130	8	1	91
130 - 150	2	1	97
> 150	0	0	100
Total	18	31	50



Durée de validité

Les embouteillages peuvent être envoyés pour une durée maximale de 24 heures, et pour une durée moyenne de 13 heures.

Durée minimale de validité : 600s (10 min) pour RWW.

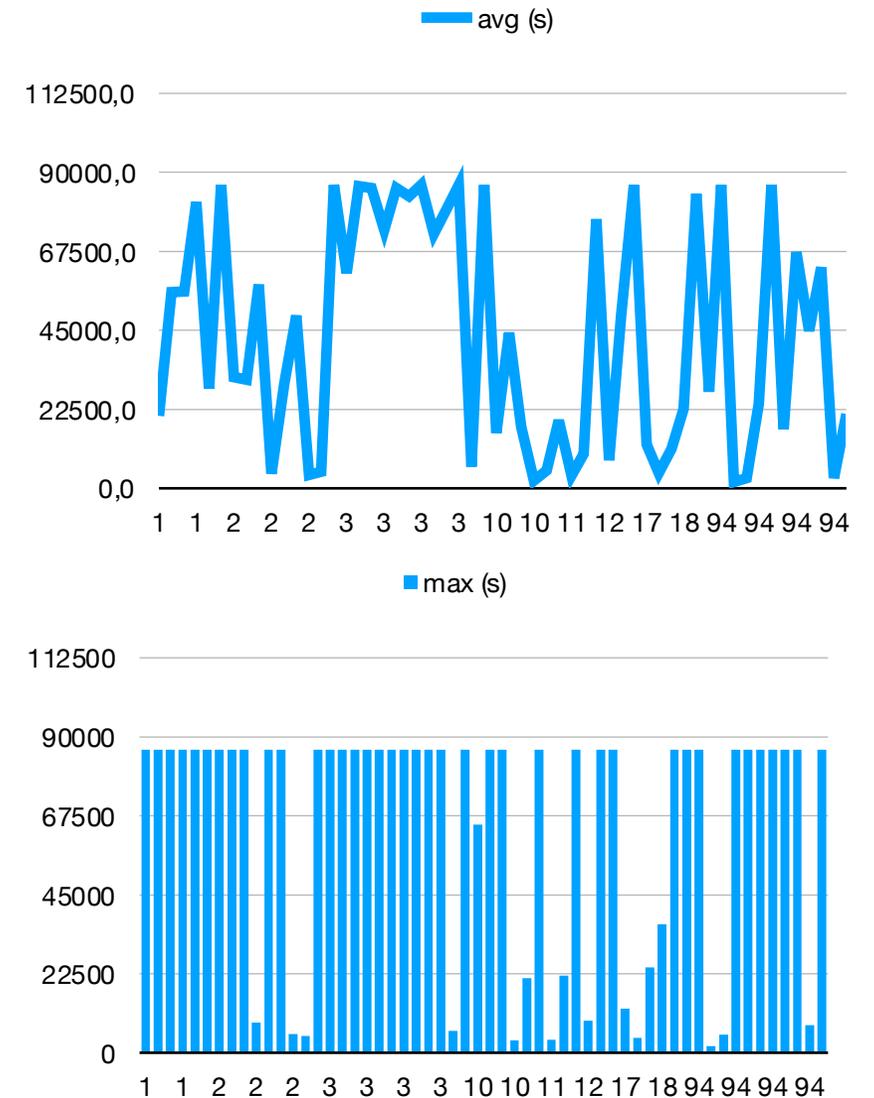
Obstacle sur la route, animal sur la route et présence humaine sur la route : entre 1H30 et 24H.

Pour les embouteillages, 84% des messages ont une durée de validité allant jusqu'à 3600s.

Parmi les 685 événements d'embouteillage, seuls 13 ont été annulés et aucun avec une durée de validité de 86 400 secondes.

Pour les accidents, 6 terminaisons ont été envoyées pour 123 événements. Cela conduit à une durée de validité maximale de 7239s. Aucun événement d'une durée de 86400s n'a été annulé.

Pour les véhicules à l'arrêt, 124 messages d'une durée de validité de 24 heures ont été reçus et seuls 2 ont été annulés.



Évaluation fonctionnelle



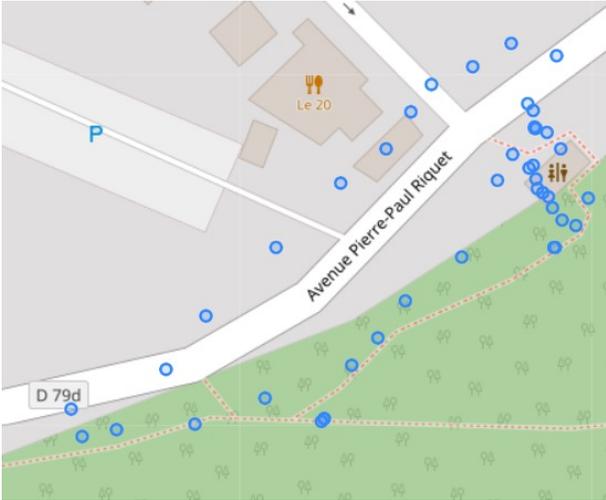
L'application est-elle utilisée uniquement en conduisant ou également en tant que piéton ?

Condition pour un piéton :

- La distance totale de déplacement (distance entre le premier et le dernier CAM) est inférieure ou égale à 10 mètres.
- La vitesse maximale est inférieure ou égale à 13 km/h
- La vitesse moyenne est différente de 0.

Conditions pour un cycliste :

- la distance totale de déplacement est supérieure à 10 mètres, la vitesse maximale est inférieure ou égale à 13 km/h
- La vitesse moyenne est différente de 0
- Le nombre de messages est supérieur ou égal à 100
- Le rapport entre la durée et la distance est inférieur ou égal à 1,5.



	Number of IDs
Piéton	3155
Cycliste	81
Véhicule	30991

11964 véhicules sur 34227 ne semblent pas avoir un positionnement précis. En d'autres termes, environ 35 % des utilisateurs de l'application ne proposent pas de données appropriées.

Distance de l'événement lors de la réception d'un DENM

distance_group	nombre	Pourcentage
less_than_20m	98	1 %
less_than_1km	11453	68 %
less_than_5km	4687	28 %
less_than_10km	352	2 %
greater_than_10km	151	1 %
Total	16741	100 %

Cas d'usage	Distance min	Distance avg	Distance max
Traffic Jam	27,01	3 275,41	24 429,03
Accident	55,89	1 372,94	4 033,10
RWW	0,90	705,56	13 456,47
Obstacle on the road	13,39	1 186,88	3 694,87
Animal on the road	98,91	381,67	664,43
Human on the road	629,32	2 224,15	5 034,12
Wrong way driving	1 438,74	1 438,74	1 438,74
visibility	1 839,63	13 943,58	19 785,51
Stationnary vehicle	10,36	951,55	3 036,23
Terminaison	30,62	857,19	15 072,45

Cas d'usage	Moins de 20m	Moins de 1km	Moins de 5km	Moins de 10km	Plus de 10km
Traffic Jam	0,0	15,9	66,9	12,0	5,2
Accident	1,2	51,5	46,7	0,6	0,0
RWW	0,6	77,6	21,1	0,6	0,2
Obstacle on the road	1,8	55,0	41,3	1,8	0,0
Animal on the road	0,0	27,3	72,7	0,0	0,0
Human on the road	0,0	56,3	37,5	6,3	0,0
Wrong way driving	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
visibility	0,0	0,0	24,0	24,0	52,0
Stationnary vehicle	0,0	61,4	38,6	0,0	0,0
Stationnary vehicle	1,7	63,7	34,6	0,0	0,0
Terminaison	2,8	75,0	20,9	0,9	0,3
Total	0,6	68,4	28,0	2,1	0,9

Nombre de messages affichés/nombre de messages/événements reçus

Type	Nombre de messages	Événement affiché	%
DENM	454781	2822	0,62
IVIM	1829515	6241	0,34

% min affiché versus reçu	% moi affiché versus reçu	% max affiché versus reçu
0,00%	1,61%	100,00%

	Nombre d'affichages	Nombre d'événements	% d'affichage
Embouteillage	813	2706	30,04
Accident	85	302	28,15
Chantier	1540	14690	10,48
Chantier mobile	2	8	25,00
Obstacle sur la route	43	248	17,34
Animal sur la route	7	53	13,21
Présence humaine sur la route	15	89	16,85
Conduite à contresens	0	6	0,00
Visibilité en cas de conditions météorologiques défavorables	5	39	12,82
Véhicule stationnaire	22	76	28,95
Véhicule stationnaire	281	810	34,69
	2822	19027	14,83

Distance lors de la réception d'un SPATEM/MAPEM

SPATEM

Distance par rapport à l'événement (m)		
min	avg	max
1,49	194,88	1016,16

Distance par rapport à l'événement (m)	Nombre	pourcentage
less_than_20m	186	1 %
less_than_1km	16060	99 %
less_than_5km	6	0 %
Total	16252	

MAPEM

Distance par rapport à l'événement (m)		
min	avg	max
1,13	971,85	14395,58

Distance par rapport à l'événement (m)	Nombre	pourcentage
Moins de 20m	141	0 %
Moins de 1km	63586	57 %
Moins de 5km	46620	42 %
Moins de 10km	3	0 %
Plus de 10km	14	0 %
Total	110898	

Distance quand un IVIM est reçu

serviceprovideridentif ier	Distance à l'événement (m)		
	min	avg	max
1003	30,38	532,30	2514,64
1005	64,33	983,70	1894,49
1011	15,35	794,59	2308,48
3303	1,17	861,51	3039,35
3305	32,48	1046,84	2800,17
10000	5,54	3834,89	28686,71
10033	7,66	1062,57	2913,55

serviceprovideri dentifier	Distance à l'événement (m)				
	Moins de 20m	Moins de 1km	Moins de 5km	Moins de 10km	Plus de 10km
1003	0,0	89,9	10,1	0,0	0,0
1005	0,0	56,8	42,6	0,0	0,0
1011	0,2	70,2	29,5	0,0	0,0
3303	0,1	64,3	35,6	0,0	0,0
3305	0,0	56,3	43,6	0,0	0,0
10000	0,2	48,4	36,6	3,9	10,9
10033	0,0	50,9	48,9	0,0	0,0
Total général	0,1	60,0	38,5	0,4	1,0

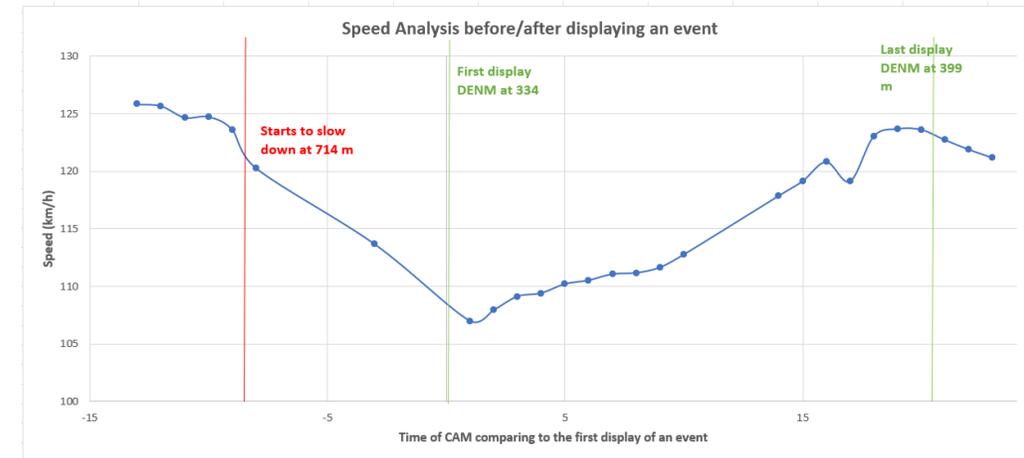
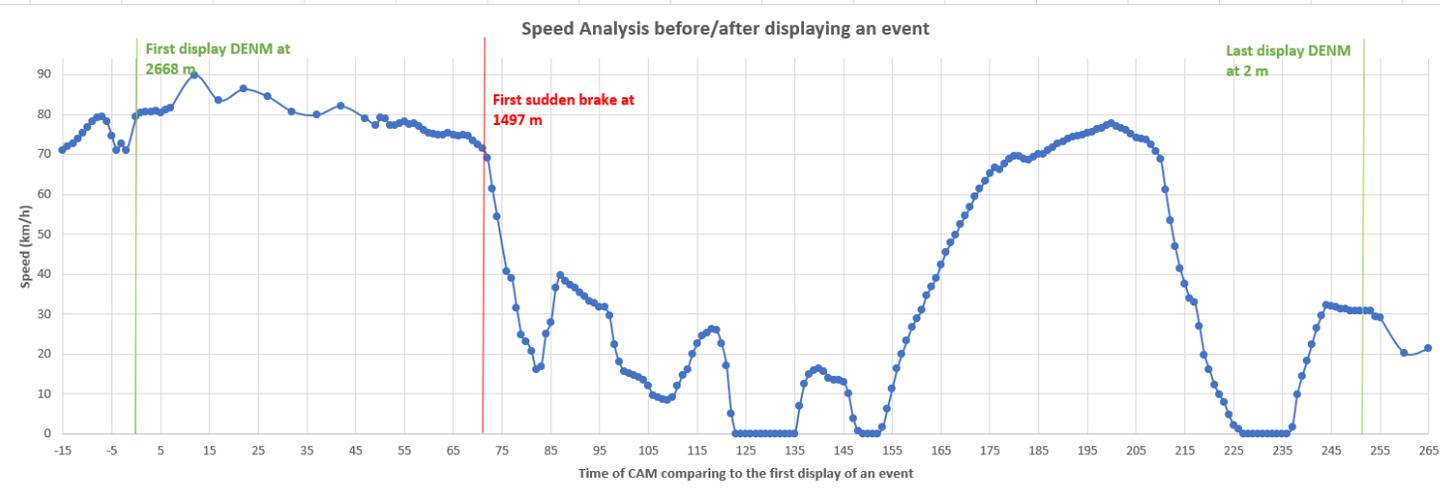
Distance/durée jusqu'à l'événement lors de l'affichage

	Distance to event (m)		
	min	avg	max
Embouteillage	22	1603	3774
Accident	24	1291	3774
Chantier	3	497	3774
Chantier mobile	270	305	339
Obstacle sur la route	62	911	2732
Animal sur la route	12	245	344
Humain sur la route	38	1411	3533
Visibilité	241	264	302
Véhicule stationnaire	144	252	369
Véhicule stationnaire	1	1020	3774
Terminaison	38	1349	3539

	Durée de l'affichage (s)		
	avg	min	max
DENM	20,90	0,01	622,23
IVI	27,32	0,96	603,84

Durée de l'affichage (s)	avg	min	max
Embouteillage	42,0	0.014	598,20
Accident	18.8	0.899	252.046
Chantier	11.0	0.475	256.062
Chantier mobile	10.0	10.007	10.007
Obstacle sur la route	9.7	1.001	17.005
Animal sur la route	13.3	11.95	18.002
Humain sur la route	17.9	1.163	60.133
Visibilité	10.2	11.001	13.016
Véhicule stationnaire	10.4	7.952	16.97
Véhicule stationnaire	15.2	0.858	270.418

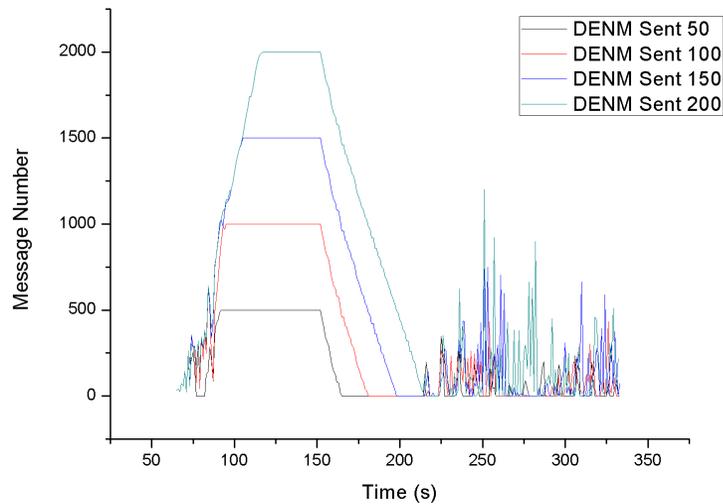
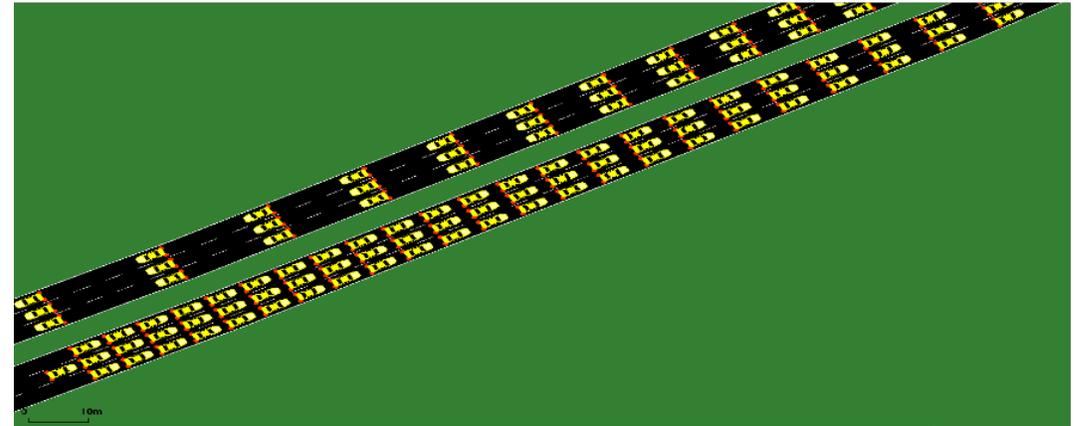
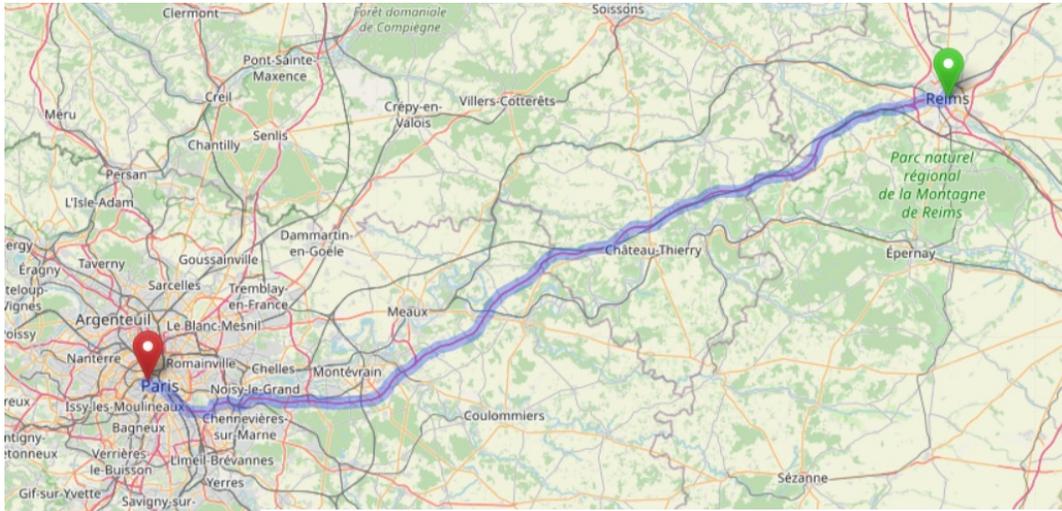
Variation de la vitesse à l'approche d'un événement



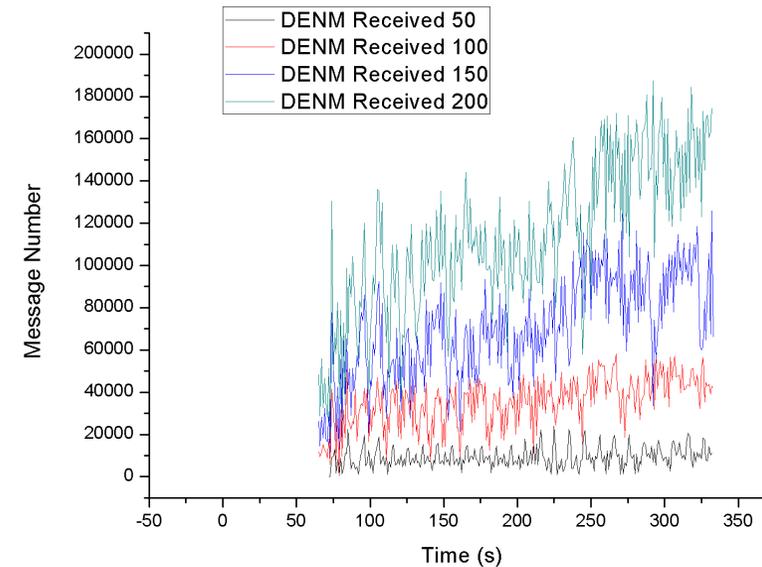
Analyse de la vitesse d'un véhicule à la réception d'un DENM - Embouteillage

	nb_station_msg	nb_station avec un freinage soudain avant l'événement	nb_station avec un freinage soudain durant l'événement	nb_station_ avec un freinage soudain après l'événement	nb_station qui ralentisse avant l'événement
	2241	2,0	19,0	4,0	929,0
% of station for an action		0,1	0,8	0,2	41,5

Passage à l'échelle



(a) DENM envoyé



(b) DENM reçu

Conclusion

Conclusion

- Plus de 10 millions de messages.
- 41% des véhicules ralentissent après l'affichage d'un événement dangereux.
- Parfois, une alerte trop courte a été affichée pour permettre de bien comprendre l'événement.
- Bien définir le niveau de répétition des messages, les zones de diffusion des messages et la durée de validité afin d'éviter les messages inutiles, les fausses informations et la surcharge inutile du réseau.
- Une meilleure qualité des données et une réelle sobriété des données avec une qualité de service élevée.
- Les messages C-ITS sont correctement diffusés et les véhicules reçoivent suffisamment de données pour assurer un fonctionnement efficace des services C-ITS.
- Prochaines étapes :
 - Agir sur la réduction des messages pour la sobriété numérique
 - Proposer des formations sur les C-ITS aux opérateurs routiers afin qu'ils comprennent bien la philosophie des C-ITS.

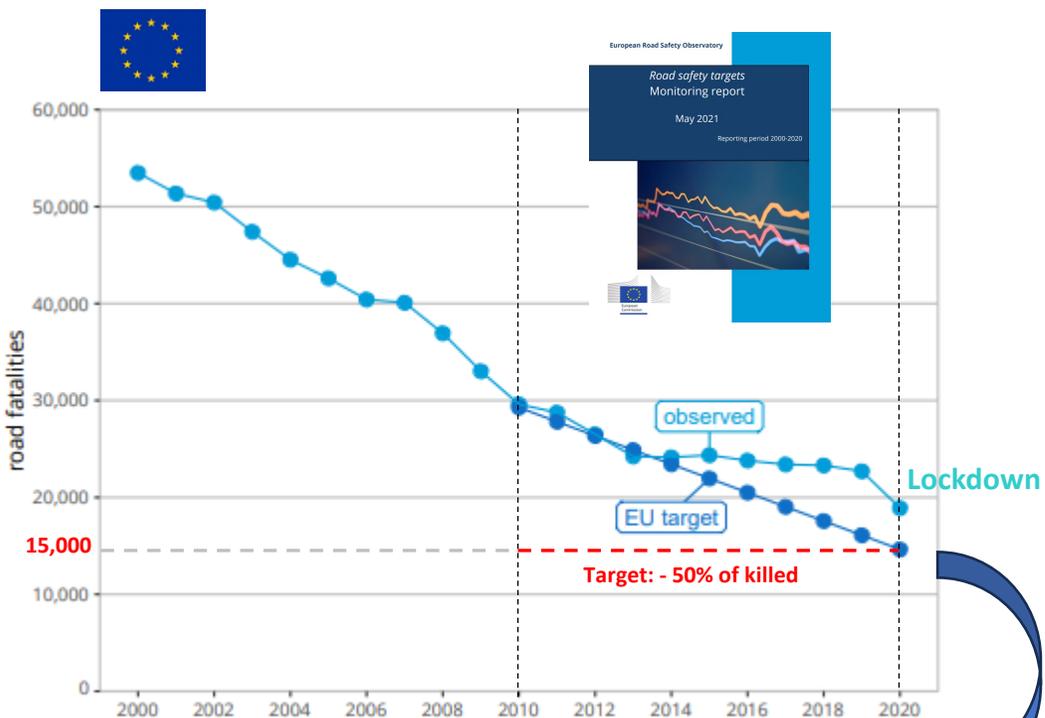
2.3.4 Comportement, Distraction et Sécurité Routière

Enjeux de sécurité routière

Laura Bigi (LAB)

Présenté par Sophie Bourdy-Liébart (URCA)

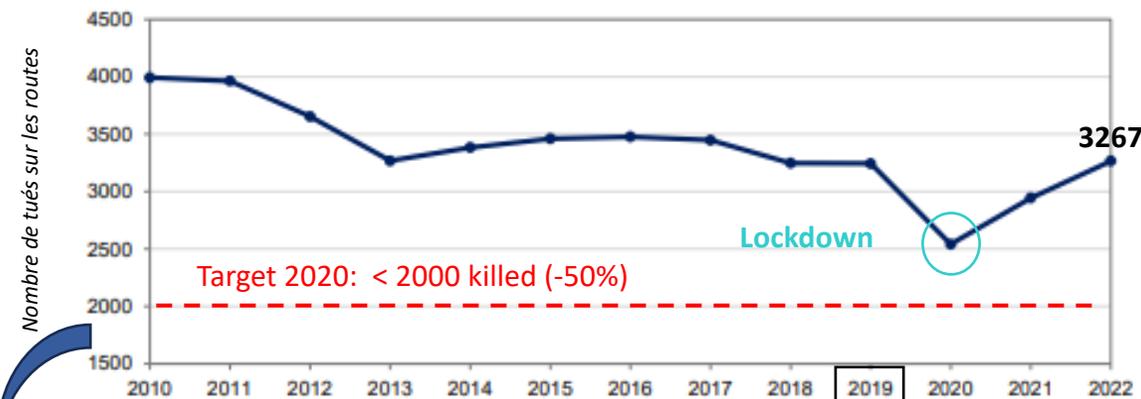
Introduction: contexte français et européen



EU [2010 – 2020]: -36% de tués
comprenant le biais du confinement



Evolution of fatalities in metropolitan France
2010-2022



FR [2010 – 2020]: -37.5% de tués
FR [2010 – 2022] : -18% de tués
Avec le biais du confinement



2019 = année de référence [2020-2030] de la décennie avec le même objectif,  -50% de tués (EU, FR)

FR [2019 – 2022]: + 0.7% de tués...

