

5G OPEN ROAD : ÉVALUER LES IMPACTS DES MOBILITÉS CONNECTÉES ET AUTOMATISÉES

Rendez-Vous Mobilités du Cerema

20/06/2024



La 5G pour une mobilité
automatisée et connectée
sur route ouverte

Le projet 5G Open Road



Des zones urbaines et campus connectés en 5G et équipés d'unités en bord de route qui collaborent avec les véhicules



Le projet 5G Open Road



Des zones urbaines et campus connectés en 5G et équipés d'unités en bord de route qui collaborent avec les véhicules

90 M € de budget

35 M € d'aides publiques



bpi**france**

Région **île de France**

Le projet 5G Open Road

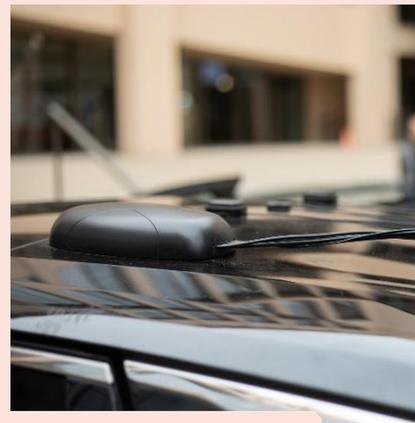
Intersections intelligentes & recherche de stationnement collaborative



Logistique autonome



TAD via navette autonome & corridor de données



Geofencing dynamique

90 M € de budget

35 M € d'aides publiques

3 ans de R&I

4 Familles de services



OPEN ROAD

Le projet 5G Open Road

AUTO

DÉPLOIEMENT DE SERVICES

TÉLÉCOM & NUMÉRIQUE

Une filière entière réunie

les « clients »

90 M € de budget

35 M € d'aides publiques

3 ans de R&I

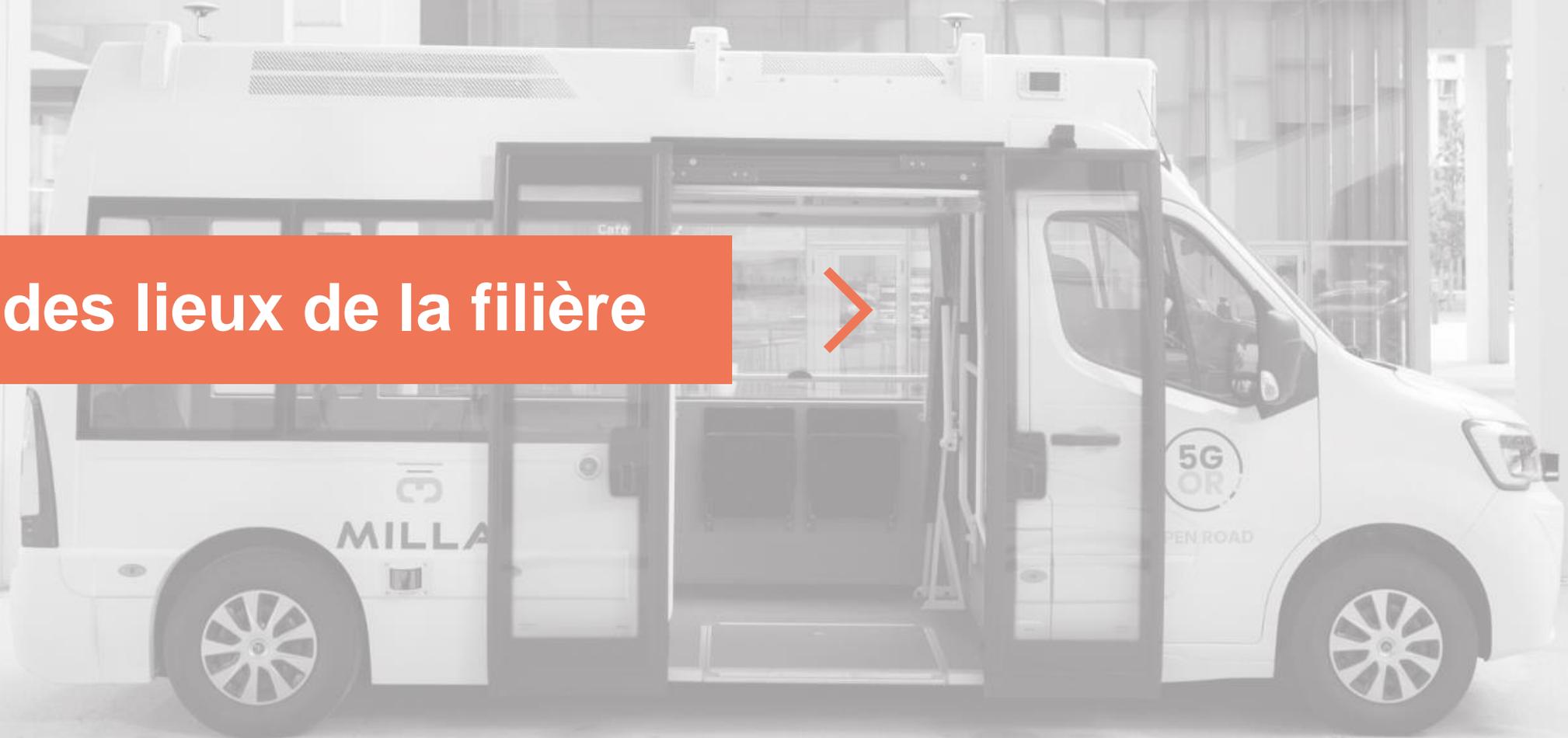
4 Familles de services

16 membres du consortium

X partenaires extérieurs

5G Open Road : évaluer les impacts des mobilités connectées et automatisées

Etat des lieux de la filière



Introduction au sujet de la mobilité automatisée

la mobilité automatisée à travers le monde : licorne ou réalité

Des attentes et espoirs importants 2006-2018:

- Même constat à travers le monde, aux USA, en Asie **Emballement sur le sujet dès 2006** (Challenge Darpa, ...) et première démonstrations en **2015 /2016** (Waymo, Easymile & Navya) : **pic de Hype**
- **Lancement de services tests** aux USA (Uber, ...) et au Japon
- Le véhicule « autonome » en 2018 : première stratégie nationale → « Des VA Niveaux 5 en 2022 »
A permis le **lancement d'expérimentation en France** – AAP EVRA

Le constat de la dure réalité 2018-2023:

- Dans le monde, quelques **accidents dès 2018** (Crash de Uber) accentue la **désillusion** amorcée qui tombe dans le **gouffre en 2023** (Crash de Cruise).
- Les premiers retex arrivent :
 - Besoin de gérer la sécurité, la sureté et la diffusion d'information
 - Contrainte d'exploitation à intégrer
 - Besoin d'homologuer, d'avoir un cadre réglementaire et normatif
 - **Automatisée Niveau 4 mais pas autonome**



la mobilité automatisée à travers le monde : licorne ou réalité

Le temps de l'illumination 2023→2030? :

- Tout se met en place pour **lever les freins** !
- Le **cadre normatif** est en cours de rédaction (ISO TC22 / ISO TC204 / CEN TC226) et intègre les **interactions** entre les **infrastructures** et les **mobilités automatisées**
- Travail à l'intersection de la coopération, collaboration et coordination des filières
- Rôle important de la **supervision** et de **'Hypervision** pour passer le cap du L4
- Sinon limite technologique au L3
- En France : Mise à jour de la **SNMRAC** en **2022** (publiée en février 2023) :
 - *2022 – 2025 vers l'industrialisation et le développement commercial*
 - **Co-construit** par les acteurs des filières **sur la base des Retex (SAM & ENA)**
 - **Un cadre réglementaire complet** pour avancer ensemble avec un consensus
- Les courbes diffèrent en fonction du VA, STPA, TFLA

2030 et après, la productivité:

- **Acculturation** des mobilités automatisées dans l'exploitation quotidienne des AOM
- **Acceptabilité** et **éducation** des usagers en interactions
- **Partage** des réseaux
- **Résilience** des transports



la mobilité automatisée à travers le monde : licorne ou réalité → L'aventure mondiale continue

Aux USA

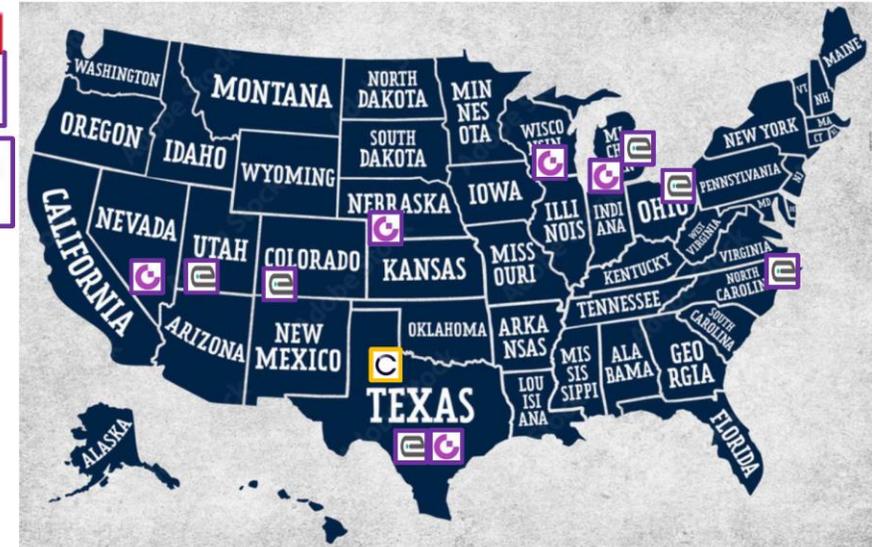
- De plus en plus **d'acteurs** et de **déploiements de services** en cours
- Une implication forte dans la **normalisation** pour guider le cadre (ODD, taxonomie, cas d'usages et services, partage d'information et régulation)
- **Règlementation générale** de sécurité des véhicules par la NHTSA
- **Cadre réglementaire** au niveau des Etats : Californie le plus abouti
- **Approche déclarative** par les AOM
- **Mutualisation** des couts, cas d'usages et ODD : Automated Bus Consortium

Carte USA



<https://www.nhtsa.gov/automated-vehicle-test-tracking-tool>

Carte USA : Visiteurs

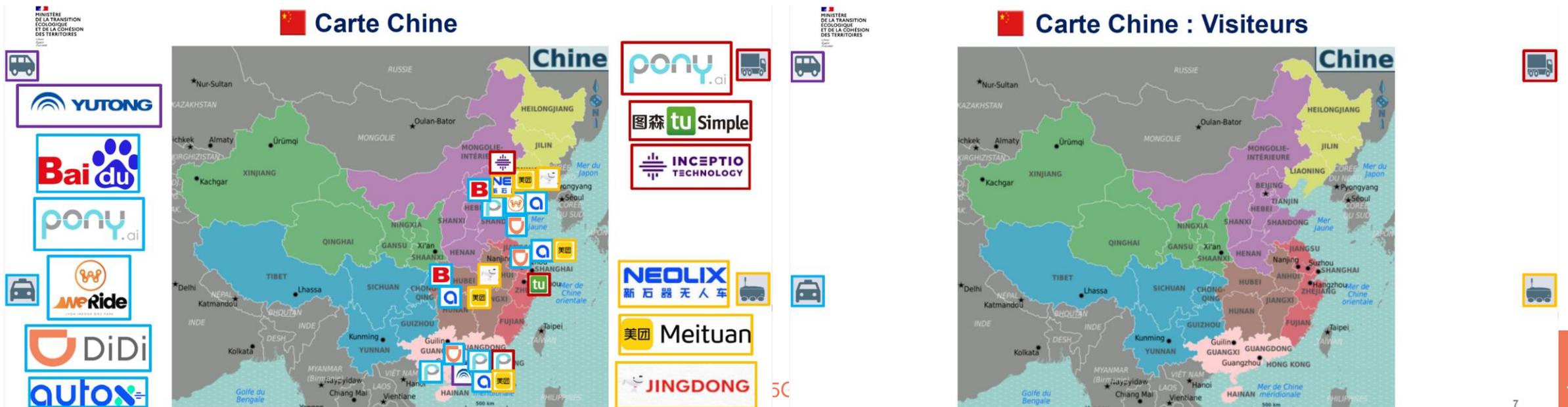


CLEVON

la mobilité automatisée à travers le monde : licorne ou réalité → L'aventure mondiale continue

En Chine

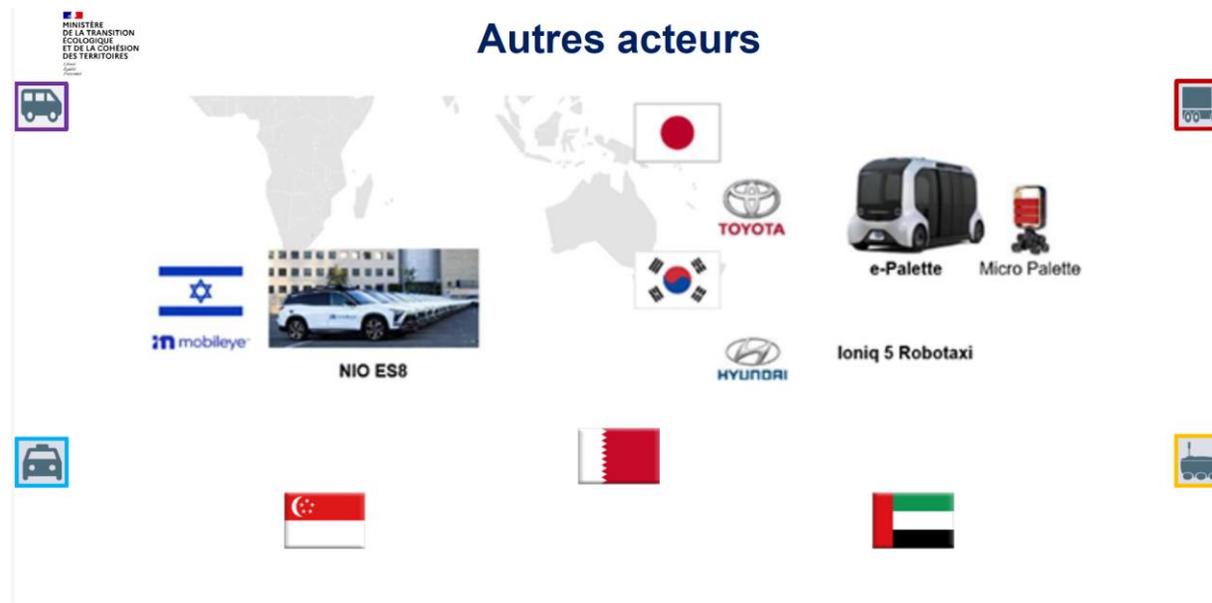
- De plus en plus **d'acteurs** et de **déploiements de services** en cours
- Une implication grandissante dans la **normalisation** pour guider le cadre (ODD, taxonomie, cas d'usages et services, partage d'information et régulation)
- **Règlementation** chinoise et norme du pays
- **Un Cadre récent** (2023) avec des procédures complète pour les autorisations de circuler, mise en conformité avec des **guides prescriptifs** (expérimentations et sécurité)



la mobilité automatisée à travers le monde : licorne ou réalité → L'aventure mondiale continue

Au Japon

- Moins d'acteurs mais des **déploiements de services** axés sur les **besoins sociétaux**
- Une implication très fortes dans la **normalisation des ADAS** et du **VA en leader du WG14** pour guider le cadre (ODD, taxonomie, cas d'usages et services, partage d'information et régulation)
- **Coopération** pleine avec **l'infrastructure**



la mobilité automatisée à travers le monde : licorne ou réalité → La situation en Europe

En Europe

- Des **acteurs solides** mais en crainte sur l'avancement des entreprise non-EU
- Une implication assez fortes dans la **normalisation** des ADAS et du VA et sur l'**interopérabilité**
- Focus sur la **sécurité** et la **fiabilité** (parfois ralenti les essais)
- Un **cadre réglementaire** à améliorer en harmonisation (homologation)
- En tête de file des services V2X – C-ITS
- **CCAM** : Connected Cooperative & Automated Mobility –
Collaboration et partenariats R&I avec co-crédation précompétitive



la mobilité automatisée à travers le monde : licorne ou réalité → Focus Français – Cadre réglementaire national

Stratégie nationale pour le déploiement de la mobilité routière automatisée et connectée

Principes

- Sécurité
- Progressivité
- Acceptabilité



- Première stratégie 2018-2020, mise à jour en 2020
- 10 février 2023 : publication de la stratégie 2022-2025

vers l'industrialisation et le développement commercial

1 Une cible

- 100 à 500 services de transports de voyageurs automatisés, sans opérateur à bord, en 2030



4 Quatre actions prioritaires

- Accompagner les collectivités locales
- Financer le développement de l'offre de véhicules et systèmes
- Orienter le déploiement de la connectivité par les parties prenantes
- Compléter le cadre réglementaire sur le fret et à la logistique automatisés



1 Action support

- Documenter la démonstration de sécurité (scenarios, simulations, tests)



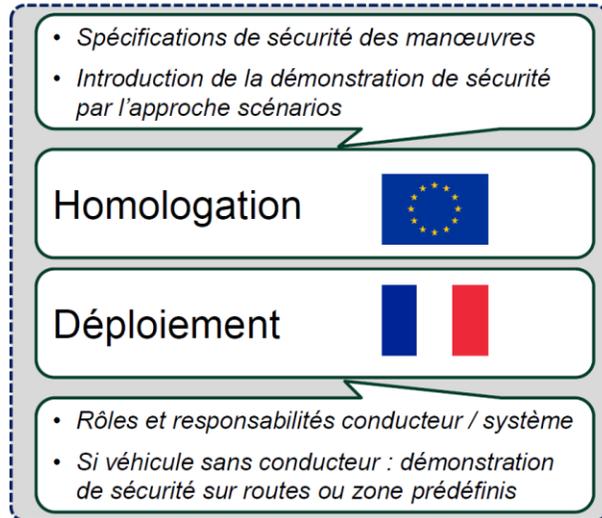
la mobilité automatisée à travers le monde : licorne ou réalité → Focus Français – Cadre réglementaire national

Réglementation



Réglementation et décision nationale
Initiative et demande locale

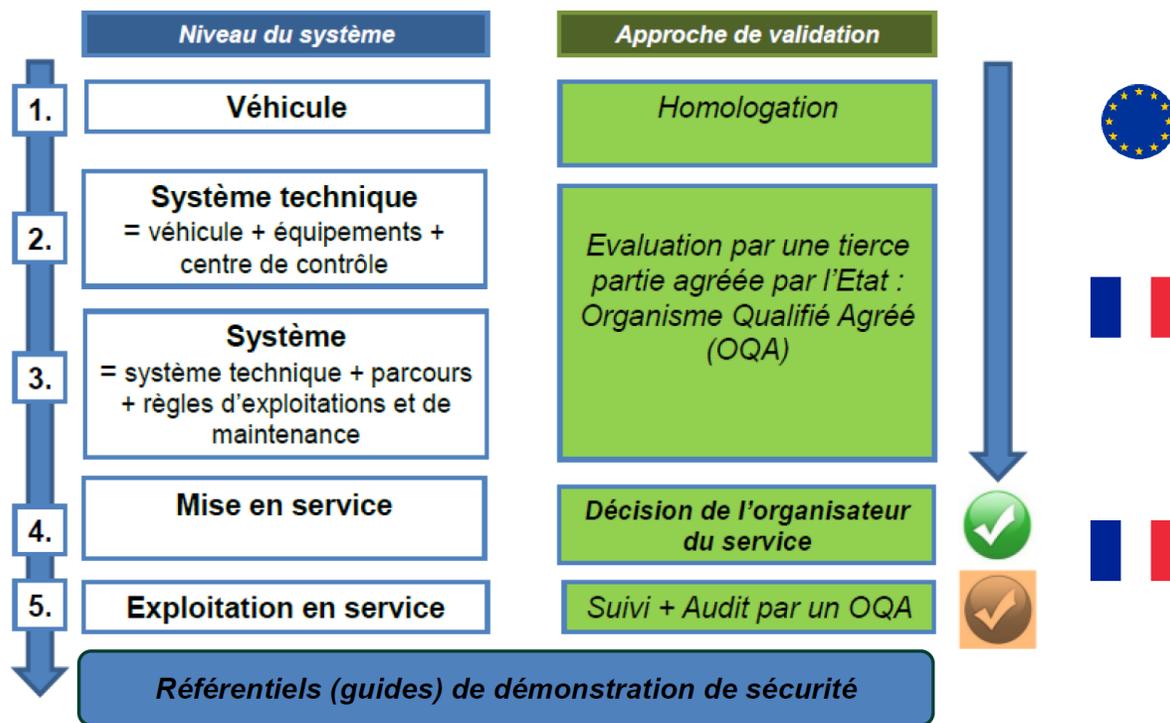
Loi 2019-486 « PACTE »
Ordonnance 2016-1057 consolidée
Décret 2018-211 consolidée
Arrêté 17 avril 2018 consolidée



