



Quelles évolutions des infrastructures face aux véhicules connectés et automatisés?

Nicolas Hautière

Directeur Adjoint du département COSYS, en charge de la R5G

Journée de l'ORT, Bouguenais, 13 juin 2019



IFSTTAR

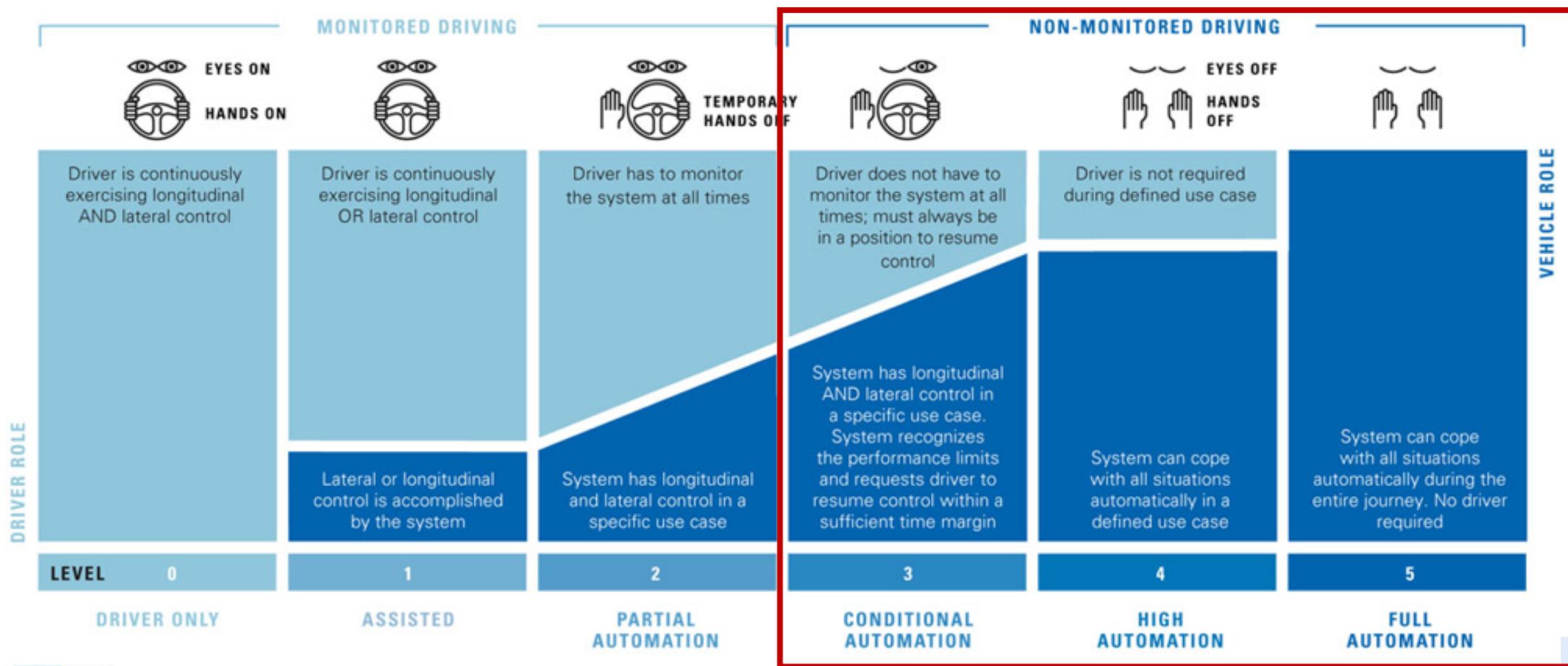
Problématique

- La problématique de l'adaptation des infrastructures face aux véhicules automatisés est complexe et multiple.
- Trois questionnements principaux font actuellement l'objet de recherche au plan international :
 - NIVEAU TACTIQUE
 - Comment permettre aux véhicules automatisés de circuler en sécurité sur les routes ?
 - NIVEAU STRATÉGIQUE
 - Comment mieux gérer le trafic en tirant parti des véhicules automatisés ?
 - NIVEAU SOCIÉTAL
 - Quel est l'impact de l'automatisation de la conduite sur les réseaux d'infrastructures ?



VÉHICULES AUTOMATISÉS ET INFRASTRUCTURES | 1

Les différents niveaux d'automatisation



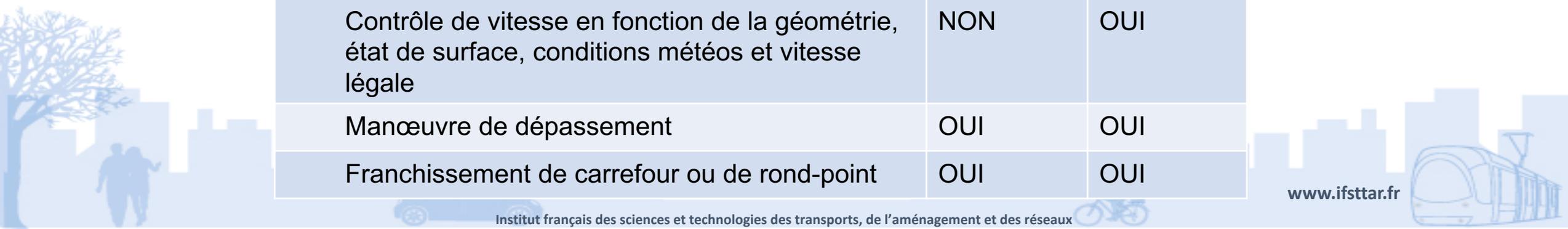
Mike Lemanski

www.ifsttar.fr

Comment un véhicule automatisé peut se déplacer en sécurité ?

- Pour se déplacer en sécurité, des fonctions-clés doivent être exécutées avec une grande fiabilité :
 - ✓ Contrôle de trajectoire
 - ✓ Anticipation de situations complexes

Fonction-clé	Interaction V2V	Interaction V2I
Maintien dans la voie	NON	OUI
Prévention des sorties de voie en virage	NON	OUI
Contrôle de l'inter-distance	OUI	NON
Prévention ou mitigation des collisions	OUI	NON
Contrôle de vitesse en fonction de la géométrie, état de surface, conditions météo et vitesse légale	NON	OUI
Manœuvre de dépassement	OUI	OUI
Franchissement de carrefour ou de rond-point	OUI	OUI



Éléments liés à l'infrastructure

- Au fur et à mesure de l'augmentation du niveau d'autonomie, la dépendance à l'infrastructure augmente :
 - L'infrastructure doit fournir un niveau croissant de qualité de service (QoS)

Éléments de l'infrastructure	Rôle	Variabilité temporelle
Visibilité des marquages	Guidage latéral des véhicules	Variable
Courbure	Stabilité du véhicule, prévention des sorties de voie	Statique
Pente	Prévention des collisions pendant les manœuvres de dépassement	Statique
Adhérence	Stabilité du véhicule en ligne droite et en virage	Variable
Uni	Stabilité du véhicule en toutes situations	Variable
Visibilité géométrique	Prévention des collisions sur obstacle	Statique
Etat des feux	Franchissement d'intersection	Dynamique
Visibilité des panneaux	Respect du code de la route	Variable
Conditions météo	Stabilité du véhicule, respect des interdistances, manoeuvre de dépassement	Dynamique