Évaluation macroscopique

Fréquence et sévérité des accidents corporels



Enjeux de l'accidentologie des cas d'usage InDiD



- Pour chaque cas d'usage d'intérêt pour la sécurité routière:

- Analyse des accidents corporels* enregistrés avant le lancement des services connectés

- Fréquence (nombre d'accidents)
 - Sévérité (nombre de blessés sévères et de tués)

*Accidents avec au moins une personne blessée ou un tué



French C-ITS Deployment Coordination committee

C-ITS French use cases catalog functional descriptions

Deliverable 2.2

Activity 2: Studies

Sub Activity 2.2 > Use cases

Version 5.70, Approved

Publication Date: 09/10/2023



The contents of this publication are the sole responsibility of the SCOOP@F project consortium, C-ROADS France project consortium, InTerCor project consortium (French beneficiaries only) and InDiD project consortium and do not necessarily reflect the opinion of the European Union.

- 25 cas d'usages évalués:

- Probe vehicle data: A4, A5
 - Road works: B1a, B4, B5
 - Signalization : C2, C4, C8
 - Hazardous events: D11, D12
 - Traffic information: E1, E7
 - Intersection : G1a, G1b, G2, G5, G6, G7
 - Vulnerable road users (pedestrian) : I4, I5
 - Level crossing: K1, K4, K6
 - Law enforcement: L2, L5b

Méthodologie

- Utilisation de 4 bases de données (DB):



- VOIESUR : DB détaillée, représentative de l'accidentologie en France (2011)



- BAAC : DB nationale française (2018-2021)



- SNCF DB (2011 et 2018-2021)



- OCSTI DB / Gendarmerie (2018-2020)



- Continuité avec le projet SCOOP: analyse de l'inter classification (fréquence, sévérité) de cas d'usage InDiD.



- BAAC: pour vérifier l'évolution de l'inter classification à travers les années (si possible).



- SNCF DB: pour analyser les cas d'usage « K ».

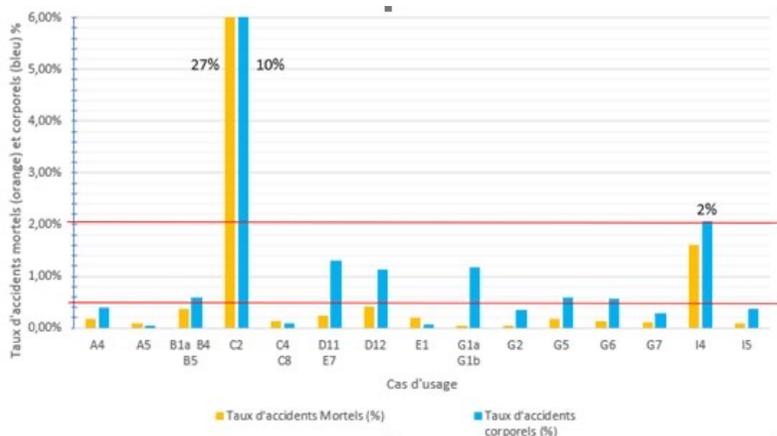


- OCSTI DB: pour analyser les cas d'usage « L » .

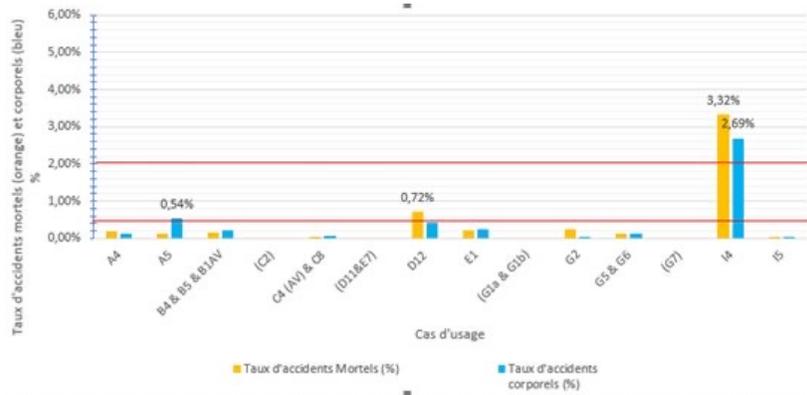
NB : chaque base de données d'accidents présente certaines limites pour traiter les différents cas d'usage, entraînant des lacunes et/ou des regroupements.

Résultats - fréquence: cas d'usages A, B, C, D, E, G, I

VOIESUR (2011) « All road users »



BAAC (2018-2021) « All road users »



Tous les usagers de la route

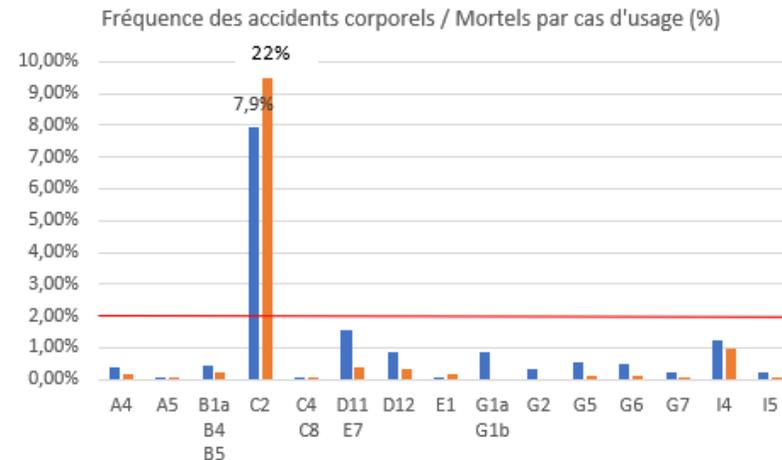
-C2 (survitresse) et I4 (piétons hors du passage à niveau) : fréquence d'accidents plus élevée et importante ($\geq 2\%$).
 -Ensuite, D11&E7 (embouteillage), D12 (véhicule de secours), G1a&1b (intersection avec feux tricolores), travaux (B) avec enjeux moyens (0,5-2%)

Plus récemment : I4 a tendance à augmenter, puis D12 et A5 (à contresens).
 NB : C2 n'est pas applicable mais la survitresse reste un problème lorsque l'on regarde les études accidentologiques.

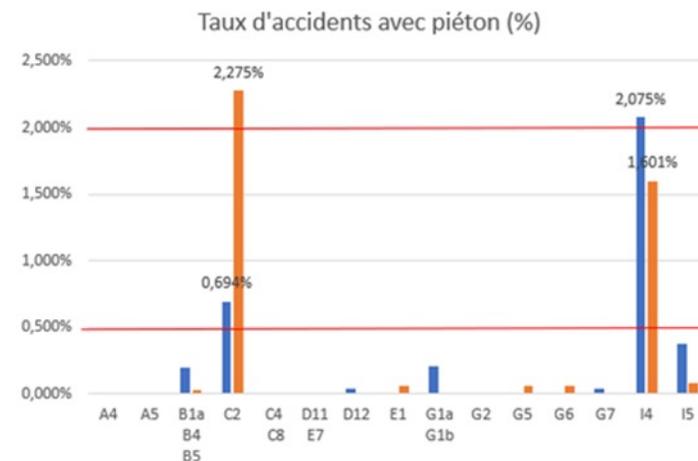
PC / Piéton

C2 est principalement un problème lié au PC avec et au moins étendu au piéton.
 I4, est bien sûr lié aux victimes piétons.
 Plus récemment, BAAC montre une tendance à l'augmentation des accidents dans I4 et A5.

VOIESUR (2011) « PC »

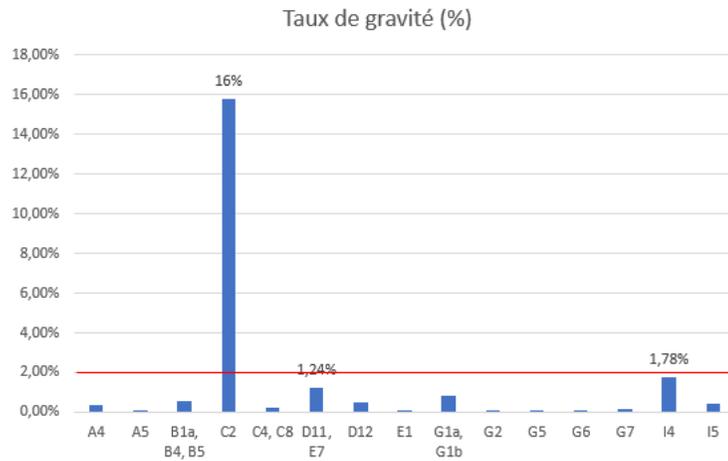


VOIESUR (2011) « pedestrian »

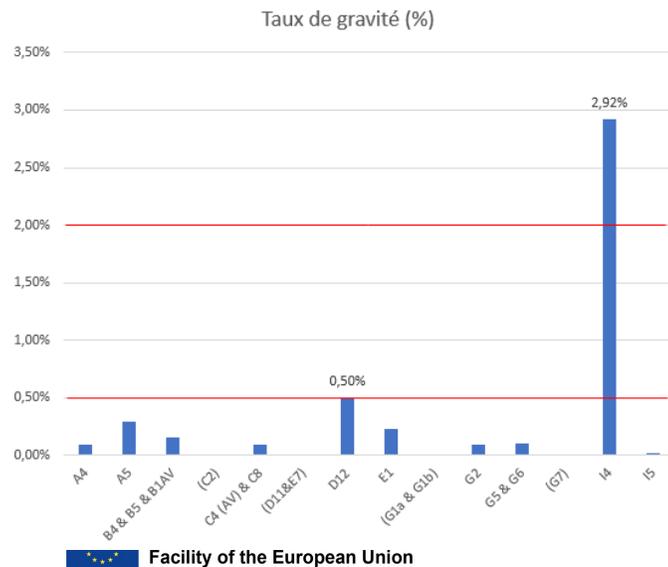


Résultats – sévérité: cas d’usages A, B, C, D, E, G, I

VOIESUR (2011) « All road users »



BAAC (2018-2021) « All road users »



Tous les usagers de la route

-C2 (survitresse) : gravité plus élevée et plus importante de l’accident (≥ 2 %).
 -Puis, I4 (piéton hors passage), D11&E7 (embouteillage), G1a&1b (intersection avec feux tricolores), travaux (B) avec enjeux moyens (0,5-2%).

Plus récemment : I4 a tendance à augmenter avec une sévérité plus élevée, puis D12 et E1 (neige), A5 (sens inverse).

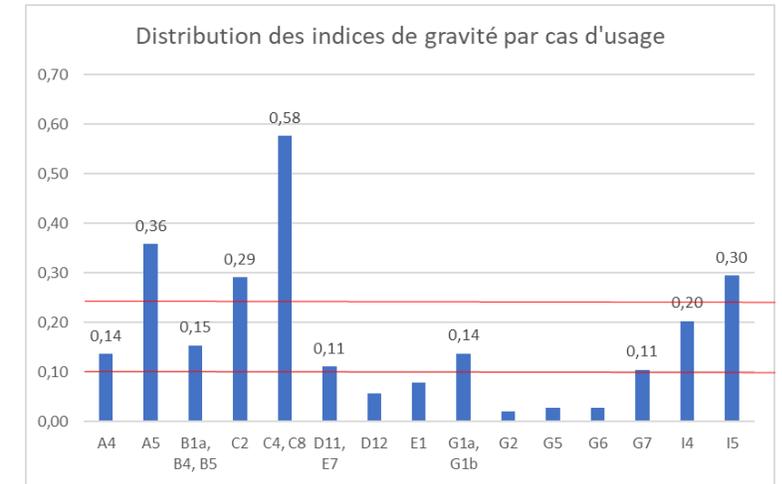
NB : C2 n’est pas applicable mais la survitresse reste un problème lorsque l’on regarde les études accidentologiques.

Indice de gravité intrinsèque au cas d’usage

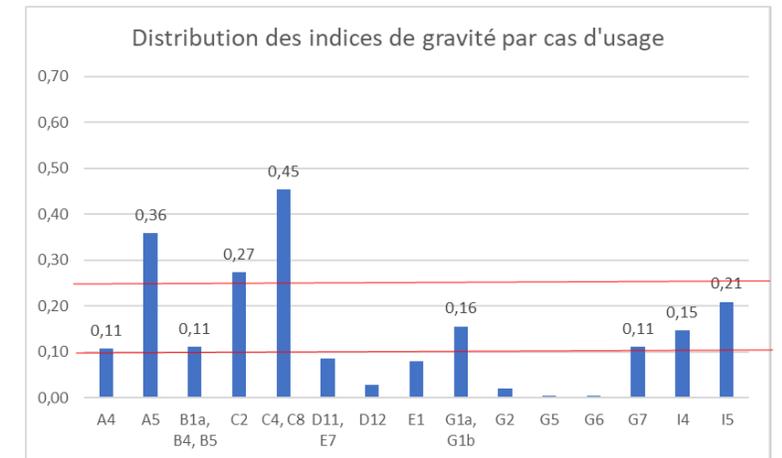
Chiffre totalement différent par rapport au ratio de gravité.

-Les accidents au péage (C4 et C8), en situation de contresens (A5), à la gare routière (I5) sont plus graves lorsqu’ils se produisent mais moins fréquents.
 -Zoom sur les accidents PC : A5, C2, B gardent le même niveau, ce qui signifie que ces cas d’utilisation sont plus sensibles aux problèmes de PC.

VOIESUR (2011) « All road users » - Severity index (intrinsic)



VOIESUR (2011) « PC » - Severity index (intrinsic)

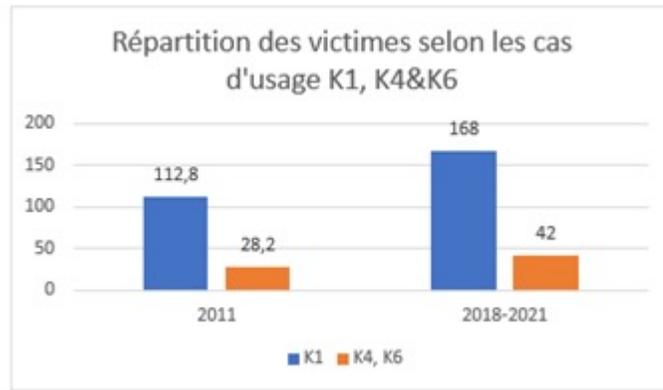


Résultats – fréquence & sévérité: K, L

• Cas d'usages « K » (SNCF)

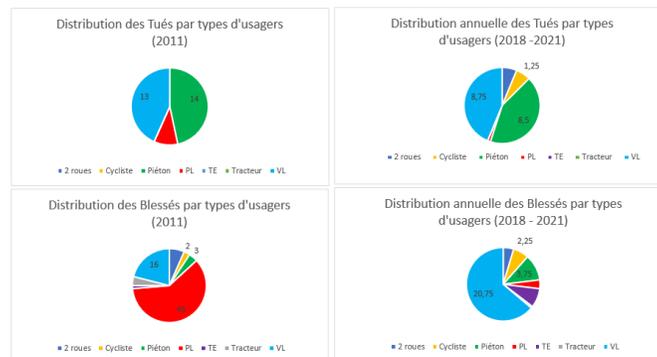


- 53% des accidents surviennent sans blessures
- Pour les 47% restant:



- **Fréquences/Sévérité:**
80% des accidents = « K1 »
Victimes: blessés / tués

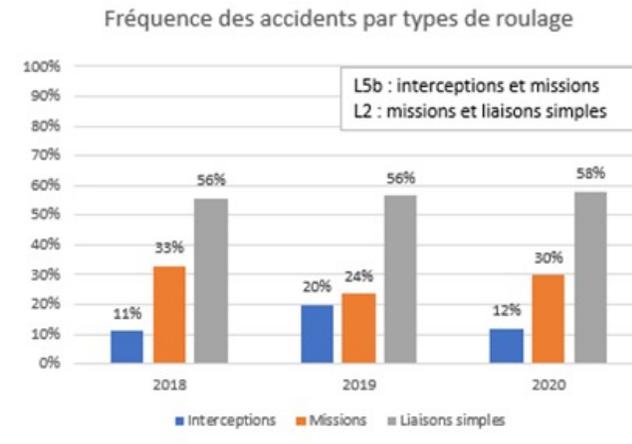
- Victimes du train: occupants des PC & Piétons



- Accidents usagers vulnérables: augmentation des cyclists au fil du temps

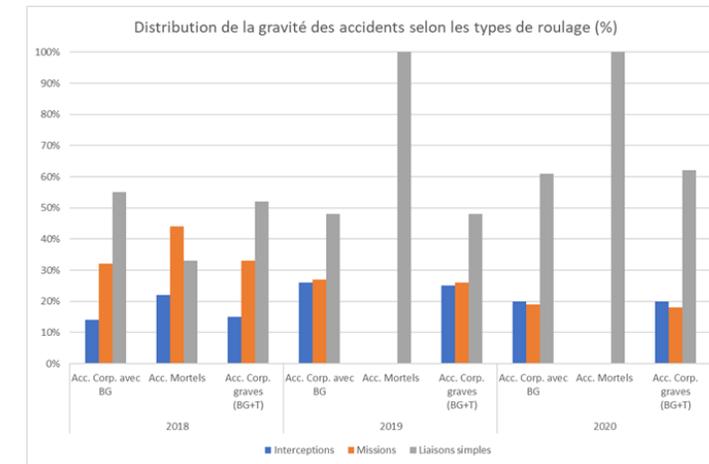
• Cas d'usages « L » (OCSTI)

OCSTI



- **Fréquence élevée / « Liaisons simples »**
=> 60% des accidents corporels.

- **Sévérité élevée / « Liaisons simples »**
=> 48-61% des accidents avec des blessés sévères.
=> jusqu'à 100% des accidents avec tués.



« L2 » a des enjeux accidentologiques élevés.

Résultats – fréquence & sévérité: K, L

• Cas d'usages « K » (SNCF)



- 53% des accidents surviennent sans blessures
- Pour les 47% restant:



- **Fréquences/Sévérité:**
80% des accidents = « K1 »
Victimes: blessés / tués

- Victimes du train: occupants des PC & Piétons

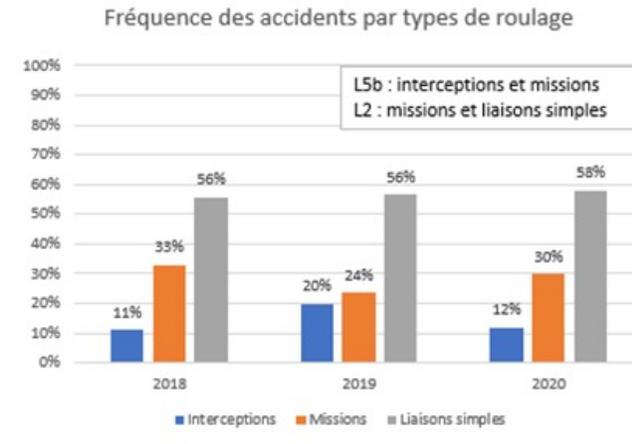


- Accidents usagers vulnérables: augmentation des cyclists au fil du temps

	2011		2018-2021, yearly average	
	Pedestrian/PC	Cyclist/PC	Pedestrian/PC	Cyclist/PC
Fatalities	107%	0%	97%	14%
Injured	24%	2,80%	18%	11%

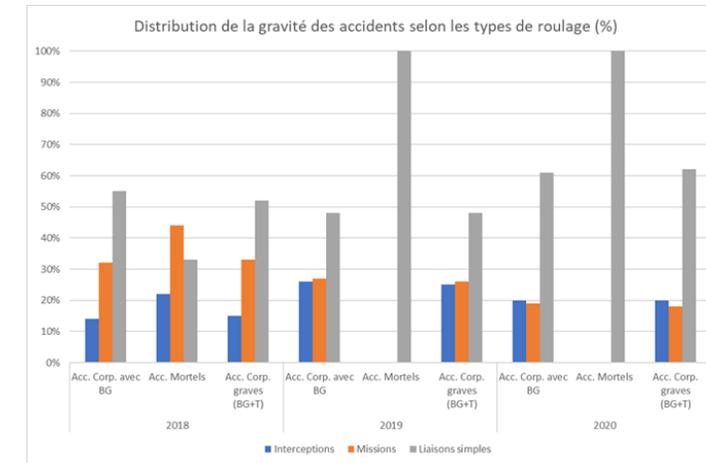
• Cas d'usages « L » (OCSTI)

OCSTI



- **Fréquence élevée / « Liaisons simples »**
=> 60% des accidents corporels.

- **Sévérité élevée / « Liaisons simples »**
=> 48-61% des accidents avec des blessés sévères.
=> jusqu'à 100% des accidents avec tués.



« L2 » a des enjeux accidentologiques élevés.

Évaluation microscopique

Accidentologie des cas d'usage:

Défaillances humaines des conducteurs

Localisation des accidents liés aux cas d'usage « All »



Méthodologie

- Défaillance fonctionnelle humaine (HFF) des pilotes et des cas d'usage

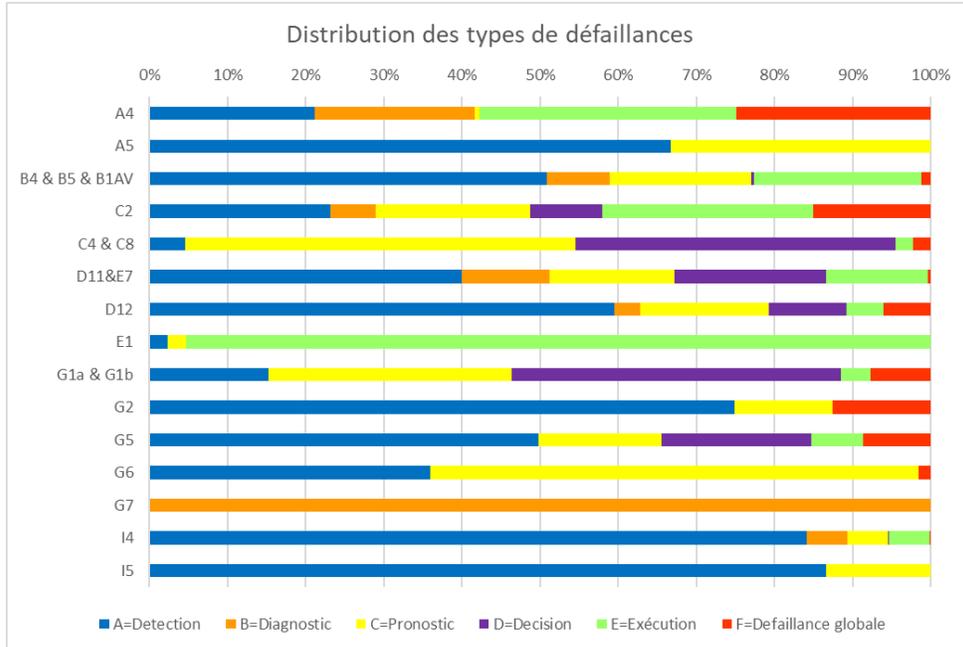
- VOIESUR (2011)
- Utilisation de la méthodologie développée par Pierre Van Elslande and co (2001)
 - Grille de HFF pour le codage d'accidents
- Tous les cas d'usage excepté « K » et « L »

- Lieux d'accidents lié aux cas d'usage « All »

- VOIESUR (2011) et BAAC (2018-2021)
 - Type d'infrastructure: urban / autoroute / rural
- Cas d'usage « All », déployé pour tous les lieux (urban, autoroute, rural)

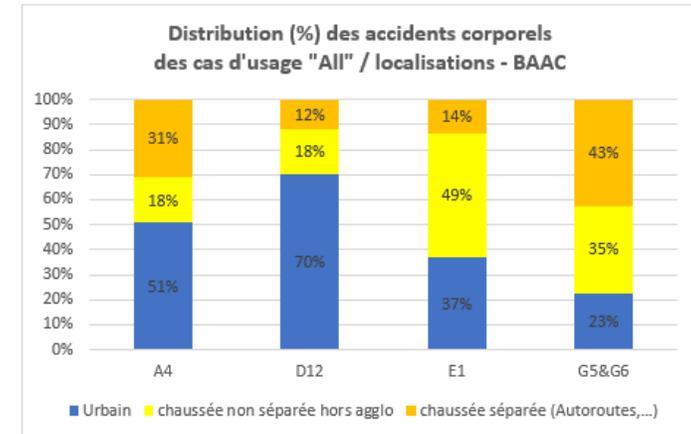
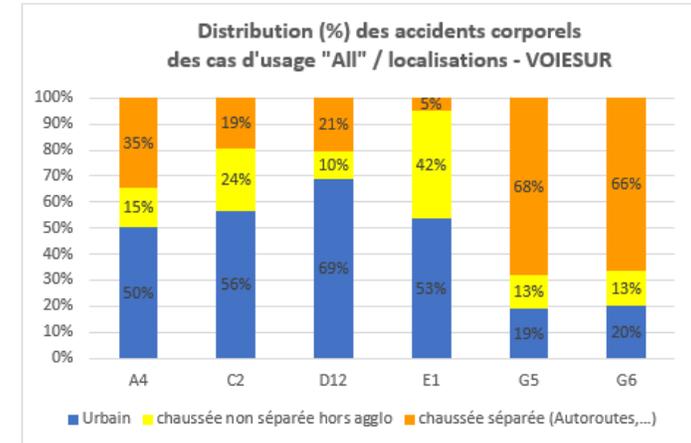
Résultats

Distribution de la défaillance fonctionnelle humaine des conducteurs



- **Échec de la détection** est la plus important, en particulier pour I4 et I5
- **Échec de pronostic** est un problème pour presque tous les cas d'usages et particulièrement pour C4 & C8 (Barrière à péage) et G6 (Insertion).

Répartition des accidents / localisation : urbain, ... Cas d'usage « All »



- A4 et D12 (urbain), E1 (rural) : mêmes proportions entre les emplacements, ce qui signifie une stabilité dans le temps, avec quelques fluctuations possibles pour D12, E1 (en fonction des événements).

Conclusion

- Évaluation ex ante des cas d'usage InDiD liés à la sécurité routière : bon moyen de varier les cas d'usage, de l'accidentologie existante, pour donner une tendance avant le déploiement des services connectés.
- Tendance en termes de fréquence des accidents blessés (nombre d'accidents)
- Tendance en termes de gravité des accidents blessés (nombre de victimes)
- Tendance en termes de défaillance fonctionnelle humaine à l'origine des accidents
- Tendance en termes de localisation des accidents pour les cas d'usage à grande échelle (« Tous »)
- Néanmoins, cette étude devrait apporter une aide à la décision : orienter les choix, les priorités en termes d'amélioration de la sécurité routière grâce aux services C-ITS.
- La connectivité doit participer pour éviter les accidents et/ou réduire la gravité lorsqu'ils se produisent, en tenant compte des éléments suivants :
 - Informations pertinentes pour une conduite plus sûre (vitesse, contresens, ...)
 - Anticipation de la possibilité d'événements dangereux (embouteillage/fin de file d'attente, véhicule d'urgence, ...)
 - Identification des usagers vulnérables (c'est-à-dire des piétons)

qui devraient agir sur le comportement du conducteur et sur les véhicules automatisés à long termes (à partir d'un niveau d'automatisation conçu pour une interaction directe avec la communication STI-C).

Merci de votre attention

De la part de Laura Bigi:
Un grand merci à Sophie!