Homologation : Réglementation UE | Décision FR
Service : Réglementation FR | Décision locale

Loi 2019-1428 « LOM »
Ordonnance 2021-443
Décret 2021-873 + Plusieurs arrêtés 2022
+ Règlement UE ADS 2022/1426

Démonstration de sécurité

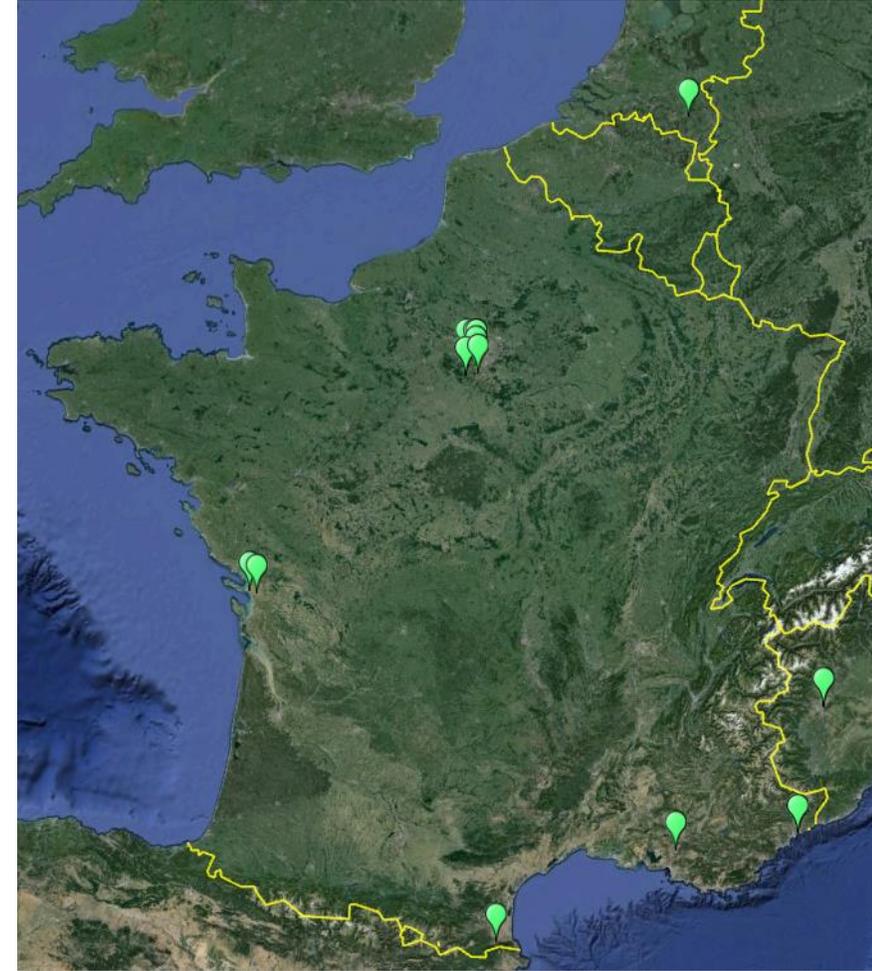


MILLA – Constructeur de mobilité autonome



MILLA – Constructeur de mobilité autonome

- Une dizaine d'expérimentations de navettes autonomes sur route ouverte
- ~ 20 navettes autonomes MILLA
- Une gamme de navettes basées sur une même plateforme



Déploiement de navettes autonomes

Les navettes autonomes MILLA savent gérer une grande majorité des scénarios rencontrés dans les contextes urbains et extra-urbains pour assurer un service de mobilité.

- Roulages en mode autonome à 50km/h en zone urbaine et jusqu'à 80km/h en Q3-2024
- Gestion de nombreux cas d'usages : rond-point, priorité à droite, insertions sur voie, changement de voie, feux tricolores, etc..
- Gestion des vulnérables aux abords de la voie, prédiction des traversées de piétons sur passage piéton et en dehors.

Les principaux axes en cours d'amélioration pour permettre un déploiement à l'échelle

Opération des navettes à distance

- Opérateur de sécurité à distance
- Supervision 5G et prise de décision à distance
- Monitoring intérieur et de l'environnement extérieur

→ Assurer la sécurité à distance

Amélioration des process de déploiement

- Automatisation des process de cartographie terrain HD
- Augmentation des validations sur simulateur en amont du déploiement sur site

→ Accélérer le déploiement

Industrialisation de la production

- Mise en place d'un site de production supplémentaire en France
- Améliorer la capacité à répondre aux sollicitations des territoires

→ Réduire les coûts

Homologation

- Homologation du système de conduite autonome MILLA
- Homologation de la plateforme

→ Réduire les délais administratifs

Focus sur la Supervision 5G

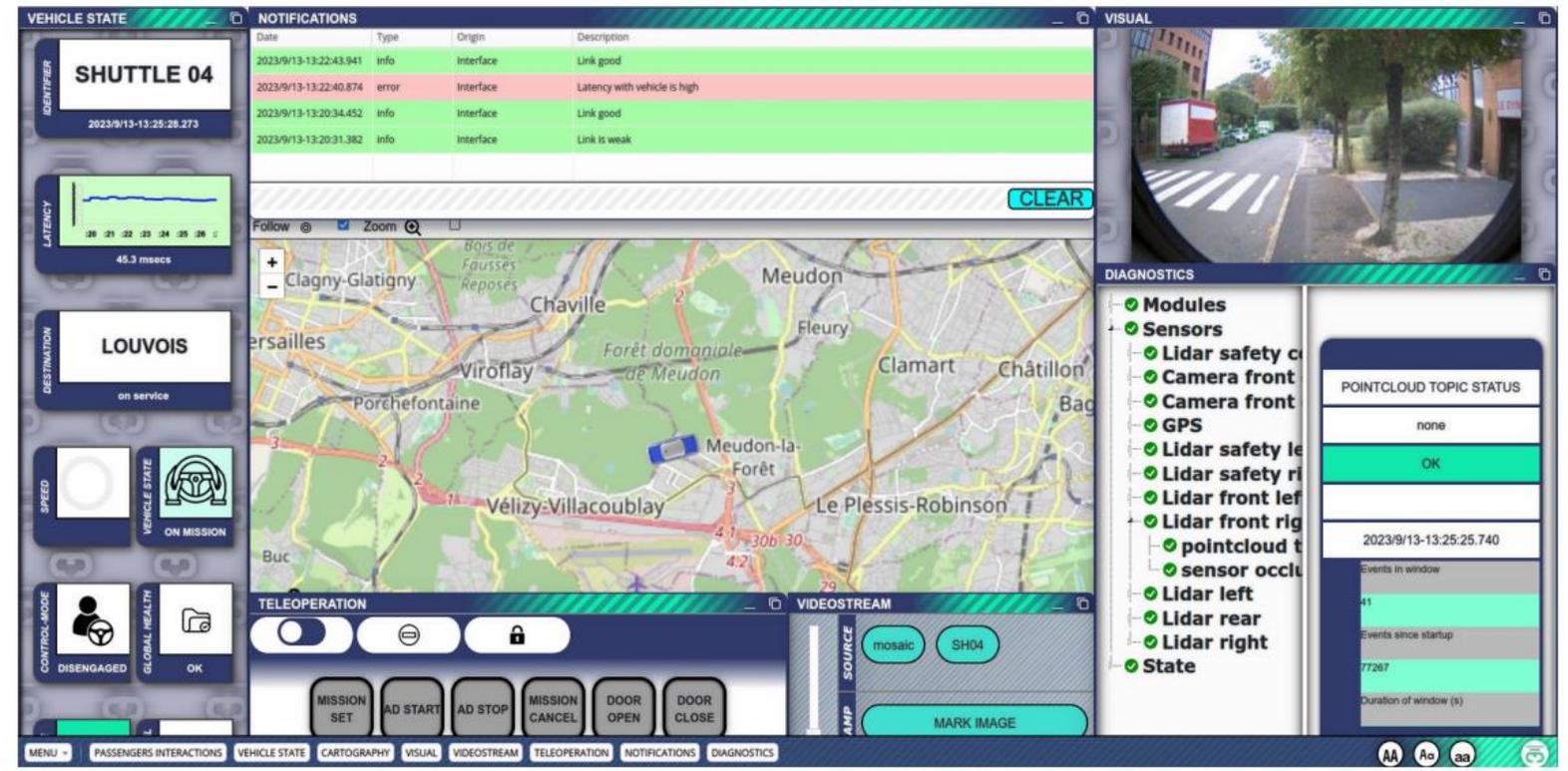
Supervision des navettes à distance lors des roulages sans opérateur à bord.

La Supervision à distance permet de :

- Superviser la navette autonome (monitoring et envoi de consignes)
- Assurer la régulation du service (nb de navettes, retards, optimisation temps réel, etc..)
- Communiquer avec les passagers (audio et vidéo)

Les points critiques :

- Débit montant
- Latence
- Disponibilité du réseau



→ Nécessite un flux stable avec un débit montant important



LA 5G POUR UNE MOBILITÉ
AUTOMATISÉE ET CONNECTÉE
SUR ROUTE OUVERTE

Laurent Roulet

Département Infrastructure & Plateforme d'Entreprise

NOKIA BELLS-LABS

« *État des
Telco/réseaux 5G et
intérêts pour la filière* »



FILIÈRE
AUTOMOBILE
& MOBILITÉS

Chef de file projet CORAM –
cas d'usage



Chef de file projet RESILIENCE-
Plateforme



Chef de file projet Territoire
Palaiseau

5G Automotive Association (5GAA – www.5gaa.org)

5GAA: a global cross-industry association



11 of the top 15 OEMs | 8 of the top 10 MNOs | 2 top smartphone vendors

BOARD



CHAIRMAN
Christoph Voigt



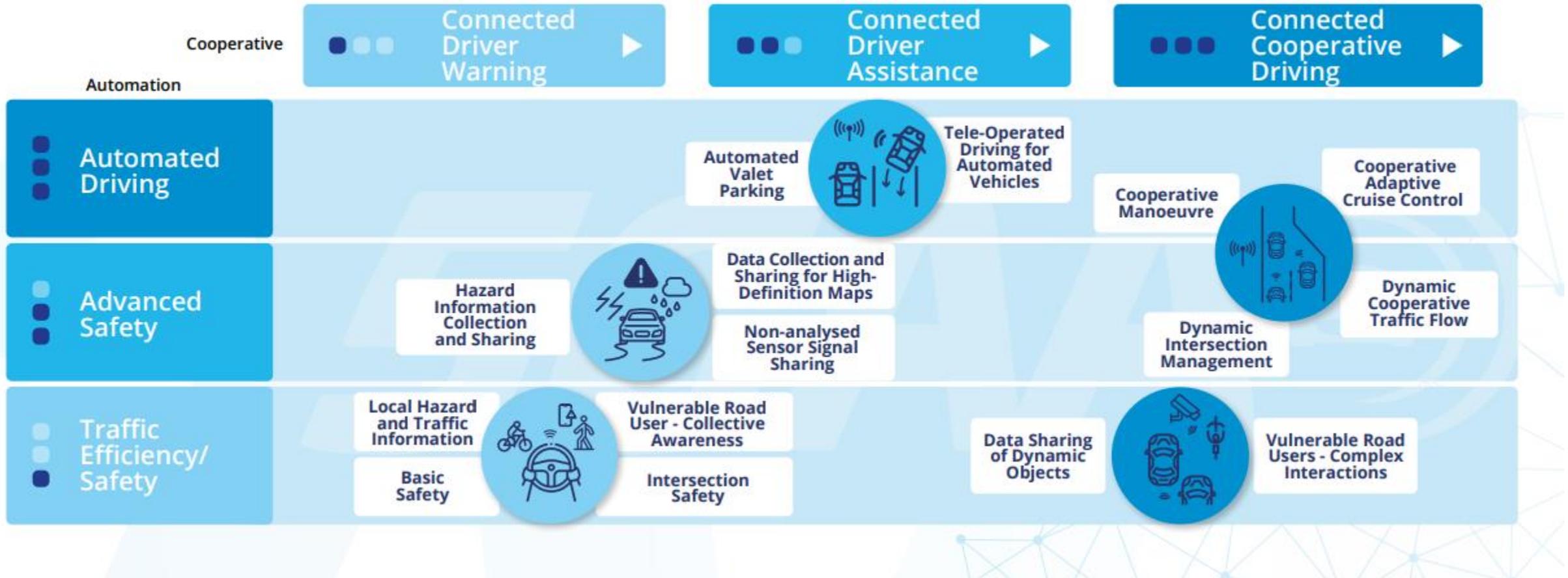
VICE CHAIR
Uwe Pützschler

- ▶ 5GAA Board supervises and advises the Executive Committee in all material respects, in particular regarding strategy.
- ▶ The Board is composed of 17 members, elected by the General Assembly every year (11 Platinum and 6 Gold Members). ★

Christoph Voigt Jörg Plechinger	Joachim Göthel Georg Schmitt	Andreas Schaller Kurt Eckert	Wei Chen Yinxiang Zheng	Tim Leinmüller Lutz-Peter Breyer	Friedhelm Ramme Thomas Nylander	Ivan Vukovic TBC	Yingpei Lin Chan Zhou	Markus Muesk Jonathan Wood
Collin Lee Clara Gutierrez Echeverria	Rainer Krumrein Osman Aydin	Uwe Pützschler Thierry Klein	Jim Misener Vince Park	Michael Kang Suman A. Sehra	Francesco Lilli El Khamis Kadiri	Thomas J. Fox Jyoti Sharma	Luke Ibbetson Tony Sammut	

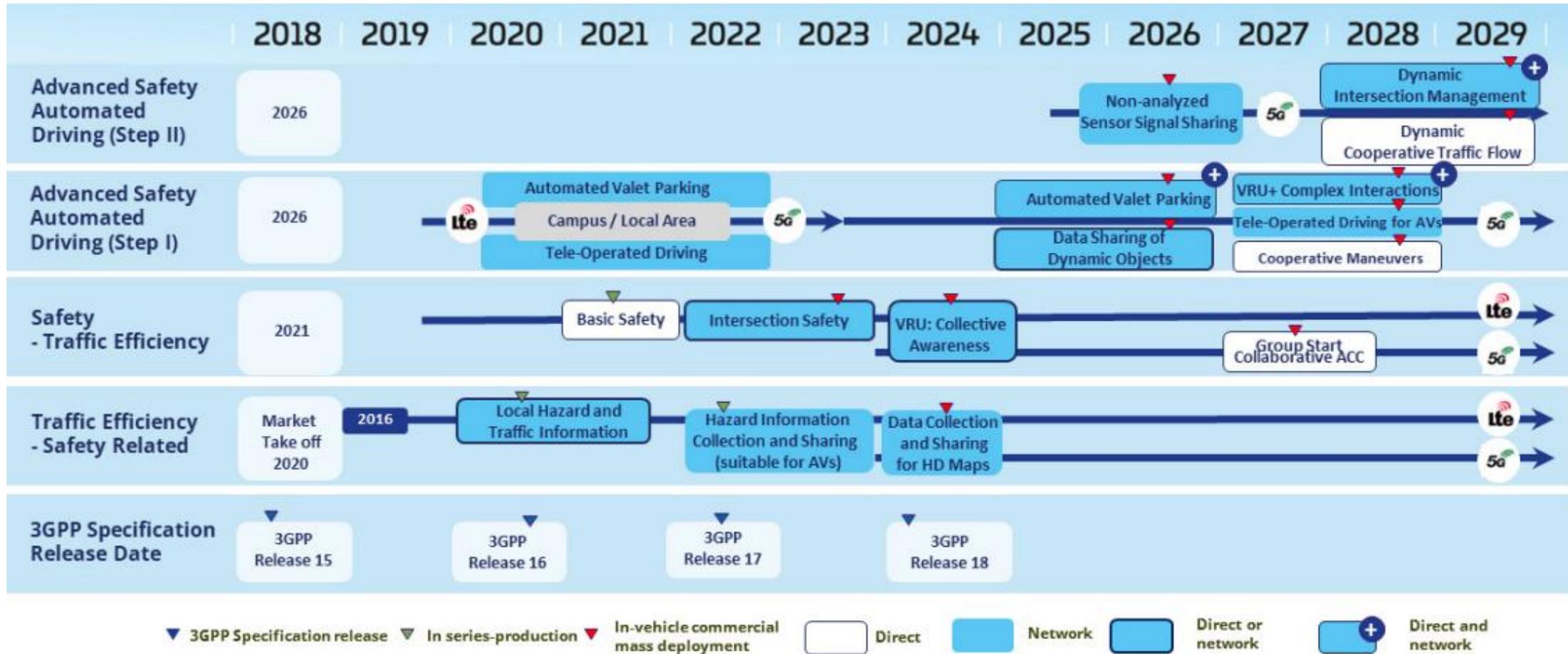
<p>Americas</p> <p>25% 31 Companies</p> <p>REPUBLICQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité</p>	<p>Europe and Middle East</p> <p>45% 56 Companies</p> <p>Cerema CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN</p>	<p>Asia-Pacific</p> <p>30% 39 Companies</p> <p>NOKIA</p>
---	--	--

Cas d'usages C-V2X - Chronologie - Standardisation



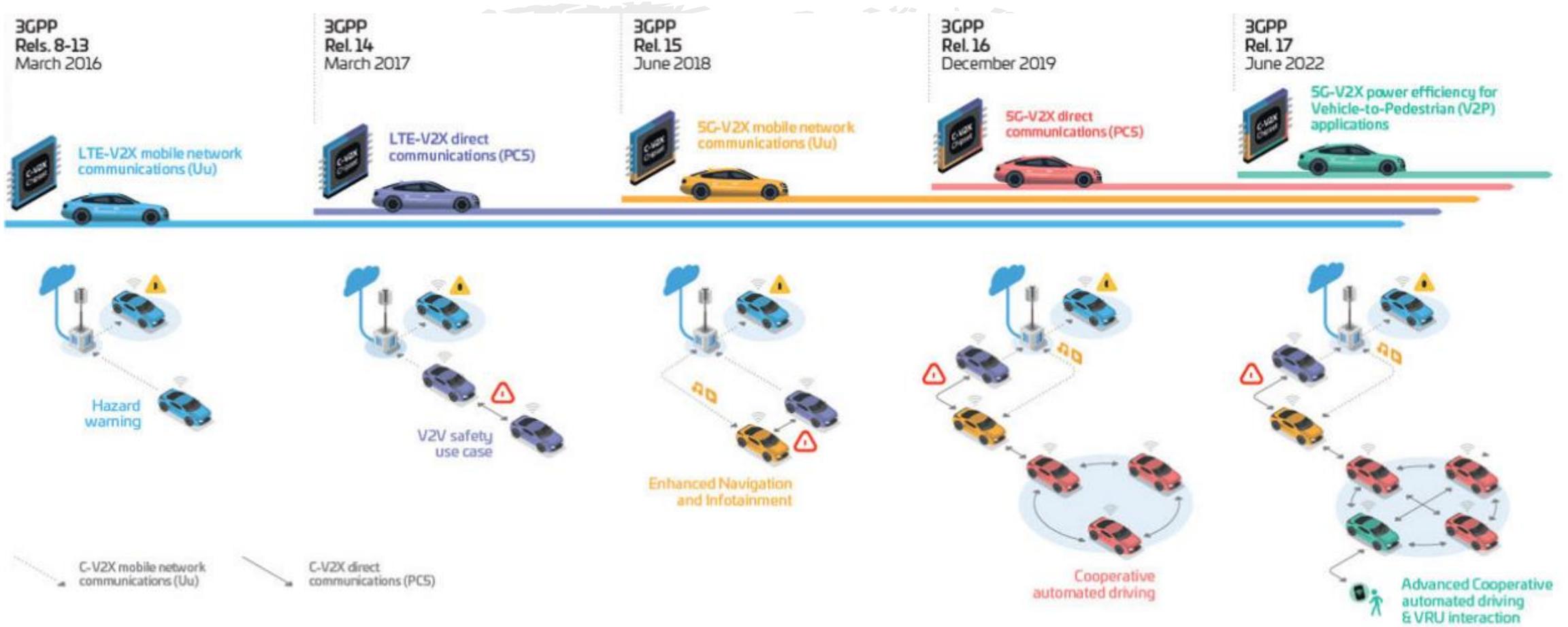
<https://5gaa.org/content/uploads/2024/05/5gaa-annual-report-2023.pdf>