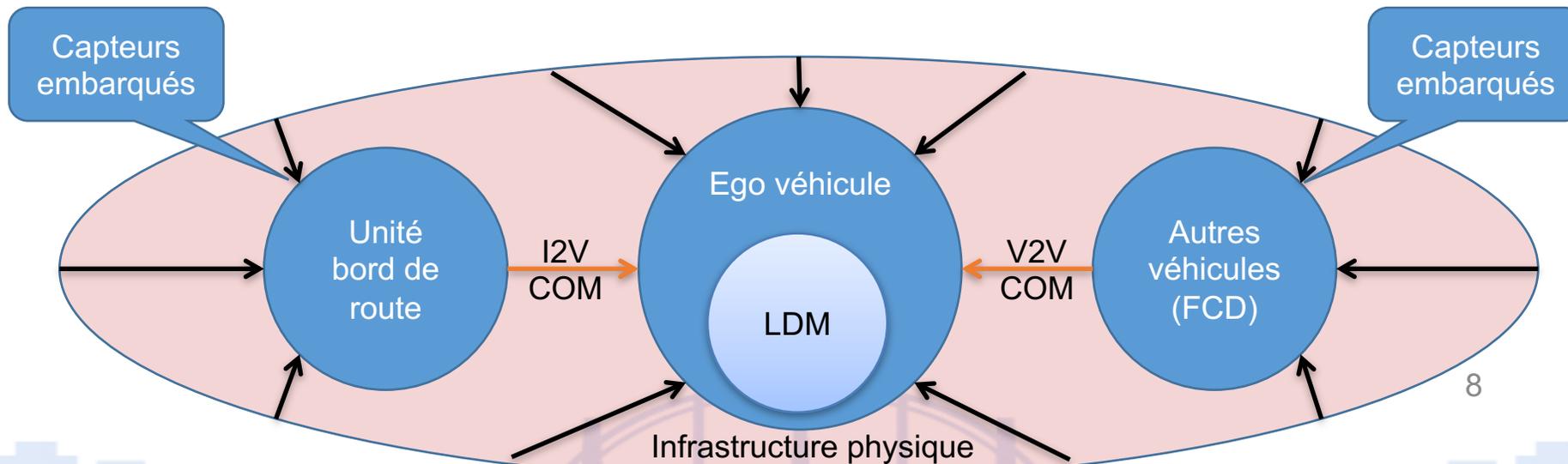
Vers des métriques liées aux éléments de l'infrastructure

- Selon le niveau d'automatisation, les véhicules attendent de l'infrastructure un niveau de service (QoS)
 - Exemple : l'impact d'un défaut d'uni est négligeable à 50 km/h mais peut être critique à 130 km/h
- QoS doit être quantifié à travers des métriques spécifiques
 - 1^{ère} approche (aujourd'hui) : analyse des bd accidentologie
 - Exemple : corrélation entre un type d'accident et la présence/absence d'un élément de l'infrastructure
 - 2^{ème} approche (recherches en cours) : approches probabilistes visant à estimer une probabilité d'accident sachant la valeur des paramètres et inversement fixation d'un seuil de performance pour un niveau de sécurité donné
 - Les bases de données d'accidentologie de véhicule automatisé n'existent pas : il faut combiner les données réelles et les données simulées
- Selon le niveau de service de l'infrastructure (QoS), le véhicule décidera de se déplacer en mode automatisé (niveau 1 à n) ou en conduite manuelle (niveau 0).

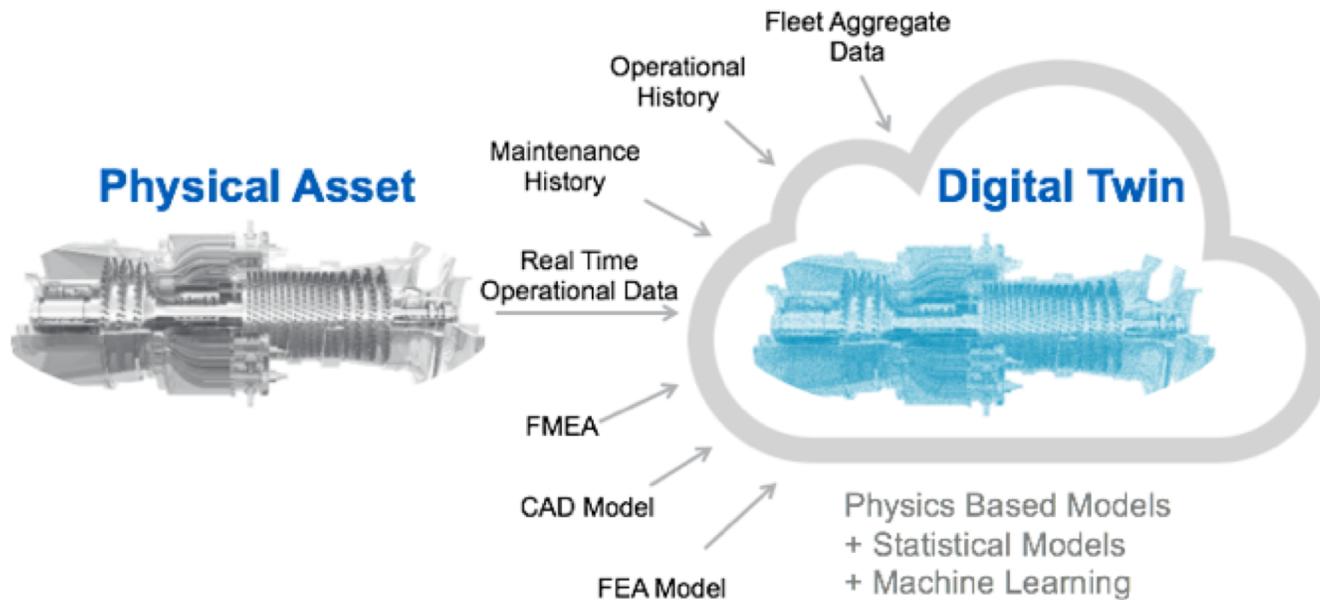
A. Koita, D. Daucher and M. Fogli, "New Probabilistic Approach to Estimate Vehicle Failure Trajectories in Curve Driving", Probabilistic Engineering Mechanics, 34 (2013)