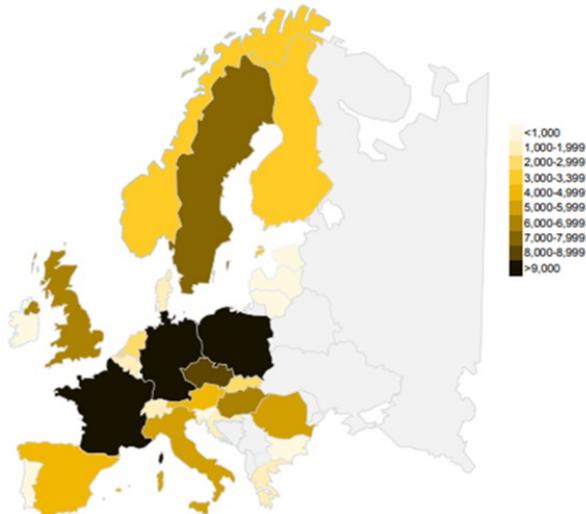


2.3.4 Comportement, Distraction et Sécurité Routière

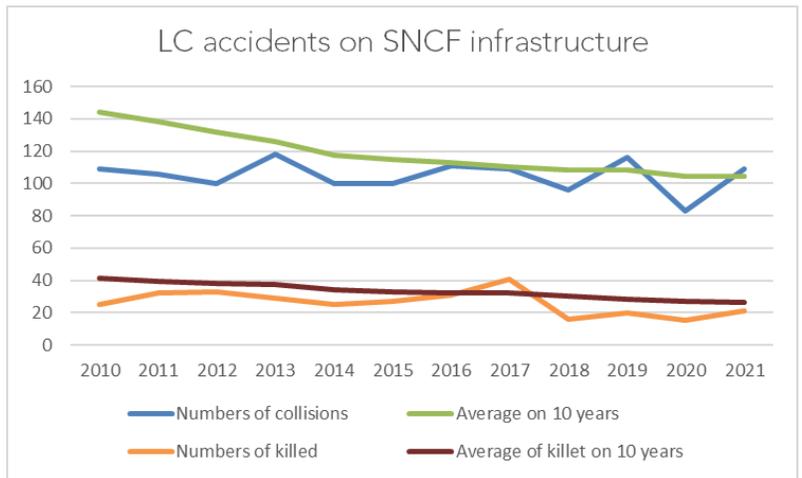
Approche cognitive et comportementale des C-ITS aux passages à
niveau

Virginie Taillandier (SNCF)

Passages à niveau en Europe et en France



- En Europe, la France, l'Allemagne et la Pologne sont les pays qui comptent le plus grand nombre de passages à niveau (15 400 PN en France).



- Les collisions aux passages à niveau représentent moins de 1% des collisions routières

Simulateur

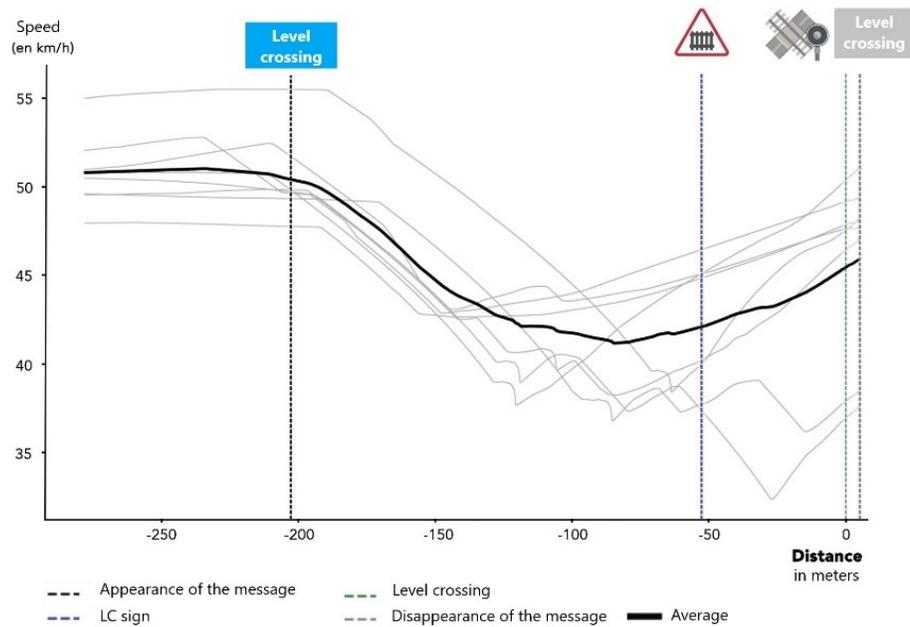


 Co-financed by the Connecting Europe Facility of the European Union

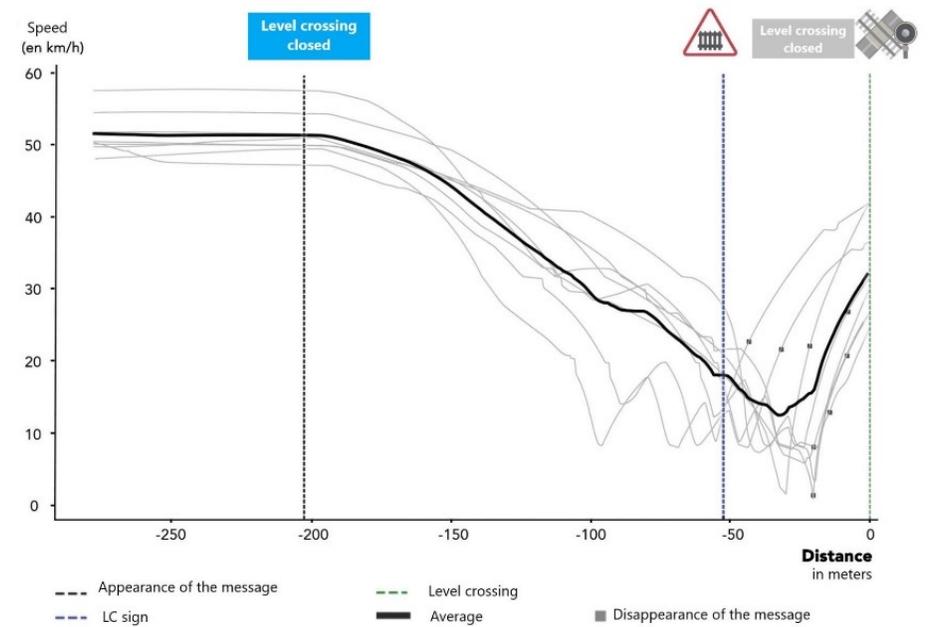
- 31 sujets (16 femmes et 15 hommes) âgés de 18 à 65 ans
- 40 minutes sur simulateur de conduite:
 - ✓ 1er parcours d'une durée comprise entre 7 et 10 minutes - 2 situations de référence avec un passage à niveau (ouvert et fermé)
 - ✓ 2ème parcours avec messages ITS : durée entre 20 et 30 minutes - 12 situations ITS dont 5 situations ITS LC (ouvert, fermé, hors service, pas de message et travaux)
- 1 heure d'entretien avec une échelle d'évaluation de l'effort mental

Résultats : situation PN ouvert/fermé

Message Passage à niveau à xxx mètres

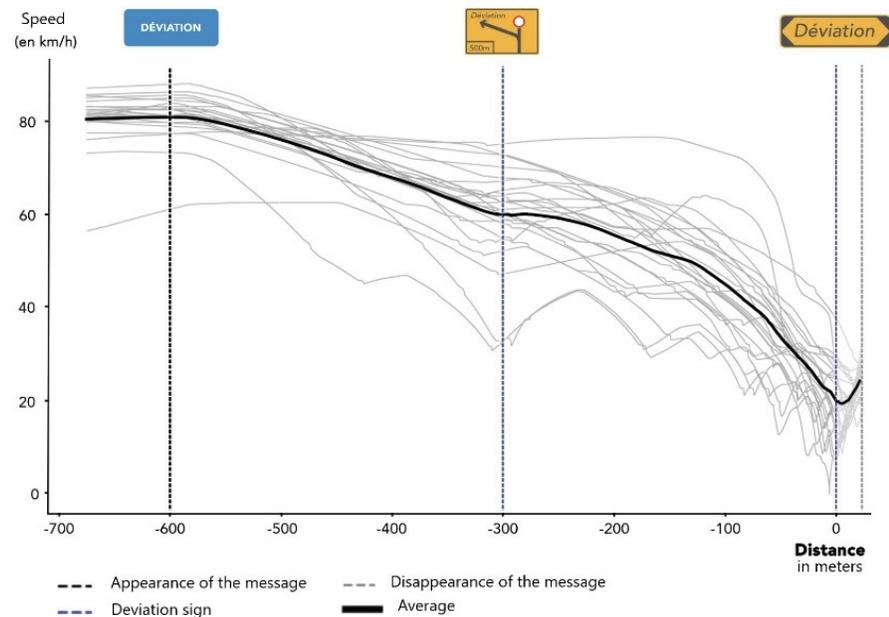


Message Passage à niveau fermé à xxx mètres

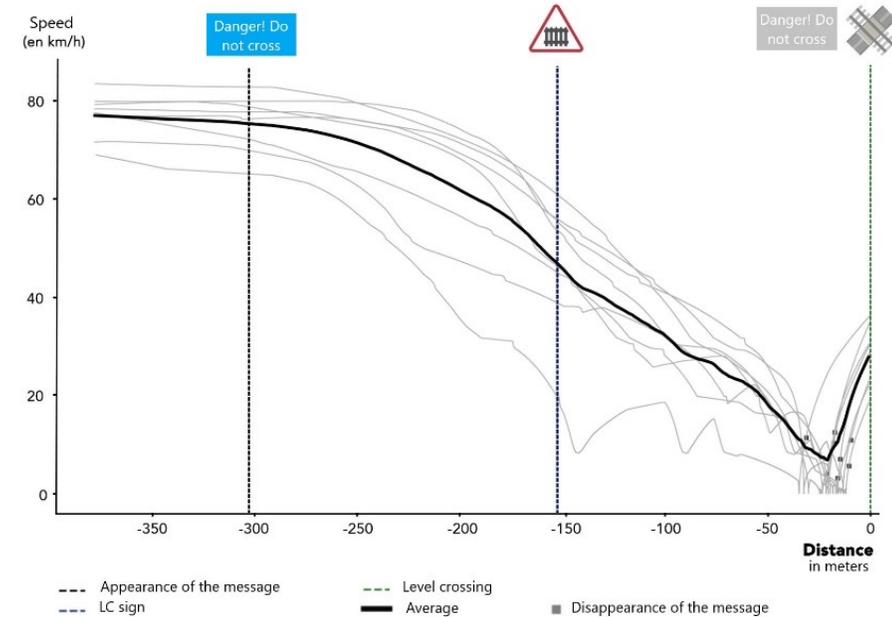


Résultats situation travaux/dérangement

Message Route barrée à xxx mètres



Message Danger ne pas franchir



Conclusion

- ✓ Les résultats complètent ceux observés dans l'étude ARPAN menée en 2019
- ✓ Les messages favorisent indéniablement les changements de comportement des conducteurs à l'approche des passages à niveau lorsque les messages sont concis, clairs et cohérents avec la situation vécue par les conducteurs.
- ✓ Dans tous les cas, cette nouvelle étude permet de guider les gestionnaires ferroviaires, les constructeurs ou les équipementiers automobiles dans leur choix de prise en compte des cas d'usage des passages à niveau dans les équipements C-ITS.
- ✓ La forme de certains messages reste à discuter
- ✓ Perspectives pour poursuivre la réflexion
- ✓ Importance de la formation routière pour soutenir la technologie ITS
- ✓ Possibilité de configuration de l'activation des messages par le conducteur routier

Pour plus d'information

- Plus d'information sur la journée internationale de prévention aux passages à niveau sur <https://ilcad.org/>
- 16^{ème} édition le 6 juin 2024 à Buenos Aires



- Etude complète disponible sur HAL <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03526620>

2.3.4 Comportement, Distraction et Sécurité Routière

Impacts d'une infrastructure connectée sur le comportement du
véhicule automatisé

Pierre Merdrignac (VEDECOM)

Introduction

Situations d'interactions et de conflits potentiels entre les utilisateurs



- **Challenge pour la conduite automatisée**
 - Détection des usagers
 - Prédiction et détection des intentions
 - Prise de décision
- **Limites du véhicule automatisé (VA)**
 - Incapacité d'initier un manœuvre d'insertion
 - Freinage d'urgence en prise de décision tardive sur la voie principale

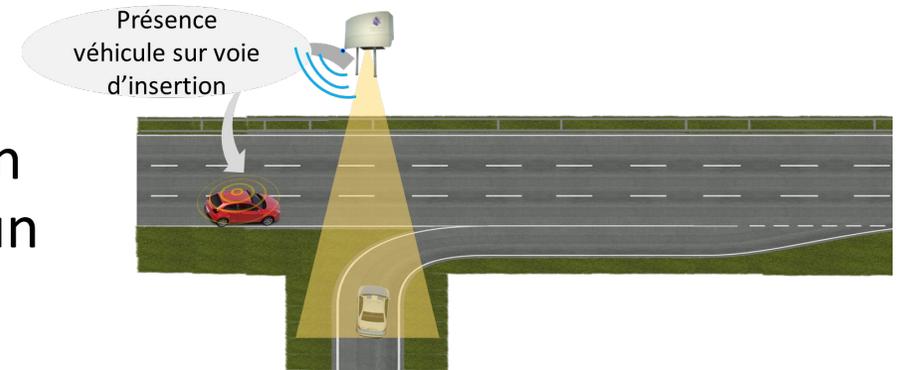
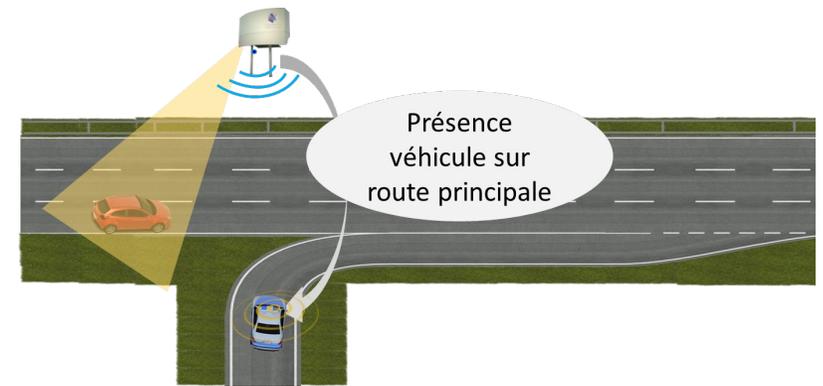
Problématique

- Alerter les risques de collision par une communication infrastructure-à-véhicule (I2V)

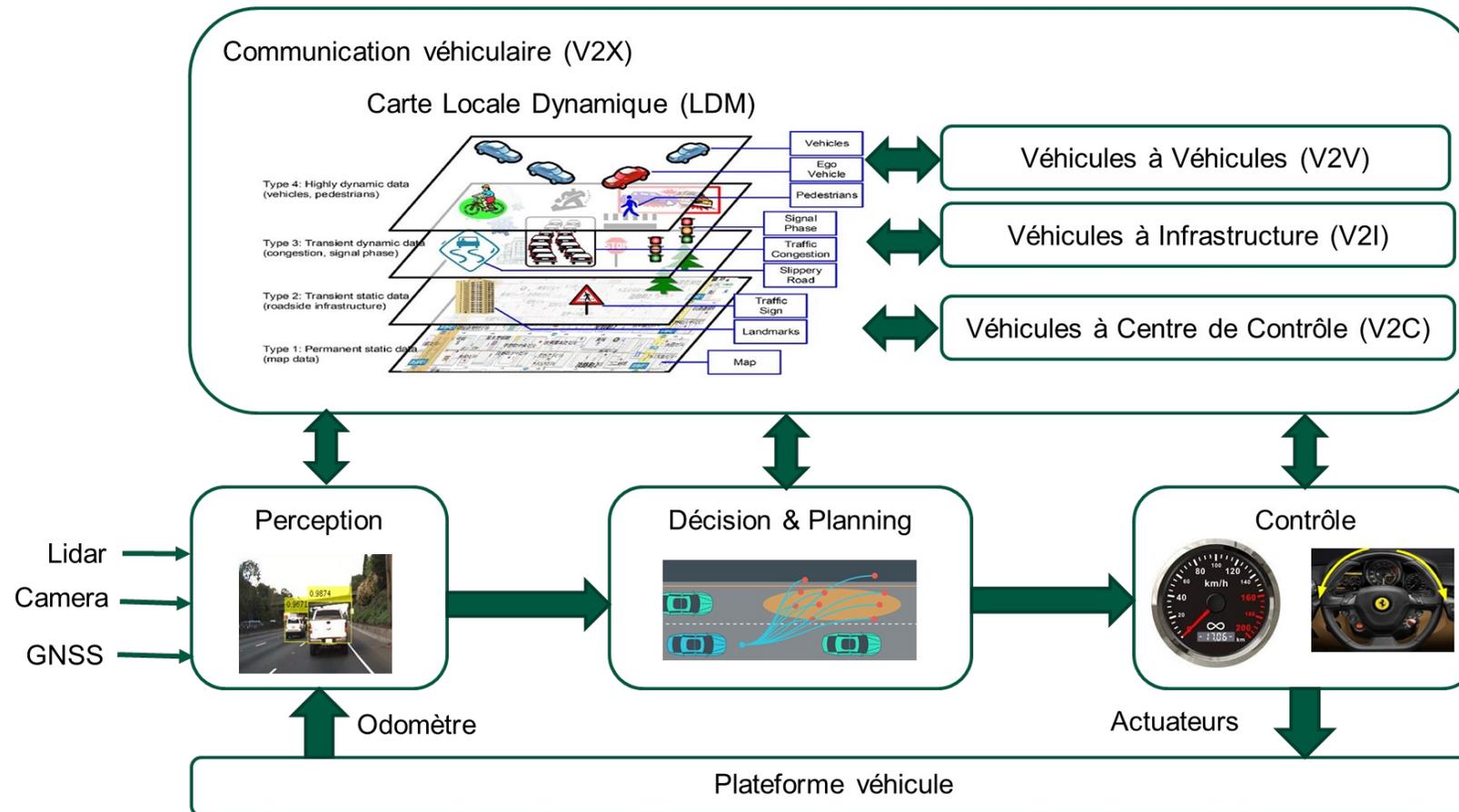
Case 1: Signalisation embarquée à une voie d'insertion pour les véhicules sur la bretelle d'accès

Cas 2: Signalisation embarquée à une voie d'insertion pour les véhicules sur la route principale

- Quel est l'apport des services d'alerte en situation d'insertion sur route principale lorsqu'au moins un véhicule en interaction est automatisé ?



Composants fonctionnels d'un véhicule automatisé et connecté



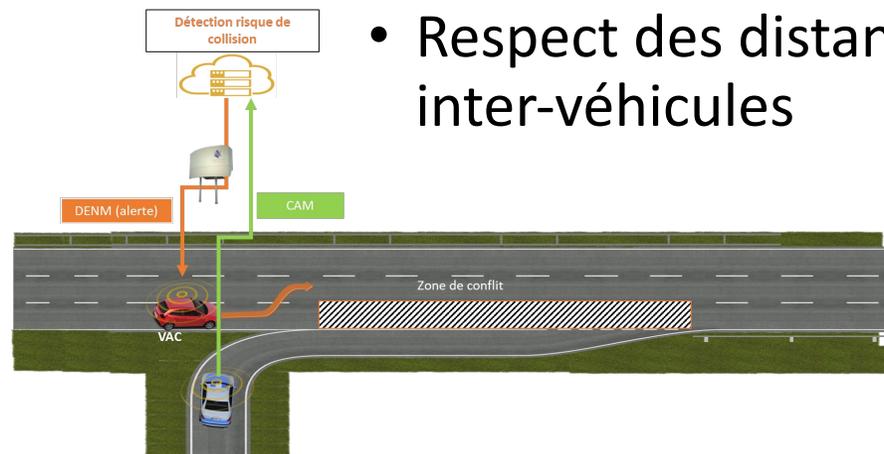
Protocole d'évaluation

- Hypothèses

- La communication I2V étend la portée des capteurs embarqués sur le VA
- Avec la communication I2V, le véhicule anticipe l'insertion d'un autre véhicule devant lui

- Comportement attendu

- Anticipation de la manœuvre, i.e. temps-à-collision plus élevé
- Régulation de la vitesse avec minimisation des décélérations brutes
- Respect des distances de sécurité inter-véhicules



Scénarios et métriques pour l'évaluation

- Mixte de technologies véhicules

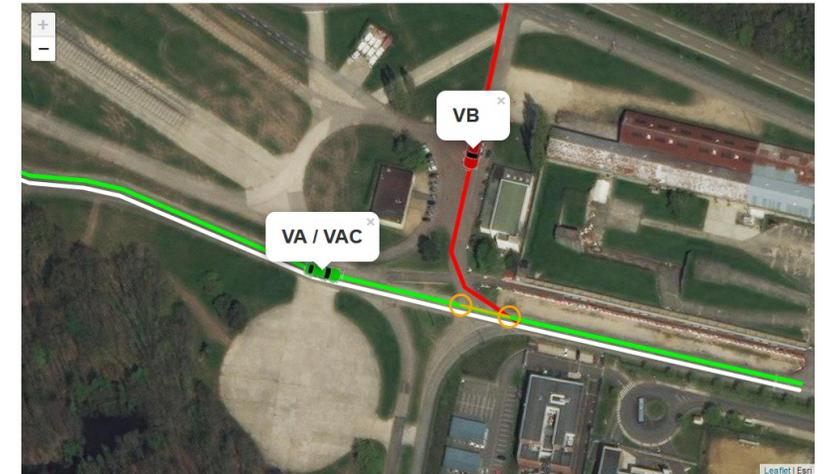
- Véhicule à conduite manuelle

- Véhicule automatisé (VA)

- Pas de connectivité avec l'infrastructure

- Véhicule automatisé et connecté (VAC)

- Adapte son comportement avec la communication I2V



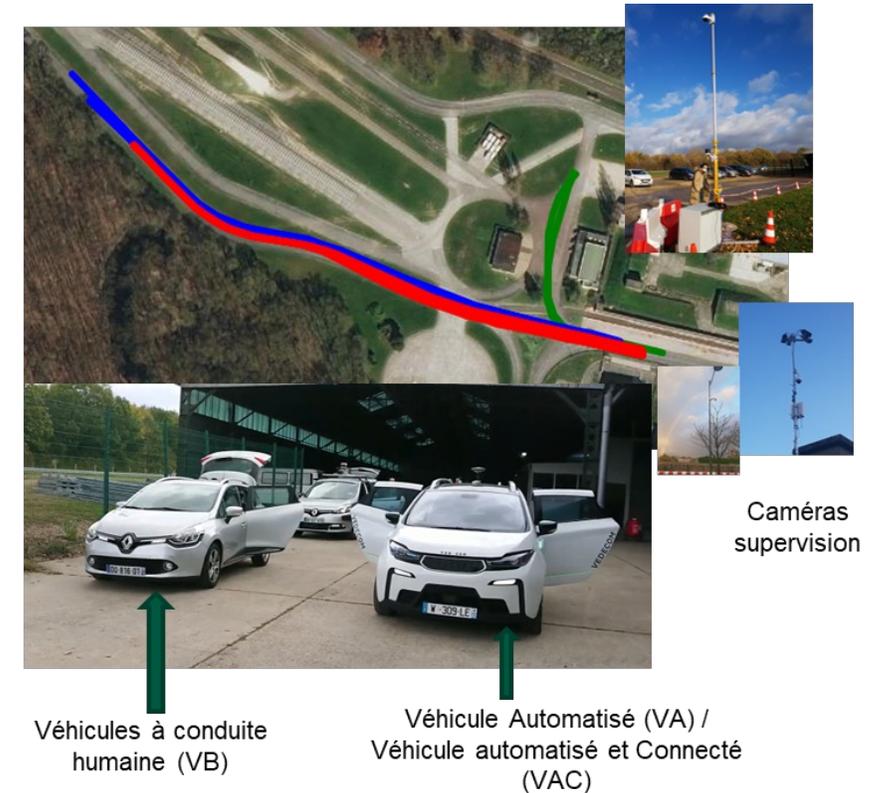
- Données collectées

- Indicateur de sécurité routière: Temps-à-collision, Décélération maximale, Ecart inter-véhicule

- Indicateurs de réponse du véhicule: Temps de détection du risque

Conditions expérimentales

- 2 Véhicules
 - 1 Véhicule automatisé et connecté
 - Equipé de capteurs et de connectivité V2X
 - 1 Véhicule à conduite manuelle
- Infrastructure
 - Lidars et Cameras pour la supervision de la zone de croisement
 - Unité de bord de route ITS G5
 - Circuit d'essais fermé (Versailles Satory)
- Collecte de données
 - Instrumentation de véhicules (position, vitesse, messages Tx/Rx)



Véhicules à conduite humaine (VB)

Véhicule Automatisé (VA) /
Véhicule automatisé et Connecté (VAC)

Caméras supervision

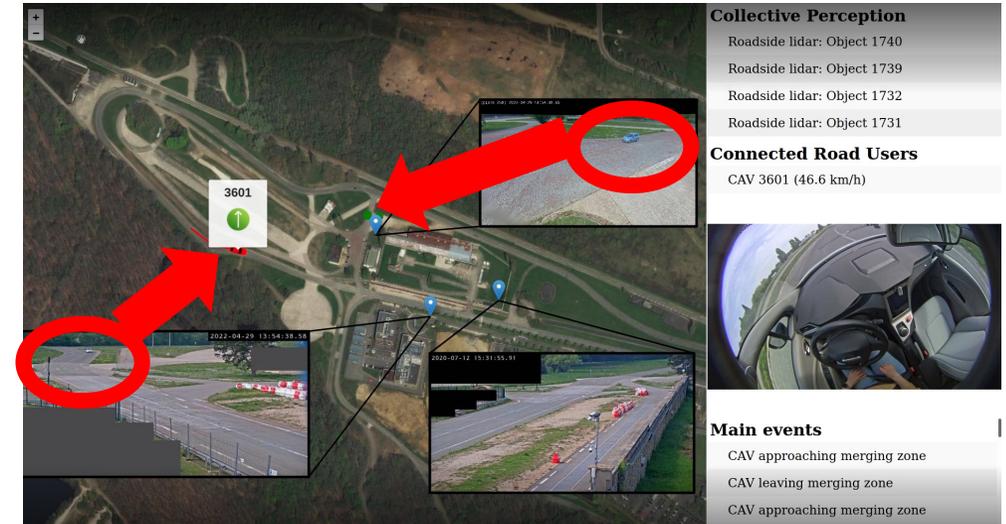
Résultats

- Scénario

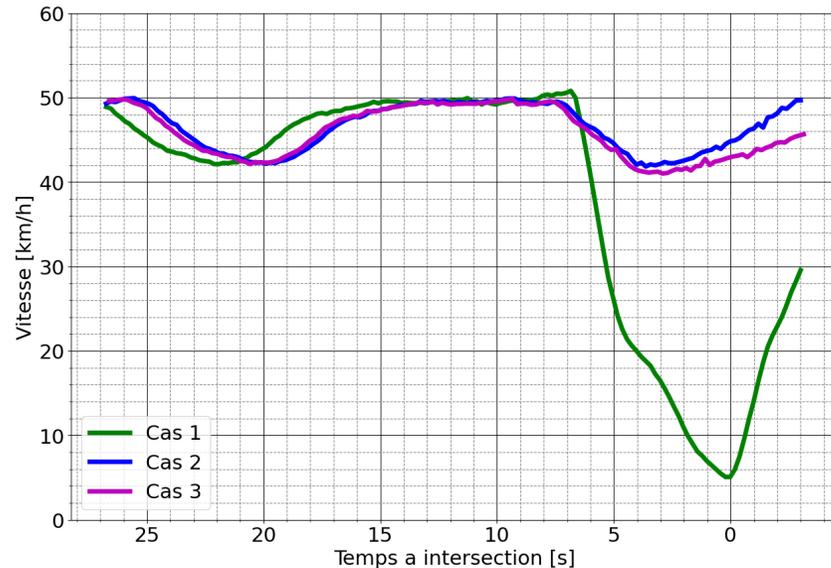
- VAC approche de la zone de croisement
 - Détection par l'infrastructure de bord de route
 - Emission de l'alerte par l'UBR
 - Déclenchement d'un changement de voie par le VAC