Cas d'usages C-V2X - Chronologie - Standardisation

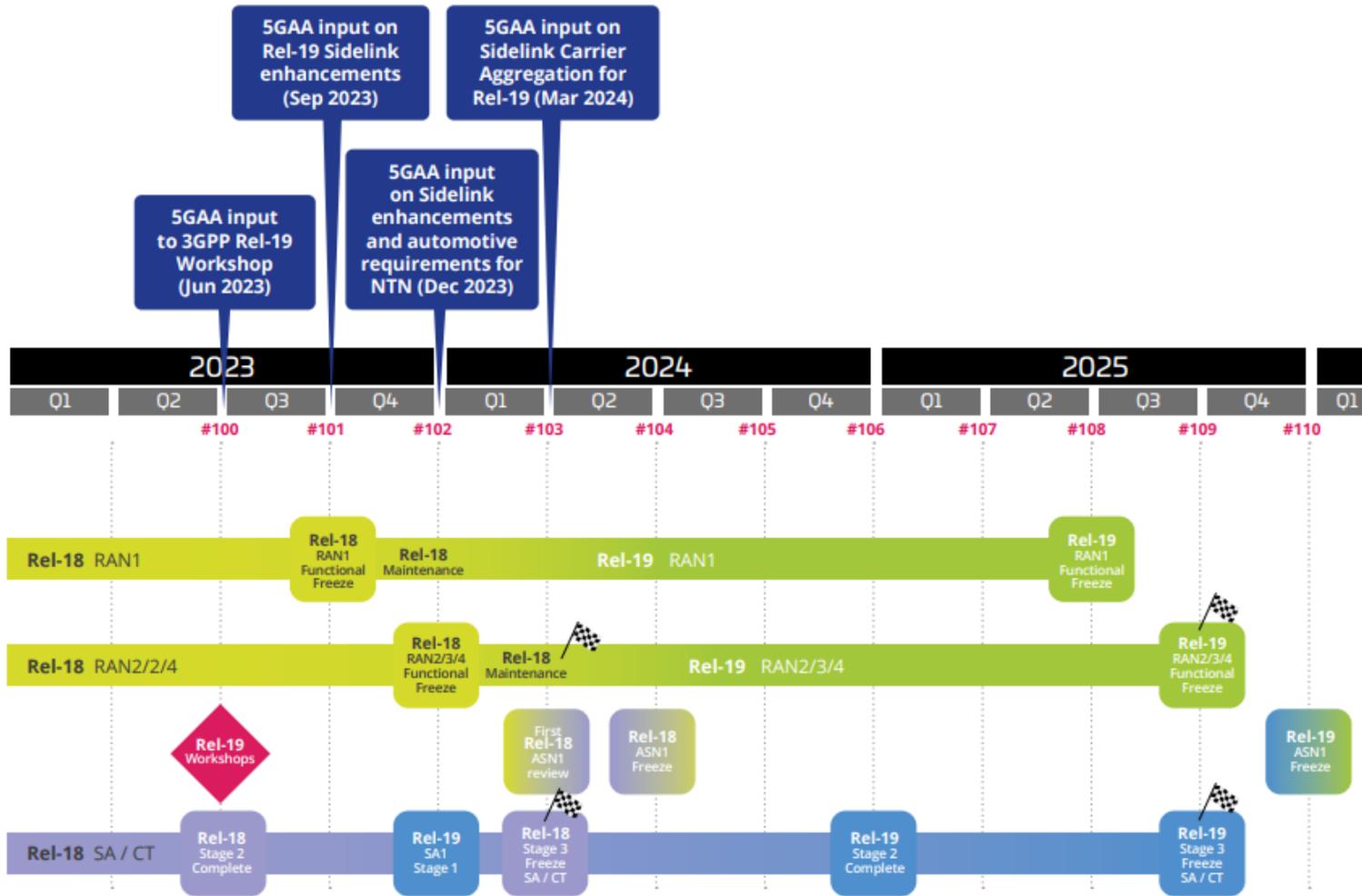


<https://5gaa.org/content/uploads/2023/01/5gaa-white-paper-roadmap.pdf>

Cas d'usages C-V2X - Chronologie - Standardisation



Cas d'usages C-V2X - Chronologie - Standardisation (suite)

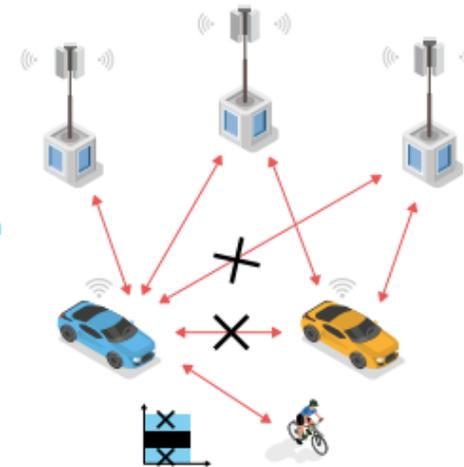


Conclusion

Le standard C-V2X a maintenant une bonne dynamique dans le monde

- U.S. DoD: “Road Safety Call to Action” => C-V2X direct
- EU:
 - 70+% des constructeurs ont adopté le 5G-V2X comme la technologie de connectivité de référence
 - Adoption de la directive ITS révisée stipulant la neutralité technologique
- Corée du sud: C-V2X direct est la technologie de choix

➤ Positioning accuracy depends on available deployment, bandwidth, device capacity.



Les bénéfices se matérialiseront totalement dans la seconde partie de la décennie

- Maturité des réseaux 5G fournissant des services requis tels que slicing, edge, positionnement, synchronisation...
- Euro NCAP

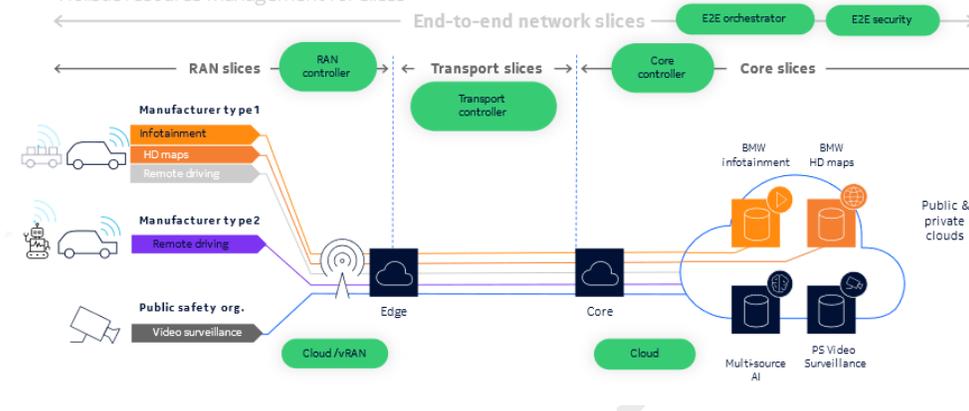
Intérêt de projets tels que 5GOR

- Valider les services de « bout en bout »
- Montrer ce qu'on peut/pourra faire

RAPPEL

Qu'est ce que le slicing ?

Holistic resource management for slices



Evaluations d'impact



Evaluation de l'impact sur la sécurité des déplacements et le trafic

Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



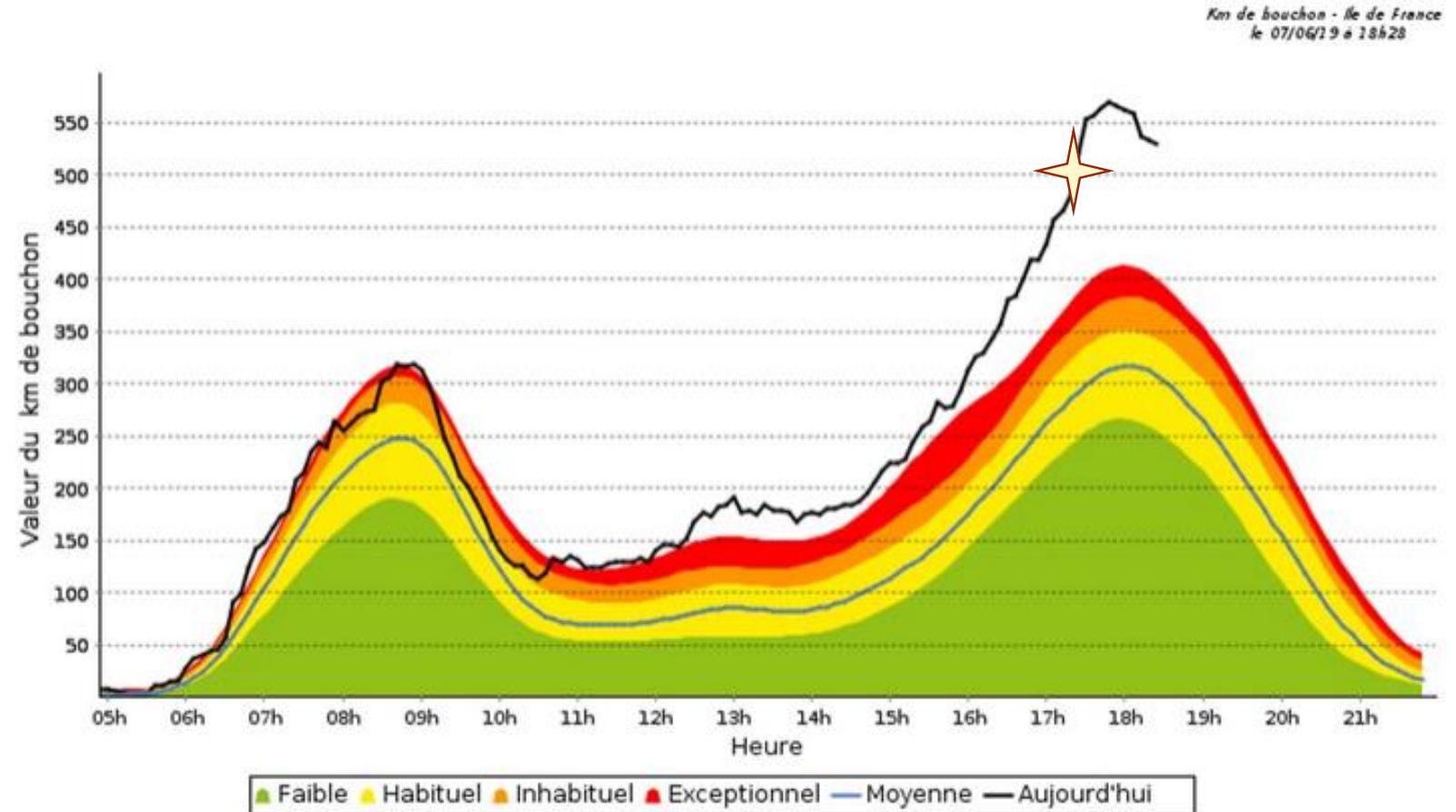
Objectifs de l'évaluation

Évaluer l'impact d'un véhicule autonome, utilisant la 5G, en déplacement sur la voirie publique

Evaluation → par rapport à une **situation de référence** : ici proximité temporelle immédiate du passage du véhicule autonome (présence discrète/ponctuelle du VA)

Impact de la sécurité des déplacements et du trafic

Illustration de la **situation de référence** à proximité temporelle



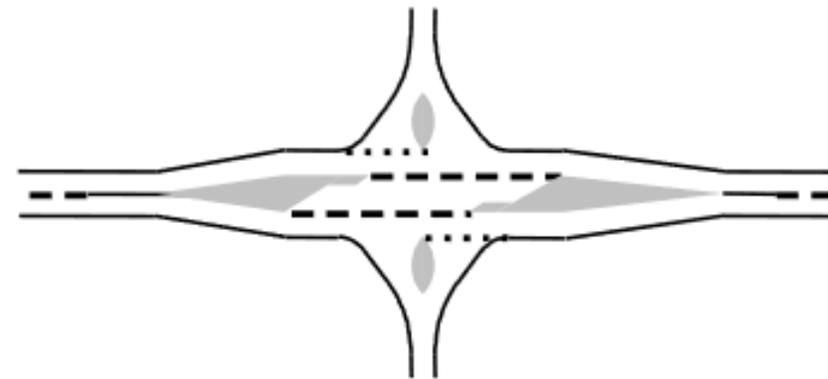
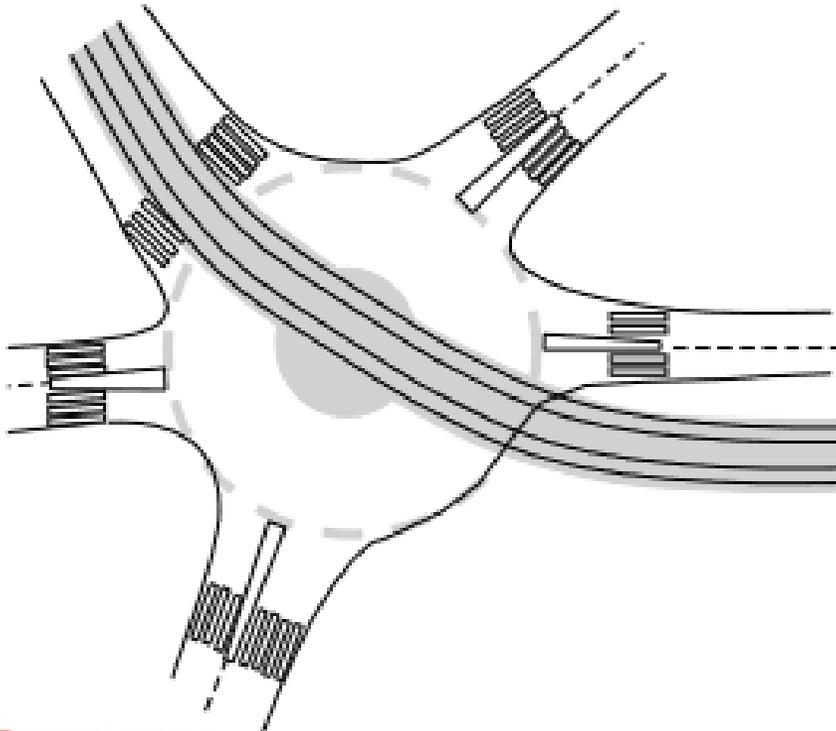
Sytadin © Sytadin

Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



Choix d'un système à évaluer

Option 1 : évaluer le véhicule dans des domaines d'emploi « complexes »

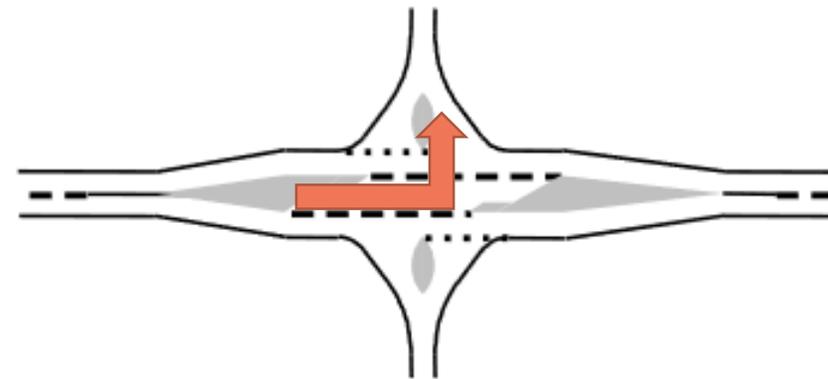
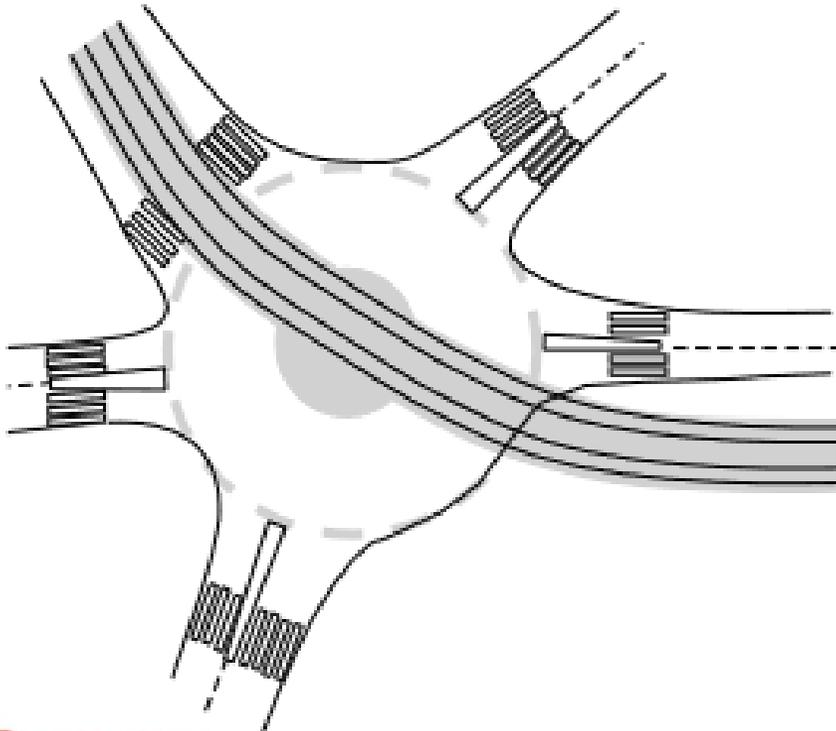


Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



Choix d'un système à évaluer

Option 1 : évaluer le véhicule dans des domaines d'emploi « complexes »

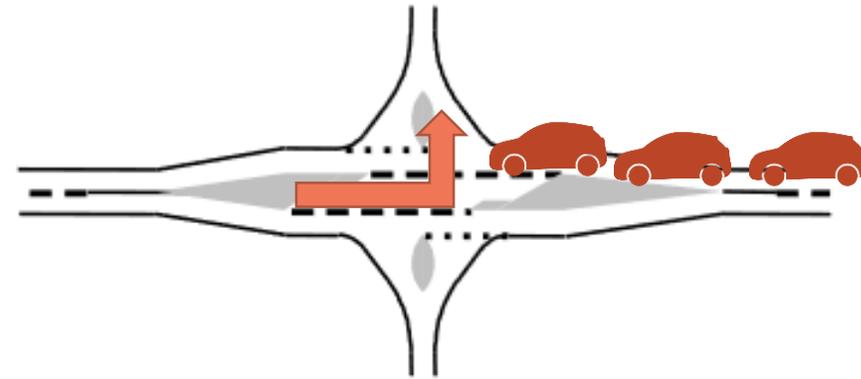
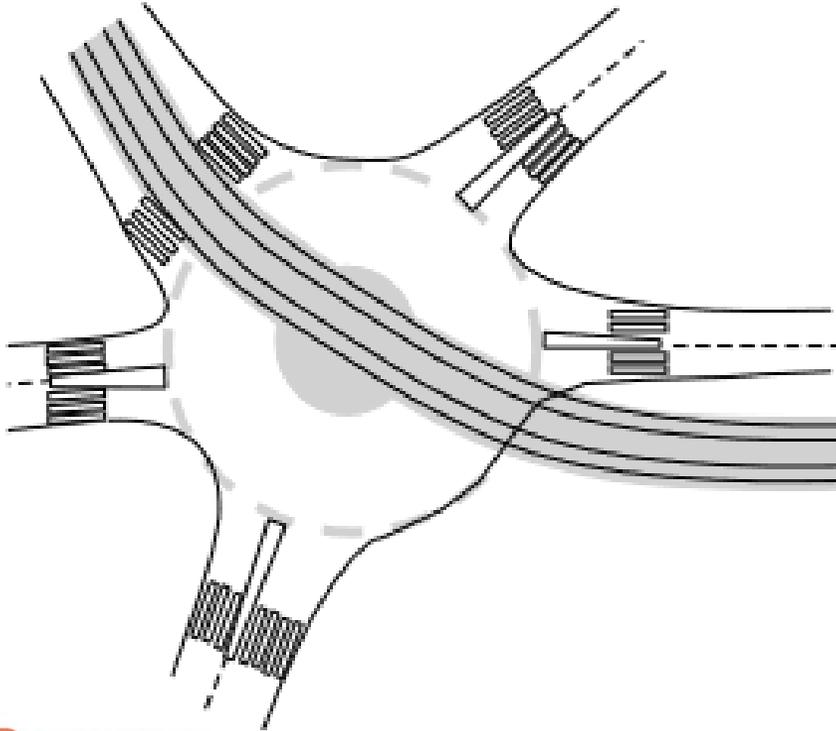