La route à haut niveau de qualité de service

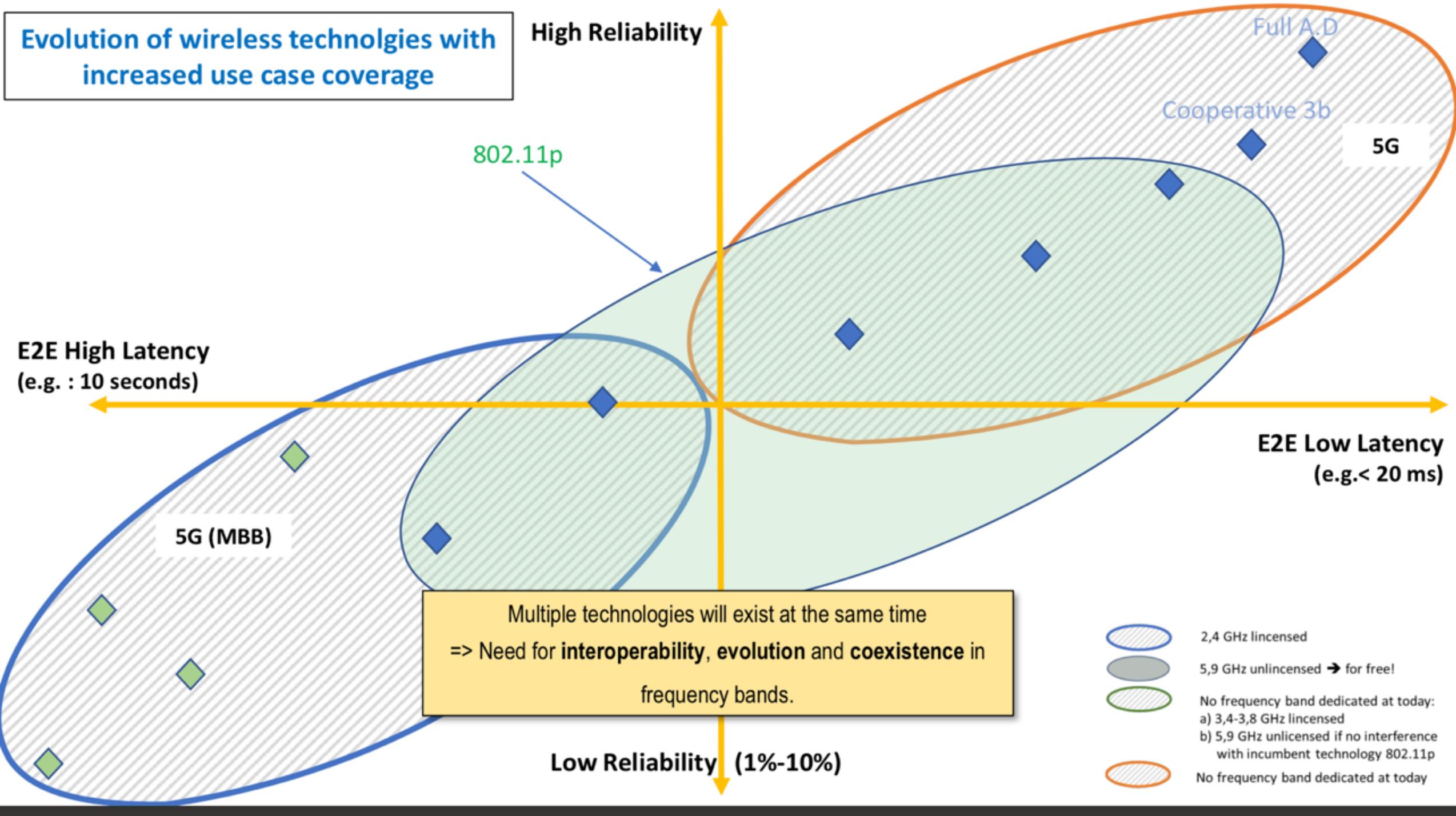
- Itinéraire sécurisé (ou HQoSH)
 - Une route (ou infrastructure physique), dont les valeurs des métriques sont comprises dans des plages permettant à un véhicule autonome de se déplacer en sécurité.
 - Modélisé par une infrastructure numérique
- Infrastructure numérique : une représentation numérique de l'infrastructure physique
 - Modélisée à bord du véhicule par une cartographie locale dynamique (LDM)
 - Doit être mise à jour en continu de façon à refléter l'état de l'infrastructure physique
 - Alimentée à partir de données issues des équipements de bord de voies et des autres véhicules automatisés considérés comme des véhicules sondes (xFCD)



La transformation digitale des infrastructures au cœur des enjeux de la route connectée



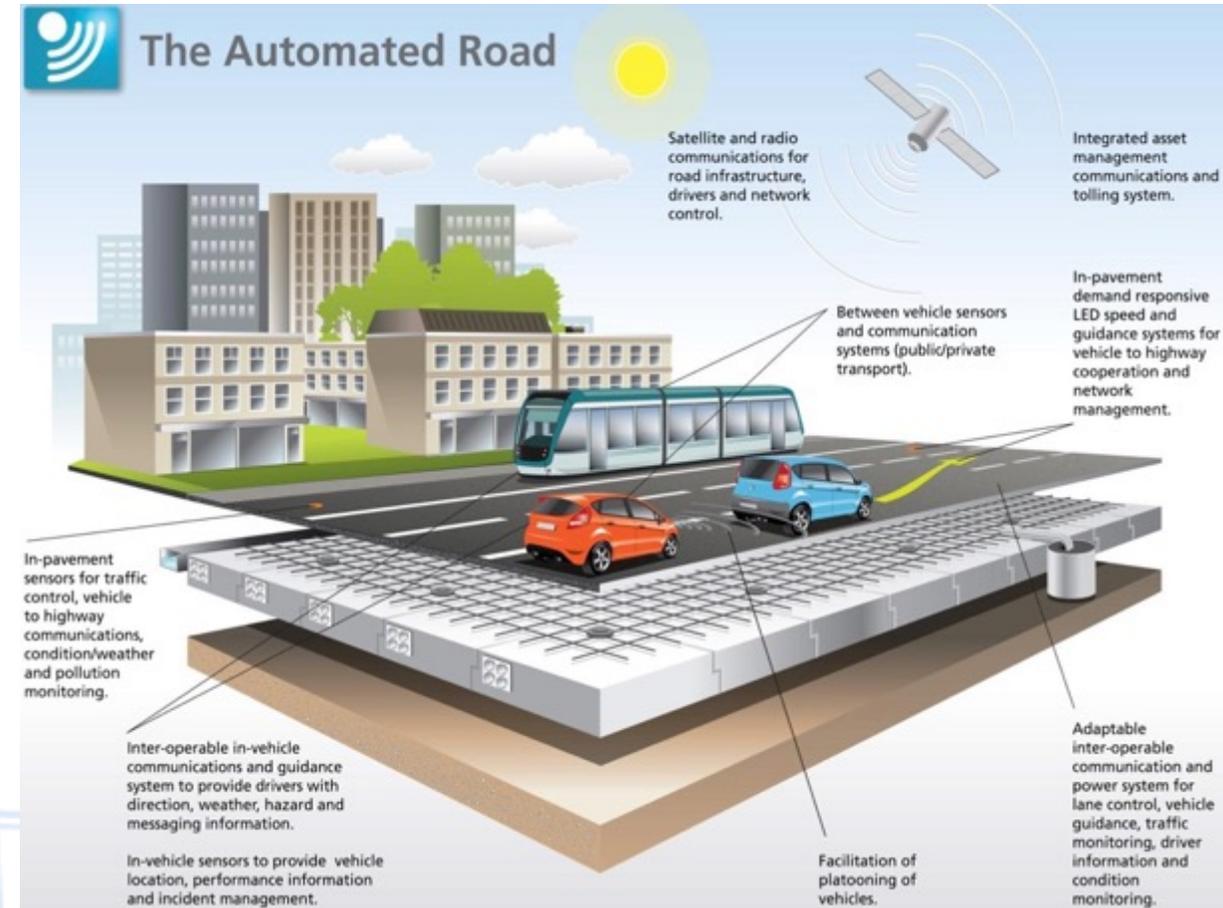
Evolution of wireless technologies with increased use case coverage