- Réalisation

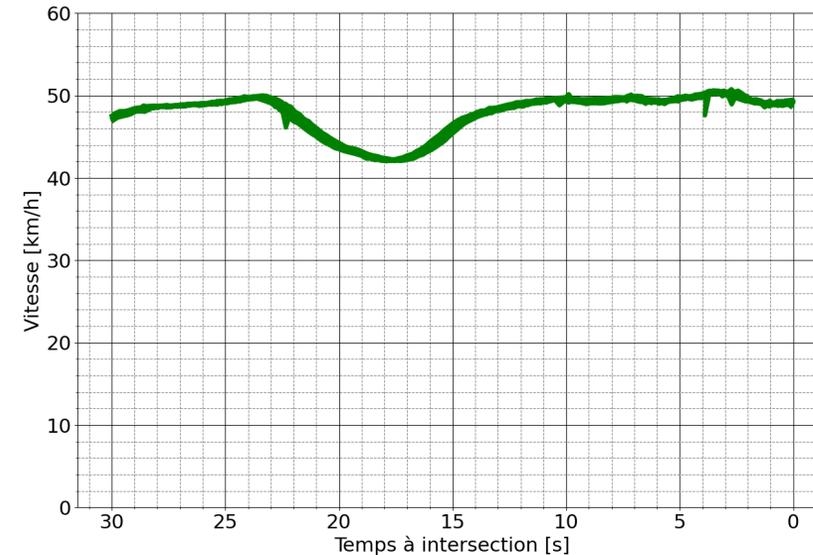
- Scénario de référence répété à 3 reprises (sans apport de connectivité)
 - Scénario cible avec le VAC répété à 13 reprises



Profil de vitesse de véhicules



Profil de vitesse du VA



Profil de vitesse du VAC

- Décélération importante du VA à l'approche de l'intersection
- Maintien de la vitesse par le VAC pour franchir l'intersection

Temps de détection du danger

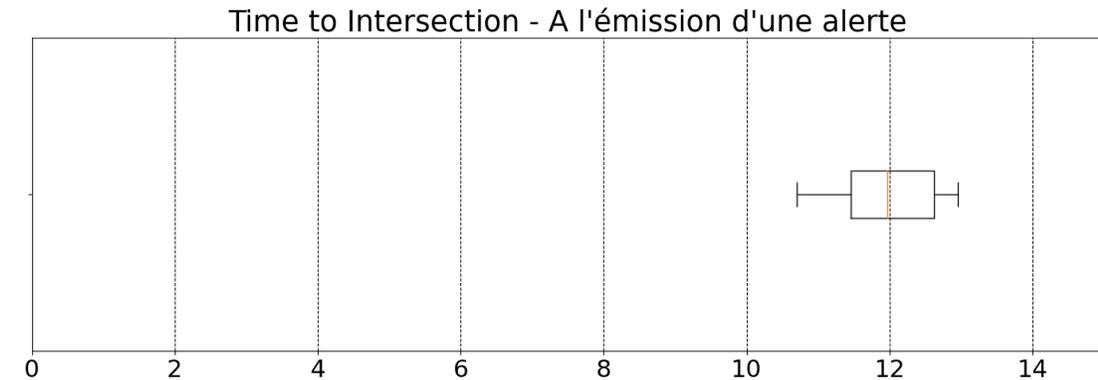
- Emission de l'alerte en moyenne 12s avant l'intersection

Permet au VA d'engager une manœuvre d'évitement en sécurité

Prise de décision facilitée par l'information fournie par l'infrastructure

- Temps après empiètement majoritairement sous les 2 secondes

Caractéristique des situations de risque mise en œuvre pour l'expérimentation



Conclusion

- Evaluation sur le terrain d'une infrastructure connectée pour l'assistance au VA
- Exécution d'un nombre limité de scénarios et de répétitions face à la complexité de déploiement et de manipulation
- Mise en avant des comportements différents entre VA et VAC
 - VA risque de prendre des décisions trop tardives
 - VAC capable de déclencher une manœuvre d'évitement par la réception d'une alerte en amont
- Infrastructure connectée fournit un apport important pour permettre au VAC d'adapter son comportement avec l'extension de l'horizon temporel de plusieurs dizaines de secondes

2.3.5 Acceptabilité et Impacts Organisationnels

Analyse du système technologie-humain-organisation

Mehdi Chahir (UR2)

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Introduction : pourquoi une telle étude ?

- C-ITS = innovation technologique inédites pour les gestionnaires routiers
- Or, déployer une innovation représente un défi à plus d'un titre :

95%

des inventions mises sur le marché échouent (Andréani, 2001)

20%

des déploiements dans les organisations rencontrent le succès (Jørgensen, 2014)

Déployer une innovation technologique provoque des changements (Bobillier-Chaumon, 2016 ; Brangier, 2003 ; Chahir et al., 2019, 2022 ; Chahir, 2021 ; Pichot, 2018).

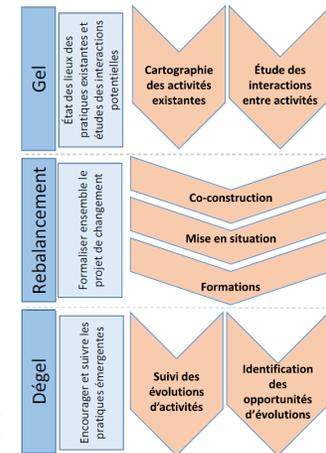


- **Nécessité d'évaluer la façon dont ces technologies sont perçues/accueillies par les professionnels concernés et les changements provoqués par le déploiement.**

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Introduction : contexte de l'étude

- Lors de précédentes études (2.3.5.3.d - Chahir et al., 2019, 2022 ; Chahir, 2021), nous avons :
 - Proposé une méthode d'accompagnement du changement
 - Appliqué cette méthode à la DIR Ouest (site pilote national) pour :
 - Identifier les impacts des C-ITS *a priori*
 - Contribuer à la préparation du déploiement
 - À la suite de ces travaux, la présente étude avait pour but **d'évaluer l'impact organisationnel et l'acceptabilité des outils C-ITS une fois déployés**
 - Déploiement en CIGT : interconnexion entre l'outil déjà utilisé et les C-ITS ; peu d'impacts à ce stade
 - Déploiement en CEI : déploiement d'une nouvelle tablette tactile ; impact supposément plus important
- Focus sur le déploiement en CEI



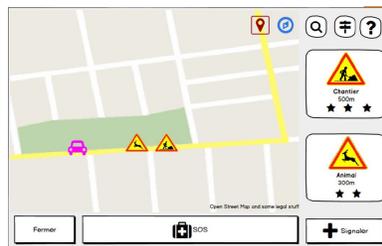
Méthode en 3 étapes



Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Introduction : zoom sur l'outil déployé dans les CEI

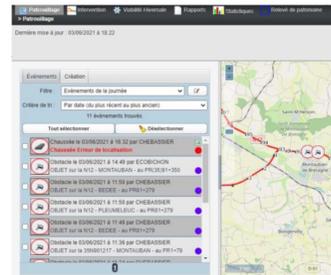
- Une de nos préconisations : veiller à une bonne ergonomie des postes de conduite (CEI)
- Or, en plus des C-ITS, la DIR Ouest prévoyait de déployer une main courante embarquée (MCE) dans les véhicules d'exploitation.



Application C-ITS



Application MCE
Main courante
embarquée



Interface web
ou « mode débarqué »



**Fusion des
deux systèmes**



Application C-ITS/MCE
(+interface web)

➤ **Fusion des deux systèmes**

➤ **Evaluation centrée sur l'application C-ITS mutualisée avec la MCE (C-ITS/MCE) dans les CEI**

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Méthode

	Questionnaires	Entretiens
Population	<ul style="list-style-type: none">• 301 réponses (120 au T1, 110 au T2, 71 au T3)• Profil : agents d'exploitation (63,9 %), encadrants (25,1 %), non connu (11 %).• Majorité d'hommes (> 95 %)	<ul style="list-style-type: none">• 89 utilisateurs des outils MCE/C-ITS• Profil : agents d'exploitation (75,3 %) et encadrants (24,7 %).• Majorité d'hommes (> 95%)
Matériel	<ul style="list-style-type: none">• Questionnaire T1 de 41 questions réparties en 2 parties (acceptabilité)• Questionnaires T2-T3 de 80 questions réparties en 7 parties (expérience avec les outils C-ITS/MCE et acceptabilité)	<ul style="list-style-type: none">• Guide d'entretien de 34 questions réparties en 6 thématiques.• Objectifs : description de l'expérience avec les outils C-ITS/MCE et acceptabilité
Procédure	<ul style="list-style-type: none">• Questionnaire papier distribué avant les formations (T1), 2 mois après les formations (T2) et 6 mois après les formations.	<ul style="list-style-type: none">• Professionnels rencontrés 2 mois après les formations• Sessions individuelles ou collectives ~1h

=> 11 CEI étudiés entre avril 2022 et septembre 2023

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Résultats des questionnaires (acceptabilité)



Dimension	T0 (2019) C-ITS (20 CEI ; N = 208)		T1 (Déploiement) C-ITS/MCE (8 CEI ; n = 120)		T2 (2 mois) C-ITS/MCE (10 CEI ; n = 110)			T3 (6 mois) C-ITS/MCE (7 CEI ; n = 71)		
	α	M (ET)	α	M (ET)	α	M (ET)	Δ	α	M (ET)	Δ
Intention d'usage	-	4,25 (1,56)	0.93	5,96 (1,24)	0.92	6,24 (1,15)	➡	0.96	5,85 (1,33)	➡
Attitude	0.91	4,11 (1,21)	0.94	5,01 (1,22)	0.97	5,21 (1,48)	➡	0.98	4,83 (1,88)	➡
Sentiment de maîtrise (ou contrôle)	0.67	4,22 (0,97)	0.90	5,65 (1,00)	0.92	5,99 (1,08)	➡	0.93	5,68 (1,20)	➡
Normes sociales	0.17	4,07 (0,58)	0.78	5,81 (0,85)	0.83	6,07 (1,00)	➡	0.85	5,98 (0,85)	➡
Facilité d'usage	0.22	3,82 (0,89)	0.87	5,20 (1,06)	0.91	5,46 (1,38)	➡	0.92	5,24 (1,53)	➡
Compatibilité	0.42	4,04 (1,05)	0.84	5,04 (1,17)	0.91	5,41 (1,43)	➡	0.94	5,07 (1,76)	➡
Aisance technologique	0,77	4,80 (1,57)	0.61	4,63 (1,34)	0.71	4,97 (1,42)	➡	0.54	4,61 (1,43)	➡

Echelle d'accord en 7 points (de 1 pas du tout d'accord à 7 tout à fait d'accord)

α : indicateur (alpha de Cronbach) de la cohérence interne pour la dimension ; M : moyenne ; ET : écart-type ; Δ : différence par rapport au temps précédent

Comparaison entre les différents temps basés sur des tests de comparaison de moyennes (T de student) : ➡ augmentation ➡ stagnation ➡ diminution

De quoi dépend l'acceptabilité avant le déploiement ? (T1)

Analyse de régression linéaire

$R^2 = 0,623$

Intention d'utiliser la MCE

Utilisation de la MCE

Attitude

Je suis favorable à la MCE

.596**

Sentiment de maîtrise (contrôle)

J'ai le sentiment d'être en capacité et je trouverai de l'aide pour utiliser la MCE

.157

Social

Les autres utilisent ou me demandent d'utiliser la MCE

.276

Facilité à utiliser

Je trouve la MCE facile à utiliser

-.344*

Compatibilité de la MCE avec le travail

La MCE s'intègre bien dans l'activité de travail

.148

Changements provoqués par la MCE

La MCE change mon travail

-.002

Aisance avec les nouvelles technologies

J'ai l'habitude d'utiliser les nouvelles technologies

.145*

Avant d'utiliser la MCE, le fait d'être favorable ou non à la MCE (attitude) explique majoritairement le fait d'avoir l'intention ou non d'utiliser la tablette. La difficulté perçue de la tablette est un frein.

Les questions évaluent bien les outils C-ITS+MCE, mais elles sont formulées uniquement « MCE » car c'est le nom donné par les agents de la DIRO.



Indication reportée si valeur significative

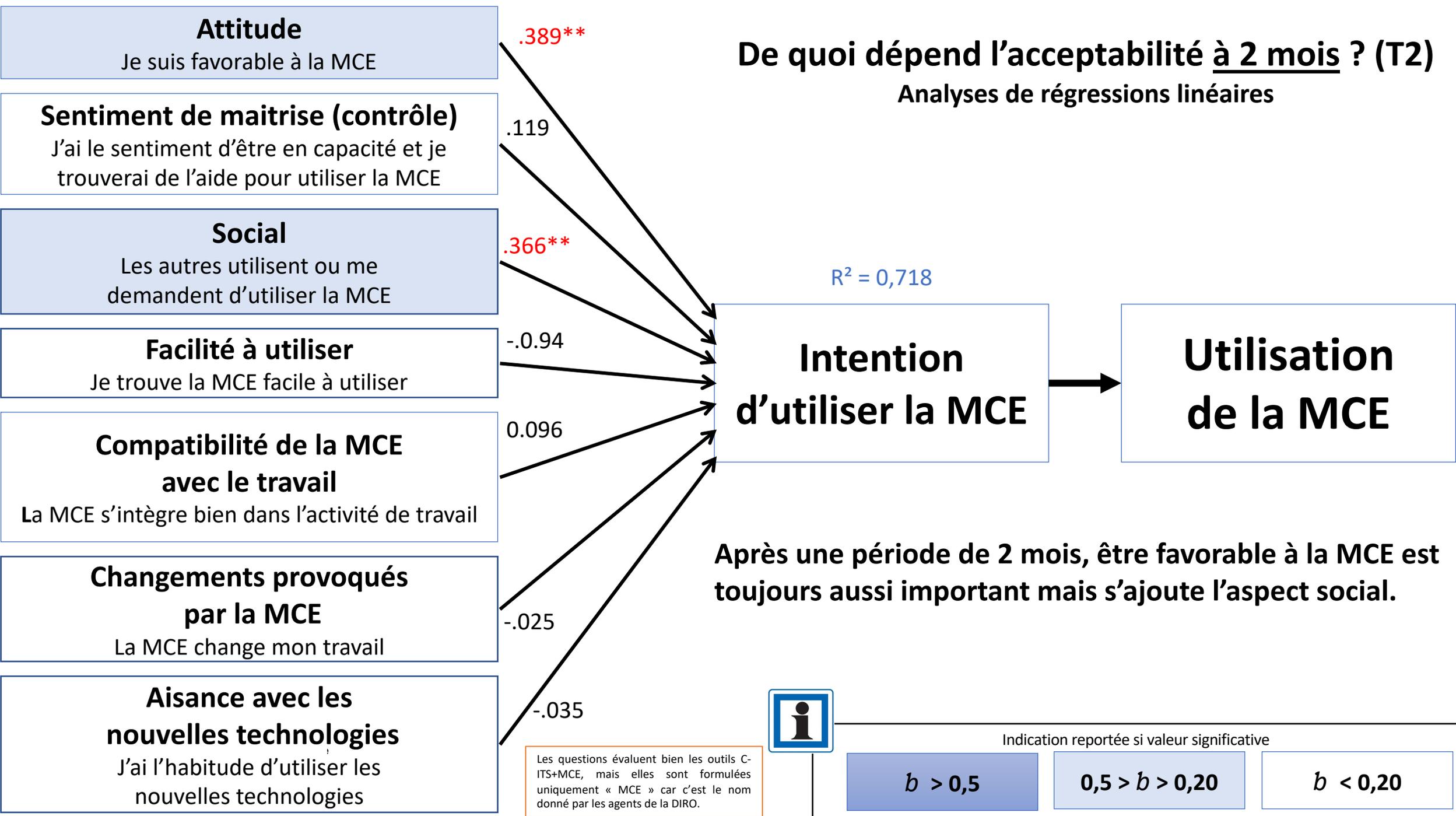
$b > 0,5$

$0,5 > b > 0,20$

$b < 0,20$

De quoi dépend l'acceptabilité à 2 mois ? (T2)

Analyses de régressions linéaires



.389**

.119

.366**

-.0.94

0.096

-.025

-.035

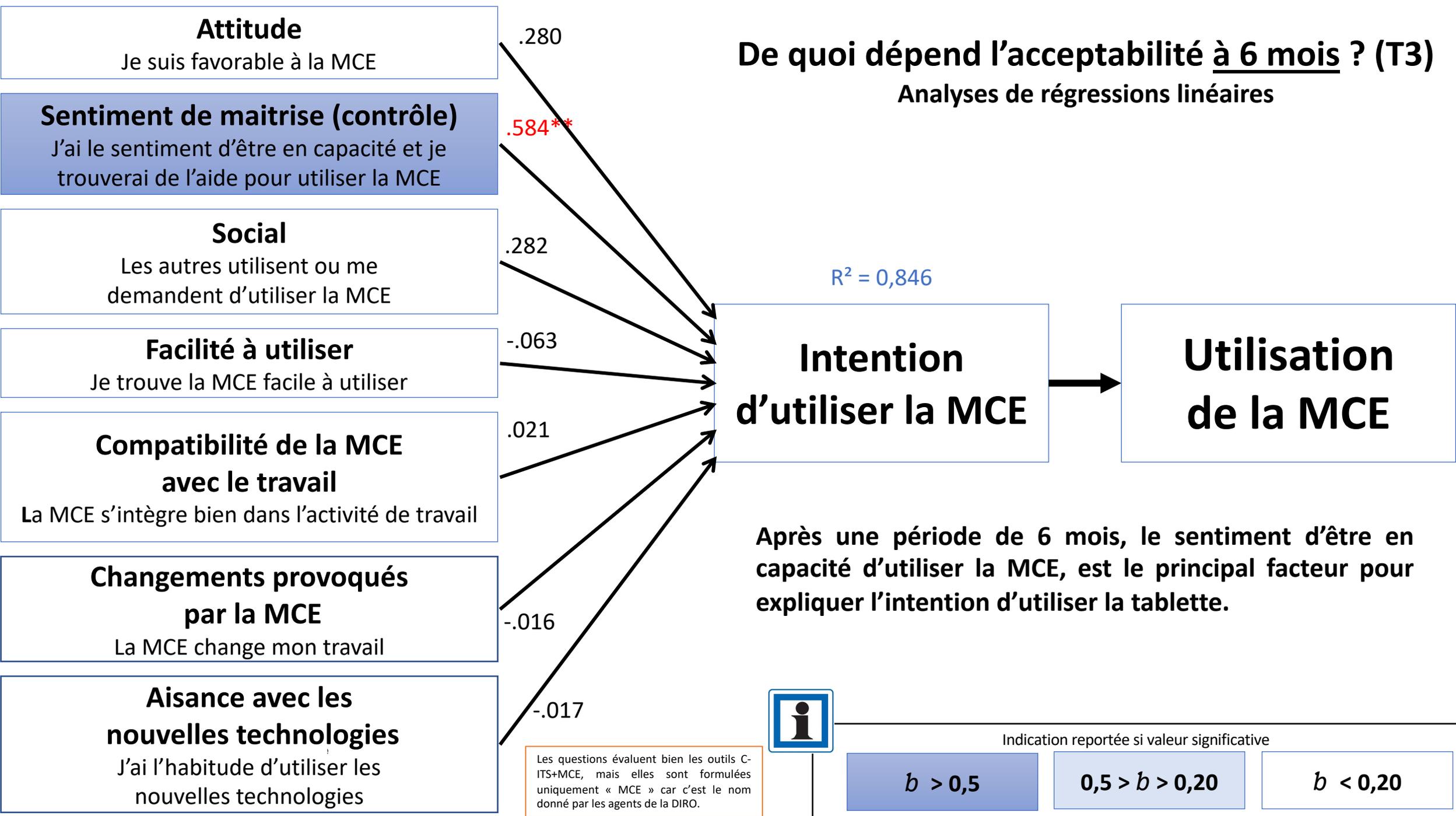
Intention d'utiliser la MCE

Utilisation de la MCE

Après une période de 2 mois, être favorable à la MCE est toujours aussi important mais s'ajoute l'aspect social.

De quoi dépend l'acceptabilité à 6 mois ? (T3)

Analyses de régressions linéaires



.280

.584**

.282

-.063

.021

-.016

-.017

$R^2 = 0,846$

Intention d'utiliser la MCE

Utilisation de la MCE

Après une période de 6 mois, le sentiment d'être en capacité d'utiliser la MCE, est le principal facteur pour expliquer l'intention d'utiliser la tablette.



Indication reportée si valeur significative

$b > 0,5$

$0,5 > b > 0,20$

$b < 0,20$

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Résultats des questionnaires (expérience des outils)

- **Formation suivie** par près de 95 % des participants, **bien évaluée** et jugée **utile**.
- **Utilisation importante des outils** (plus de 20 jours d'expérience, pour 65,4 %)
- Outils **bien intégrés**, papier utilisé systématiquement par 11 % des professionnels à 6 mois.
- 40 % estiment que leur **travail a changé** avec ces outils ; perception plus forte de changement pour les encadrants ($M=4,88$)¹ que pour les agents d'exploitation ($M=4,19$)¹.
- **Peu d'évolutions dans les relations** entre collègues.
- **Une majorité a rencontré au moins un problème technique** (87,3 % à 2 mois et 80 % à 6 mois)
- Aide obtenue dans la plupart des cas, soit par un encadrant (67,4 %), des collègues (29,8 %) ou quelqu'un en dehors du CEI (15,5 %) [aucune aide : 11,1 %].

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Résultats des questionnaires (expérience des outils)

- **Apports principaux du point de vue de :**
 - La modernisation (82,2 %)
 - Du traitement des informations routières (75,7 %)
 - De la protection juridique (58,1 %)
- **Tablette jugée aussi efficace, voire plus efficace dans certaines situations.**
 - Plus efficace pour le suivi des équipements (43,3 %)
 - Plus efficace pour le signalement d'un événement (39,4 %)
 - Plus efficace pour le traitement d'un événement (34,6 %)
- **Freins à l'utilisation :**
 - La tablette renforce le contrôle sur l'activité de travail (mais pas systématiquement perçu comme un frein)
 - Une partie estime que la charge de travail a augmenté avec la tablette (40,9 %)
 - La tablette est une source de distraction pendant la conduite (55,3 %)

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Résultats des entretiens : apports des outils

- Opinion générale très positive, simplicité des outils mises en avant.
 - De nombreux apports pratiques et permettant de gagner du temps :
 - Diminution/suppression du format papier (contraignant car difficile à utiliser la nuit ou par mauvais temps, pertes, fiches à récupérer auprès des équipes, fiches incomplètes ou difficiles à déchiffrer)
 - Prise de photo directe (évite le transport d'un appareil photo et évite le transfert sur ordinateur)
 - Evite d'avoir à ressaisir les fiches au format numérique [encadrants]
 - Localisation automatique des PR
 - Transmission instantanée des informations
 - Extractions pour faire des bilans
 - Facilite la recherche d'événements passés
 - Permet d'extraire une liste d'évènements en cours pour organiser les interventions du CEI (réparations...)
- C-ITS** { **Transmission d'informations aux usagers, vraie plus-value de la tablette**
Localisation des co-équipiers positionnés sur la route pendant les interventions, meilleure coordination

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Résultats des entretiens : problématiques et difficultés rencontrées

- Demande de simplification des fiches, trop d'informations à saisir d'après les équipes, malgré une consigne de renseigner de la même façon que les fiches papiers.
- Tablette parfois perçue comme une source de perturbation en conduite ou dans l'activité de travail, surtout en phase d'apprentissage (24,7 %)
 - Priorité donnée à la tablette en arrivant sur un événement en le signalant avant d'utiliser les équipements de sécurité directs (gyrophare...)
 - Utilisation pendant la conduite, pour allumer la tablette et/ou s'authentifier
 - Manque d'attention pendant la saisie, une fois sur la route
- Difficulté à se repérer dans les menus et à distinguer les événements MCE des C-ITS
- Effet « guirlande de Noël » lorsque les encadrants ne réussissent pas à clôturer les événements en cours au fur et à mesure.

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Conclusion générale

- Au départ, projet de déployer séparément une application C-ITS et une application MCE.
- Séparément, le déploiement des deux outils aurait causé des problèmes d'utilisation, d'ergonomie des postes de conduite et donc d'acceptabilité.
- L'application interfacée a permis de proposer les fonctionnalités des deux outils dans une tablette. Signaler un événement est signalé au niveau C-ITS et MCE.
- Les fonctions MCE étant au cœur de l'activité des CEI, leur utilisation permet **d'alimenter les C-ITS.**
- Les fonctions C-ITS sont **jugées utiles** pour informer les usagers et améliorer la sécurité.
- **La fusion des outils permet donc une plus grande utilisation des fonctions C-ITS et une meilleure adoption.**

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Merci de votre attention !

Mehdi Chahir, Ingénieur de recherche au LP3C, Université Rennes 2. mehdi.chahir@univ-rennes2.fr

Stéphanie Bordel, Chargée de recherche à PsyCAP, Cerema. stephanie.bordel@cerema.fr

Alain Somat, Professeur des universités au LP3C, Université Rennes 2. alain.somat@univ-rennes2.fr

Remerciement à la DIR Ouest.

Étude d'impact organisationnel (2.3.5.3e)

Merci de votre attention !

Références

Andréani, J.-C. (2001). Marketing du produit nouveau : 95% des produits nouveaux échouent. Les managers sont en cause, les études de marché aussi. *Revue française du marketing*, 182, 5-12.

Brangier, E. (2003). Le concept de " symbiose homme-technologie-organisation". N. Delobbe, G. Karnas & Ch. Vandenberg. *Évaluation et développement des compétences au travail*. UCL: Presses universitaires de Louvain, 3, 413-422.

Bobillier Chaumon, M.-E. (2016). L'acceptation située des technologies dans et par l'activité : Premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 22(1), 4-21. <https://doi.org/10.1016/j.pto.2016.01.001>

Chahir, M., Bordel, S., & Somat, A. (2019). *Étude d'impact organisationnel chez les gestionnaires routiers Rapport final de l'action de recherche* (Projet Scoop 2.3.5.3). Université Rennes 2.