Impact de la sécurité des déplacements et du trafic

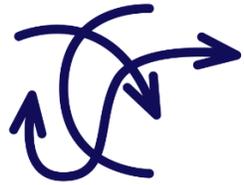


Choix d'un système à évaluer

Option 1 : évaluer le véhicule dans des domaines d'emploi « complexes »

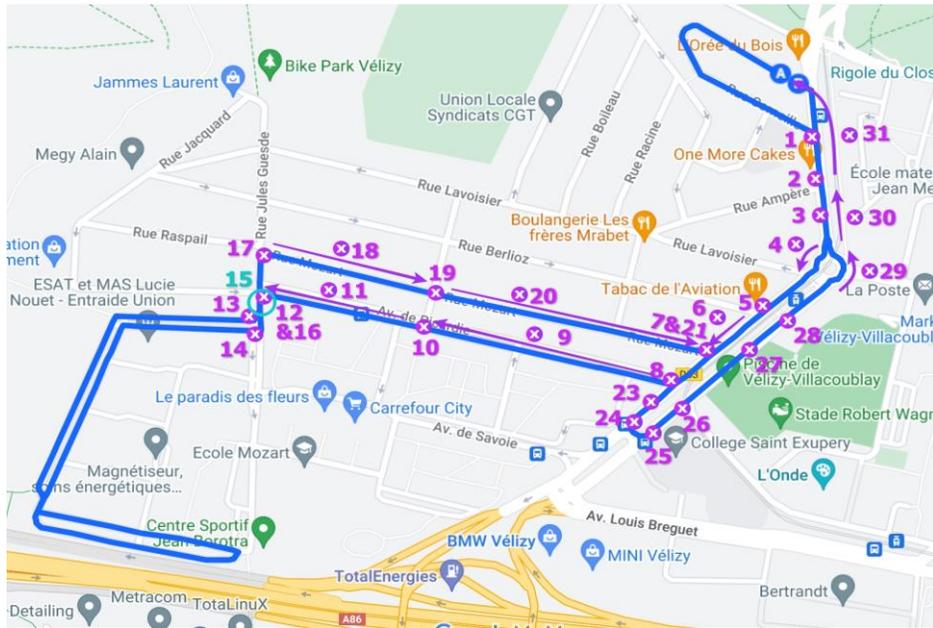


Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



Le véhicule dans des domaines d'emploi « complexes »

Le parcours d'une navette autonome



N° PI	Sens Circulation	Nb Voie	Description PI	Analyse / Observations possibles		Publication		Observations
				Situation Sécurité Routière Attendue	Situation Trafic attendue	Q	OT/Personne	
1	Sens unique puis double sens	1	Feu tricolore Passage piéton Tourne à droite	Comportement vis à vis des piétons	RAS	2	4	
2	Double sens	1 puis 2	Section courante Passage piéton au niveau du feu	Comportement passage double voie				
3	Double sens	2	Section courante Passage piéton	Comportement vis à vis des piétons				
4	Sens Unique	2 puis 1	Insertion sur carrefour giratoire Mouvement sur l'anneau Passage piéton en sortie	Comportement dans l'anneau Comportement vis à vis des piétons				
5	Sens Unique	1	Stop sur route les voies de circulation	Comportement vis à vis des piétons				
6	Sens Unique	1	Section courante	Comportement vis à vis des piétons				
7	Sens Unique	1	Section courante	Comportement vis à vis des piétons				
8	Sens Unique	1	Section courante	Comportement vis à vis des piétons				
9	Sens Unique	1	Section courante	Comportement vis à vis des piétons				
10	Sens Unique	1	Section courante	Comportement vis à vis des piétons				
11	Sens Unique	1	Section courante	Comportement vis à vis des piétons				
12	Sens unique puis double sens	1	Section courante Tourne à gauche Stop avant ronds-points	Comportement vis à vis des piétons				
13	Double sens	1	Section courante	Comportement vis à vis des piétons				

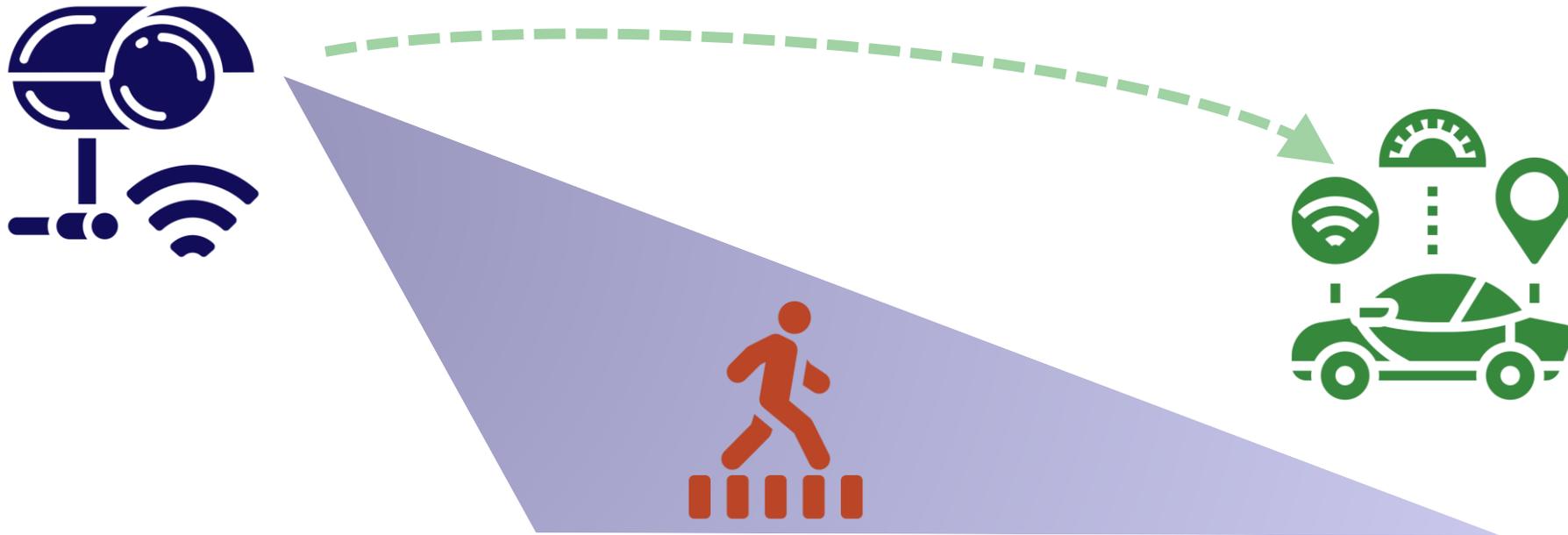
N° PI	Sens Circulation	Nb Voie	Nb voie sens inverse	Points d'intérêts		
				Description PI	Impact sur trafic dans le giratoire	
1	Sens unique puis double sens	1	2	Feu tricolore Passage piéton Tourne à droite Sur passage piéton		2
2	Double sens	1 puis 2	2 puis 1	Feu tricolore Passage piéton au niveau du feu		4
3	Double sens	2	1	Section courante Passage piéton		
4	Sens Unique	2 puis 1	0	Insertion sur carrefour giratoire Mouvement sur l'anneau Passage piéton en sortie		8

Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



Choix d'un système à évaluer

Option 2 : évaluer le véhicule lors de la mise en œuvre de cas d'usages spécifiques développés par les expérimentateurs pour répondre à des situations complexes (systèmes avec des perceptions déportées)



Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



Le véhicule lors de la mise en œuvres de cas d'usages spécifiques

La navette autonome :



Usages :

- ▶ Détection de piétons et cyclistes ;
- ▶ Détection bus croisement ;
- ▶ Détection arrivée véhicule autonome ;
- ▶ Pilotage éclairage public.

Équipements :

- ▶ Caméra smart perception
- ▶ Communication V2X
- ▶ UBR
- ▶ Pilotage éclairage public ([SensyCity](#) ou [Tegis](#))



Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



Le véhicule lors de la mise en œuvres de cas d'usages spécifiques

La navette autonome :



Usages :

- ▶ Boost de l'éclairage en cas de piétons ou de cyclistes à proximité.
- ▶ Allumage de panneaux d'alerte en cas de présence de piétons / cyclistes aux abords
- ▶ Détection de présence piéton aux abords du passage
- ▶ Notification présence piéton (DENM)

Équipements :

- ▶ Panneaux Lx3 Link traversée piéton
- ▶ Caméra smart perception
- ▶ Communication V2X
- ▶ UBR
- ▶ Pilotage éclairage public (SensyCity ou Legis)

Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



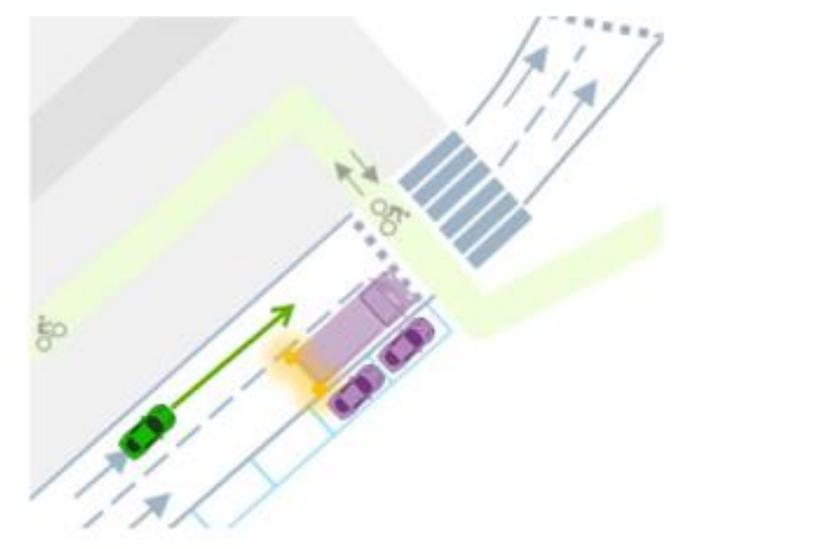
Le véhicule lors de la mise en œuvres de cas d'usages spécifiques

L'intersection intelligente :

UC1 : Usager vulnérable occulté traversant le passage piéton



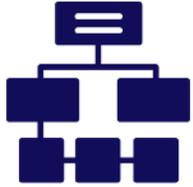
UC1bis : Passage piéton occulté sans usager vulnérable traversant



UC3 : Usager vulnérable (non occulté) traversant le passage piéton

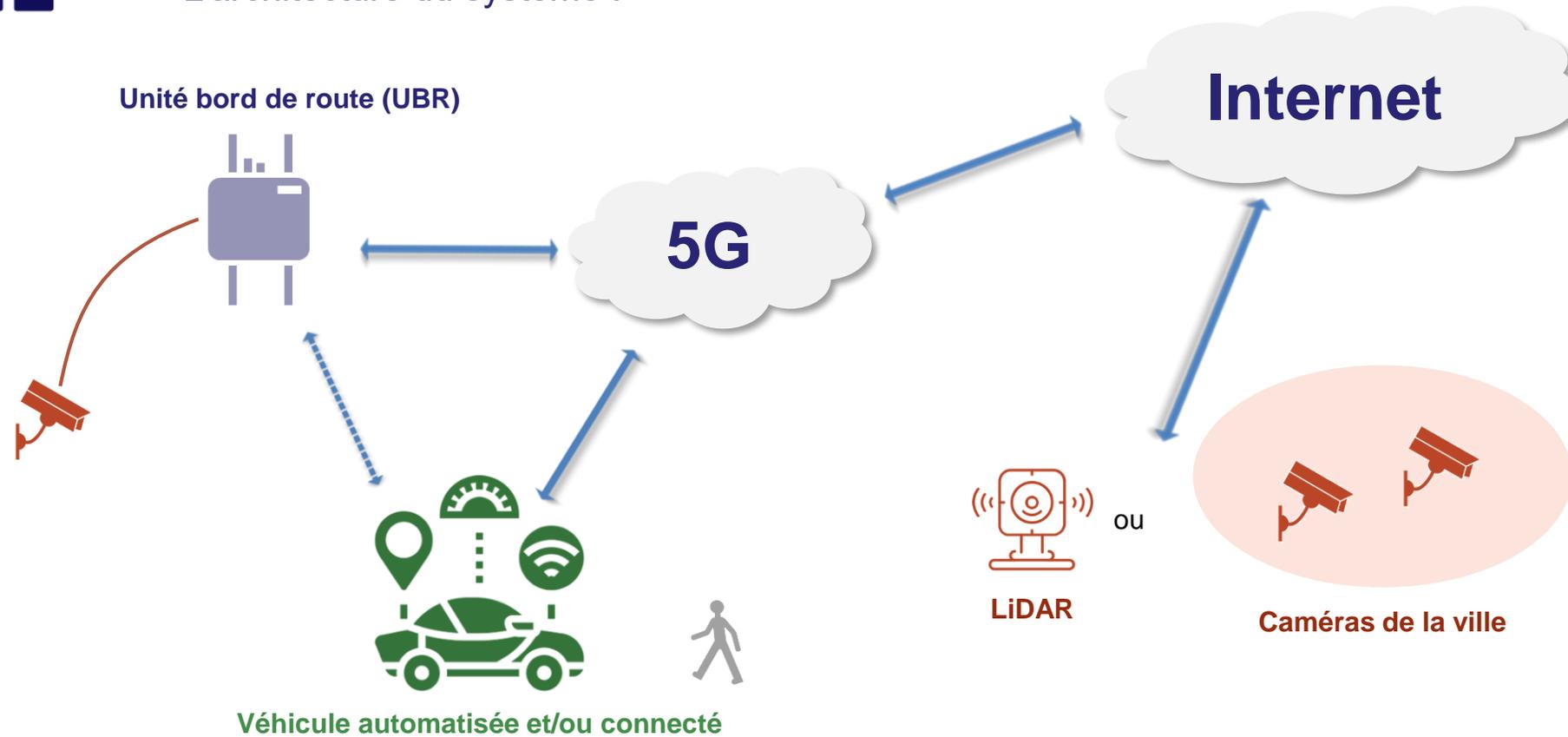


Impact de la sécurité des déplacements et du trafic

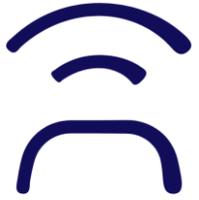


Le véhicule lors de la mise en œuvre de cas d'usages spécifiques

L'architecture du système :



Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



Le véhicule lors de la mise en œuvres de cas d'usages spécifiques

Instrumentation du Cerema :

Radars



Caméras



Mesures, observations :

1. Conditions de circulation :
 - Vitesse, débit
 - Saturation du trafic, file
2. Comportement du véhicule :
 - Reprises en main
 - Vitesse de déplacement
3. Impacts du véhicule sur les autres usagers :
 - Respect des règles de circulation
 - Effets de surprise



Caméra Miovision

Boîtier multi-capteurs

Radar Viking

Impact de la sécurité des déplacements et du trafic



Le véhicule lors de la mise en œuvre de cas d'usages spécifiques

Premiers résultats :

Premiers retours :

- Vérification de la faisabilité du déploiement du VA en cours → tests de connectivité mais pas de VA en service
 - Latences courtes
 - Débits importants, garantis avec une faible perte de messages
- Beaucoup cas d'usage difficiles à tester in vivo (faible occurrence)
- Echanges de messages C-ITS « 5G » en cours d'analyse

Evaluation de l'impact énergétique

Service de livraison autonome – Carrefour Drive Mobile

Carrefour Drive Mobile : créer un point de collecte de courses (« Drive »), dans des zones résidentielles peu desservies par les enseignes alimentaires à l'aide d'une navette de livraison autonome.

3 acteurs complémentaires :

Carrefour 

Gestion des commandes clients et facturation
Préparation des commandes

Goggo
network

Gestion de la logistique mobile et du service
Interaction avec les clients
Récupération des données sur APIs Carrefour et MILLA

 **MILLA**
GROUP

Fournisseur de la navette autonome
Mise à disposition des APIs de suivi temps réel

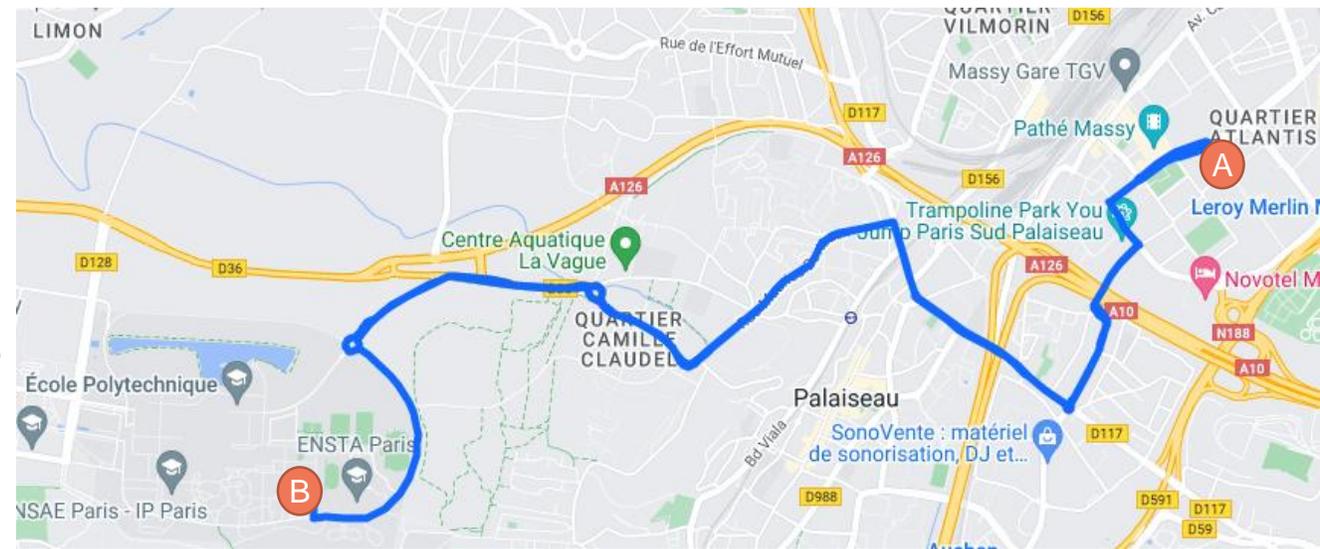
Service de livraison autonome – Parcours client



Service de livraison autonome – Navette et parcours



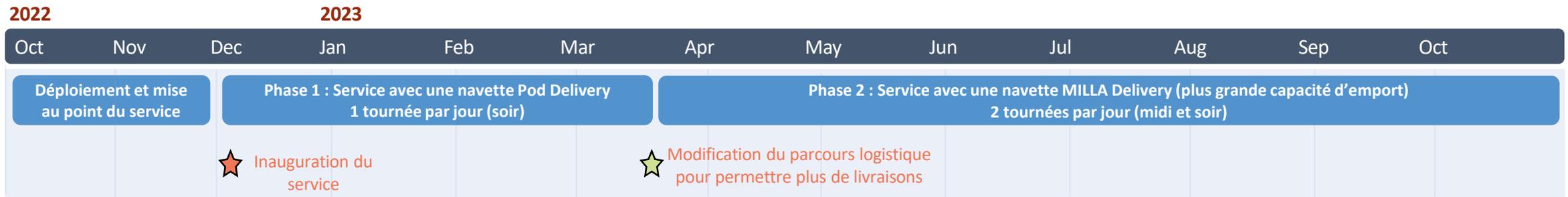
La navette : MILLA Delivery avec 23 casiers connectés en 2 tailles. Équipée de 6 lidars et 4 caméras pour la conduite autonome.



Le parcours : du Siège Carrefour Massy à Polytechnique. Aller-retour de 12km en mode autonome.

Service de livraison autonome

Déroulement du projet



- Plus de 3000 commandes livrées sur 1 an d'expérimentation
- ~ 1500km parcourus en mode autonome

Objectif et service étudié



- L'évaluation vise à **renseigner** objectivement sur **les impacts énergétiques** des systèmes utilisés dans ce projet.
- L'évaluation est réalisée en **collaboration** avec **les partenaires** impliqués dans ce projet.
- Les impacts du service étudié sont comparés avec **un scénario de référence**.