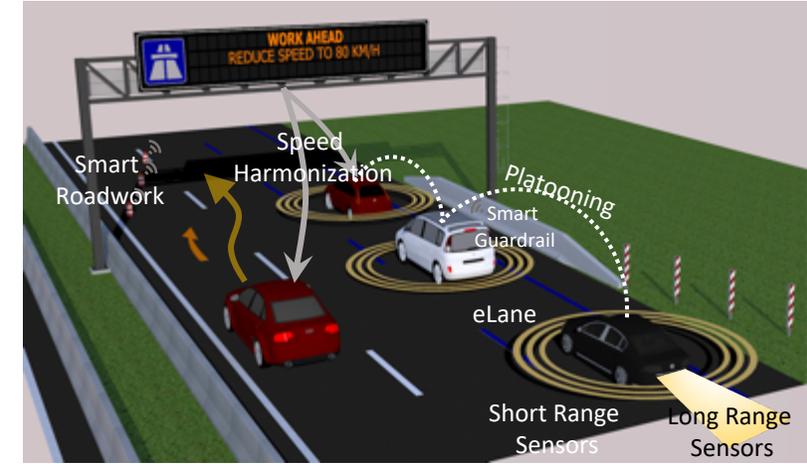
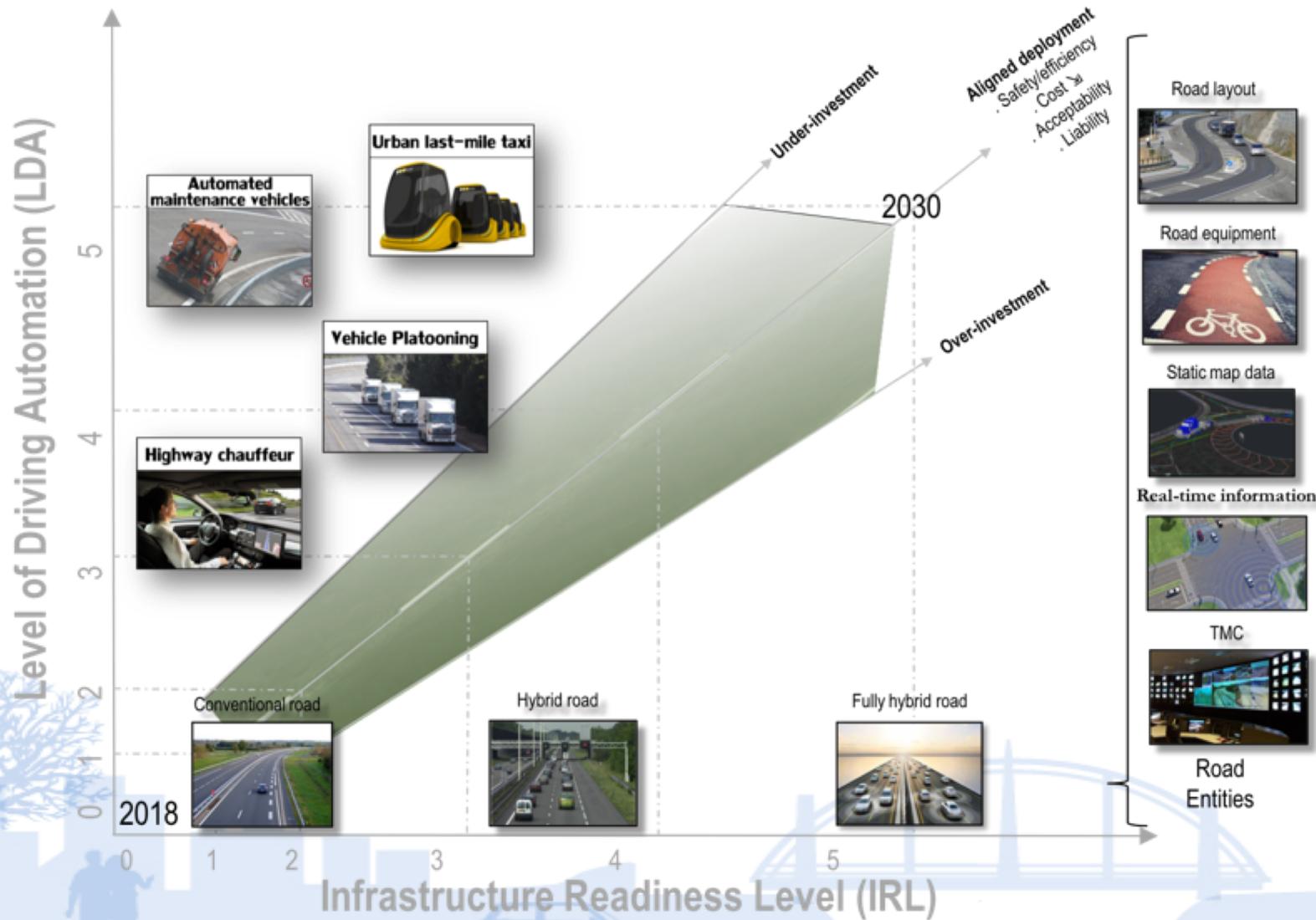
DES VÉHICULES AUTOMATISÉS | 2 À LA ROUTE AUTOMATISÉE

La route automatisée

- Entièrement connectée avec les usagers, véhicules, gestionnaires et fournisseurs de services.
 - Intègre un système complet d'information, de monitoring et de contrôle.
 - Supporte un système coopératif véhicule-infrastructure qui gère la demande de demande et les mouvements de trafic.
 - Fait co-exister les véhicules autonomes dans le trafic
 - Mesure, rapporte et adapte son état, fournit des informations instantanées sur la météo, les incidents et le trafic.