Chahir, M. (2021). *Proposition et évaluation d'une méthode d'accompagnement du changement induit par le déploiement d'une nouvelle technologie dans les organisations* [Thèse de doctorat]. Université Rennes 2.

Chahir, M., Bordel, S., & Somat, A. (2022). Accompagner le déploiement d'une nouvelle technologie par la prise en compte des risques et des opportunités. *Relations industrielles / Industrial Relations*, 77(3). <https://doi.org/10.7202/1094208ar>

Pichot, N., Quiguer, S., & Somat, A. (2018). Un cadre psychosocial d'intervention pour accompagner le développement et le déploiement d'une technologie nouvelle. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 24(4), 355-373. <https://doi.org/10.1016/j.pto.2017.10.001>

2.3.5 Acceptabilité et Impacts Organisationnels

Analyse du système technologie-humain-organisation. Phase de pré-déploiement des véhicules autonomes.

Mehdi Chahir (UR2)

Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

Introduction

- InDiD : adaptation et développement de services C-ITS pour les véhicules à conduite automatisée* (VCA). Objectif : renforcer les capacités du VCA pour anticiper les risques et optimiser ses déplacements et ses trajectoires (Muzet et al., 2022).
- Certains cas d'usage sont susceptibles d'être mis en œuvre par les gestionnaires routiers. Or, déployer ces services pouvait (1) représenter un défi en termes de maintenance et d'aménagement (Rocchi et al., 2017) et (2) entraîner des impacts dans l'organisation des gestionnaires routiers (Adelé, 2017, 2018 ; Adelé et al., 2024 ; Chahir, 2021, 2024 ; Chahir et al., 2019 ; Cippelletti et al., 2023).
- **Objectif de l'étude : évaluer la perception des cas d'usage InDiD pour le VCA et, plus largement, étudier les impacts perçus des VCA pour les gestionnaires routiers et de leurs perceptions**.**

*terminologie recommandée par le CNPEN en 2021 pour parler du véhicule autonome // ** sur la base de la théorie des représentations sociales (Moscovici, 1984)

Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

Méthode

Population

- 124 professionnels gestionnaires routiers
- 70 réponses au questionnaire « VCA » et 54 au questionnaire « VA »
- Majorité de professionnels de la DIR Ouest (110)
- La quasi-totalité des participants sont des hommes (92,7 %), d'âge moyen 49 ans ($ET = 7,74$)

Matériel

- Questionnaire de 70 questions réparties en 6 sections.
- Mesure de :
 - Evaluation des perceptions de cas d'usages InDiD
 - Perceptions individuelles (tâche d'évocation)
 - Distance à l'objet
 - Impacts potentiels perçus

Procédure

- Sollicitation des partenaires des projets C-ITS pour participer à l'étude
- Adaptation de la diffusion de l'enquête en fonction des partenaires
- Enquête diffusée soit en ligne soit au format papier

Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

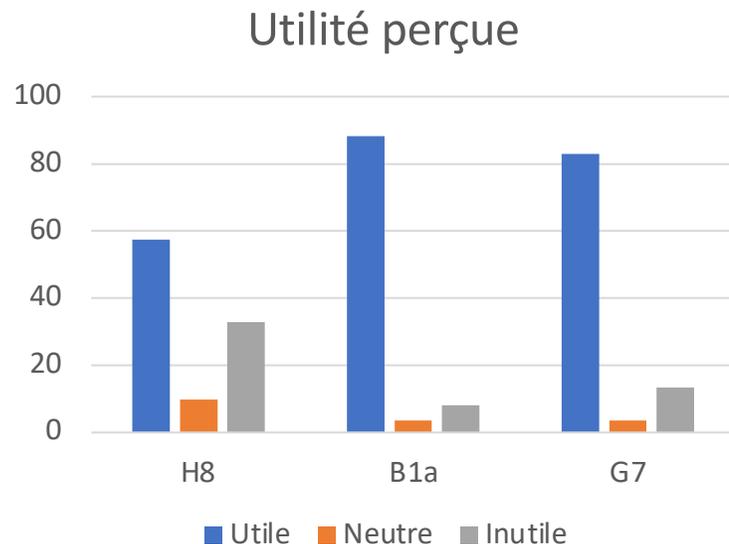
Résultats : évaluation des cas d'usage

Services évalués

Alerte zone déconseillée à la conduite automatisée (H8)

Alerte fermeture d'une voie (B1a)

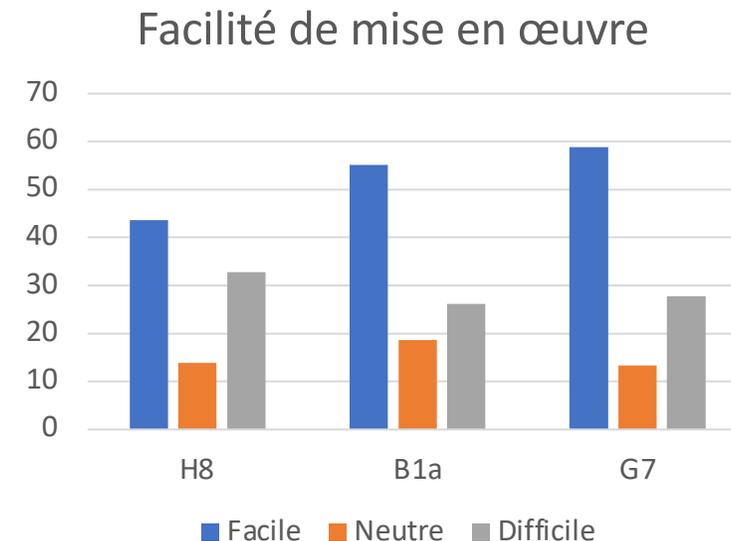
Cartographie HD (G7)



Résultats

Cas d'usages InDiD jugés utiles voire très utiles.

Déploiement jugé plutôt facile à mettre en œuvre, mais réponses partagées.



Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

Résultats : perceptions du VCA et du VA

- **Termes communs** les plus importants/centraux : « danger », « sans conducteur », « électrique ».
- **Différences principales** : plus d'associations « originales » avec le terme VCA (ex : « autonome », « intelligence artificielle », « assistance », « robot »)

		Importance moyenne					
		≤2.3 (M)		>2.3 (M)			
		n	M	n	M		
Fréquence	≥2.5 %	Danger	16	1.6	Sécurité	16	2.6
		Autonome	11	1.6	Futur	6	2.7
		Sans conducteur	7	1.9	Assistance	5	2.4
		Intelligence artificielle	5	2.2	Robot	5	2.6
		Liberté	5	2.2			
		Risque	5	1.2			
		Electrique	5	1.6			
		Connecté	4	2.3	Capteur	4	2.5
		Progrès	4	1.8	Fiable	4	3.0
		<2.5 %	Responsabilité	4	2.3	Conducteur	3
		Automatique	3	1.3	Confiance	3	3.3
		Inutile	3	2.0	Vigilance	3	2.7

Perceptions du VCA, classées en fonction de la fréquence et du rang d'apparition

		Importance moyenne						
		≤2.4 (M)		>2.4 (M)				
		n	M	n	M			
Fréquence	≥3.5 %	Sécurité	14	2.4	Futur	9	2.6	
		Danger	11	2.1	Couteux	6	3.0	
		Sans conducteur	9	2.0	Facile	4	2.8	
		Automatique	5	2.0	Technologie	4	3.0	
		Electrique	5	1.0				
		Conduite	3	2.0	Accident	3	2.7	
		Liberté	3	1.3	Connecté	3	2.7	
		<3.5 %	Progrès	3	2.0	Fiable	3	3.3
			Accessible	3	2.3	Risque	3	2.7

Perceptions du VA, classées en fonction de la fréquence et du rang d'apparition

Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

Résultats : distance au VCA/VA

- **Attitude** vis-à-vis du VCA/VA légèrement inférieure à la moyenne ($M = 3.78$, $ET = 1.77$)¹. La majorité des participants n'ont pas d'opinion ou ne se prononcent pas ($M = 4$)¹ tandis qu'un tiers des participants est très défavorable au VCA/VA ($M < 3$)¹.
- **Niveau de connaissance** relativement bon, malgré quelques lacunes.
 - Peu d'erreurs pour « les VCA/VA garantissent une absence totale d'accidents sur la route » ($\Delta = 0,82$)
 - Beaucoup d'erreurs pour « les VCA/VA peuvent circuler légalement sur les routes françaises » ($\Delta = 3,57$).
- **Implication personnelle** vis-à-vis du sujet moyenne, voire basse ($M = 3,46$, $ET = 1,36$)¹.
- **Expériences** avec le VCA/VA très limitée, la majorité des participants n'a jamais utilisé un VCA/VA (78,2 %).

¹ Échelle d'accord allant de 1 (pas du tout d'accord) à 7 (tout à fait d'accord)

² Écart entre les réponses attendues aux questions de connaissance et les réponses des participants qui devaient se positionner sur des échelles allant de 1 (certainement faux) à 7 (certainement vrai).

Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

Résultats : impact du VCA/VA pour les professionnels

- **Des impacts du VCA/VA sont attendus sur l'infrastructure ($M = 5.44$, $ET = 1.95$)¹.** : les professionnels s'attendent à ce qu'il faille adapter les infrastructures routières avec l'arrivée des VCA/VA sur leur réseau ($M = 5.44$, $ET = 1.95$)¹ [pas de différence VCA/VA]. Adaptations spécifiquement attendues au niveau :
 - Des C-ITS ($M = 6.03$, $ET = 1.56$)¹
 - De l'information routière ($M = 5.80$, $ET = 1.60$)¹
 - De la signalisation horizontale (e.g., marquages ; $M = 5.56$, $ET = 1.96$)¹.
- **Plus largement, ils s'attendent également à des impacts du VCA/VA au niveau :**
 - De leur métier ($M = 5.47$, $ET = 1.91$)¹
 - De leur service ($M = 5.48$, $ET = 1.87$)¹
 - De la structure dans son ensemble ($M = 5.40$, $ET = 1.83$)¹

¹ Échelle d'accord allant de 1 (pas du tout d'accord) à 7 (tout à fait d'accord)

Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

Conclusion

- Mettre à disposition ces services C-ITS aux VCA est, dans l'ensemble, **jugé utile et plutôt facile**.
- **Résultats encourageant pour le déploiement de ces cas d'usage** : nous aurions pu imaginer que ces cas d'usage soient jugés trop complexes pour être mis en œuvre (e.g., difficulté à mettre ces informations à disposition ou à les actualiser).
- Recommandation : **poursuivre les réflexions sur l'impact organisationnel de ces cas d'usage pour réussir leur intégration chez les gestionnaires routiers**. Par exemple :

Quels acteurs seraient en charge de diffuser les informations nécessaires au bon fonctionnement de ces services ?

À quelle fréquence ces services devraient-ils être fournis ou être actualisés ?

Quel serait l'impact organisationnel du déploiement de tels services pour les gestionnaires routiers ?

Quelle serait la responsabilité juridique d'un gestionnaire n'ayant pas transmis les informations relatives à ces services ?

Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

Merci de votre attention !

Mehdi Chahir, Ingénieur de recherche au LP3C, Université Rennes 2. mehdi.chahir@univ-rennes2.fr

Kévin Nadarajah, Chargé de recherche à PsyCAP, Cerema. kevin.nadarajah@cerema.fr

Nicolas Membrado, Ingénieur d'étude à PsyCAP, Cerema. nicolas.membrado@cerema.fr

Stéphanie Bordel, Chargée de recherche à PsyCAP, Cerema. stephanie.bordel@cerema.fr

Alain Somat, Professeur des universités au LP3C, Université Rennes 2. alain.somat@univ-rennes2.fr

Remerciement aux participants de l'étude, et notamment à la DIR Ouest.

Evaluation des cas d'usage pour le Véhicule à Conduite Automatisé, de ses perceptions et de ses impacts pour les gestionnaires routiers (2.3.5.3f)

Merci de votre attention !

Références

Adelé, S. (2017). *Acceptabilité du système Scoop par les agents d'exploitation* [Livrable 2.3.5-Partie 1]. IFSTTAR.

Adelé, S. (2018). *Acceptabilité du système Scoop par les opérateurs des CIGT* [Livrable 2.3.5-Partie 2]. IFSTTAR.

Adelé, S., Cippelletti, E., Dionisio, C., Lémonie, Y., & Chaumon, M.-E. B. (2024). Prospecting Cooperative Intelligent Transport Systems acceptance by road management teams through activity theory – a qualitative study. *Behaviour & Information Technology*, 0(0), 1-18. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2024.2301960>

Chahir, M. (2021). *Proposition et évaluation d'une méthode d'accompagnement du changement induit par le déploiement d'une nouvelle technologie dans les organisations* [Thèse de doctorat]. Université Rennes 2.

Chahir, M. (2024). *Accompagnement des évolutions organisationnelles et humaines – analyse du système technologie-humain-organisation. Phase de déploiement et d'après déploiement* (Projet InDiD 2.3.5.3e). Université Rennes 2.

Chahir, M., Bordel, S., & Somat, A. (2019). *Étude d'impact organisationnel chez les gestionnaires routiers Rapport final de l'action de recherche* (Projet Scoop 2.3.5.3). Université Rennes 2.

Moscovici, S. (1984). *Psychologie Sociale*. Presse Universitaires de France.

Muzet, V., Atavina, V., El Krine, A., Redondin, M., Girard, J., Heinkele, C., Stresser, A., & Simon, L. (2022). *Caractérisation du marquage routier dans le cadre du projet SAM*. RGA 988. <https://www.editions-rgra.com/revue/988/nouvelles-mobilites/caracterisation-du-marquage-routier-dans-le-cadre-du-projet-sam>

Rocchi, J.-F., De Trégoldé, H., Lury-Hérard, B., Bodino, P., & Ricard, F. (2017). *L'automatisation des véhicules*. Inspection générale de l'administration & CGEDD. https://medias.vie-publique.fr/data_storage_s3/rapport/pdf/174000367.pdf

2.3.5 Acceptabilité et Impacts Organisationnels

Evaluation de l'acceptabilité de l'application Coopits par les usagers.

Mehdi Chahir (UR2)

Acceptabilité de l'application smartphone par les usagers (2.3.5.6c)

Introduction

- Coopits est une application mobile permettant aux utilisateurs de recevoir des informations de l'écosystème C-ITS (e.g., notifications d'événements dangereux, de travaux routiers, signalisation spécifique...) et de signaler des événements.
- Coopits a été déployée nationalement en avril 2023. Son acceptabilité a alors été évaluée (mai-novembre 2023) pour améliorer l'application et qu'elle s'intègre parmi les services existants. Il s'agissait donc de répondre à plusieurs questions :
 - Comment Coopits est utilisée par les utilisateurs ?
 - Quel est l'intérêt de Coopits, d'après les utilisateurs ?
 - Quelles améliorations de Coopits peuvent être envisagées ?
 - Quels sont les facteurs qui expliquent l'intention d'utiliser Coopits ?
 - Plus globalement, quel positionnement Coopits doit adopter pour contribuer à améliorer la sécurité routière ?

Acceptabilité de l'application smartphone par les usagers (2.3.5.6c)

Méthodes*

	Questionnaires	Entretiens
Population	<ul style="list-style-type: none">• 101 utilisateurs de Coopits• Majorité d'hommes (88,1 %)• Conducteurs expérimentés• Utilisateurs « lambdas »	<ul style="list-style-type: none">• 7 utilisateurs de Coopits• Majorité d'hommes (6)• Conducteurs expérimentés• Gestionnaires routiers
Matériel	<ul style="list-style-type: none">• Questionnaire de 84 questions réparties en 5 sections.• Objectifs : description de l'expérience d'utilisation & évaluation de Coopits, notamment du point de vue de l'acceptabilité (Lee, 2010)	<ul style="list-style-type: none">• Guide d'entretien de 34 questions réparties en 8 thématiques.• Objectifs : description de l'expérience d'utilisation & évaluation de Coopits
Procédure	<ul style="list-style-type: none">• Enquête en ligne envoyée environ 1 semaine après le téléchargement de Coopits, suivie de deux rappels les semaines suivantes.• Dédommagement de 15 €	<ul style="list-style-type: none">• Recrutement de professionnels de la DIR Ouest utilisateurs de Coopits• Durée 1h• Dédommagement de 30 €

Acceptabilité de l'application smartphone par les usagers (2.3.5.6c)

Résultats des questionnaires : expérience d'utilisation

- **Faible expérience d'utilisation** : 82,2 % l'ont utilisée 1 à 5 fois.
- **Utilisation** principalement en inter-urbain (92,1 %)
- **Superposition utilisée** : par plus de la moitié des utilisateurs (56,4 %).
- **Informations reçues** : plus d'un quart des utilisateurs (28,7 %) ont été informés de la présence d'un événement (principalement sur les conditions de trafic ou les accidents (23,8 %) et les chantiers (13,9 %)).
- **Fonctionnalités jugées utiles** : 1) réception de messages d'information et d'alerte (76,2 %), 2) signalement d'événements (46,5 %), 3) utilisation en superposition (43,6 %), 4) assistance à la navigation (35,6 %).

Acceptabilité de l'application smartphone par les usagers (2.3.5.6c)

Résultats des questionnaires : acceptabilité

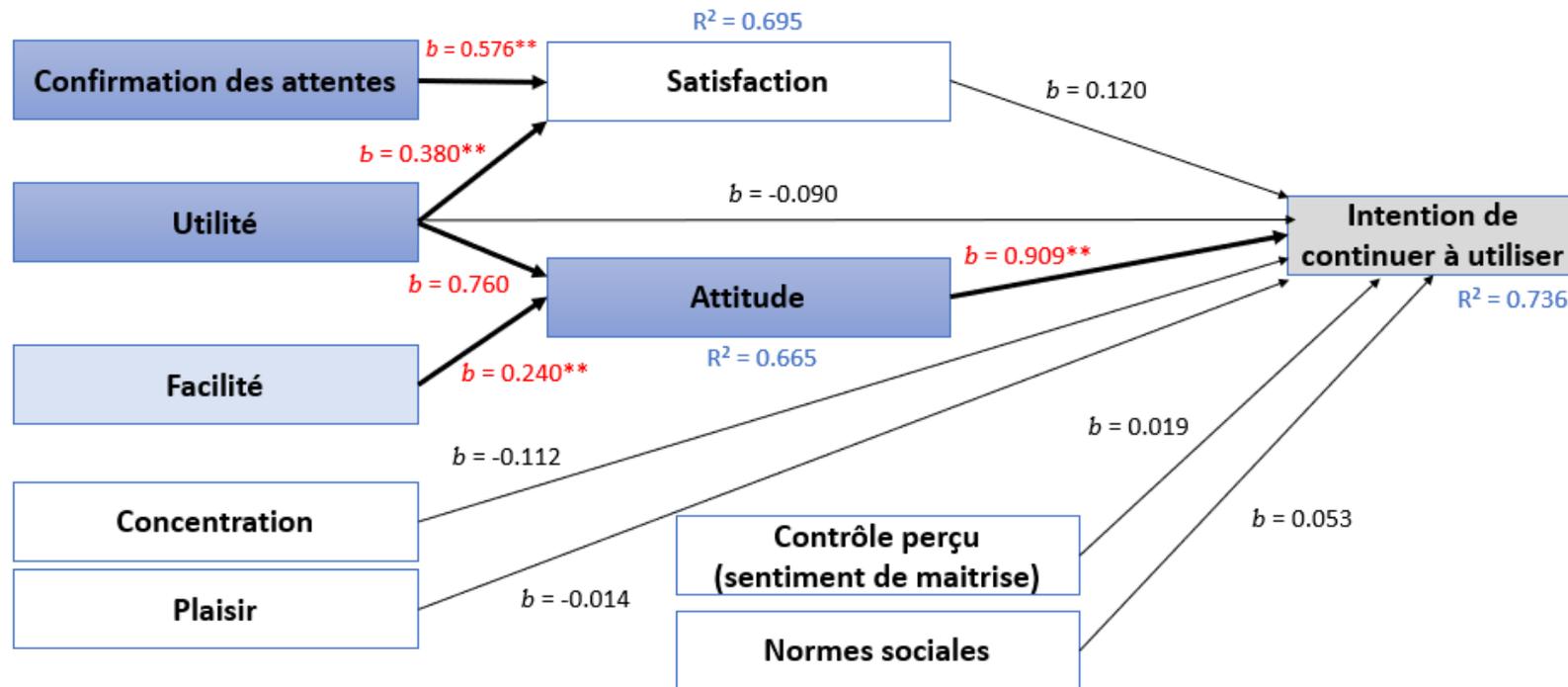
Dimension psychologique	α	M (ET)
Intention de continuer à utiliser	0,88	3,37 (1,62)
Utilité perçue	0,82	2,41 (1,21)
Facilité d'usage perçue	0,93	3,80 (1,65)
Attitude (favorable ou défavorable)	0,95	3,01 (1,40)
Contrôle perçu (sentiment de maîtrise)	0,91	3,60 (1,38)
Normes sociales	0,97	2,30 (1,23)
Satisfaction	0,93	2,28 (1,45)
Confirmation des attentes	0,90	2,19 (1,32)
Plaisir	0,79	2,20 (1,07)
Concentration	0,80	2,16 (1,16)

- **10 dimensions psychologiques évaluées** (Lee, 2010).
- Positionnement vis-à-vis de propositions sur des échelles d'accord allant de 1 « pas du tout d'accord » à 6 « tout à fait d'accord » [valeur centrale 3,5].
Exemple de proposition : « je trouve Coopits utile »
- **Points forts** : facilité d'utilisation perçue et sentiment de maîtrise (contrôle).
- **Points faibles*** : confirmation des attentes et satisfaction.

*hors plaisir et concentration, dimensions un peu à part et moins pertinentes par rapport à l'évaluation d'une aide à la conduite

Acceptabilité de l'application smartphone par les usagers (2.3.5.6c)

Résultats des questionnaires : acceptabilité



- Lien très fort entre l'attitude et l'intention de continuer à utiliser Coopits ($b = 0.984$, $p < .001$).
- L'attitude explique près de 72 % de l'intention de continuer à utiliser Coopits (BIC = 268, RMS = 0.850).

Analyses de régression linéaires réalisées sur la base du modèle proposé par Lee (2010).

$b > 0,5$
$0,5 > b > 0,20$
$b < 0,20$

Acceptabilité de l'application smartphone par les usagers (2.3.5.6c)

Résultats des entretiens

- **Réception des messages** : les participants ont reçu principalement des messages liés au trafic et aux accidents, bien qu'ils aient jugé en recevoir peu dans l'ensemble.
- **Fonctionnalités jugées utiles** : 1) réception d'alertes, 2) superposition avec d'autres applications, 3) informations sur les chantiers.
- **Des opinions partagées** : certains la trouvaient adaptée à leurs besoins tandis que d'autres critiquaient le manque d'informations, avec des comparaisons moins favorables par rapport à d'autres applications utilisées.
- **Améliorations suggérées** : 1) fiabiliser les informations transmises, 2) améliorer l'ergonomie et 3) intégrer l'application dans Android Auto.
- **Perspectives d'utilisation** : malgré les critiques, la majorité des participants prévoyait de continuer à utiliser Coopits, par exemple lors de tests techniques ou des vacances.

Acceptabilité de l'application smartphone par les usagers (2.3.5.6c)

Conclusion

- **Ecart** mesuré entre les attentes des utilisateurs et la version testée de Coopits.
- **Deux principaux points d'amélioration identifiés** : 1) s'assurer du bon fonctionnement technique de l'application et de sa compréhension, 2) transmettre davantage d'informations aux utilisateurs.
- **Superposition à conserver**, mais envisager de l'améliorer pour faciliter son fonctionnement et réintégrer la navigation à terme pour permettre une utilisation indépendante de Coopits (augmentera le nombre de signalements + permettra de diffuser des itinéraires conseillés).
- **Poursuivre la réflexion stratégique sur le positionnement de Coopits dans l'écosystème**, en s'appuyant sur ses forces (e.g., informations qualifiées, informations sur les interventions des gestionnaires et sur les restrictions, des reroutages adaptés ou encore des services en lien avec l'infrastructure [Glosa / TTG]).

Acceptabilité de l'application smartphone par les usagers (2.3.5.6c)

Merci de votre attention !

Mehdi Chahir, Ingénieur de Recherche au LP3C, Université Rennes 2. mehdi.chahir@univ-rennes2.fr

Stéphanie Bordel, Chargée de Recherche à PsyCAP, Cerema. stephanie.bordel@cerema.fr

Alain Somat, Professeur des Universités au LP3C, Université Rennes 2. alain.somat@univ-rennes2.fr

Références

Lee, M.-C. (2010). Explaining and predicting users' continuance intention toward e-learning : An extension of the expectation–confirmation model. *Computers & Education*, 54(2), 506-516. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.002>

2.3.6 Impacts Socio-Économiques et Business Model

Jamel Chakir (DGTIM)

Évaluation socio économique

Objectifs

- Estimer les bénéfices apportés par les cas d'usage C-ITS au regard de l'investissement par rapport à un scénario de référence sous l'hypothèse d'un déploiement national
- Estimer les coûts et bénéfices selon différentes scénarisations technologiques (ITS-G5 ; 4G ; ITS-G5 + 4G ; 5G)
- Test de sensibilité sur les hypothèses

Évaluation socio économique

Hypothèses

- Scenario de référence : évolution de la situation actuelle « au fil de l'eau », sans investissements en équipement C-ITS. Les smartphones représenteront le principal outil d'aide à la conduite.