Scénarios référence

- ➔ SR1 : service de **livraison à domicile**
- ➔ SR2 : courses **en magasin**

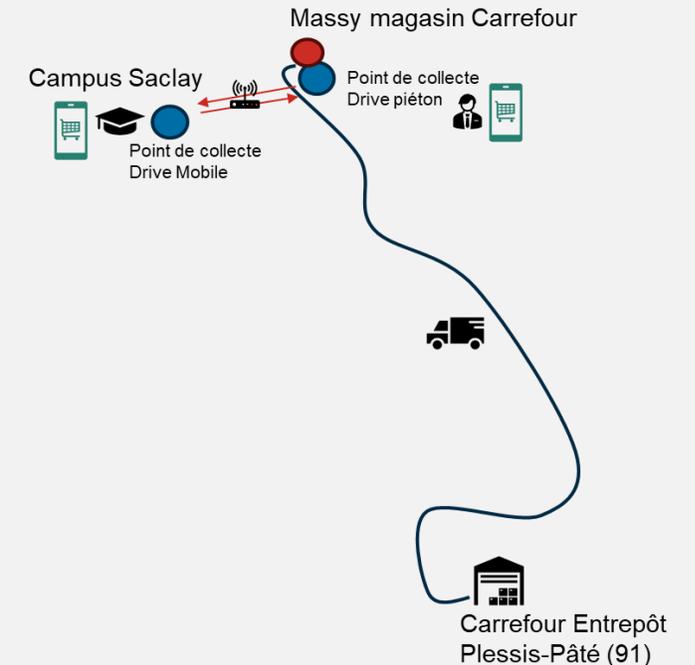
La consommation énergétique de référence correspond à l'énergie utilisée dans le ou les scénarios les plus probables sans la mise en œuvre du projet évalué :

- Calculée en tenant compte des données disponibles
- Issues de notre recherche bibliographique et des recommandations

Scénario expérimental

- ➔ Service de **livraison autonome du dernier kilomètre** :

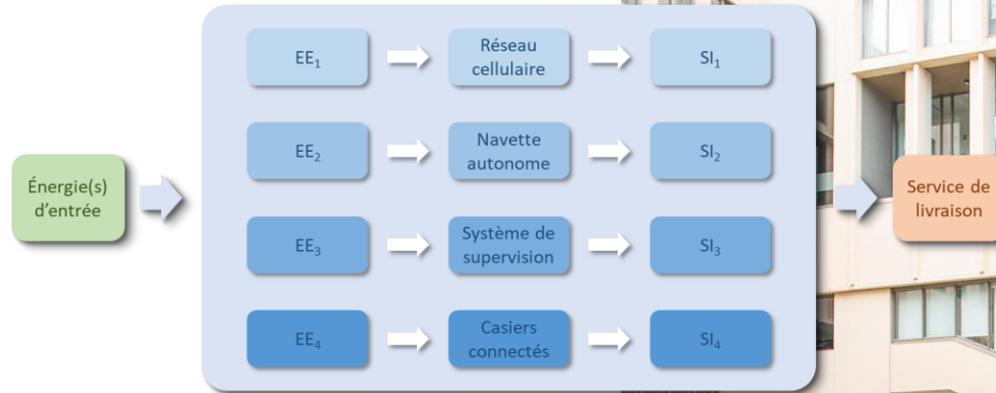
- Service de livraison de courses « *drive mobile* »
- Clients localisés sur le campus de l'Institut Polytechnique de Palaiseau
- Navette autonome du constructeur Milla, équipée de casiers connectés
- Retrait quotidien en point fixe



Méthodologie et sources de données

→ Pour le service étudié

- Identifier les systèmes/sous systèmes
- Calculer/estimer la consommation énergétique



→ Les sources des données

- Partenaires
- Source bibliographique
- Hypothèses

SOUS-SYSTEMES	FONCTION	SOURCE
VUL électrique	Transport entre entrepôt Carrefour et départ navette	Données Carrefour
Chaîne de traction principale	Traction navette Milla	Données Milla
Système Autonomous Driving	Système de délégation de conduite navette Milla	Données Milla
Casiers	Stockage des paniers dans la navette Milla	Données Goggo Network
Baie radio ou small cell	Télécommunication	Données Nokia
Baie CORE/EDGE	Télécommunication	Données Nokia
Plateforme Milla	Supervision Milla	Données Milla
Opérateur à distance	Supervision Milla	Littérature scientifique
Safety driver	Supervision Milla	Littérature scientifique
Plateforme Goggo Network	Supervision Goggo Network	Goggo Network + hypothèses d'études

Exemples de sous-systèmes identifiés



Données utilisées

Scénario référence 1 : livraison à domicile Carrefour pour adresser 5 tonnes de marchandises pour ses clients



Scénario référence 2 : Le consommateur se rend dans l'enseigne pour faire ses courses - 5 tonnes de marchandises



Type de véhicule	Consommation énergétique
VUL Conv B7 2020	environ 90 kWh/100km
VUL BEV + 2020	environ 40 kWh/100km

Consommations énergétiques des VUL retenus pour le scénario référence n°1 [kWh/100km]



Sous-système	Option référence du scénario référence 1
Nombre de clients moyen par tournée	30
Distance moyenne d'une tournée complète de livraison	50 km
Distance Entrepôt Le Plessis Pâté - Point de chargement	20 km
Distance Point de chargement - Point de livraison à Saclay	6,5 km
Durée du trajet Point de chargement - Point de livraison à Saclay pour la navette	0,5 heure
Nombre de navettes	1
Nombre de rotations par jour avec navette autonome	1
Nombre de casiers disponibles/navettes	23
Masse moyenne des casiers remplis	15 kg

Exemples de données d'entrée retenues pour calculs de la consommation énergétique du scénario référence 1 - option référence



Premiers résultats

→ Scénario référence 1 - option référence



Système	Sous-système	Consommation énergétique/sous-système pour réaliser le service (kWh)	consommation énergétique totale pour réaliser le service (kWh)
Véhicule de livraison	VUL électrique	85,9	394,6
Véhicule de livraison	VUL diesel	308,7	
Exploitation	Conducteur	0,0040	

→ Scénario référence 2 - option référence

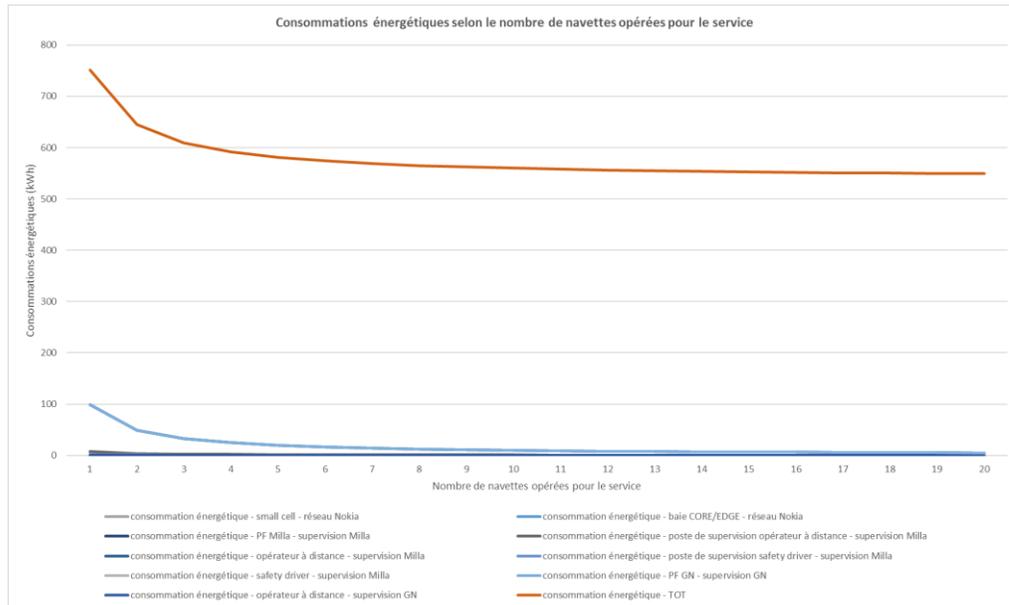


Système	Sous-système	Consommation énergétique/sous-système pour réaliser le service (kWh)	consommation énergétique totale pour réaliser le service (kWh)
Transport pour récupération panier	Voiture consommateur	203,3	413
Transport pour recuperation panier	TC	210	
Exploitation	Conducteur	0,0040	

Premiers résultats

→ Scénario expérimental - option référence

Système	Consommation énergétique totale pour réaliser le service (kWh)
Navette, réseaux et supervision	751,8 (dont <u>403,8 kWh</u> issus du transport VUL jusqu'au départ navette)
Transport pour récupération panier	
Exploitation	



→ Quelques options par scénario :

Scénario	Option à l'étude	Consommation énergétique totale pour réaliser le service (kWh)
Scénario référence 1 	Passage à l'électrique	232
	Allongement des tournées	790
Scénario référence 2 	Déplacements VL majoritaires	586,6
	Allongement des distances	1033,3
Scénario expérimental 	Suppression trajet Entrepôt Le Plessis Pâté - Point de chargement	347,9
	Déploiement 3 navettes + optimisation des PF de supervision	65,2



A noter : Les résultats sont encore en cours d'analyse, d'étude et d'exploitation

Difficultés rencontrées et recommandations

Difficultés



- Recourir à des hypothèses pour combler les lacunes dans les données
- Mesurer avec précisions les valeurs terrain

Recommandations



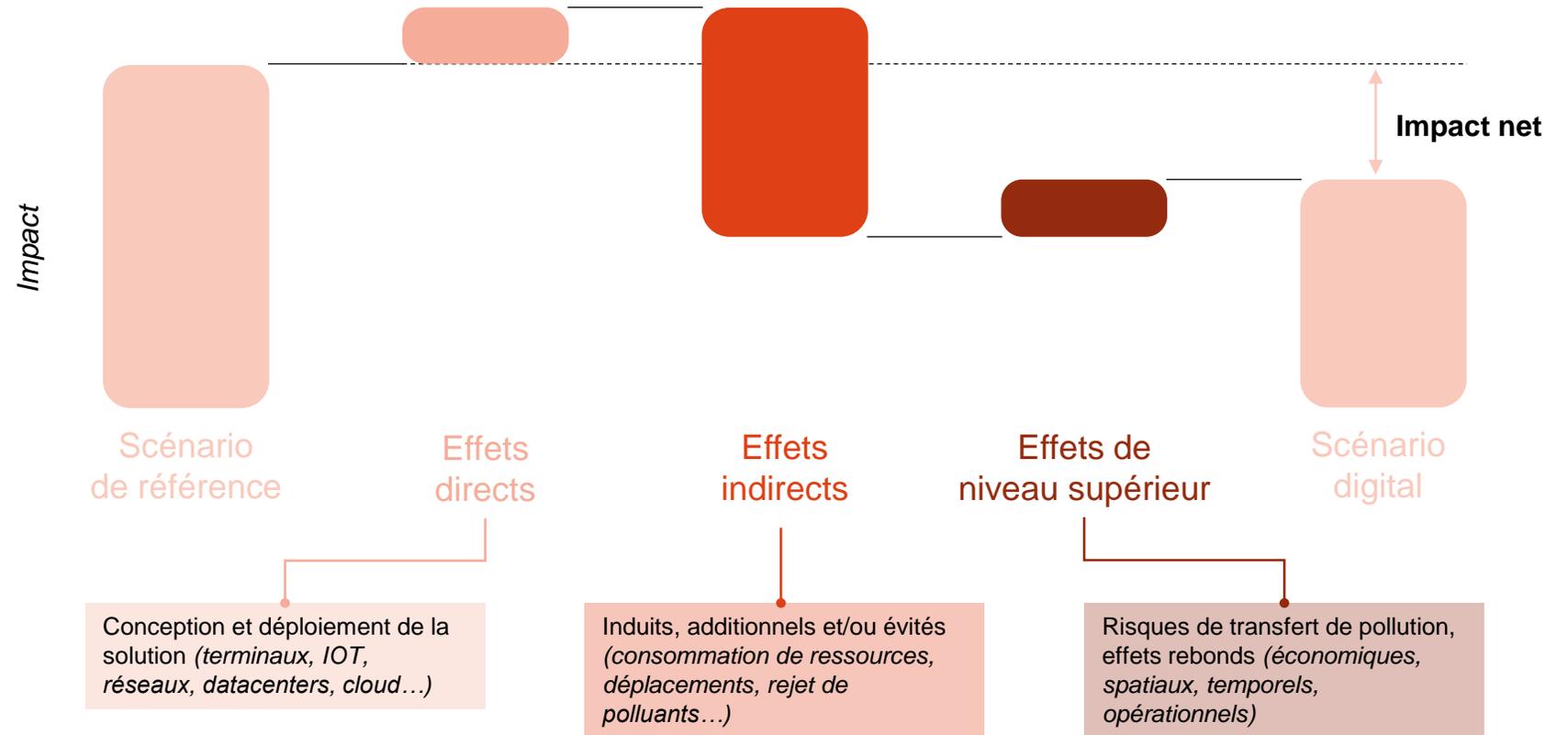
- Adopter des méthodologies de collecte de données rigoureuses
- Investir dans des technologies de mesure
- Coopérer entre tous les partenaires impliqués dans cette tâche

Le bénéfice environnemental de ce cas d'usage doit-être évalué pour assurer sa viabilité dans un contexte de transition écologique

La méthode d'évaluation environnementale *Digital Tech for Green* permet de *quantifier l'impact net d'une solution digitale* :

Cette méthodologie s'appuie sur les *standards d'évaluation du marché*...

...et a été validée par un *centre de recherche académique en transition durable*



Une démarche en 4 étapes pour déterminer le bénéfice environnemental net d'une solution digitale

1

Cadrage

Définition de la portée de l'évaluation et du cadre du système étudié

- Définition des **objectifs de l'évaluation** (objectif final, audience visée, ambitions de communication, etc.)
- Description des **scénarios de référence**
- Description du **scénario digital** évalué et technologies mobilisées
- Définition du **cadre temporel et géographique** du système

2

Evaluation qualitative

Modélisation des scénarios de référence et du scénario digital

- Modélisation des **flux physiques des scénarios de référence** (principalement transport de marchandises et de personnes)
- Modélisation **des flux physiques & de données du scénario digital** (transport, infrastructures réseaux, etc.)

3

Evaluation quantitative

Inventaire des données et calcul des impacts directs, indirects et de niveau supérieur

- Construction d'un **arbre de conséquences** pour identifier les effets directs, indirects et de niveaux supérieurs de la solution digitale
- **Inventaire des données à collecter** pour les scénarios de référence et le scénario digital
- **Collecte des données et intégration au calculateur**

4

Analyse des résultats

Mesure de l'impact net du scénario digital

- **Interprétation des résultats** entre les scénarios de référence et le scénario digital
- Identification des **principaux facteurs d'émissions**
- Analyse de la **qualité de la donnée**
- Analyse de la **sensitivité**

Premiers résultats à l'échelle expérimentale

	Scénarios de référence				Scénario digital
	1	2	3	4	
	Se rend au magasin en transports en commun	Se rend au magasin en voiture individuelle	Se rend à un point relais à pied	Se fait livrer à domicile	Se rend au point relais mobile autonome à pied
Emissions de GES <i>kg CO2 eq</i>	0,036	3,73	0,364	0,402	3,09 -17%
Consommation d'eau <i>m3 eq</i>	0,0191	1,00	0,0474	0,131	1,49 +49%
Consommation de ressources <i>Kg SB eq</i>	3,97	57,8	5,35	6,35	66,4 +15%
Consommation d'énergie primaire <i>MJEP</i>	8,88E-08	1,18E-06	1,16E-07	1,27E-07	8,42E-07 -29%
Emissions de particules fines <i>Apparition de maladies</i>	1,60E-06	1,88E-04	7,09E-06	2,54E-05	1,72E-04 +8%
	Manque de données multicritères rendant la comparaison non pertinente				

Comparaison avec le scénario de référence 2

Le contexte de déploiement, un facteur clé du passage à l'échelle

		Hypothèse de déploiement	
		Cadre géographique de l'expérimentation	Milieu semi-urbain
Données communes	Nombre de véhicules autonomes Milla	3	
	Nombre de livraisons par jour	3	
	Taux de remplissage	80%	
	Taux d'adoption de la solution	20%	
Données différenciantes	Distance de l'entrepôt au Carrefour	20 km	40 km
	Distance entre le Carrefour et le point de collecte	6,5 km	12 km
	Mode de transport de référence	Répartition équilibrée entre les différents scénarios de référence	Part majoritaire de la voiture individuelle
Bénéfice net	Sans effet rebond	+3%	+12%
	Avec effet rebond (+5% d'augmentation de la consommation*)	-46%	-1%
Sources d'impacts	Facteurs positifs	<ul style="list-style-type: none"> • Taux de remplissage des casiers • Nombre de casiers • Distance Carrefour/consommateur 	
	Facteurs négatifs	Augmentation de la consommation	

En conclusion :