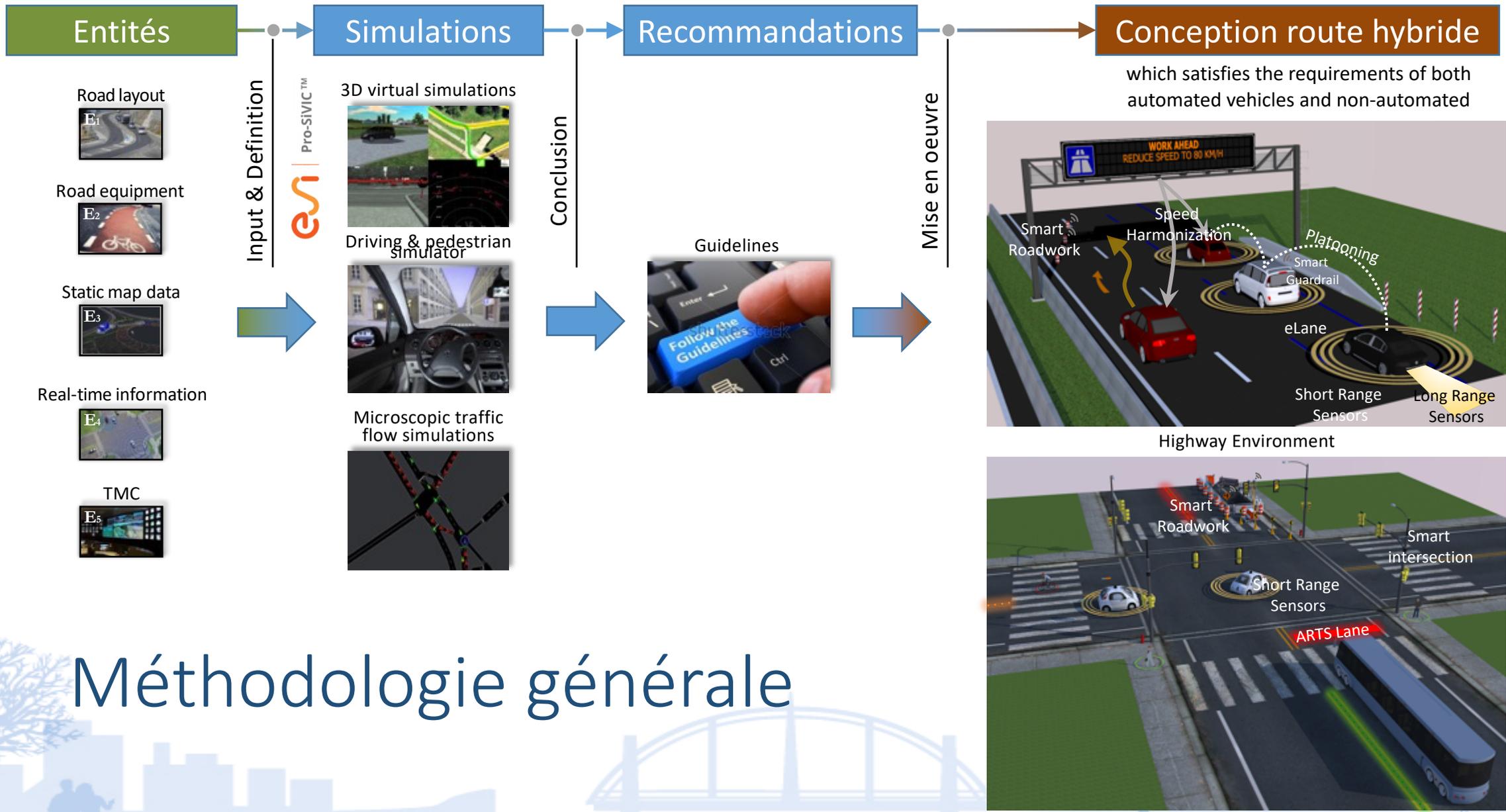
Vers des infrastructures hybrides



Highway Environment



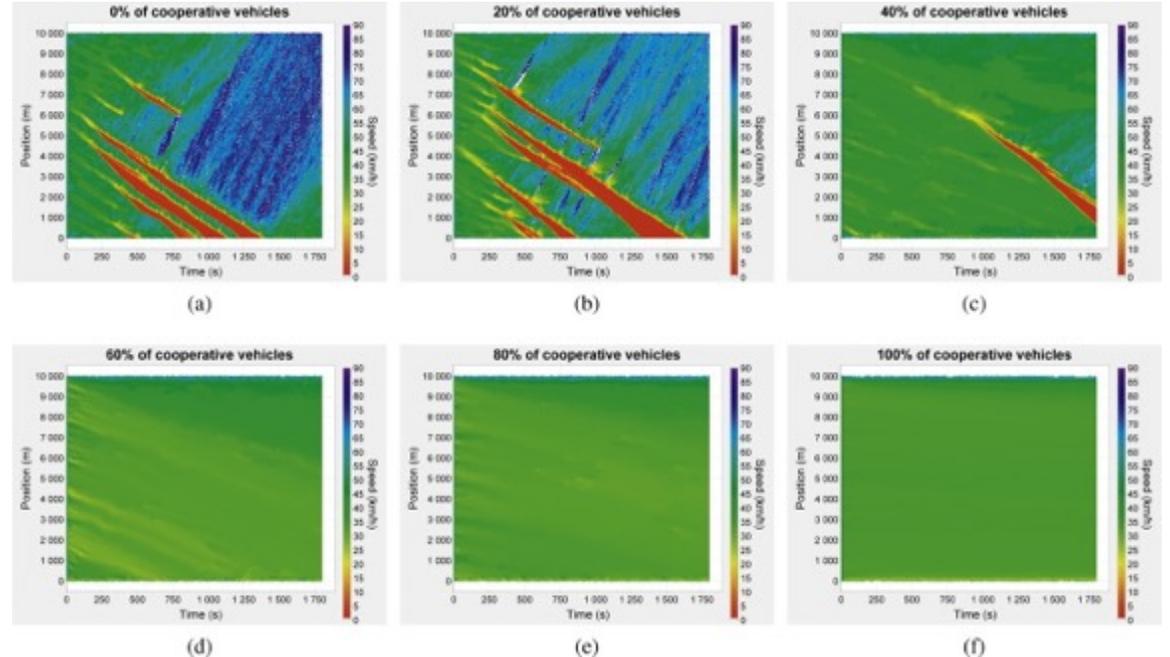
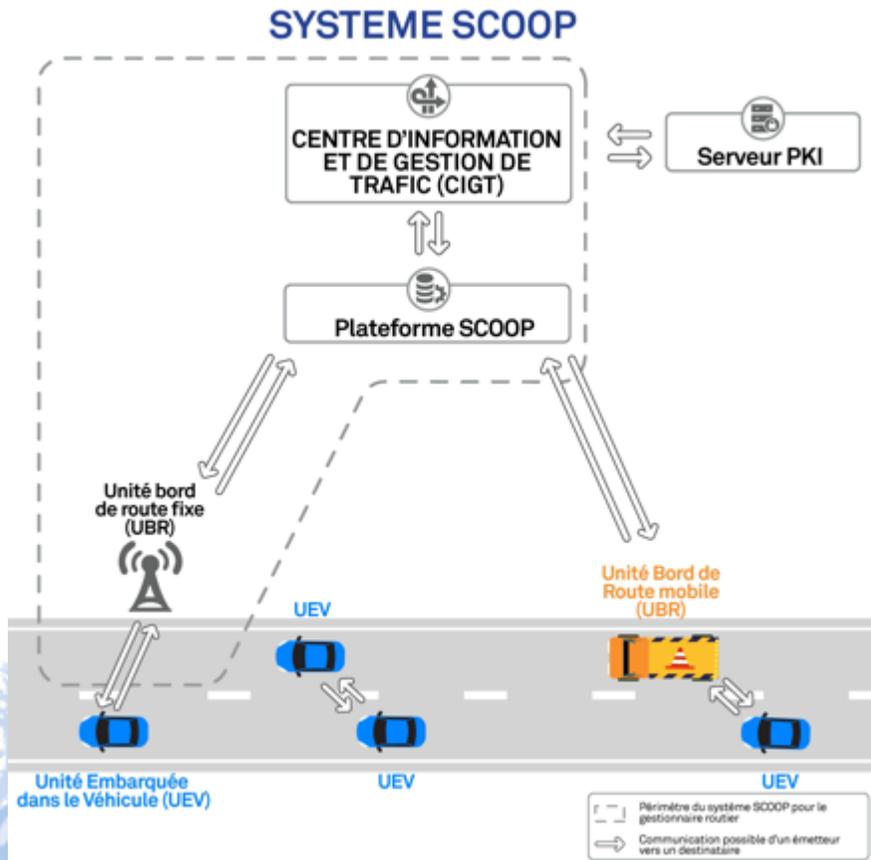
Urban Environment