Scenarios	Equipement des véhicules	Equipement des réseaux routiers	Logique de transmission retenue pour les cas d'usage
Scenario de référence	Aucun équipement	Aucun équipement	I2V
ITS-G5	Equipement des véhicules en station C-ITS (ITS-G5)	Equipement des réseaux routiers en UBR	I2V, V2V, V2I2V
4G	Equipement des véhicules en station C-ITS (communication 4G)	Aucun équipement	I2V, V2I2V
ITS-G5 + 4G	Equipement des véhicules en station C-ITS hybride (ITS-G5 et 4G)	Equipement des réseaux routiers en UBR	I2V, V2V, V2I2V
5G long range + short range	Equipement des véhicules en station C-ITS communication courte et longue portée	Equipement des réseaux routiers en infrastructure 5G	I2V, V2V, V2I2V

Évaluation socio économique

Hypothèses

- Déploiement des infrastructures

Vitesse de déploiement des infrastructures	Bas	Médian	Haut
Couverture UBR réseau national - Au lancement - chaque année supplémentaire	10% 3%	15% 3,5%	30% 7%
Couverture UBR réseau départemental - Au lancement - chaque année supplémentaire	1% 0,2%	2,5% 0,25%	5% 0,5%
Couverture UBR réseau des métropoles - Au lancement - chaque année supplémentaire	5% 1%	7,5% 2,75%	15% 5,5%
Couverture 4G des réseaux routiers - En 2022 - chaque année supplémentaire	80% 2,5%		
Couverture 5G des réseaux routiers - En 2026 (short range) et 2022 (long range) - chaque année supplémentaire	Long range (2022) 50% 10%	Short range (2026) 0% 10% (limité à 70% en milieu rural)	

Évaluation socio économique

Hypothèses

- Déploiement parc de véhicules

	Bas	Médian	Haut
Vitesse annuelle de déploiement dans le parc de véhicules	1%	3%	5%

Évaluation socio économique

Hypothèses

- Coûts unitaires

Acteur	Poste de coûts	Montant	Unité
Gestionnaire d'infrastructures routières	Unité bord route (comprends l'installation)	14 700 €	Par nouvelle UBR
	Maintenance, énergie, données, sécurisation	680 €	Par UBR et par an
	Mise à niveau des centres de gestion de trafic	2 675 000 €	Par centre de gestion de trafic
	Coûts annuels des centres de gestion de trafic	250 000 €	Par centre de gestion de trafic et par an
État	Installation du nœud national	273 500 €	Par pays
	Coûts annuels, collecte et traitement des données	2 300 000 €	Par an
Constructeurs automobiles	Équipement véhicule	210 €	Par véhicule neuf
	Maintenance annuelle	5% des couts	Par véhicule et par an

Évaluation socio économique

Hypothèses

- Cas d'usage évalués:

Cas d'usage Ricardo	Cas d'usage InDiD
Emergency electronic brake light	D10 – Alerte freinage d'urgence
Emergency vehicle approaching	D12 – Alerte véhicule d'urgence en approche
Hazardous location notification	D1/D3/D6/D8 – Alertes événements inopinés
Slow or stationary vehicle	D4/A4/L2 – Alerte véhicules arrêté/lent
Traffic jam ahead warning	E7/D11 – Alerte queue de bouchon
In-vehicle signage	C3/B7 – Signalisation embarquée
Road works warning	B1a/B1b/B1c/B2a/B2b /B2c/B2d/B3/B4/B5 – Alertes chantiers
Weather conditions	E6/E1 – Alertes conditions météorologiques
Shockwave Damping	C2 – Informations vitesse limite dynamique
Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA)	G1/G2 – GLOSA, temps au vert
Wrong-way driving	D7 – Alerte véhicule à contresens

Évaluation socio économique

Hypothèses

- Méthodes de calcul

Mode de transmission	Principe de calcul
I2V	$P_{I2V} = \text{Taux couverture} * \text{Taux pénétration parc}$
V2I	$P_{V2I} = P_{I2V}$
V2I2V	$P_{V2I2V} = \text{Taux couverture} * \text{Taux pénétration parc}^2$
V2V	$P_{V2I2V} = \text{Taux pénétration parc}^2$

N.B. : P_{I2V} = Probabilité de traitement des cas d'usage sur les véhicules empruntant les réseaux routiers considérés, ici de l'infrastructure vers les véhicules (I2V).

Évaluation socio économique

Résultats

- Résultats : Valeur actualisée nette (VAN)

Hypothèses de déploiement équipements véhicules	4G	ITS-G5	ITS-G5 + 4G	5G
Basses	- 2 555 M€	-3 044 M€	548 M€	280 M€
Médianes	- 7 849 M€	- 3 982 M€	738 M€	- 943 M
Hautes	-11 563 M€	- 3 222 M€	1 703 M€	-1 075 M€

Évaluation socio économique

Résultats

- Tests de sensibilité hypothèses 5G:

Hypothèses de déploiement équipements véhicules	5G (couverture initiale 5G de 100% au 1 ^{er} janvier 2026)
Basses	280 M€
Médianes	- 702 M
Hautes	-1 163 M€

Hypothèses de déploiement équipements véhicules	5G (couverture initiale 5G de 50% au 1 ^{er} janvier 2024)
Basses	885 M€
Médianes	97 M€
Hautes	227 M€

Hypothèses de déploiement équipements véhicules	5G (couverture initiale 5G de 100% au 1 ^{er} janvier 2024)
Basses	280 M€
Médianes	178 M
Hautes	305 M€

Évaluation socio économique

Conclusions et limites

- **Les scénarios les plus efficaces sont ceux combinant plusieurs technologies, permettant une communication courte et longue portée (ITS-G5 + 4G, 5G long range et short range).** A contrario, les scénarios se basant uniquement sur un type de communication sont les moins pertinents.
- Cela s'explique d'une part grâce à une efficacité des cas d'usage proportionnel au niveau de couverture du réseau (les scénarios hybrides couvrent un périmètre plus important) et d'autre part, par un coût d'équipement (des véhicules notamment) non compensé par les bénéfices potentiels de ces mêmes cas d'usage.
- De plus, les scénarios évalués disposent de date de déploiement différentes : pour l'infrastructure routière il est retenu début 2022 pour l'ITS-G5 et la 4G, et début 2026 pour la 5G short range ; concernant les véhicules cela débute à partir de 2022 pour l'ensemble des scénarios. Ces différences de déploiement engendrent, selon la méthodologie de notre modèle socio-économique, des gains plus importants pour les scénarios qui génèrent des bénéfices dès le début de projet par rapport aux scénarios qui génèrent des bénéfices qu'à partir de certain niveau d'avancement du projet. **Il faut donc privilégier un déploiement synchronisé des équipements bord de voie et des équipements à bord des véhicules afin de maximiser les bénéfices.**
- Ce décalage donne un avantage économique assez conséquent aux scénarios débutant en 2022 comparativement au scénario 5G (le scénario 5G devra supporter les coûts d'équipement des véhicules avant le déploiement des équipements au bord des routes).

2.3.7 Trafic et environnement

Pierre-Antoine Laharotte (UniEiffel)

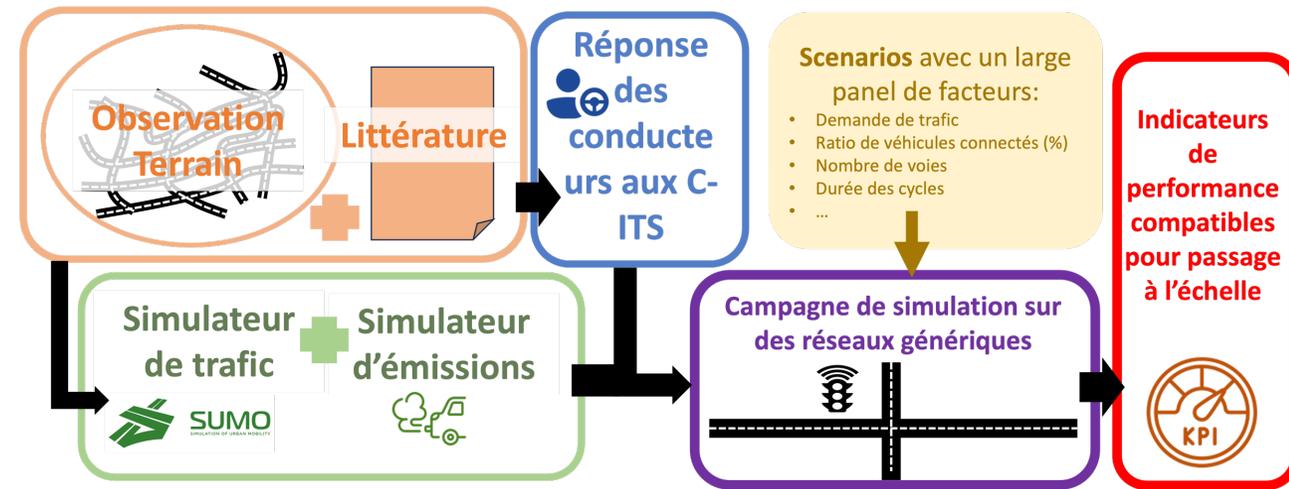
2.3.7 Efficacité du trafic, sécurité routière et impact environnemental

- **Objectifs:**

- Evaluation d'impact des services C-ITS vis-à-vis
 - De l'Efficacité du trafic
 - De la sécurité routière
 - Des émissions de polluants

- **Procédé = une méthodologie générique basée sur**

- Un **environnement de simulation** combinant un simulateur microscopique de trafic avec un simulateur d'émissions de polluants pour:
 - Reproduire une grande variété de scénarios en explorant **divers facteurs** explicatifs
- **Des observations sur le terrain et des données issues de la littérature** pour :
 - Modéliser la **réponse des conducteurs équipés** aux services C-ITS
 - Comment le conducteur réagit aux stimuli C-ITS ?
 - **Calibrage des simulateurs**
 - Comment le trafic agit-il habituellement ?



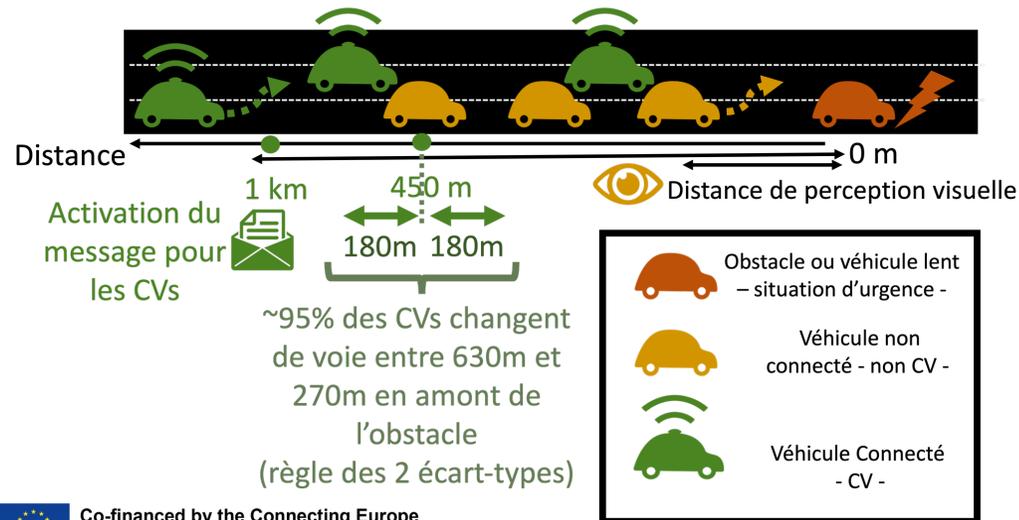
-> Aboutir à une analyse des **Indicateurs de Performance (KPIs)** couvrant une grande variété de situations, ce qui facilite le passage à l'échelle de l'évaluation !

2.3.7 Efficacité du trafic, sécurité routière et impact environnemental

• Cas d'usage considérés dans l'étude

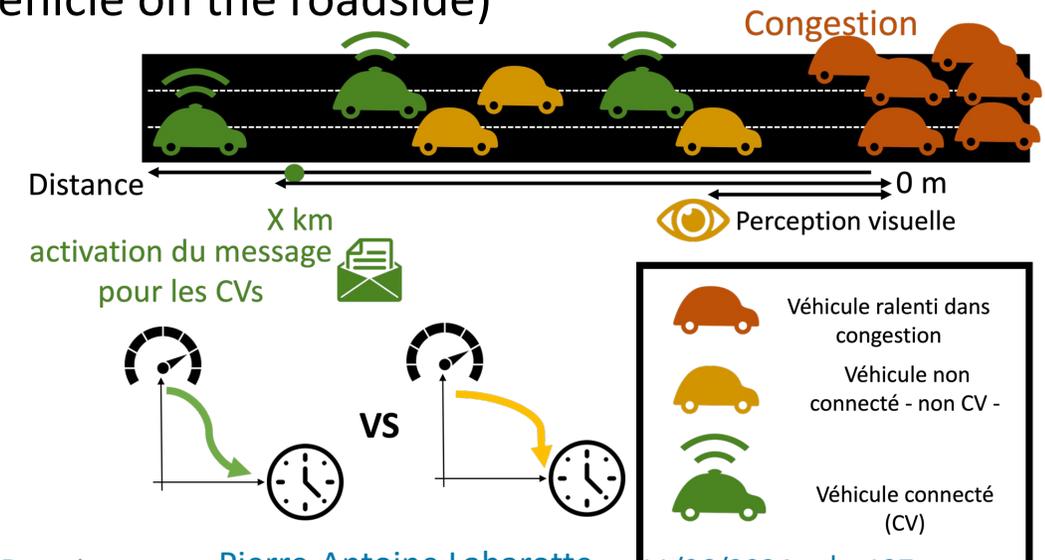
Sujet 1 = Cas de recommandation d'un changement de voie anticipé dû à un obstacle en aval (travaux, véhicule arrêté, véhicule lent, ...)

Cas d'usage concernés : A4 (vehicle in distress), B1a/c (RWW), D4 (stationary vehicle, breakdown), D14 (slow vehicle), D3 (obstacle on the road)



Sujet 2 = Cas de recommandation de ralentissement anticipé à l'approche d'une queue de bouchon dangereuse

Cas d'usage concernés : D11 (End of Queue in dangerous areas), E7 (Traffic Jam Ahead); B2-d (Signalling the End of Queue with a dedicated vehicle on the roadside)



2.3.7 Efficacité du trafic, sécurité routière et impact environnemental

- **Sujet 1 – Recommandation de changement de voie anticipé dû à un obstacle**

Facteur étudiés

Demande de trafic (ratio volume vs capacité): [10%; 20%; 30%]

(remarque : demande plus élevée = bascule sur d'autres cas d'usage, car émergence de congestion)

Ratio de Véhicules Connectés dans le flux de trafic (%): [0; 10; 20; 30; 50]

Vitesse de l'obstacle en aval (km/h): [0; 30; 50]

KPIs

Sécurité routière:

Time-to-Collision - TTC (s),
changements d'allure (acc/dé-célération)

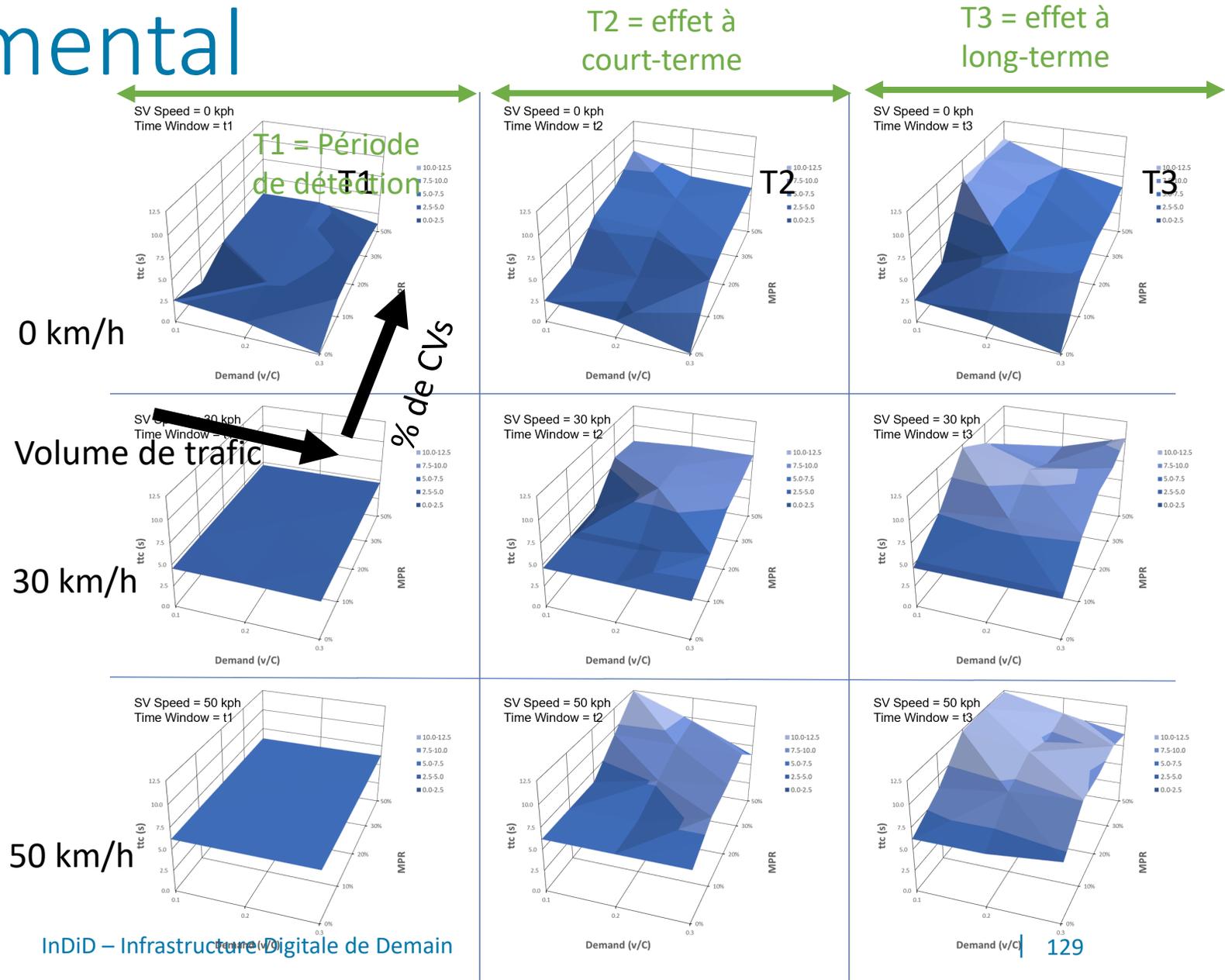
Efficacité du trafic : Vitesse moyenne

Emissions de polluants : Consommation / CO2 / NOx / PMx

} Focus sur les performances des CVs uniquement

2.3.7 Efficacité du trafic, sécurité routière et impact environnemental

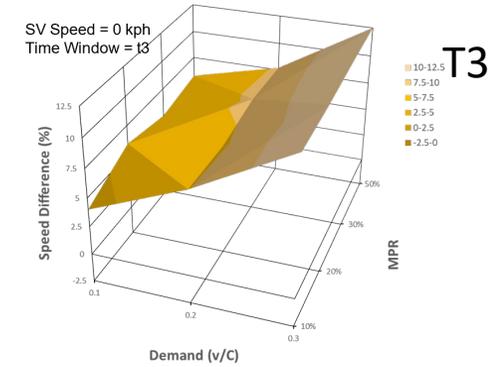
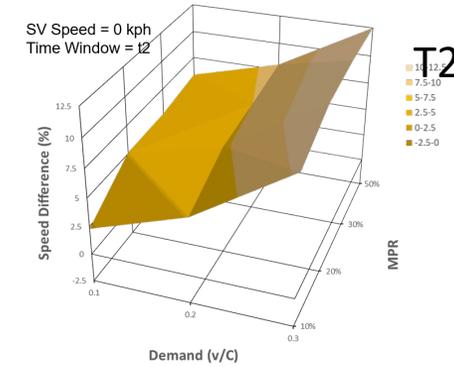
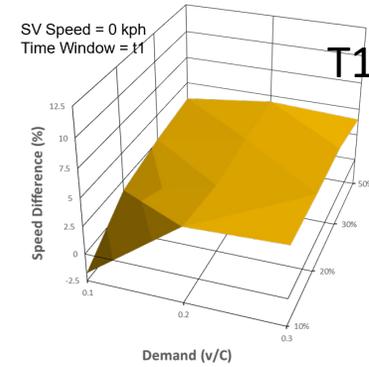
- Sujet 1 – Recommandation de changement de voie anticipé dû à un obstacle
- KPI de sécurité = 15^{ème} percentile du Time-to-Collision (TTC)
- $TTC \leq 1.5s$ -> presque-accident
- Amélioration de la sécurité
 - Quand le ratio de CVs augmente
 - Quand la différence de vitesse entre le flux routier et l'obstacle est réduit
 - Quand la densité de trafic est modérée



2.3.7 Efficacité du trafic, sécurité routière et impact environnemental

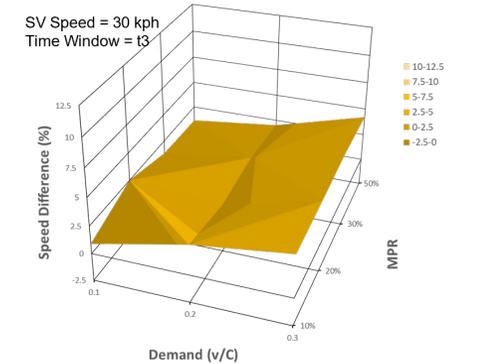
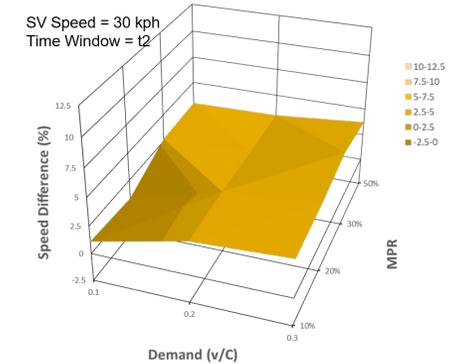
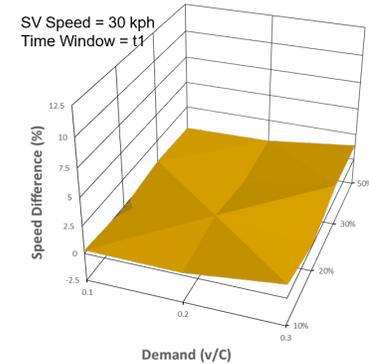
- Sujet 1 – Recommandation de changement de voie anticipé dû à un obstacle

0 km/h



- KPI de trafic = Pourcentage d'amélioration des vitesses de CVs

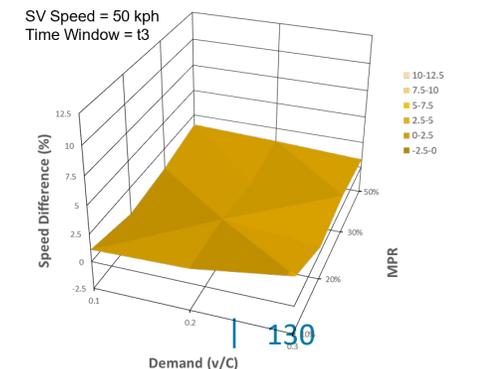
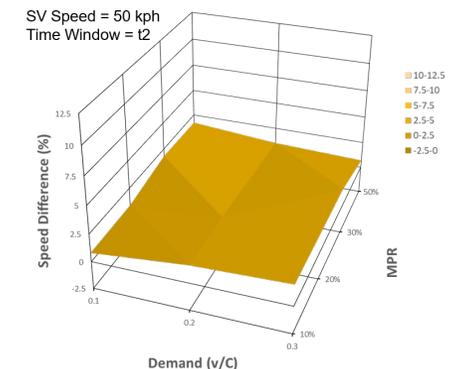
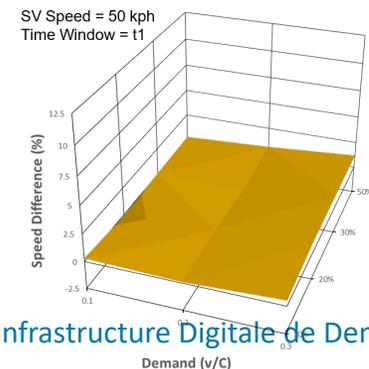
30 km/h



- Amélioration des vitesses

- Comprise entre +2% et +10%
- Accrue quand la densité de trafic augment

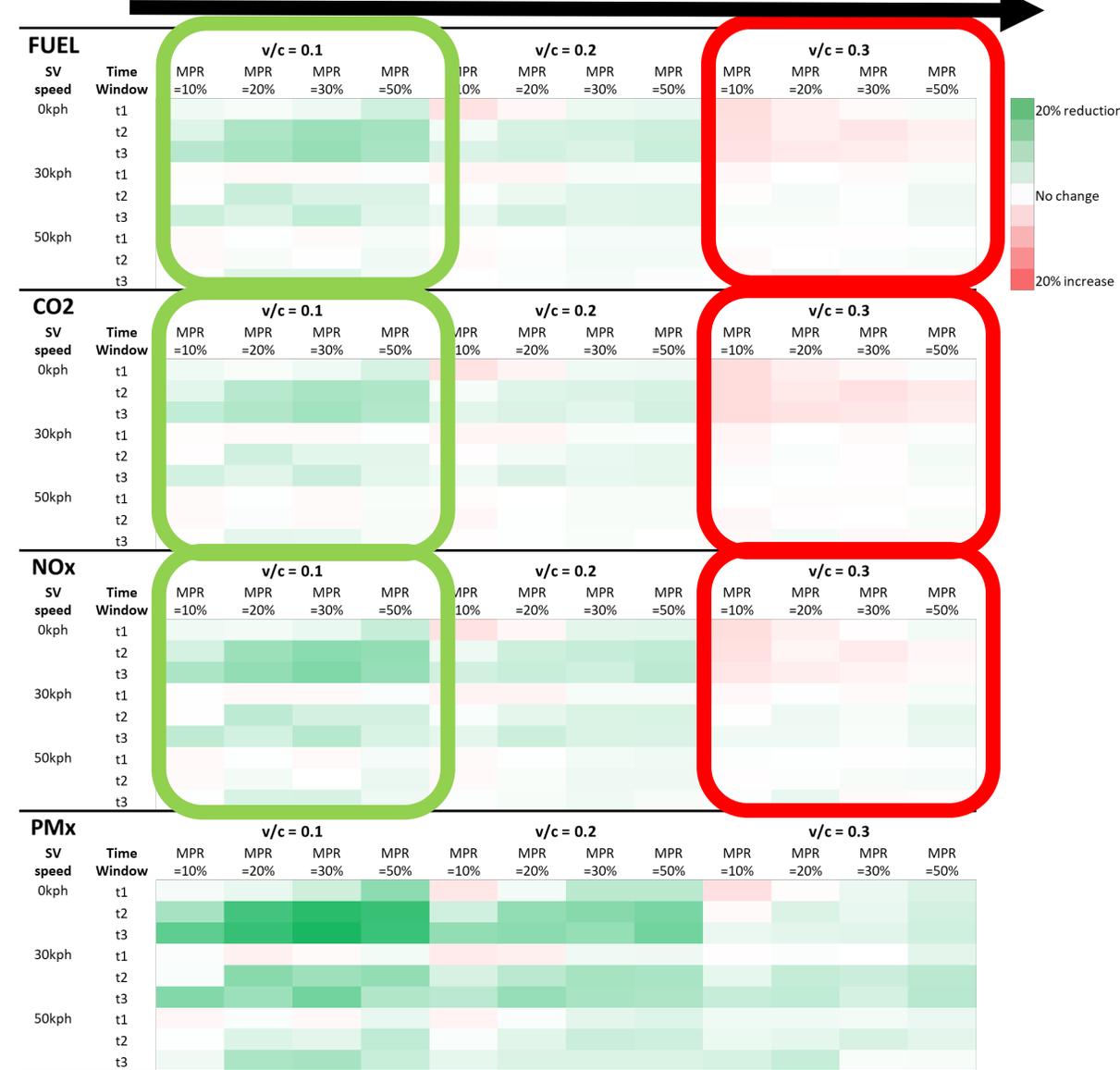
50 km/h



2.3.7 Efficacité du trafic, sécurité routière et impact environnemental

Volume de trafic →

- Sujet 1 – Recommandation de changement de voie anticipé dû à un obstacle
- KPIs environnementaux = {Fuel / CO2 / NOx / PMx}
- Réduction des émissions de polluants :
 - Variable suivant le volume de trafic et la différence de vitesse entre l'obstacle et le flux de trafic :
 - Des gains sont observés pour des densités de trafic faibles (~10% de la capacité routière)
 - Des gains sont observés quand l'obstacle est mobile (≥30 km/h) pour des densités de trafic allant jusqu'à 30% de la capacité
 - Des augmentations d'émissions de polluants sont observées pour des situations avec de fortes densités de trafic lorsque l'obstacle est stationnaire
 - Les gains s'accroissent quand le ratio de véhicules connectés augmente
 - Les gains peuvent atteindre une réduction de -20% des émissions pour certains polluants
- Analyses et recommandations
 - L'externalité négative peut-être due à l'interaction entre véhicule équipés et non équipés, qui augmenterait l'hétérogénéité du trafic entre les voies : en anticipant leur changement de voie, les véhicules équipés tendent à saturer les voies de gauche, ce qui limite les possibilités d'insertion fluide pour les véhicules non équipés. Cela affecterait les profils de vitesse de l'ensemble des véhicules et, en conséquence, les émissions de polluants.
 - **Recommandations:** Appliquer le service C-ITS de type avertissement d'obstacle stationnaire uniquement à faible densité de trafic (≤20% de la capacité).