Impact relatif du digital dans un contexte de déploiement

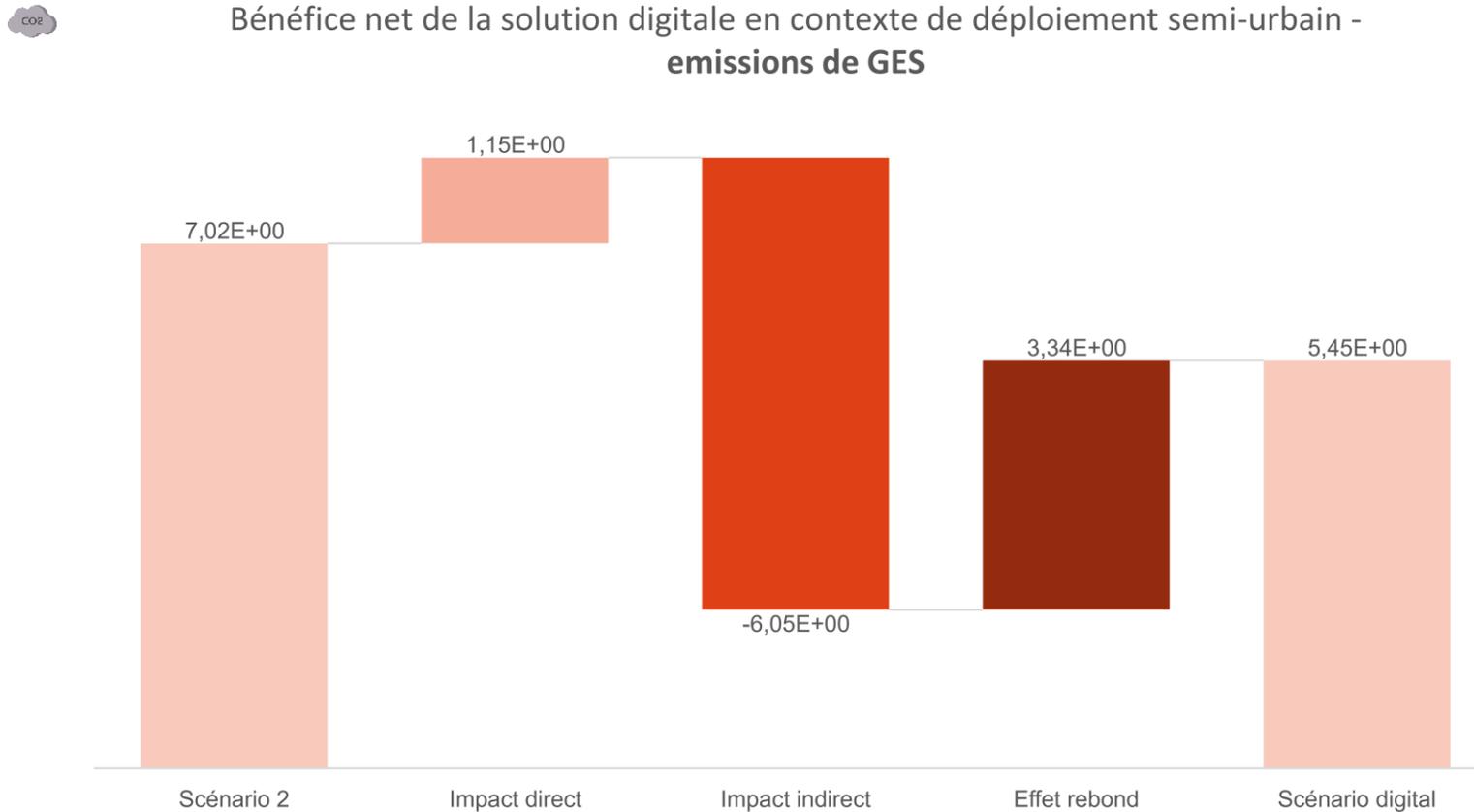


Nécessité d'une approche systémique



La réduction des trajets en voiture, un enjeu important

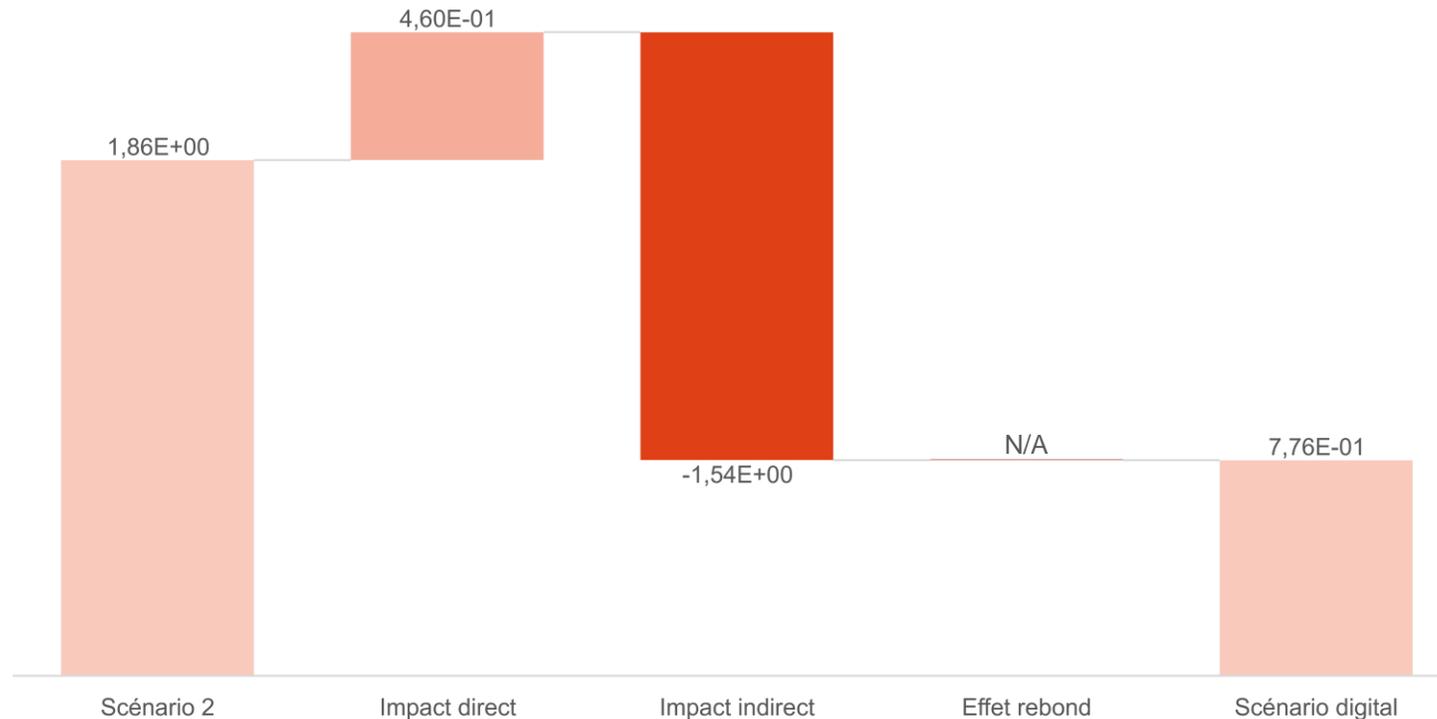
Représentation en cascade du bénéfice net du scénario digital vis-à-vis du scénario 2 « voiture individuelle »



Représentation en cascade du bénéfice net du scénario digital vis-à-vis du scénario 2 « voiture individuelle »



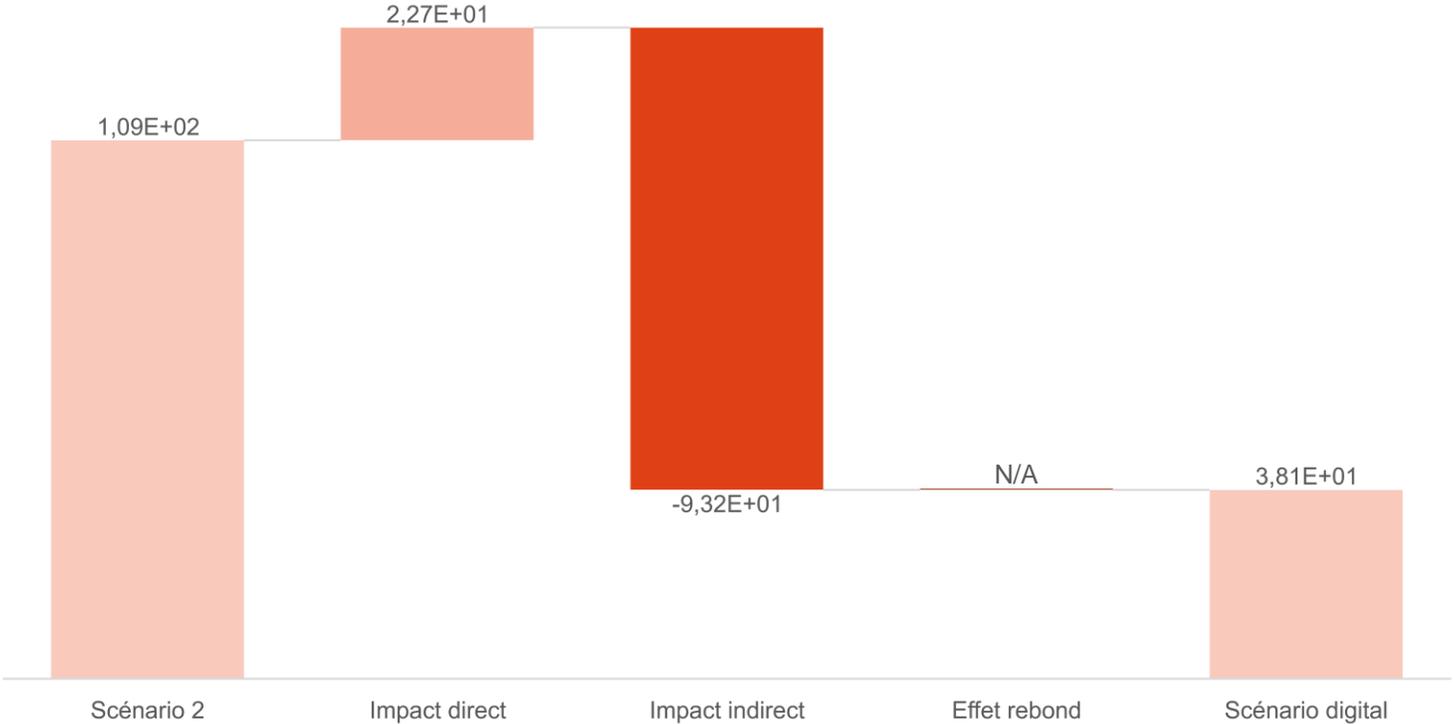
Bénéfice net de la solution digitale en contexte de déploiement semi-urbain -
consommation d'eau



Représentation en cascade du bénéfice net du scénario digital vis-à-vis du scénario 2 « voiture individuelle »



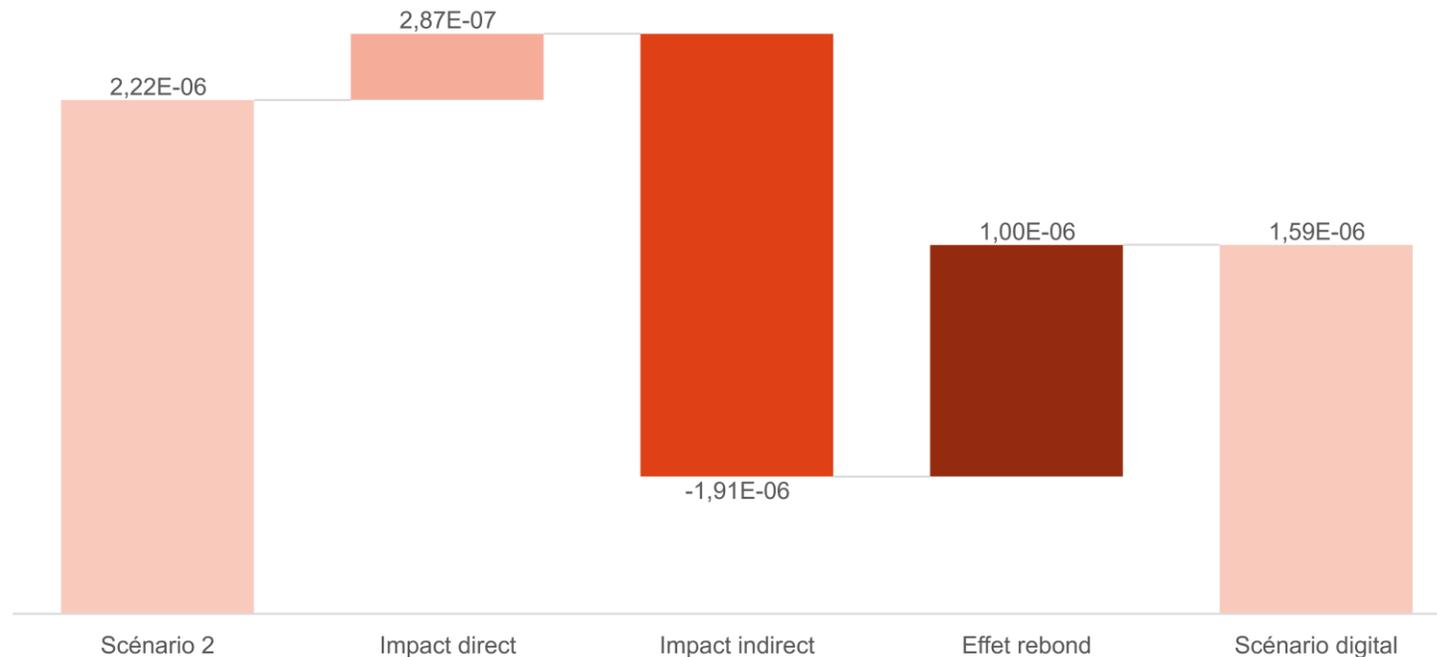
Bénéfice net de la solution digitale en contexte de déploiement semi-urbain - consommation de ressources



Représentation en cascade du bénéfice net du scénario digital vis-à-vis du scénario 2 « voiture individuelle »



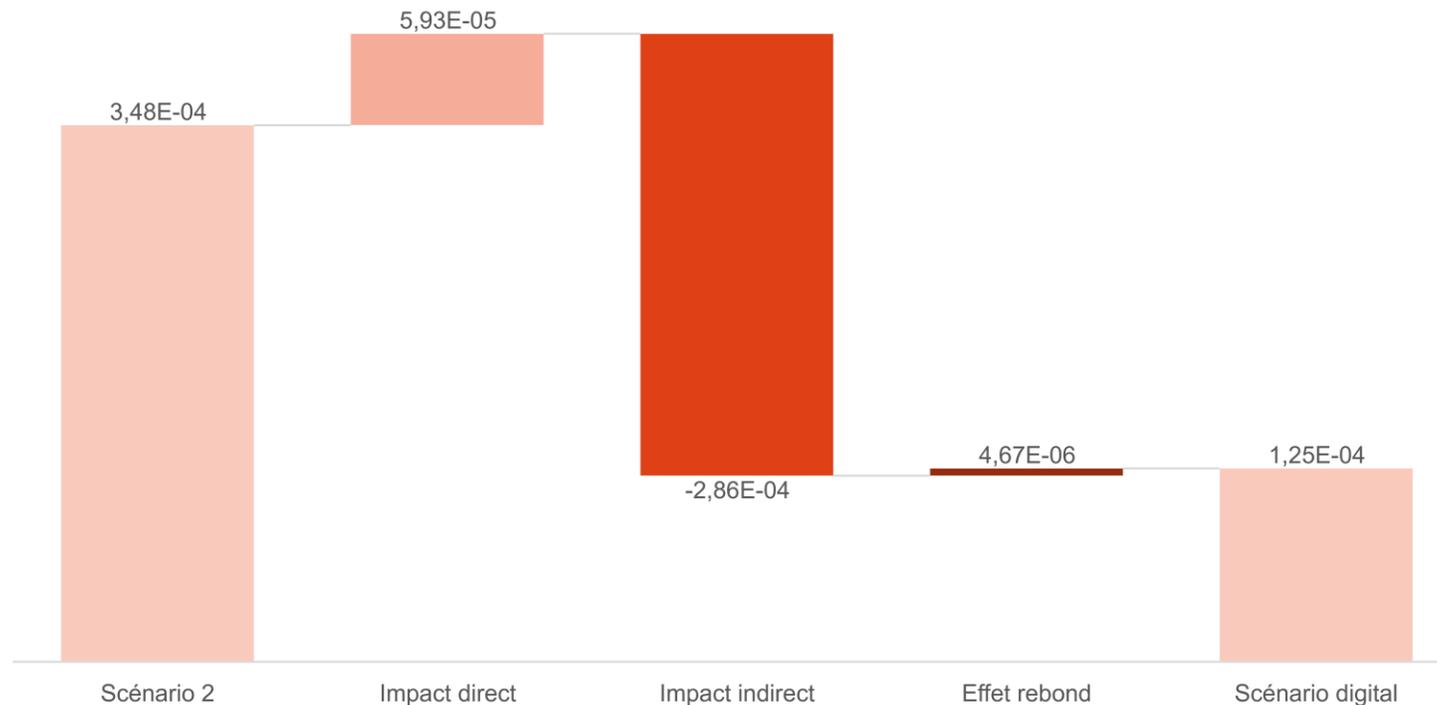
Bénéfice net de la solution digitale en contexte de déploiement semi-urbain -
consommation d'énergie primaire



Représentation en cascade du bénéfice net du scénario digital vis-à-vis du scénario 2 « voiture individuelle »



Bénéfice net de la solution digitale en contexte de déploiement semi-urbain - **emissions de particules fines**



Evaluation de l'acceptabilité



Les cas d'usage

Interne à l'Université

- Distribution de colis depuis le centre de logistique vers les bâtiments d'enseignements et les laboratoires
- Distribution de reprographies depuis l'imprimerie vers les bâtiments d'enseignements
- Distribution de petits matériels d'entretien/réparation depuis les ateliers vers les bâtiments et laboratoires
- Distribution et collecte de livres depuis la bibliothèque vers les bâtiments d'enseignements et les laboratoires

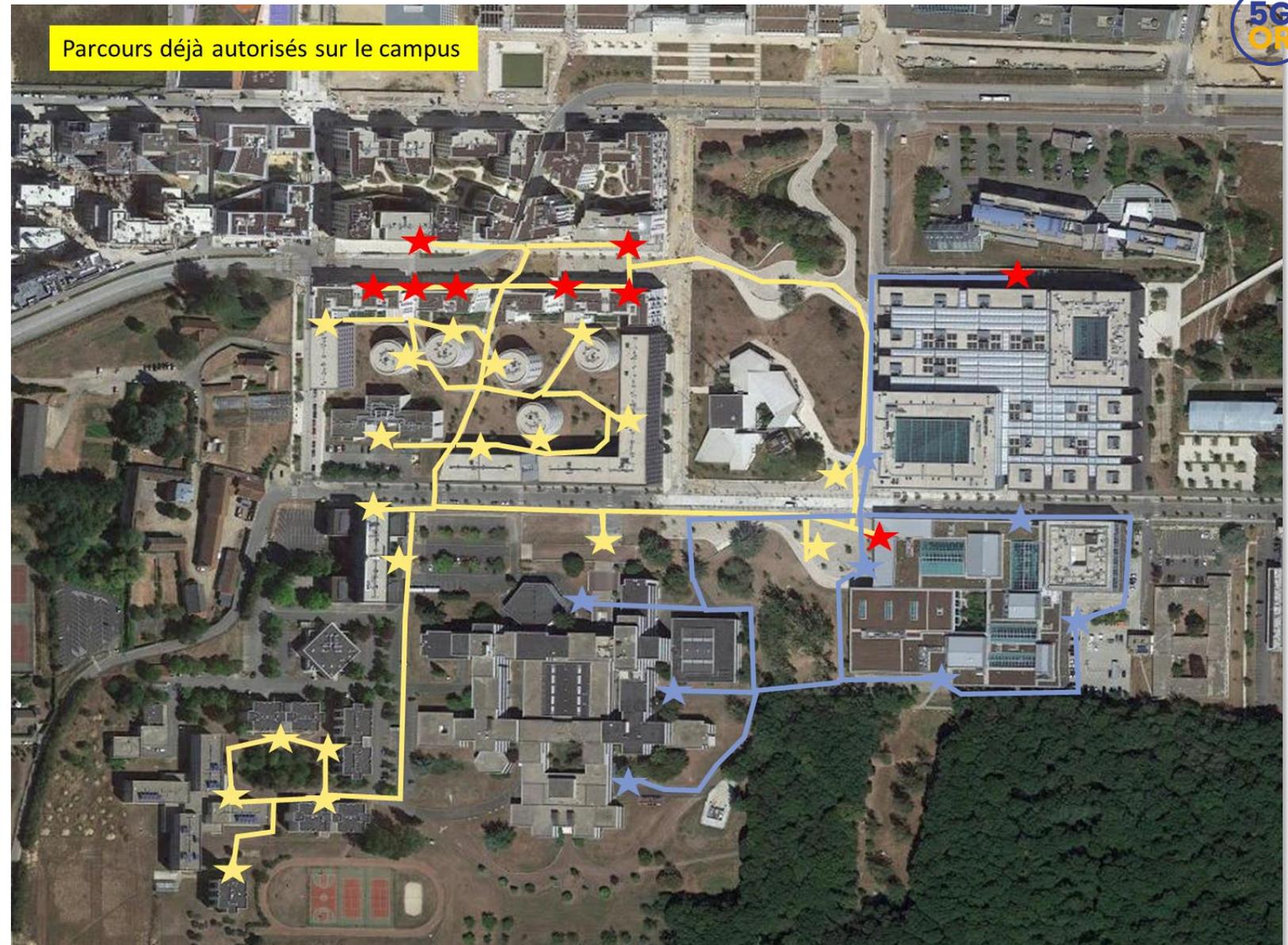
Commerces

- Food-truck autonome depuis Intermarché vers 3 emplacements du campus
- Livraison de sandwich depuis la boulangerie / épicerie vers les entrées principales des écoles
- Livraison de courses depuis Intermarché vers les résidences étudiantes
- Livraison de courses depuis Intermarché vers les entreprises