Méthodologie générale

CAS D'USAGE | 2.1 (AUTO)ROUTIERS

UC#1: Sécurité et amélioration du trafic



Maxime Guériaux, Romain Billot, Nour-Eddin El Fauzi, Julien Monteil, Frédéric Armetta, Salima Hassas. How to assess the benefits of connected vehicles? A simulation framework for the design of cooperative traffic management strategies. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67:266-279, 2016



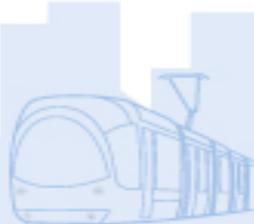
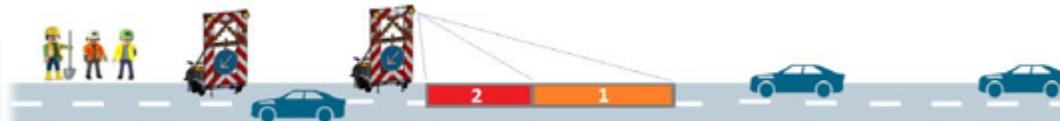
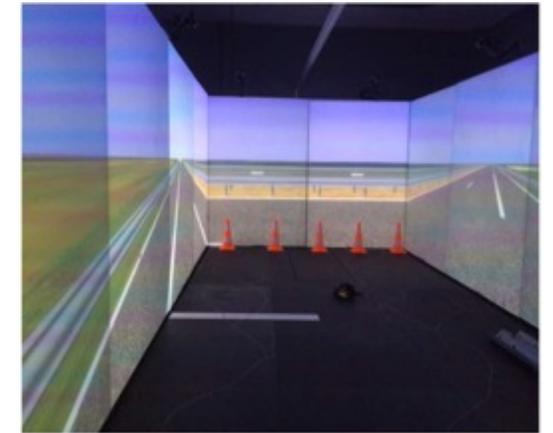
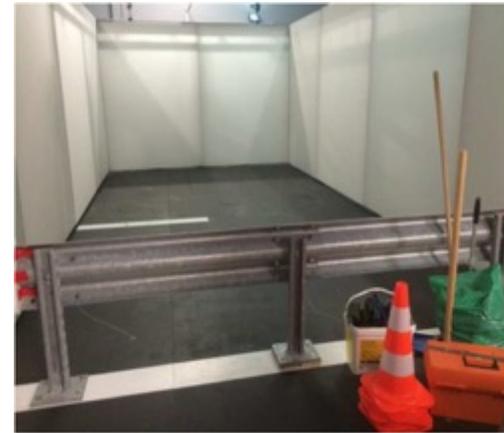


UC#2: chantier connecté



- Le projet Yellow vise à:
 - concevoir et valider des dispositifs intelligents pour améliorer la sécurité des travailleurs sur les chantiers de construction via:
 - L'optimisation de la détection d'intrusion par des alertes de traitement d'image en cas d'intrusion
 - Une meilleure identification des sites par les usagers de la route.
 - Réduire les risques d'intrusion d'un usager de la route (VL, PL, 2RM ...) dans la zone d'activité du site et de collision avec le personnel sur site.

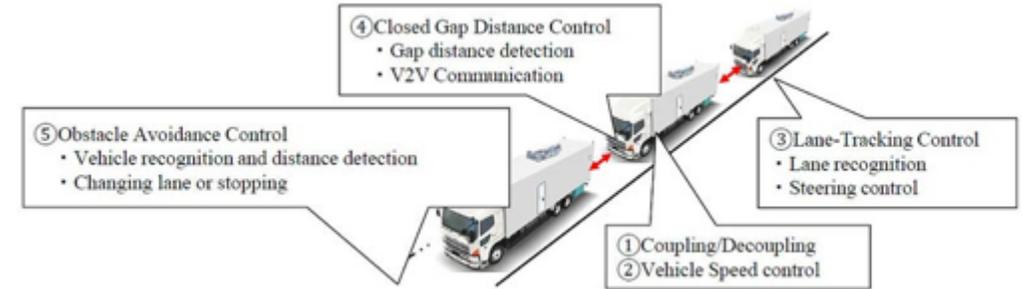
- Des simulateurs de déplacement ont été utilisés pour évaluer l'acceptabilité des solutions par les ouvriers et leur efficacité



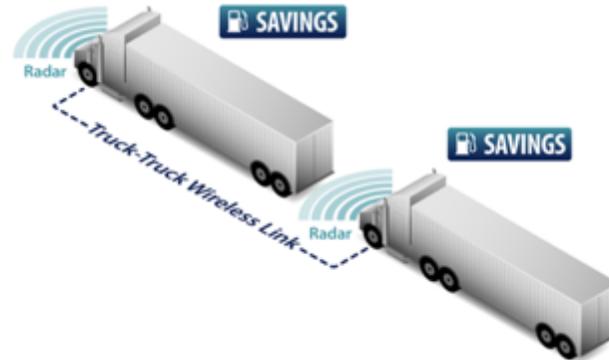
UC#3: mise en peloton de poids-lourds



- Poids-lourds mis en peloton:
 - 2-3 camions connectés à l'aide de la solution V2V suivent à courte distance (<10 m)
 - Vitesses stabilisées et uniformes, pas de manœuvres de dépassement
- Bénéfices
 - Réduction des coûts et des retards,
 - Amélioration de la productivité
 - Réduction de l'anxiété des conducteurs
 - Sécurité accrue grâce à moins de fautes humaines
 - Émissions et consommation de carburant réduites (10%)
 - Augmentation de la capacité routière, réduction de la congestion



		Ahead Vehicle	Following Vehicle
Coupling/decoupling		Semi-auto	Semi-auto
Gap distance within platoon			10m
Control	Lane-keeping	Machine vision	Machine vision
	Vehicle speed	ACC • Laser	CACC • Laser
	Gap distance	• Radar(76GHz)	• Radar(76GHz) • 5.8GHz V2V Communication
	Obstacle avoidance	Emergency Braking	



Défis restants:

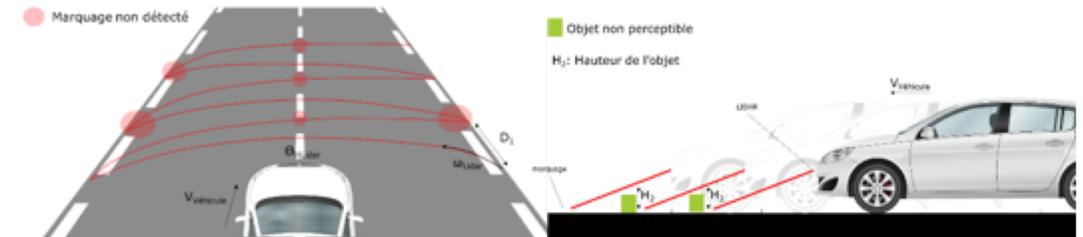
- Impact sur les infrastructures
- Fiabilité et interopérabilité de la technologie
- Droit du travail
- Formation de convois, centres de gestion
- Modèle d'affaires
- Responsabilité, assurance, etc.