2.3.7 Efficacité du trafic, sécurité routière et impact environnemental

- Sujet 2 – Ralentissement anticipé à l’approche d’une queue de bouchon dangereuse

- Facteurs étudiés

- Demande de trafic** (ratio volume vs capacity): [25%; 50%; 75%]

- Ratio de Véhicules Connectés (%)**: [0; 10; 20; 30; 50; 100]

- Vitesse Moyenne au sein de la congestion** (km/h): [30; 50]

- Distance d’activation de l’avertissement C-ITS** (m): [500; 1000; 1500]

- Main findings per Key Performance Indicator (computed for CVs only)

- **Sécurité routière**: 15ème percentile du Time-to-Collision TTC (s), changement d’allure (acc/dé-célération)

- L’impact sur le Time-to-Collision (TTC) est croissant avec la distance d’activation : depuis aucun impact avec une distance d’activation de 500m, jusqu’à un TTC multiplié par 2 pour une distance d’activation de 1500m.

- **Efficacité du trafic** : Vitesse moyenne

- Comme attendu et conformément aux instructions C-ITS transmises, ce cas d’usage occasionne une réduction de la vitesse moyenne des CVs d’environ -10% par tranche de 500m d’activation et pour des distances d’activations au-delà de 500m. La réduction de vitesse est uniquement dépendante de la distance d’activation.

- **Emissions de polluants** : Consommation / CO2 / NOx / PMx

- Comme attendu, du fait de la réduction des vitesses, les émissions de polluants sont réduites en conséquence : depuis une réduction maximale (i.e. 100% de CVs) d’environ -10% avec une distance d’activation de 500m, jusqu’à -60% pour 1500m.

2.3.7 Efficacité du trafic, sécurité routière et impact environnemental

Principales analyses et recommandations

- À propos des cas d'usage impliquant l'anticipation du changement de voie à l'approche d'obstacles (stationnaires ou mobiles)
 - **La sécurité routière** s'améliore avec une croissance du taux de véhicules connectés, pour des densités de trafic modérées et lorsque les différentiels de vitesse entre le flux et l'obstacle sont réduits
 - **L'efficacité du trafic** s'améliore avec des densités de trafic plus élevées
 - **L'impact environnemental** est positif quand l'obstacle est dynamique (véhicule lent) et la densité de trafic inférieure à 30% de la capacité ou pour de faibles densités de trafic (~10% de la capacité) quand l'obstacle est stationnaire.
- À propos des cas d'usage impliquant de ralentir à l'approche d'une queue de bouchon dangereuse
 - **La sécurité routière** est améliorée pour des distances d'activation comprises entre 1000m et 1500m.
 - **La vitesse moyenne** des véhicules connectés est réduite pour des distances d'activation comprises entre 1000m et 1500m (jusqu'à -20% sur la vitesse des CVs)
 - **L'impact environnemental** est amélioré en conséquence de la réduction des vitesses.

2.3.8 Impacts juridiques

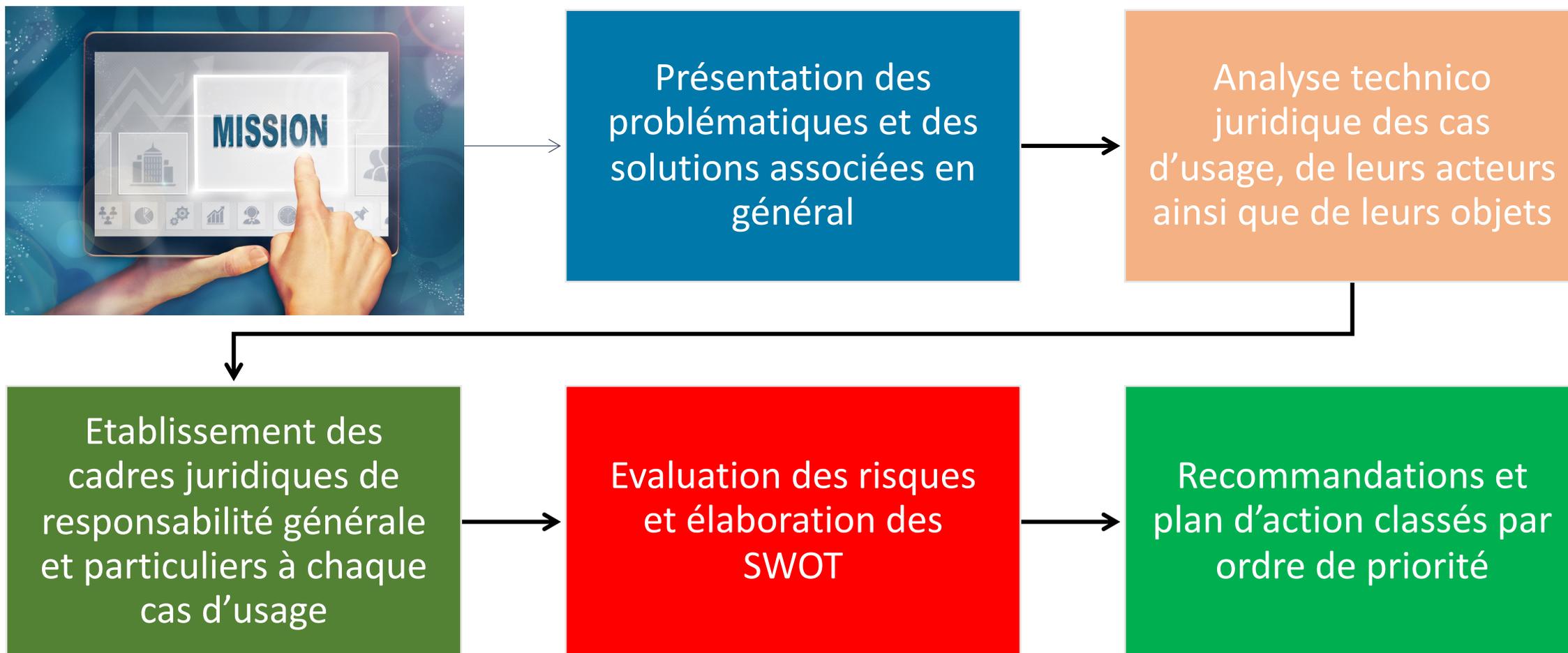
Impact de cas d'usage sur la responsabilité des acteurs

Me. Rébecca Vérice (Cabinet Lexing)

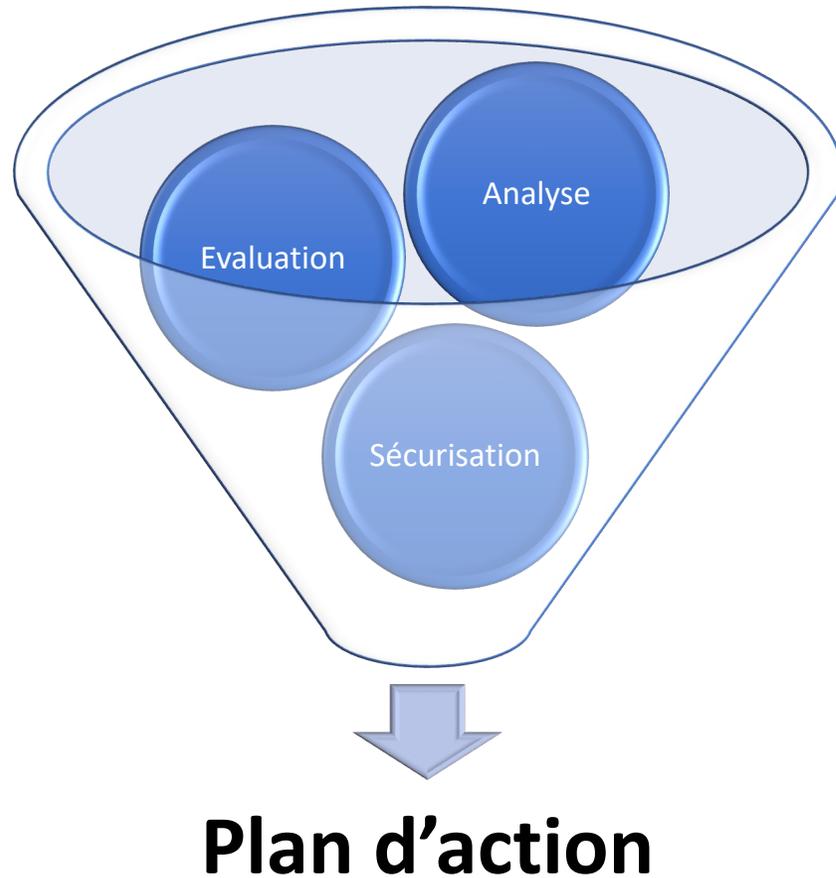


1. Présentation de l'étude juridique

1.1 Notre mission

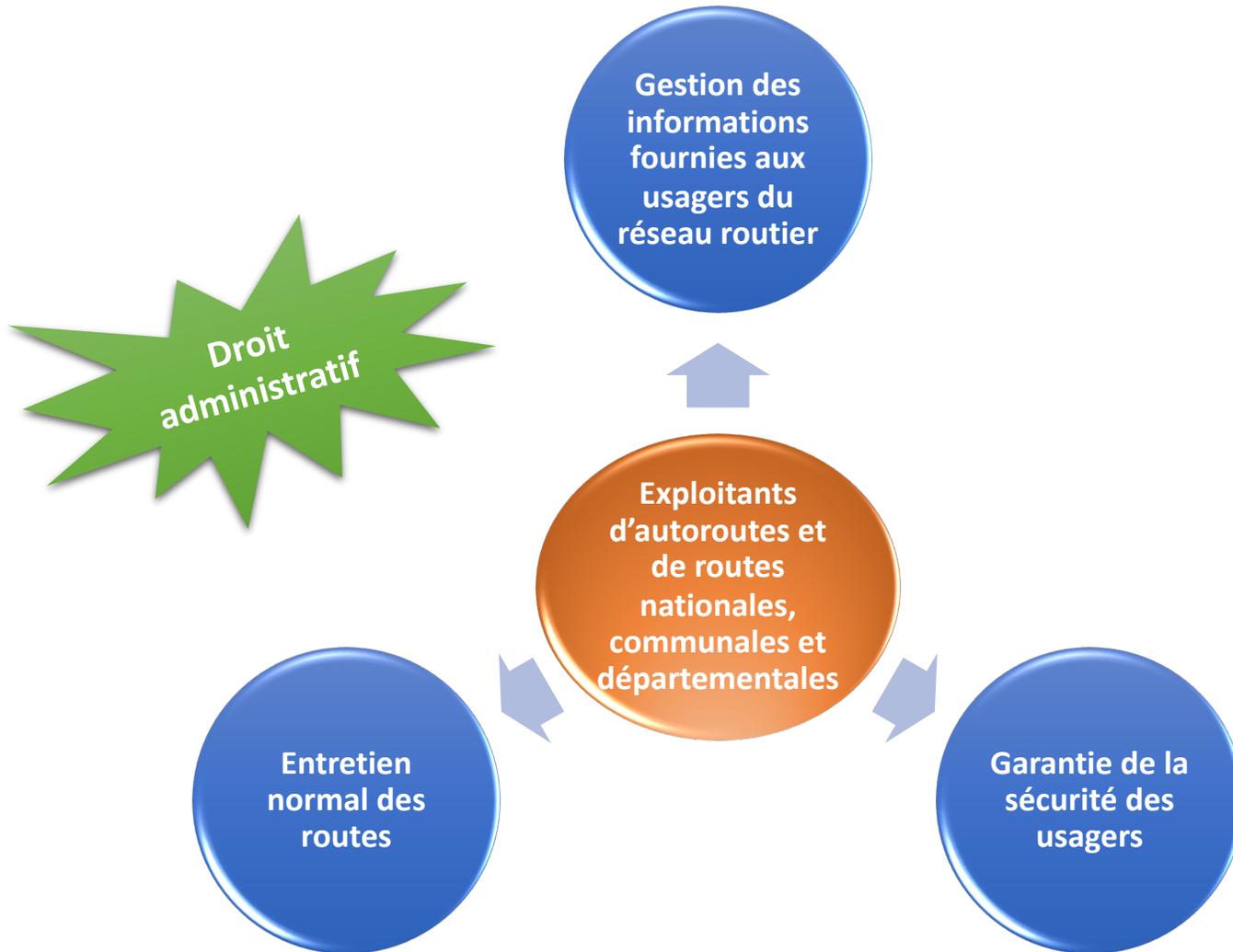


1.2 Objectifs de l'étude juridique

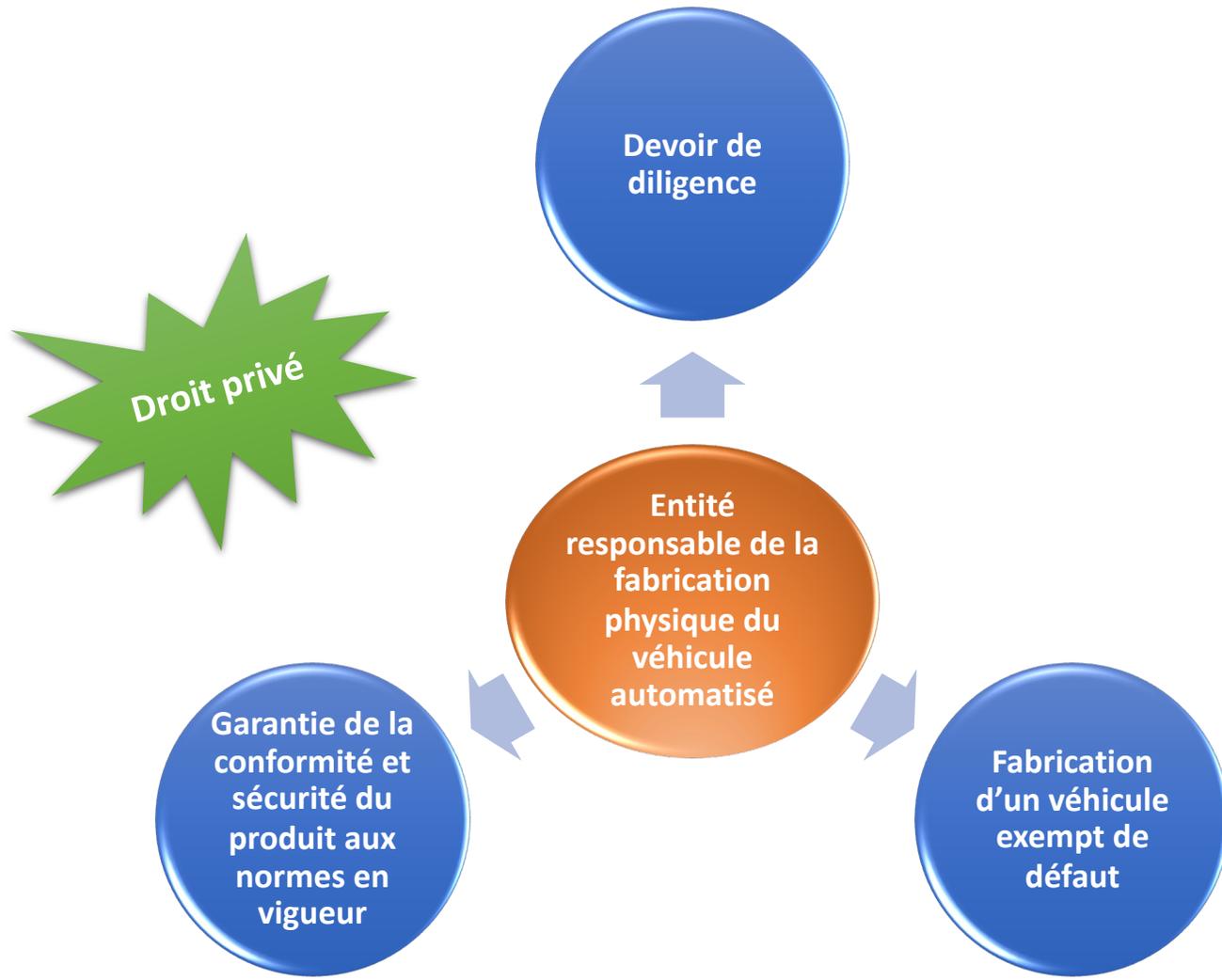


2. Les acteurs

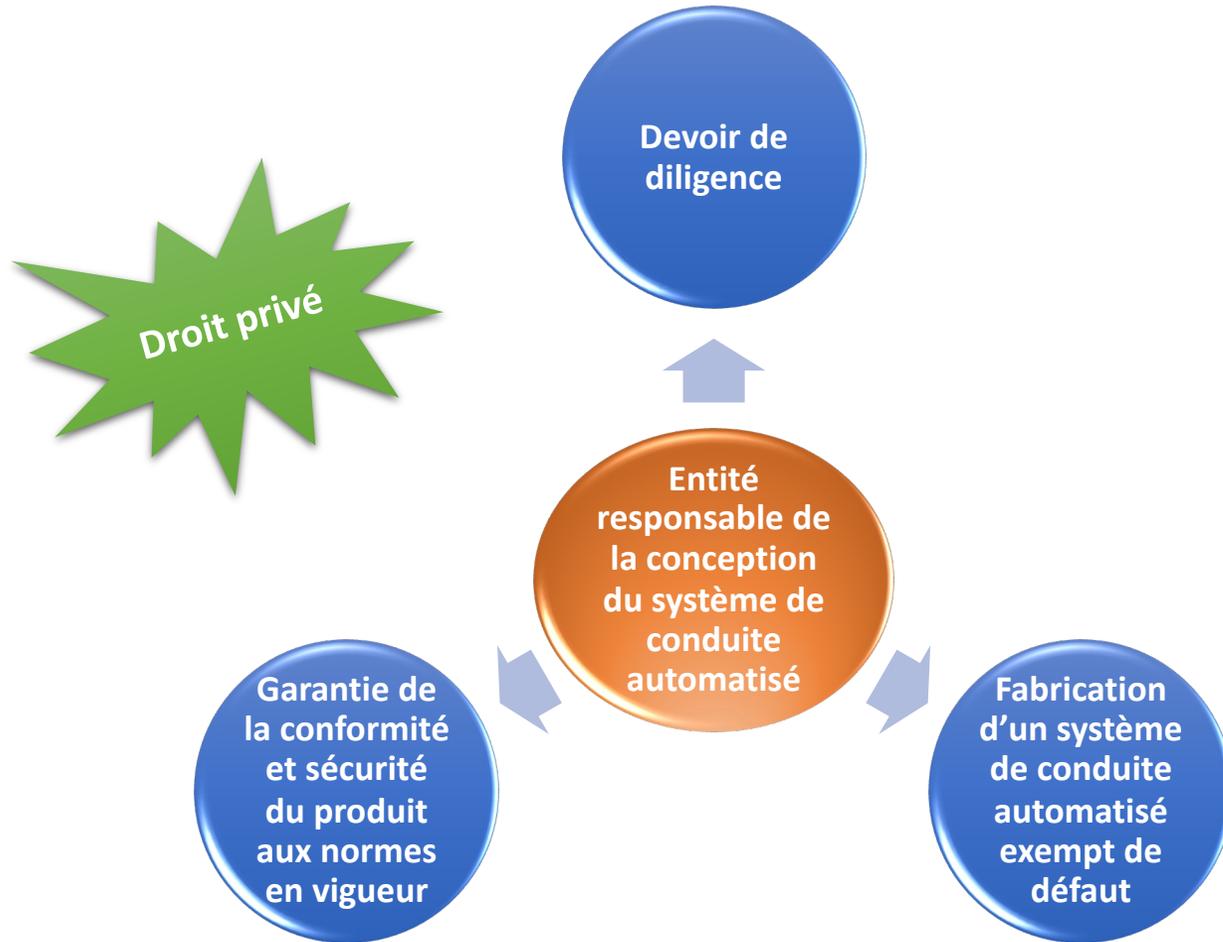
2.1 L'émetteur de l'information



2.2 Le fabricant du véhicule automatisé



2.3 Le concepteur du système de conduite automatisé



2.4 Le conducteur du véhicule automatisé



3. Les objets



3.1 Les objets visés dans les cas d'usage



Véhicule connecté :

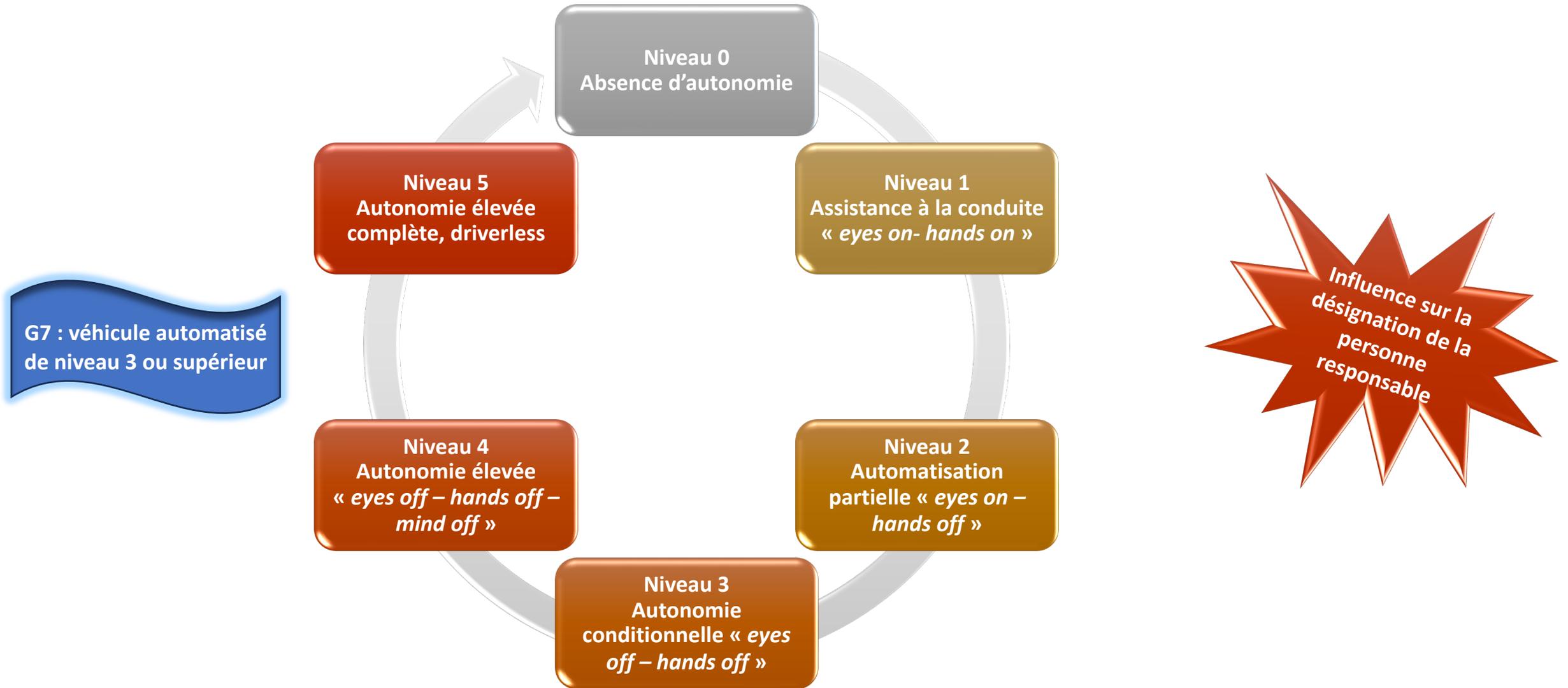
Véhicule à moteur équipé d'applications connectées lui permettant d'échanger des données et d'interagir avec d'autres voitures ou avec les interfaces de transport intelligent pour accompagner et faciliter la conduite par un humain.



Véhicule automatisé ou véhicule à délégation de conduite :

Véhicule à moteur utilisant des capteurs, des applications connectées et un système de positionnement global coordonné et qui est capable de se conduire sans l'intervention active d'un humain.

3.2 Les degrés d'autonomie du véhicule



4. Les cas d'usage

4.1 Cas d'usage C4

« Approche de la station de péage : orientation des conducteurs »

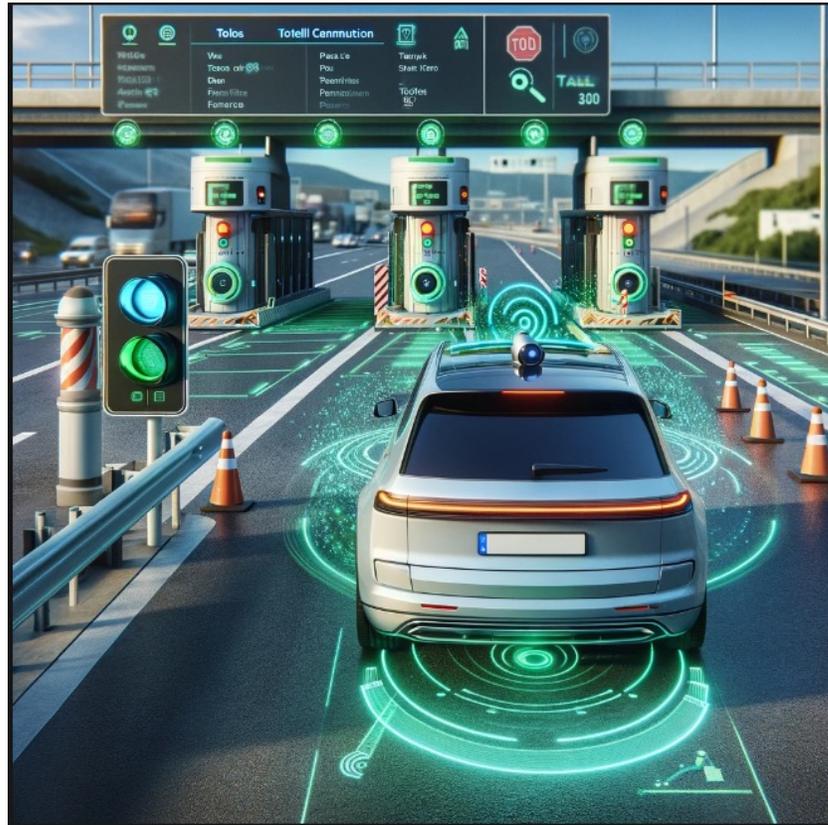
Lorsqu'un véhicule approche d'une station de péage, un message spécifique est envoyé par le gestionnaire autoroutier, l'aidant à présélectionner la voie de péage électronique appropriée.