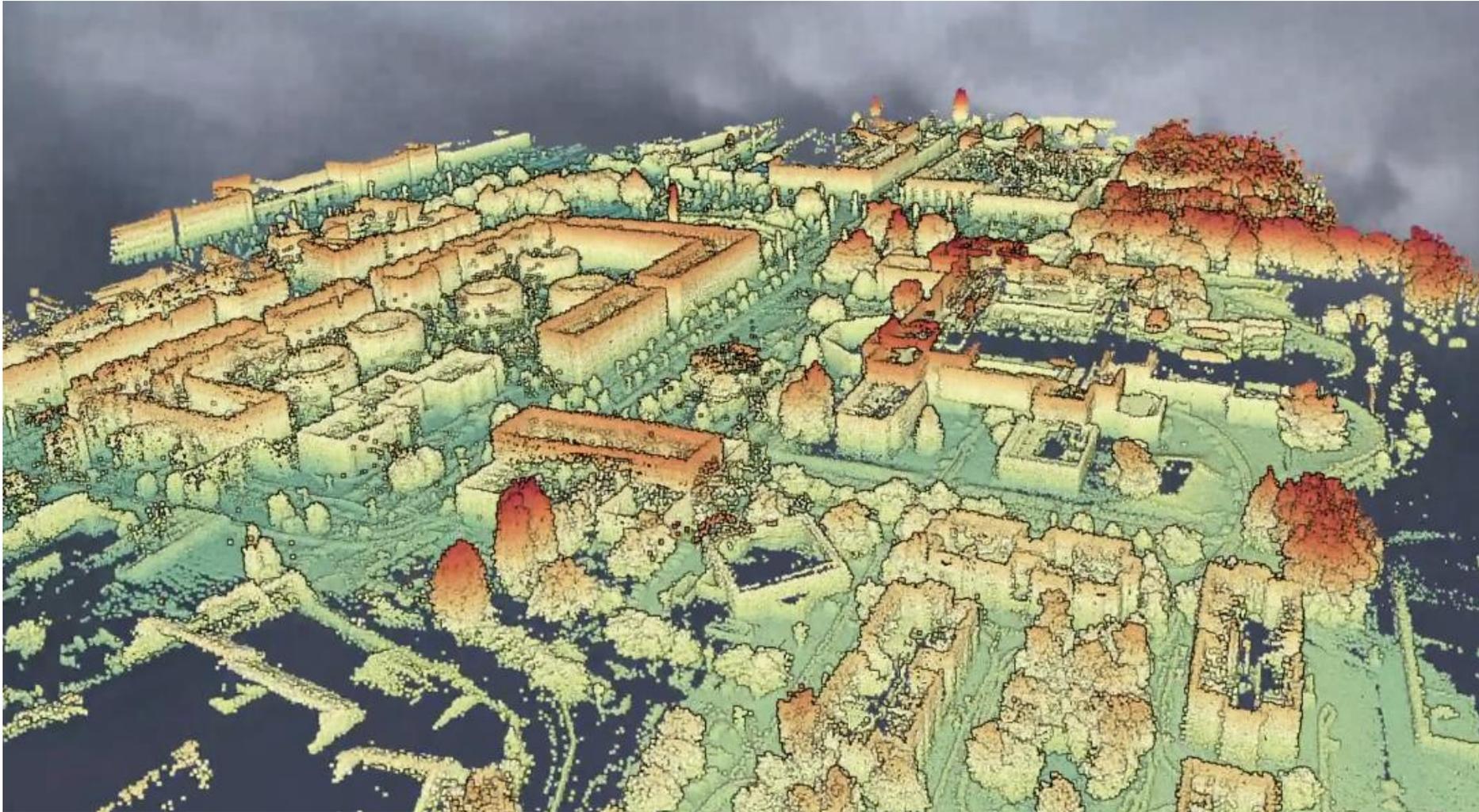


Les parcours

-  Itinéraire pour logistique interne école
-  Itinéraire pour service de livraison aux étudiants et personnels de l'école
-  Commerces et centre de logistique de départ des colis / repas / courses
-  Point de livraison pour la logistique interne
-  Point de livraison pour service aux personnes



Technique : mapping 3D du campus



Technique : à quoi a servi 5GOR

Use case pour expérimenter sur le campus de Centrale Supélec

Développements nouveaux droids

- ciTHy M
- Caisse 500 litres à rideau

Développements connectivité

- 4G Bouygues
- 5G privée Nokia

Développements software

- Mapping et création de routes
- Localisation SLAM
- Localisation GNSS
- Perception environnement
- Suivi de trajectoire et évitement
- Contrôle bas niveau
- Réseau et cybersécurité (merci UTAC)
- Diagnostic et maintenance
- Téléopération directe
- Applications Web gestion droids
- AppWeb / API pour connectivité avec entreprises clientes
- Connectivité infra (merci Capgemini)

Les droides connectés



CONTACTS

The TwinswHeel team
is at your disposal
to answer your questions.



Robotics & IA aspects

Vincent Talon
vincent@twinswheel.fr
+ 33 (0)6 62 23 20 56



Mechanical aspects

Benjamin Talon
benjamin.talon@soben.fr
+ 33 (0)6 64 13 75 47



Account aspects

Magali Combedazou
magali.combedazou@soben.fr
+ 33 (0)5 65 35 61 22

Introduction à l'évaluation de l'acceptabilité

L'acceptabilité, une source de réussite

→ Robots de livraison = nouveaux objets technologiques

Or l'acceptabilité n'est pas automatique :

- « Il ne suffit pas qu'une innovation technologique (ou qu'un produit) soit conçu dans les règles de l'art, qu'elle présente des caractéristiques ergonomiques d'usage optimales et qu'elle fasse l'objet d'une évaluation positive de la part des individus pour que ces derniers les utilisent ou les achètent » (Bordel & Somat, 2015)
- 95 % des innovations mises sur le marché nord-américain sont des échecs (Andréani, 2001)
- Une des explications = non prise en compte du facteur humain (Jørgensen et al., 2014)

L'acceptabilité des robots de livraison = une acceptabilité particulière

→ **Question nouvelle**, comparativement aux études réalisées sur d'autres véhicules automatisés (VA) comme les navettes :

- Objets **nouveaux**,
- **Inconnu** dans leur forme, leur usage, leur fonctionnement et leur déplacement,
- Susceptibles de **rouler sur la route** (ou la rue) **et sur le trottoir** ;
- **Modifiant** profondément les **habitudes**,
- Question des **attitudes** (jugement de valeur) contrastées :
 - *Exemple : perçus comme participant à la transition énergétique VS. à la disparition de certains métiers*

Différents types d'acceptabilité

1. **Acceptabilité pratique** : partage de la voirie avec les autres usagers
 - Analyse des **comportements objectifs** (*i.e.*, observables) des (autres) usagers de la voirie vis-à-vis des droïdes TwinswHeel
 - Étude pilotée par Florence Rosey, accompagnée par Paul Peyret et Renaldo Gritti
2. **Acceptabilité individuelle et sociale** : des usagers, utilisateurs et professionnels



Différents types d'acceptabilité

1. **Acceptabilité pratique** : partage de la voirie avec les autres usagers
2. **Acceptabilité individuelle et sociale** : des usagers, utilisateurs et ~~professionnels~~
 - Analyse des comportements subjectifs (*i.e.*, auto-rapportés) des utilisateurs potentiels et des autres usagers
 - Étude pilotée par Stéphanie Bordel, accompagnée par Kévin Nadarajah, Mehdi Chahir et Paul Peyret



Évaluation du comportement objectif des usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Contexte

- Le comportement, l'action et la pensée, ne peuvent se comprendre que dans leur cadre d'élaboration c'est-à-dire la situation (Tijus, 2001)



Hors contexte



Cas n°1



Cas n°2 a



Cas n°2 b

Cas n°2

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Contexte

- Le comportement, l'action et la pensée, ne peuvent se comprendre que dans leur cadre d'élaboration c'est-à-dire la situation (Tijus, 2001)

Dans contexte



Cas n°1

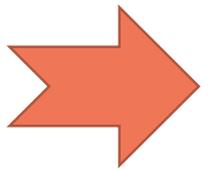


Cas n°2 a



Cas n°2 b

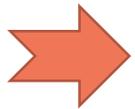
Cas n°2



Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Contexte

- Le comportement, l'action et la pensée, ne peuvent se comprendre que dans leur cadre d'élaboration c'est-à-dire la situation (Tijus, 2001)



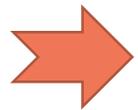
Analyse des comportements des usagers de la voirie *in situ* en présence du droïde



Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Contexte

- Le comportement, l'action et la pensée, ne peuvent se comprendre que dans leur cadre d'élaboration c'est-à-dire la situation (Tijus, 2001)



Analyse des comportements des usagers de la voirie *in situ* en présence du droïde

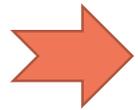


- 1- Évaluer l'impact du droïde/safety driver sur les comportements (déplacements) des autres usagers
- 2- Évaluer l'impact de l'IHM (ici, design du droïde et affichage émotions) sur les comportements des usagers

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Contexte

- Le comportement, l'action et la pensée, ne peuvent se comprendre que dans leur cadre d'élaboration c'est-à-dire la situation (Tijus, 2001)



Analyse des comportements des usagers de la voirie *in situ* en présence du droïde



- 1- Évaluer l'impact du droïde/safety driver sur les comportements (déplacements) des autres usagers
- 2- ~~Évaluer l'impact de l'IHM (ici, design du droïde et affichage émotions) sur les comportements des usagers~~

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Contexte

- Ici **COMPORTEMENT** pris au sens **INTERACTION**

→ **Interaction** : « relation interpersonnelle entre deux individus au moins par laquelle les comportements de ces individus sont soumis à une influence réciproque, chaque individu modifiant son comportement en fonction des réactions de l'autre » (Marc et Picard, 2022, p.189)



Implique la réciprocité de l'influence entre deux ou plusieurs individus, **MAIS** lorsque deux individus sont en présence dans le même environnement, **la réciprocité n'est pas systématique => interaction uniquement lorsque l'influence est mutuelle (réciproque).**

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Contexte

- Ici 3 types d'interactions ont été définies:

- * Une influence/un impact : influence/impact non réciproque, que ce soit pour gérer les conflits de trajectoire entre le droïde et l'utilisateur/les utilisateurs ou non,
- * Une interaction : influence/impact réciproque, que ce soit pour gérer les conflits de trajectoire entre le droïde et l'utilisateur/les utilisateurs ou non,
- * Une incivilité : perturbation, par un utilisateur/des utilisateurs, assumée/volontaire ou geste envers le droïde, qu'elle soit excessive ou non

Méthode



Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Méthode

- **5 zones d'intérêt** => Pose/dépose de **6 caméras** sur infrastructure (16 juin au 07 juillet 2023) (Cerema IdF) quartier « Moulon » à Paris-Saclay



(Cerema Ouest, 2024 à partir vue Google Earth).

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel



Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel



Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Méthode

- **5 zones d'intérêt** => Pose/dépose de **6 caméras** sur infrastructure (16 juin au 07 juillet 2023) (Cerema IdF) quartier « Moulon » à Paris-Saclay



(Cerema Ouest, 2024 à partir vue Google Earth).



858h* de vidéo

=> **112 h passages effectifs du droïde**

=> **195 extraits (15s avant/après) passage du droïde**

*** 858 fichiers d'1h de vidéo**

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Méthode

195 extraits (15s avant/après) passage du droïde

1. Identification des extraits à analyser

Cam	N° Vidéo (1h) présence droïde	N° Extrait	N° Extrait validé	N° Extrait en cours/discussion	N° Extrait Exclus
Cam 1	3	5	3	1	1
Cam 2	17	25	25		
Cam 3	25	59	40	4	15
Cam 4a	25	58	42	9	7
Cam 4b	22	26	25	1	
Cam 5	20	22	22		
	112	195	157	15	23
			80,5 %	7,7 %	11,8 %

→ Critères d'exclusion : droïde arrêté totalité extrait, présence effective droïde/SD < 30s, droïde/SD caché par obstacle, ombre portée des bâtiments rendant impossible description...

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Méthode

2. Grille d'analyse pour coder/décrire les comportements du droïde/safety driver et des usagers (par catégorie d'usagers)

- actions, positionnement et orientation du **Safety driver (SD)** par rapport au droïde
- actions du **droïde** : e.g., avance, s'arrête, recule, ...
- actions, positionnement et orientation des **piétons, des cyclistes, ... par rapport au droïde/SD**
 - Usager vulnérable ou motorisé est décrit comme un piéton dès sa descente de son mode de transport

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Exemple de description exhaustive des comportements du binôme SD+droïde et de chacun des autres usagers pour un extrait

En **rouge** → le moment d'apparition dans le champ de vision de la caméra du sujet.

Droïde Noir/Blc +SD

Entre G (candélabre nom rue), droïde (11:05:31), CDD derrière (11:05:34) va en direction UGE , droïde franchit barrières en face UGE (11:05:55), CDD (11:05:57), tourne G (11:05:58 à 11:06:02), , STOP (allume feux) (11:06:01) , passe D bornes anti-passage (11:06:04), remonte

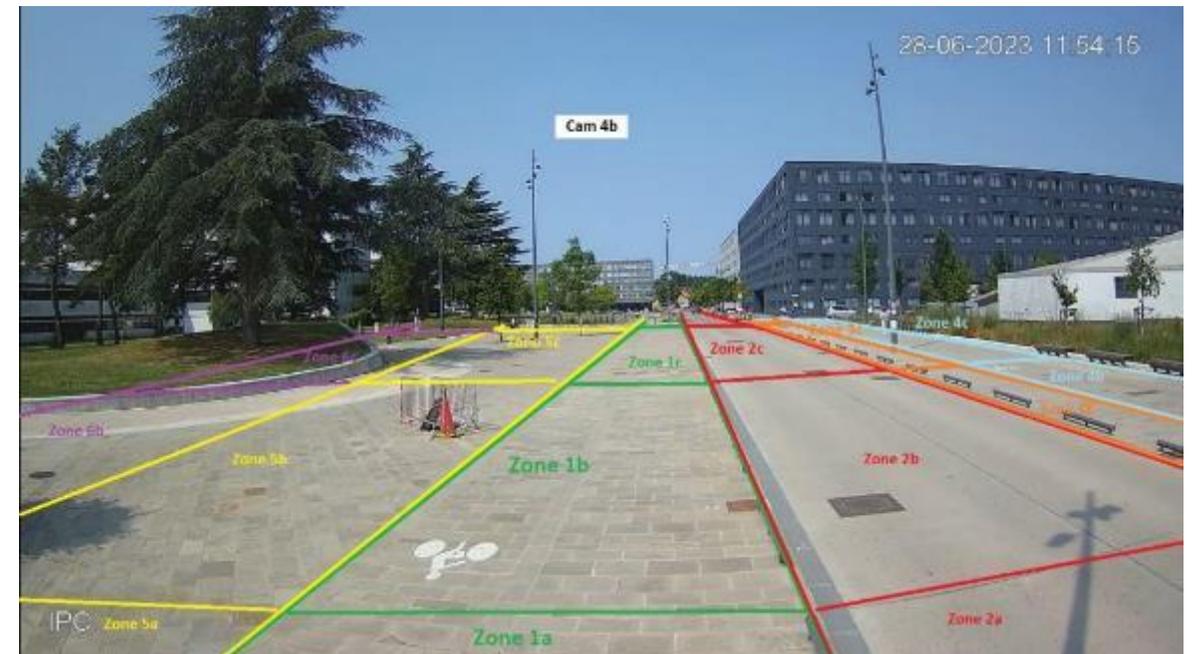
Autres usagers

- * **Déjà là**, Piéton derrière VL type kangoo stationné, se dirige droit devant lui vers candélabre nom rue, (droïde visible pour le piéton) , lève la tête D vers droïde (11:05:37), redresse regard (11:05:39), sort G (11:05:45, au niveau candélabre non rue)
 - * **Déjà là**, 2 piétons derrière arrêt bus marchent en discutant, à la ligne de plots les deux regardent le droïde (11:05:43 à 54) se retournent pour le suivre du regard droïde, redressent regard (11:05:54), sortent G (11:06:00)
 - * **11:05:37**, Piéton entre G, derrière SD+droïde, accélère pour dépasser SD+droïde par la droite (11:05:46), pour passer barrières chantier en face entrée UGE , est côté/devant D droïde au moment de franchir les barrières chantier (11:05:53) (FR: n'a pas regarder spécifiquement SD+droïde, peut-être coup d'oeil jeté mais vois pas)
 - * **11:05:41**, piétonne entre D (sort UGE), TàD, tourne tête G pour regarder droïde (11:05:45), redresse tête (11:05:49)
- (...)

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Méthode

3. Identification des zones dans lesquelles le/les usager(s) se trouve(nt) par rapport au droïde uniquement au moment des interactions (pas sur totalité déplacement)



Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Droïde/SD	Zone droïde	Zones d'interaction																	
		Zone 1			Zone 2			Zone 3		Zone 4		Zone 5			Zone 6				
		1a	1b	1c	2a	2b	2c	3b	3c	4b	4c	5a	5b	5c	6a	6b	6c		
<p>*17:04:25, piéton assis sur muret regarde en direction des droïdes, 17:04:32 regarde les 2 droïdes, 17:04:50 se leve et part vers BG, 17:04:58 se retourne en direction droïdes ;</p> <p>*17:04:32, 2 droïdes vert/blanc et noir BG vers H, 2 safety ;</p> <p>*17:04:36, piétonne B vers H haut bleu jupe noire, regarde en direction droïdes, 17:04:53 passe derrière 1er droïde et devant safety ;</p> <p>*17:04:34, 3 piétons H vers B regardent en direction droïdes, 17:04:47 croisent 2 droïdes en les regardent, 17:04:52 se retournent tête G pour regarder les droïdes ;</p> <p>*17:04:44, piéton haut bleu BD vers H sur trottoir en face ne regarde pas droïde ;</p> <p>*17:05:07, piéton rouge sur trottoir en face B vers H regarde en direction droïdes</p>	6b																1a		
	5b	2a												3a			1b		
	1c			2b									1c	3b					
	5c									4a									

Évaluation du comportement objectif des autres

Droïde/SD

- *17:04:25, piéton assis sur muret regarde en direction des droïdes, 17:04:32 regarde les 2 droïdes, 17:04:50 se leve et part vers BG, 17:04:58 se retourne en direction droïdes ;
- *17:04:32, 2 droïdes vert/blanc et noir BG vers H, 2 safety ;
- *17:04:36, piétonne B vers H haut bleu jupe noire, regarde en direction droïdes, 17:04:53 passe derriere 1er droïde et devant safety ;
- *17:04:34, 3 piétons H vers B regardent en direction droïdes, 17:04:47 croisent 2 droïdes en les regardent, 17:04:52 se retournent tete G pour regarder les droïdes ;
- *17:04:44, piéton haut bleu BD vers H sur trottoir en face ne regarde pas droïde ;
- *17:05:07, piéton rouge sur trottoir en face B vers H regarde en direction droïdes

Zone droïde	Zones d'interaction																	
	Zone 1			Zone 2			Zone 3		Zone 4		Zone 5			Zone 6				
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3b	3c	4b	4c	5a	5b	5c	6a	6b	6c		
6b																	1a	
5b	2a												3a				1b	
1c			2b									1c	3b					
5c									4a									

Résultats



Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Résultats

1-Influence/impact, Interaction et Incivilités

- Presque exclusivement des piétons, les catégories VL, PL, Bus, Car, 2RM, Vélo, peu voire pas représentés*

Cam	N° interaction	N° Influence/Impact (non réciproque)	N° Interaction (réciproque)	N° Incivilité
Cam 1	3	3	0	0
Cam 2	154	145	8	1
Cam 3	149	146	2	1
Cam 4a	78	77	0	1
Cam 4b	81	81	0	0
Cam 5	46	45	1	0
	511	497	11	3

97,3 %

2,1 %

0,6 %

* Quantification en cours (par rapport problématique recouvrement champ caméra)

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Résultats

1-Influence/impact, Interaction et Incivilités

- Presque exclusivement des piétons, les catégories VL, PL, Bus, Car, 2RM, Vélo, peu voire pas représentés*

Cam	N° interaction	N° Influence/Impact (non réciproque)	N° Interaction (réciproque)	N° Incivilité
Cam 1	3	3	0	0
Cam 2	154	145	8	1
Cam 3	149	146	2	1
Cam 4a	78	77	0	1
Cam 4b	81	81	0	0
Cam 5	46	45	1	0
	511	497	11	3

97,3 %

2,1 %

0,6 %

Piéton : donne coup d'œil, tourne tête, se retourne, lève tête de leur mobile } marche s'arrête

Cycliste, trottinette, 2RM : donne coup d'œil, tourne tête

Conducteur :** s'arrête, freine, écart de trajectoire (léger)

S'arrête avec « warning » pleine rue, descend, prend photos/vidéo et repart (x1, cam. 4b)

** Tête rarement voire pas visible => pas notée le peu de fois visible

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Résultats

1-Influence/impact, Interaction et Incivilités

- Presque exclusivement des piétons, les catégories VL, PL, Bus, Car, 2RM, Vélo, peu voire pas représentés*

Cam	N° interaction	N° Influence/Impact (non réciproque)	N° Interaction (réciproque)	N° Incivilité
Cam 1	3	3	0	0
Cam 2	154	145	8	1
Cam 3	149	146	2	1
Cam 4a	78	77	0	1
Cam 4b	81	81	0	0
Cam 5	46	45	1	0
	511	497	11	3

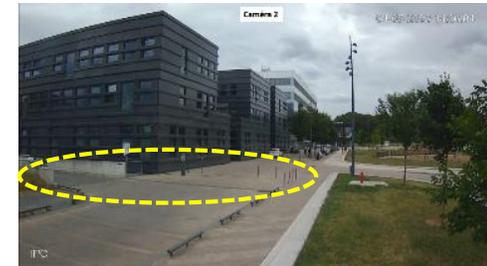
97,3 %

2,1 %

0,6 %

Safety driver (SD) :

- déplace droïde pour laisser passer
 - camion de livraison (x 4, cam.2)
 - voiture (x 1, cam.2)



- fait signe pour traverser ou remercier/s'excuser
 - voiture (x2, cam.2 ; x2 cam.3)

Piéton :

- vient discuter avec SD (x1 cam. 2)
- prend des photos du droïde => SD attend (x1, cam.3)

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Résultats

1-Influence/impact, Interaction et Incivilités

- Presque exclusivement des piétons, les catégories VL, PL, Bus, Car, 2RM, Vélo, peu voire pas représentés*

Cam	N° interaction	N° Influence/Impact (non réciproque)	N° Interaction (réciproque)	N° Incivilité
Cam 1	3	3	0	0
Cam 2	154	145	8	1
Cam 3	149	146	2	1
Cam 4a	78	77	0	1
Cam 4b	81	81	0	0
Cam 5	46	45	1	0
	511	497	11	3

97,3 %

2,1 %

0,6 %

Piéton :

- enfant qui touche droïde, « pas vu, pas pris » (x1 cam. 2)
- adolescent lève jambe (« coup de pied ») devant droïde, fait signe main après (x1, cam.4a)

Conducteur :

- stationné sur passage piéton, ne se pousse pas (a vu), safety driver obligé d'intervenir (x1, cam.3)

Évaluation du comportement objectif des autres usagers vis-à-vis des droïdes TwinswHeel

Résultats

2-Identification des zones dans lesquelles le/les usager(s) se trouve(nt) par rapport au droïde uniquement au moment des interactions (pas sur totalité déplacement)

- En cours de finalisation

Conclusion

À l'instant t, sur le site de Paris-Saclay, les usagers, presque exclusivement des piétons :

- **n'interagissent pas au sens stricte avec le droïde testé** => 97,3 % influence (non réciproque),
- lorsqu'ils interagissent (2,1 %, réciproque) => les **interactions sont du même type qu'entre** :
 - **DEUX piétons**,
 - **UN piéton et Un conducteur** dans le cas où le piéton veut traverser => c'est le SD qui engage la communication avec le conducteur => ceci expliquant certainement cela
- adoptent **peu de comportement d'incivilité** (0,6 %)

Évaluation du comportement subjectif : déterminants du rapport des personnes à des robots de livraison

Choix de positionner cette étude à un niveau général

Droïdes TwinswHeel :

- Usages différents
- « Looks » différents

= Variables confondues

➔ Positionnement à un **niveau plus général**



Quel rapport aux robots de livraison ?