UC#4: co-pilote

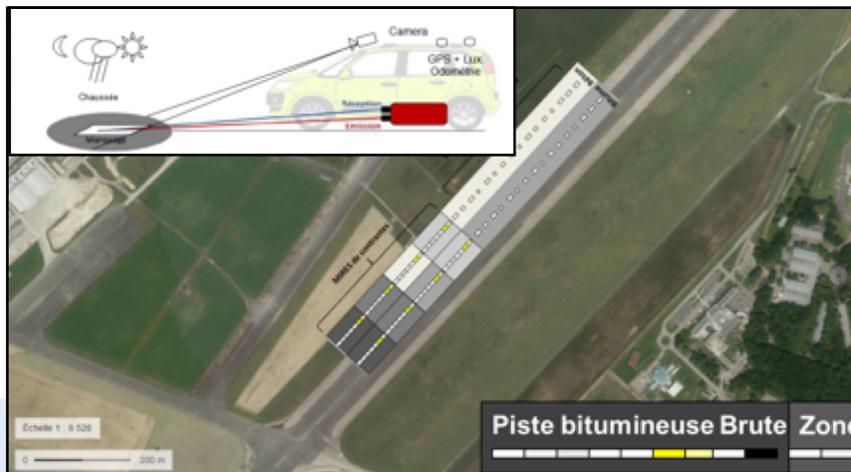
Enjeu de spécification de la signalisation routière

Objectifs: mettre au point un protocole d'évaluation croisée des capteurs embarqués et de la signalisation routière

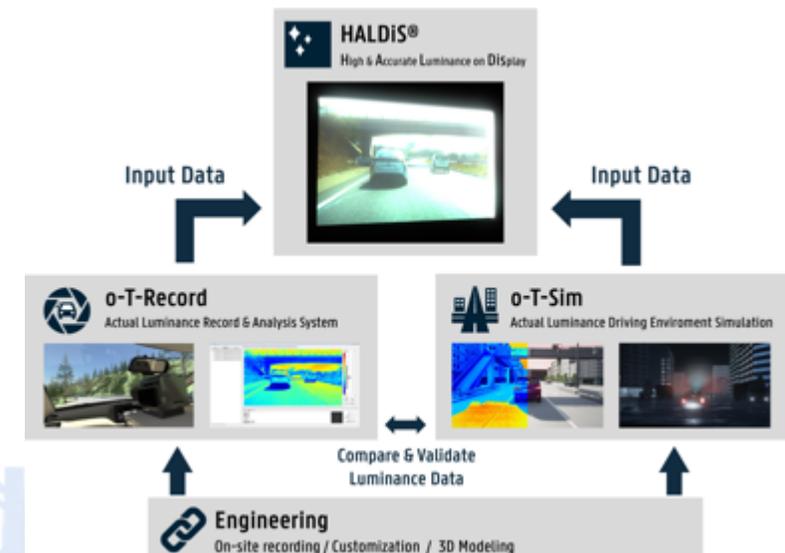
- Établir une corrélation entre la détection de la signalisation par un capteur de véhicule et les mesures effectuées par un appareil de référence
- Développez un banc HIL pour tester un capteur de VA pour un panneau de signalisation donné et inversement.



Piste de référence Lidar



Piste de référence caméra



CAS D'USAGE | 2.2

TERRITOIRES PEU DENSES

UC#5: Mobilité à la demande



- Le projet Tornado vise à étudier les interactions entre véhicules autonomes et infrastructures pour les services de mobilité dans les zones à faible densité de population.



- Contribution: rond point intelligent
- Pour traverser un rond-point en toute sécurité, un véhicule autonome a besoin de visibilité sur tout le rond-point.
- Pour ce faire, les caméras connectées indiqueront la position des autres véhicules entrant ou circulant dans ce rond-point.



CAS D'USAGE URBAINS | 2.3

UC#6: Interactions VA et VRU

- Il y a un manque de connaissances sur la façon dont un piéton pourrait se comporter devant un véhicule autonome.
- La question se pose surtout en situation de traversée de rue.
- La réalité virtuelle, grâce au développement de simulateurs et d'environnements peuplés, peut être utilisée pour étudier, en tout ou en partie, les problèmes d'intégration des véhicules autonomes au trafic urbain.



UC#7: Navette dernier kilomètre

- Le projet Navway intégré au projet Ademe ENA vise à démontrer un service de navette autonome entre l'aéroport de Nantes et la station de tramway Neustrie.
- Défi : augmenter la vitesse commerciale en connectant la navette aux infrastructures et en calculant la vitesse optimale en tenant compte des conditions météorologiques, du confort des passagers, etc.