Contexte	Difficulté d'orientation à l'approche d'une station péage
Objectif	Aider à l'orientation
Comportement souhaité	S'orienter en se basant sur les informations reçues
Avantages attendus	Sécurité & Amélioration du flux de trafic

4.2 Cas d'usage C8

« Traversée de barrière de péage pour les véhicules automatisés »



Une fois que le véhicule automatisé a sélectionné la voie de péage et qu'il a franchi la plateforme (G7), l'exploitant autoroutier envoie des informations sur l'état du feu de signalisation et de la barrière.

Contexte	Environnement complexe pour un véhicule automatisé
Objectif	Fournir au VA des informations pertinentes
Comportement souhaité	Le VA doit prendre la décision appropriée
Avantages attendus	Sécurité & Fluidité

4.3 Cas d'usage G7

« Services étendus de cartographie haute définition »



Dans les zones urbaines, l'infrastructure envoie des données détaillées descriptives des intersections avec les différentes voies de stockage pour améliorer la perception du véhicule automatisé et sa compréhension au niveau de la voie, avec des détails en temps réel (panneaux de signalisation, position et état des feux de circulation).

Sur les autoroutes, la cartographie haute définition peut être affichée pour le passage aux péages, le passage à des zones de travaux et pour les travaux sur les aires de services.

Contexte	Environnement complexe pour un VA
Objectif	Fournir au VA des informations pertinentes
Comportement souhaité	Le VA doit adapter sa vitesse et sa trajectoire
Avantages attendus	Sécurité & Amélioration du flux de trafic

4.4 Cas d'usage B1a

« *Alerte fermeture d'une partie de voie, voie entière ou plusieurs voies* »

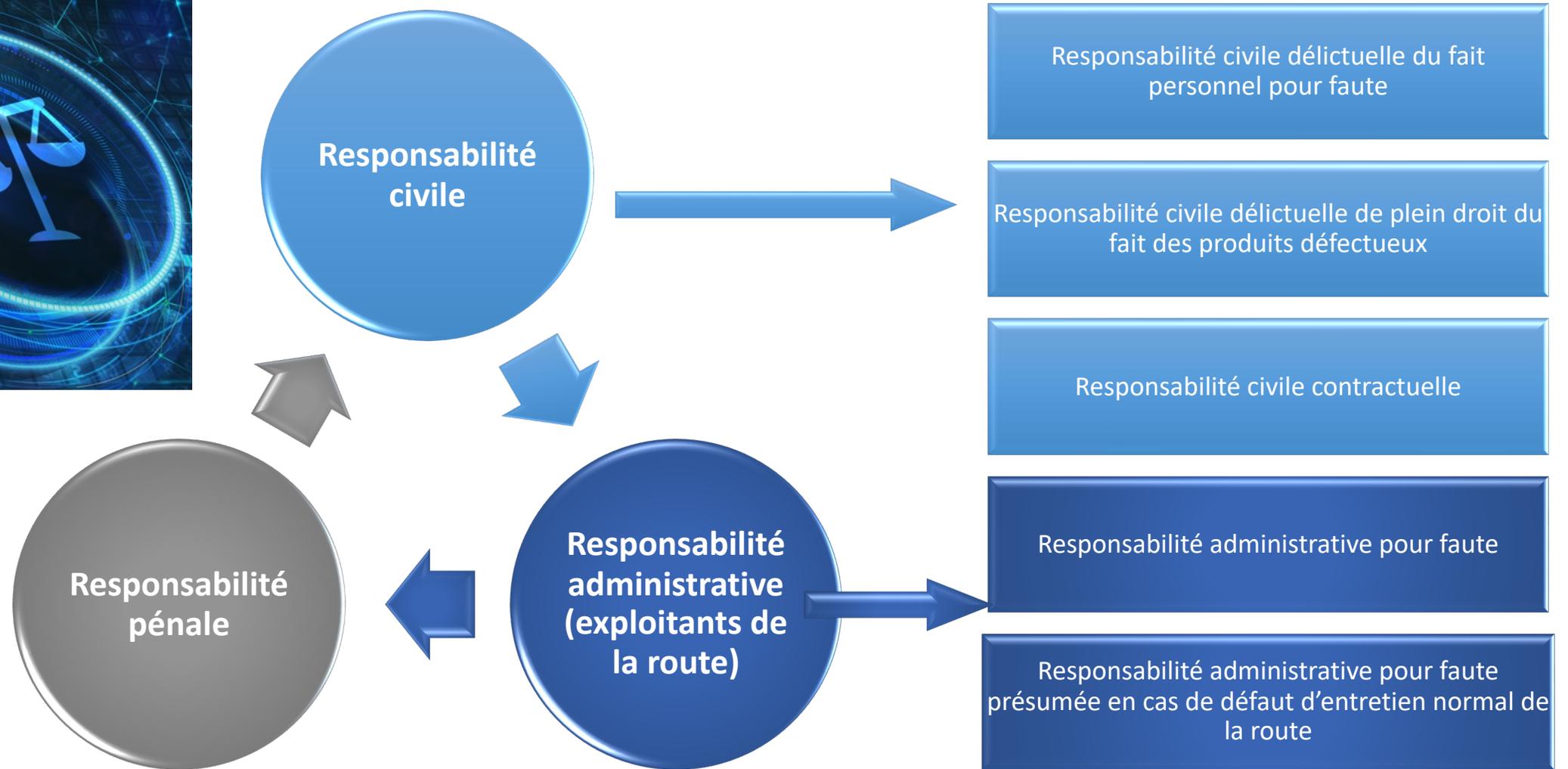


Le véhicule reçoit des informations sur la neutralisation d'une partie de voie ou sur la fermeture d'une voie (mais sans fermeture de route). La neutralisation peut être due à un chantier de travaux routiers statique, mais aussi à un accident.

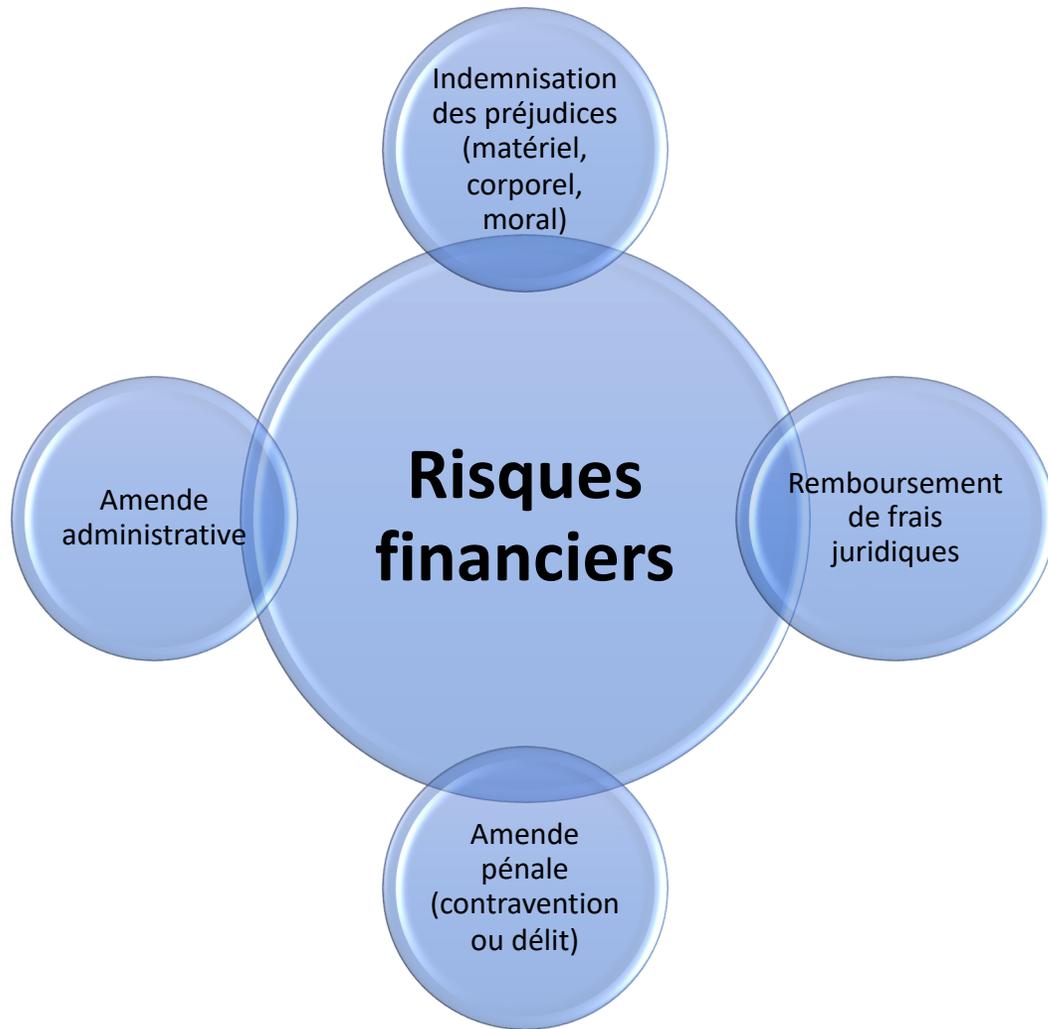
Contexte	Difficulté pour un véhicule avec un système de conduite déléguée de comprendre une situation de travaux/d'accident
Objectif	Anticipation
Comportement souhaité	Adaptation
Avantages attendus	Sécurité & Amélioration du flux de trafic

5. La responsabilité des acteurs et les risques associés

5.1 Les types de responsabilités encourues



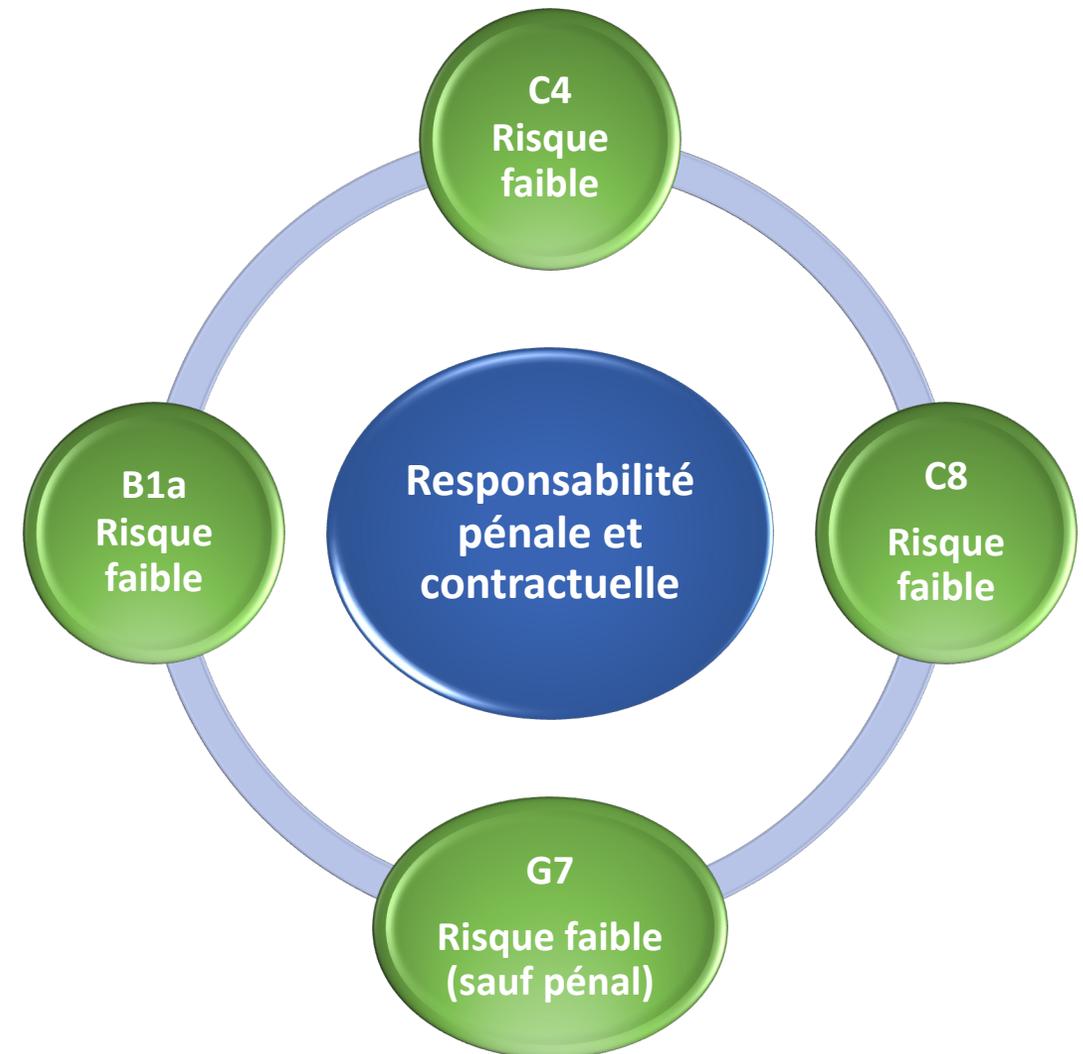
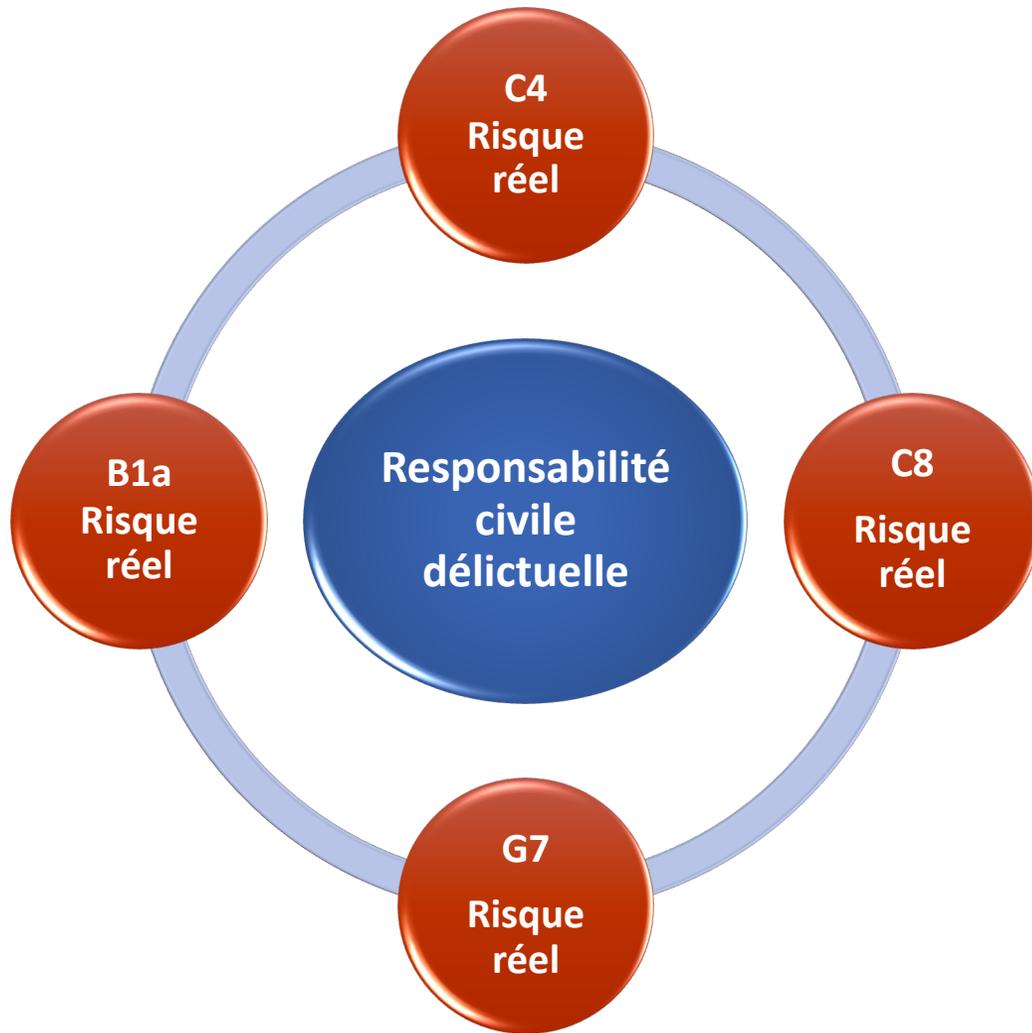
5.2 Les risques encourus par les acteurs



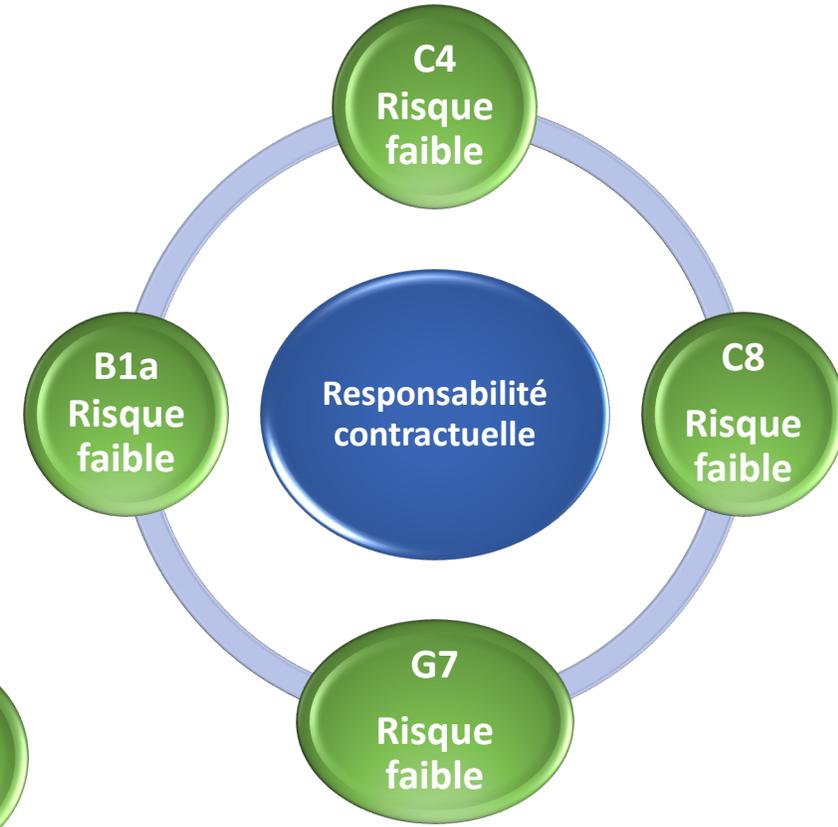
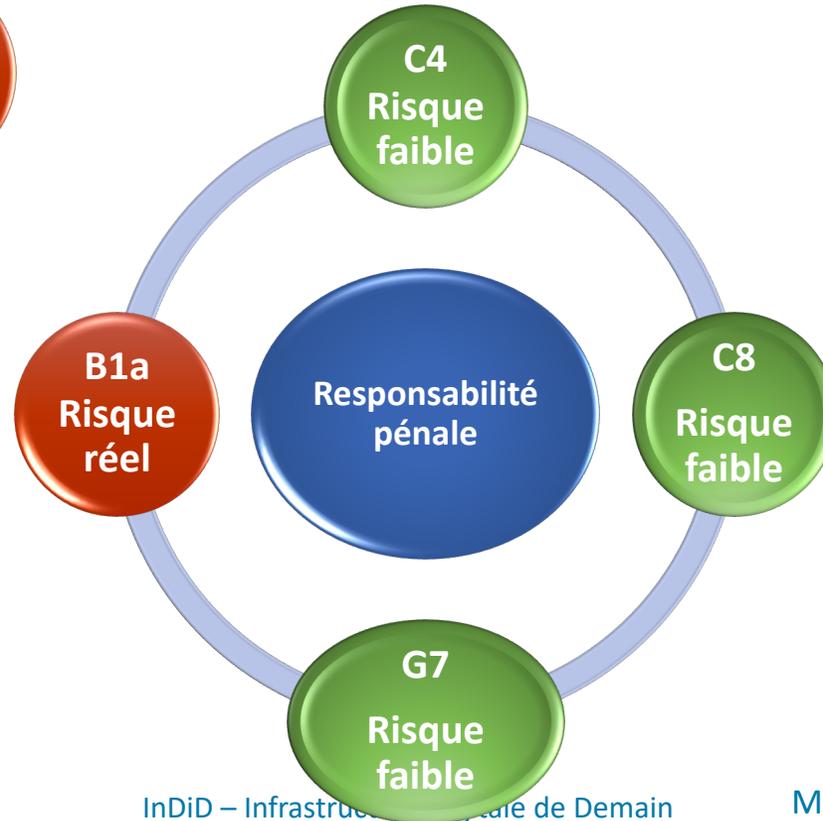
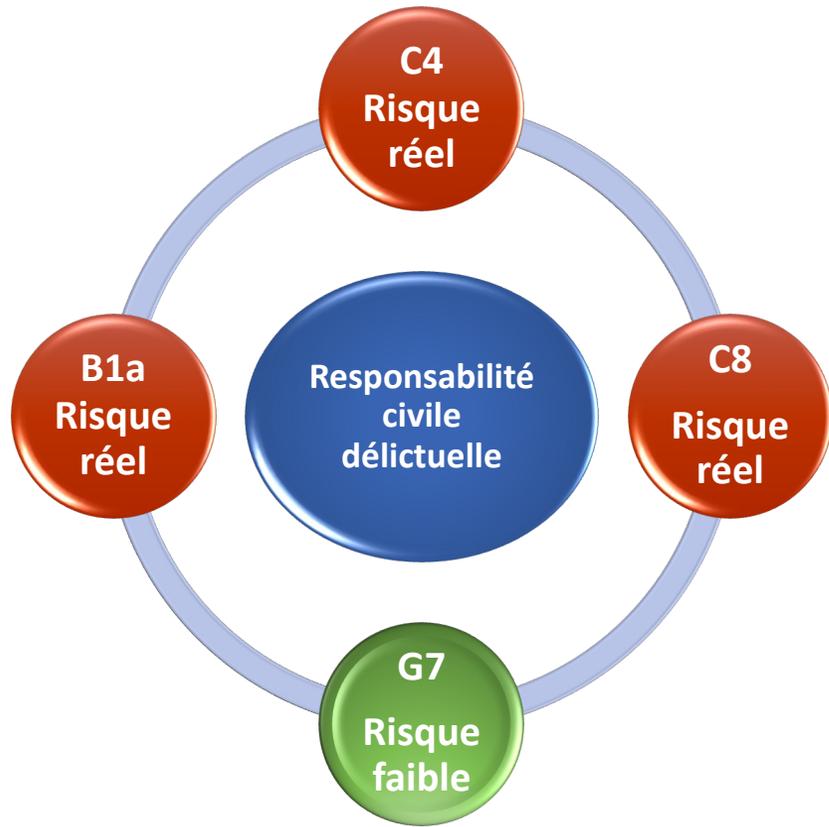
5.3 Evaluation risques : émetteur de l'information



5.4 Evaluation risques : fabricant et concepteur



5.5 Evaluation risques : conducteur du véhicule

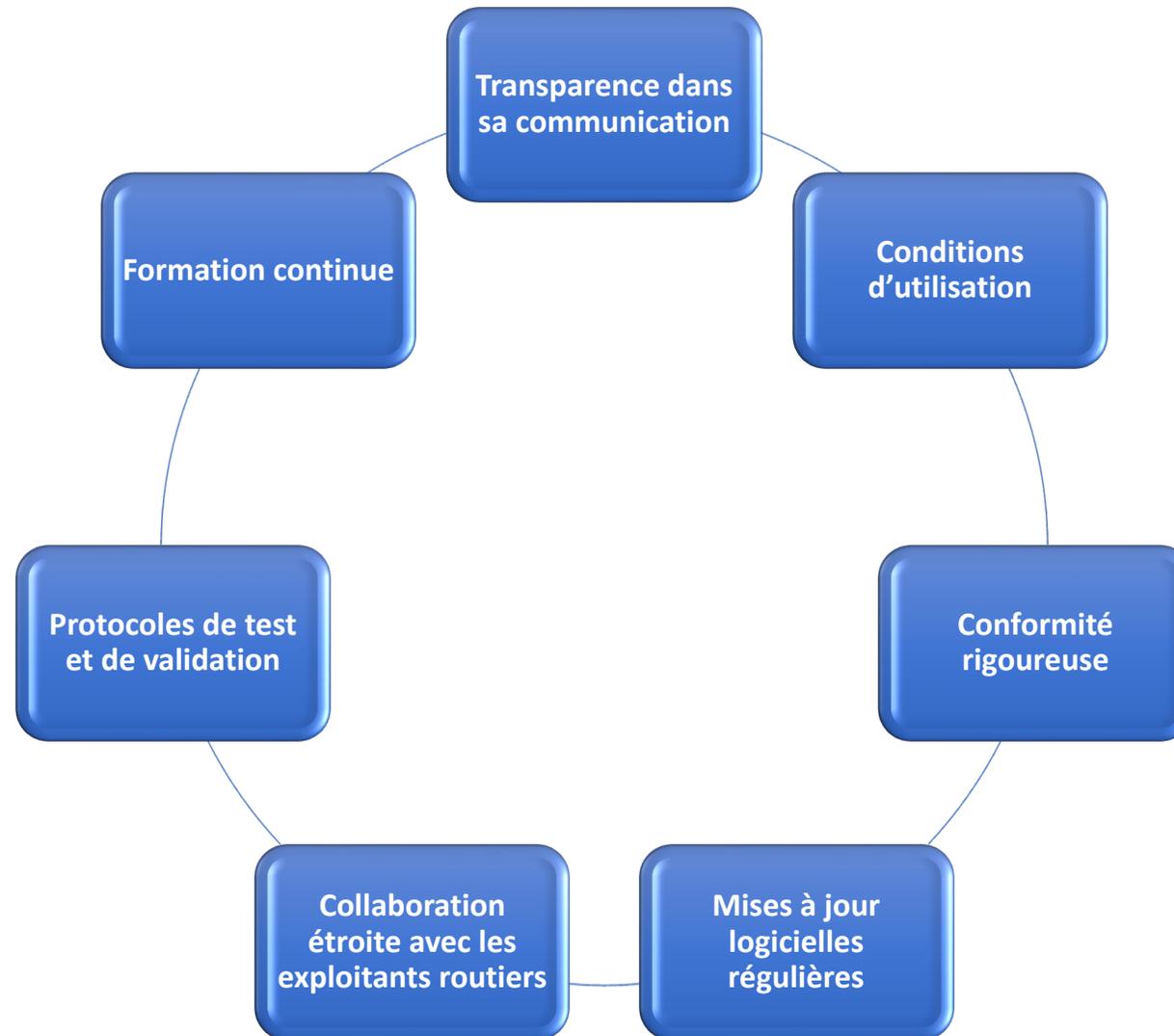


6. Les recommandations

6.1 Pour l'émetteur de l'information



6.2 Pour le fabricant, le concepteur et vendeur



6.3 Pour le conducteur



8. Le plan d'action