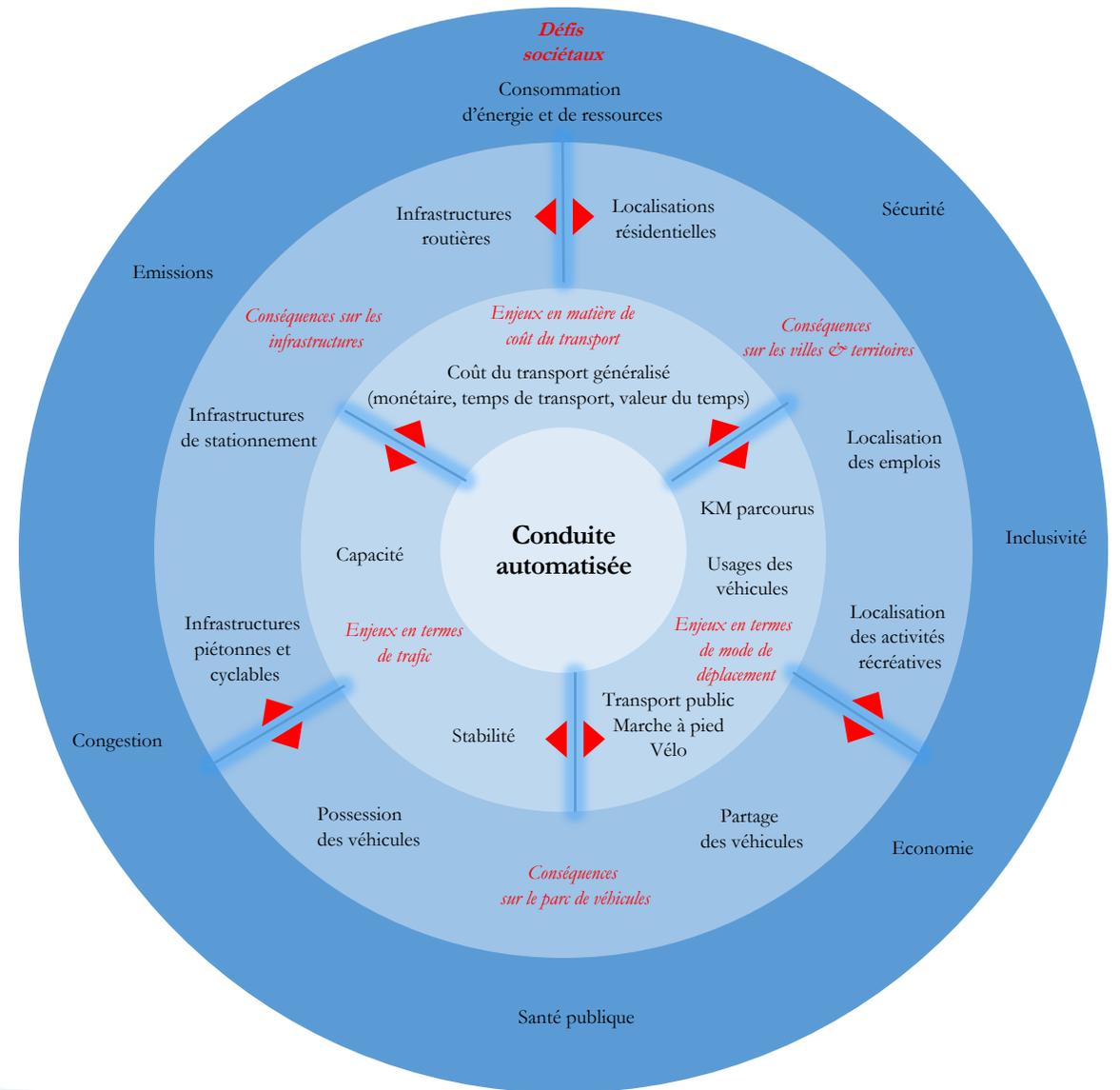
**NAV
WAY**



IMPACT DE L'AUTOMATISATION SUR LES RÉSEAUX | 3

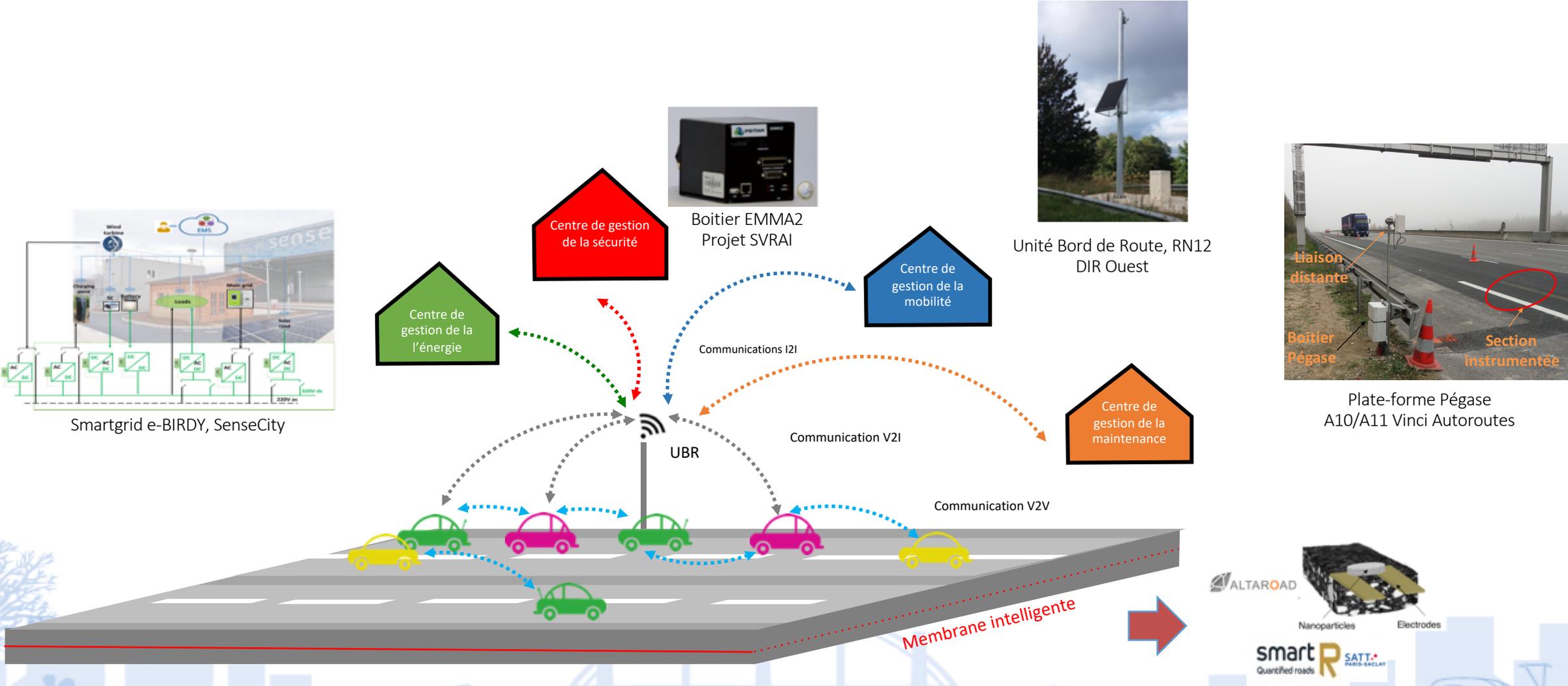
Impact sur les réseaux

- Les véhicules automatisés (sous certaines conditions) permettent d'améliorer l'efficacité des infrastructures existantes,
- Le déploiement des véhicules (robotaxis) automatisés peut impacter le nombre de kilomètres parcourus et conduire à une nouvelle vague d'étalement urbain.
- **Le déploiement des VA doit donc aller de pair avec une mobilité durable et des infrastructures plus adaptables.**



Dimitris Milakis, Bart van Arem, Bert van Wee. Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. Journal of Intelligent Transportation Systems Technology Planning and Operations 21(4):324-348, February 2017

Perspective : vers une route toujours plus connectée et énergétiquement intégrée



CONCLUSION ET PERSPECTIVES | 4

Conclusion

- Pour pouvoir circuler, les véhicules automatisés nécessitent des infrastructures dont on est capable d'établir en permanence le niveau de service (notion de QoS)
- Il est possible d'établir ce QoS en connectant les capteurs embarqués et débarqués, et en construisant les modèles et indicateurs associés.
- Selon le niveau de connectivité et d'automatisation du parc de véhicules, il sera possible d'automatiser le trafic et d'améliorer l'efficacité de la gestion du trafic (notion d'IRL).
- Selon la réglementation qui sera mise en place, l'impact de ce déploiement sera vertueux ou non, et doit nécessairement être accompagné du déploiement de mobilités plus propres et plus partagées.
- Par conséquent, outre leur automatisation, les infrastructures doivent intégrer à la fois les enjeux de la transition numérique, de la transition énergétique et de la transition écologique.