- Nous avons besoin **d'appréhender le monde dans lequel nous vivons**, pour le prédire et le maîtriser (Heider, 1958)
- Champs de la **COGNITION SOCIALE** (Fiske & Taylor, 1991)
- Vrai des personnes, groupes, sociétés, mais également des objets et de notre environnement
- Cette re-présentation va **déterminer notre propre comportement**
- Pour prévoir et anticiper notre comportement dans notre environnement routier, nous pouvons nous baser notamment sur :
 - nos connaissances (code de la route, expériences...),
 - nos représentations (ex : gros SUV / Smart / moto),
 - nos idéologies,
 - Etc.

Quels sont les
déterminants du rapport
des personnes à des
robots de livraison ?



Quels sont les déterminants du rapport des personnes à des robots de livraison ?

- Leur **caractère anthropomorphique** (= attribution de caractéristiques typiquement humaines à des agents non-humains ; Duffy, 2003) :
 - Les robots de livraison doivent partager la voirie avec les personnes,
 - N'ont pas les mêmes caractéristiques que par ex. un métro automatisé = objet technologique « pur »,
 - Rentre en interaction avec les autres usagers et les utilisateurs.

- Le **caractère anthropomorphique plus ou moins affirmé va conduire** :
 - Les personnes à avoir des représentations particulières
 - Représentations qui vont les conduire à avoir des attentes également particulières
 - Et donc des « réactions » spécifiques

Quels sont les déterminants du rapport des personnes à des robots de livraison ?

- **L'attitude des personnes vis-à-vis des robots** (pour / contre)
- **Les intention comportementales**
 - D'usage
 - D'interactions
- **Emotions** vis-à-vis d'un robot
- **Rapport à la technologie** (en général)
 - Anxiété technologique
 - Familiarité technologique
 - Crédibilité de la science et intérêt de la science

Méthode



Méthode

■ Procédure :

- Diffusion d'un questionnaire en ligne
- Collaboration avec Vedecom
- Échantillon recruté via mailing liste auprès de l'école CentraleSupélec et l'université Paris-Saclay, l'Institut Mines-Télécom, l'Institut Polytechnique et les partenaire 5G OPEN ROAD
- Diffusion février-mars 2024
- Participation libre

■ Echantillon :

- 41 personnes (16 femmes ; 25 hommes)
- Âge moyen : 34.5 (mini = 20 ; max = 69 ans)

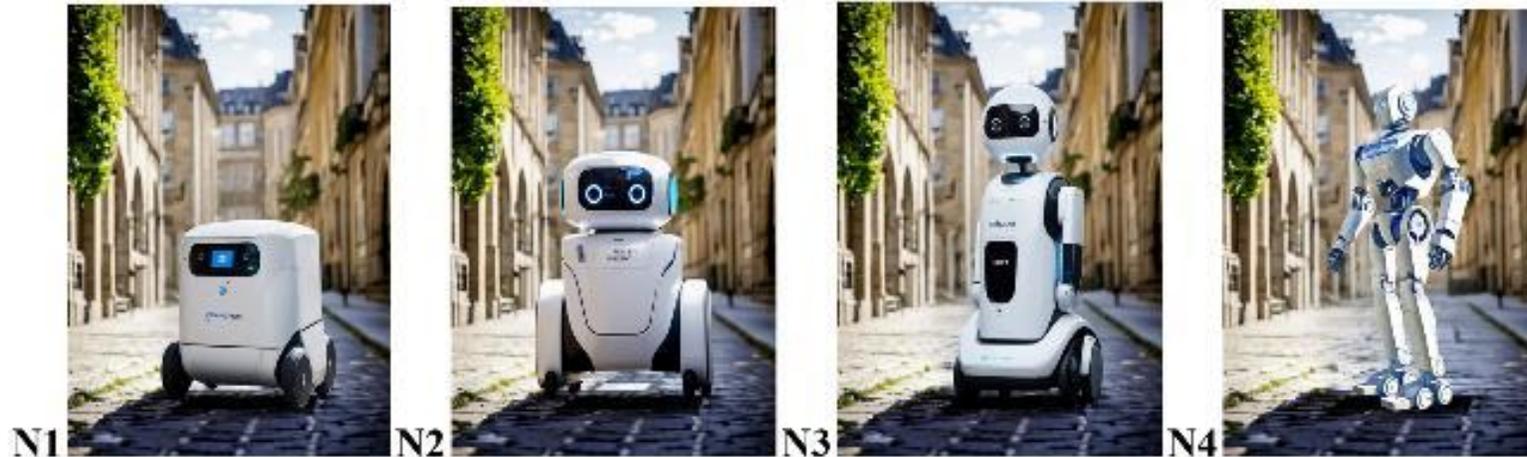
Quelle est votre situation professionnelle ?	
Cadre / Profession intellectuelle supérieure	17
Employé·e	3
Étudiant·e	21

Exercez-vous une formation ou un emploi en lien avec le numérique ou les nouvelles technologies ?	
Non	12
Oui	29

Méthode

Matériel :

- Génération par IA* de 4 robots ayant des caractéristiques similaires (environnement, couleurs...) mais présentant 4 niveaux différents d'anthropomorphisme



* Lexica art + IA de CANVA

- Exposition des personnes à l'un des robots (présentation aléatorisée)
- Puis réponse à un questionnaire reprenant les dimensions évoquées + éléments caractéristiques des personnes (âge, genre, cat. pro, etc.)

Quelques résultats

- **Pas assez de répondants** pour conclure = pas de statistiques inférentielles permettant de voir l'impact de l'anthropomorphisme
- On peut noter, d'un point de vue descriptif quelques résultats :

Exposition à un robot

Au cours de la dernière année, combien de fois (au total) avez-vous personnellement été confronté.e à un robot sur votre lieu de travail ou dans votre vie quotidienne ?

Deux fois	3
Jamais	19
Ne se souvient pas	5
Plus de trois	11
Une fois	3

Vu un robot ?

Avez-vous déjà rencontré un robot de livraison sur le plateau de Saclay ?

Non	31
Oui	10

Connaissance projet 5G OR

Avez-vous entendu parler du projet 5G Open Road ?

Non	32
Oui	9

Participation au projet 5G OR

Participez-vous au projet 5G Open Road ?

Non	40
Oui	1

Quelques résultats

Attitudes

Attitudes (échelles de 1 à 7)			
	Moyenne	Ecart-type	α de Cronbach
Échelle	4.17	1.36	0.929

Attitude plutôt favorable



Intentions comportementales

Émotions (échelles allant de 0 (Pas du tout) à 100 (Absolument))						
	Émo Colère	Émo Tristesse	Émo surprise	Émo répulsion	Émo joie	Émo peur
N	41	41	41	41	41	41
Moyenne	22.3	21.0	58.7	19.9	30.5	21.7
Médiane	15	0	66	3	25	5
Ecart-type	27.8	29.0	28.9	27.0	29.5	26.6

Emotion = surprise

Quelques résultats

Intentions comportementales

Statistiques descriptives

	me ferai livrer par mon service de livraison habituel	me ferai livrer par ce robot.	changerai de chemin pour éviter de croiser ce robot,	croiserai ce robot s'il se trouve sur mon chemin,	changerai de chemin pour passer à côté de ce robot	modifierai mon chemin pour respecter le déplacement de ce robot	ferai très attention lorsque je croiserai ce robot	ignorerai complètement la présence de ce robot	observerai de loin ce robot sans l'approcher	adopterai une attitude curieuse avec ce robot	chercherai à interagir avec ce robot	prendrai une photo avec ce robot	jouerai à tester le fonctionnement de ce robot	n'hésiterai pas à déplacer ce robot s'il est sur mon chemin
N	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Moyenne	69.3	41.9	35.2	62.4	41.1	62.3	55.8	42.7	41.0	61.2	43.4	35.0	52.5	31.2
Médiane	70	50	30	63	50	67	62	35	48	64	42	30	51	25
Ecart-type	25.1	31.0	28.9	28.3	31.2	27.8	27.7	27.5	24.4	25.3	30.5	28.3	29.6	26.3
Minimum	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quelques résultats

Intentions comportementales

Statistiques descriptives

	me ferai livrer par mon service de livraison habituel	me ferai livrer par ce robot.	changerai de chemin pour éviter de croiser ce robot,	croiserai ce robot s'il se trouve sur mon chemin,	changerai de chemin pour passer à côté de ce robot	modifierai mon chemin pour respecter le déplacement de ce robot	ferai très attention lorsque je croiserai ce robot	ignorerai complètement la présence de ce robot	observerai de loin ce robot sans l'approcher	adopterai une attitude curieuse avec ce robot	chercherai à interagir avec ce robot	prendrai une photo avec ce robot	jouerai à tester le fonctionnement de ce robot	n'hésiterai pas à déplacer ce robot s'il est sur mon chemin
N	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Moyenne	69.3	41.9	35.2	62.4	41.1	62.3	55.8	42.7	41.0	61.2	43.4	35.0	52.5	31.2
Médiane	70	50	30	63	50	67	62	35	48	64	42	30	51	25
Ecart-type	25.1	31.0	28.9	28.3	31.2	27.8	27.7	27.5	24.4	25.3	30.5	28.3	29.6	26.3
Minimum	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

➔ Maintient des habitudes, adhésion au nouveau service en dessous de la moyenne

Quelques résultats

Intentions comportementales

Statistiques descriptives

	me ferai livrer par mon service de livraison habituel	me ferai livrer par ce robot.	changerai de chemin pour éviter de croiser ce robot,	croiserai ce robot s'il se trouve sur mon chemin,	changerai de chemin pour passer à côté de ce robot	modifierai mon chemin pour respecter le déplacement de ce robot	ferai très attention lorsque je croiserai ce robot	ignorerai complètement la présence de ce robot	observerai de loin ce robot sans l'approcher	adopterai une attitude curieuse avec ce robot	chercherai à interagir avec ce robot	prendrai une photo avec ce robot	jouerai à tester le fonctionnement de ce robot	n'hésiterai pas à déplacer ce robot s'il est sur mon chemin
N	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Moyenne	69.3	41.9	35.2	62.4	41.1	62.3	55.8	42.7	41.0	61.2	43.4	35.0	52.5	31.2
Médiane	70	50	30	63	50	67	62	35	48	64	42	30	51	25
Ecart-type	25.1	31.0	28.9	28.3	31.2	27.8	27.7	27.5	24.4	25.3	30.5	28.3	29.6	26.3
Minimum	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

→ Maintient des habitudes de déplacement

Quelques résultats

Intentions comportementales

Statistiques descriptives

	me ferai livrer par mon service de livraison habituel	me ferai livrer par ce robot.	changerai de chemin pour éviter de croiser ce robot,	croiserai ce robot s'il se trouve sur mon chemin,	changerai de chemin pour passer à côté de ce robot	modifierai mon chemin pour respecter le déplacement de ce robot	ferai très attention lorsque je croiserai ce robot	ignorerai complètement la présence de ce robot	observerai de loin ce robot sans l'approcher	adopterai une attitude curieuse avec ce robot	chercherai à interagir avec ce robot	prendrai une photo avec ce robot	jouerai à tester le fonctionnement de ce robot	n'hésiterai pas à déplacer ce robot s'il est sur mon chemin
N	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Moyenne	69.3	41.9	35.2	62.4	41.1	62.3	55.8	42.7	41.0	61.2	43.4	35.0	52.5	31.2
Médiane	70	50	30	63	50	67	62	35	48	64	42	30	51	25
Ecart-type	25.1	31.0	28.9	28.3	31.2	27.8	27.7	27.5	24.4	25.3	30.5	28.3	29.6	26.3
Minimum	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

→ Attitude mitigée : entre prudence et ignorance

Quelques résultats

Intentions comportementales

Statistiques descriptives

	me ferai livrer par mon service de livraison habituel	me ferai livrer par ce robot.	changerai de chemin pour éviter de croiser ce robot,	croiserai ce robot s'il se trouve sur mon chemin,	changerai de chemin pour passer à côté de ce robot	modifierai mon chemin pour respecter le déplacement de ce robot	ferai très attention lorsque je croiserai ce robot	ignorerai complètement la présence de ce robot	observerai de loin ce robot sans l'approcher	adopterai une attitude curieuse avec ce robot	chercherai à interagir avec ce robot	prendrai une photo avec ce robot	jouerai à tester le fonctionnement de ce robot	n'hésiterai pas à déplacer ce robot s'il est sur mon chemin
N	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Moyenne	69.3	41.9	35.2	62.4	41.1	62.3	55.8	42.7	41.0	61.2	43.4	35.0	52.5	31.2
Médiane	70	50	30	63	50	67	62	35	48	64	42	30	51	25
Ecart-type	25.1	31.0	28.9	28.3	31.2	27.8	27.7	27.5	24.4	25.3	30.5	28.3	29.6	26.3
Minimum	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

→ Curiosité vis-à-vis du robot, quitte à le « tester »

Conclusion générale



Conclusion générale

1. Les autres usagers (piétons) semblent se comporter « **normalement** »
 2. **Validé** par comportement subjectif
 3. Mais **quelques incivilités**
- **Limites :**
 - Quid des autres usagers ?
 - Echantillon plutôt technophile
 - Des résultats qui devront être étendus/ répliqués pour que l'on puisse réellement conclure, notamment sur la seconde étude

Les enjeux pour les territoires

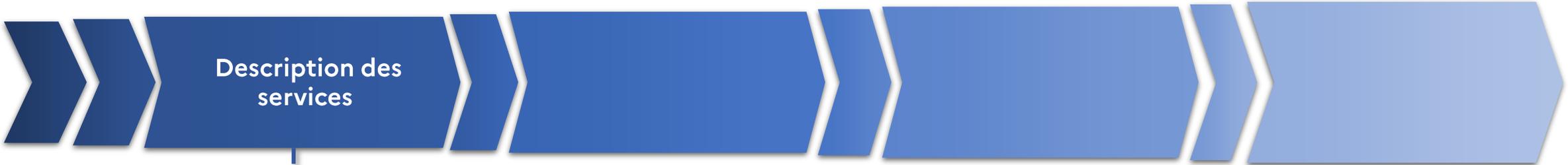


Les enjeux pour les territoires



Quelle est l'adéquation avec les **besoins des territoires** des services de mobilité automatisée et connectée étudiés dans le cadre du projet **5G Open Road** ?

NOTRE RÉPONSE AUX BESOIN DE COMPRÉHENSION



Description des services



Description des services étudiés dans le cadre du projet 5G OpenRoad
Panorama des services selon les lots métiers travaillés dans 5G OpenRoad

Version	Date	Commentaires
V1	14/11/22	Première version sur base des documents déjà produits par le consortium
V2	28/11/22	Mise en compte des commentaires/ajouts de la Direction de Région Île-de-France - CEREMA
V3	07/12/22	Mise en compte des commentaires/ajouts relatifs à la structure d'après le projet - Cerema / Michel Séguy - BSA
V4	20/12/22	Suppression de services de dépêche de division de derniers mètres

LES SERVICES LIÉS AUX INTERSECTIONS INTELLIGENTES

L'INTÉRÊT POUR CES ZONES

Les intersections sont au cœur des échanges multimodaux des villes et des territoires. Ils concernent plusieurs enjeux sécuritaires abordés au fil du projet à travers différents services de mobilité déployés pouvant accroître l'attractivité des territoires. Les grands thèmes d'engagem sont :

1. Sécuriser les usagers (piétons, cyclistes, enfants)
2. Fluidifier le trafic
3. Apaiser un quartier
4. Favoriser les déplacements partagés et modes actifs

DESCRIPTION DES SERVICES PROPOSÉS

Le projet se propose de mettre en œuvre les services décrits ci-dessous, rendus possibles ou plus performants grâce à la 5G. Il s'agit d'un premier ensemble de services adressables mais d'autres services pourraient être envisagés par la suite.

Optimisation des recherches de places de parking

Ce service répond aux besoins d'optimisation des infrastructures existantes ainsi qu'à la demande de gain de temps engendré par les usagers de stationnement.

Ce service a donc comme objectif d'optimiser :

1. les ressources de gestionnaire de zone de stationnement,
2. les ressources de gestionnaire de la voirie,
3. le temps des usagers.

Pour répondre à cet objectif, la solution proposée est donc de mettre à disposition des usagers à travers une application l'emplacement des stationnements disponibles d'une zone en temps réel en se basant sur les moyens de perception embarqués des véhicules.

De cette manière, les usagers sont optimisés et les véhicules de leur plus de derniers pour trouver un stationnement ou qui génère à savoir une plus significative du trafic urbain et réduire les congestions locales. Ce fait, qui contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à la réduction du temps de déplacement.

Pour le gestionnaire de voirie, cela lui permet de disposer de données sur l'occupation des places de parking et ainsi optimiser ses interventions.

Un usage qui lui ne prend plus de temps à tourner dans un quartier dans l'attente qu'une place se libère.

Ce service est en fait un cas d'usage identifié par la DSRM.

Ces services annexes à cette plateforme et l'optimisation des équipes en charge de la maintenance du stationnement peuvent être envisagées par les intervenants grâce à la génération des données susceptibles de compléter des interventions en comparant les places disponibles d'une zone et les informations relatives des services de planification de stationnement (type ParkPhone ou Freefloat). En outre, ces données peuvent permettre les zones susceptibles de compléter des interventions aux règles de stationnement et optimiser les horaires.

Ce service n'est pas opérationnel uniquement aux intersections, mais aussi développé par le groupe de travail le aux intersections intelligentes, il est décrit dans ce chapitre pour des raisons de cohérence.

Sécurisation des usagers vulnérables dans les zones accidentogènes

Le service Real Time (RTM) usagers de la voirie aux intersections, les plus en danger et les cyclistes ainsi que les motcyclistes et les personnes handicapées ou à mobilité et orientation réduites, selon définition de la directive ITS.

Ce service répond au besoin de sécurisation des usagers vulnérables sur des zones connues pour leur caractère accidentogène.

Ce service a pour objectif de notifier des zones dangereuses aux conducteurs via des V2V par l'intermédiaire d'ETRS embarqués ou via des notifications sur smartphones.

Notes sur l'interconnexion :

1. Ce service est opérationnel uniquement aux intersections, mais aussi développé par le groupe de travail le aux intersections intelligentes, il est décrit dans ce chapitre pour des raisons de cohérence.
2. Ce service est opérationnel uniquement aux intersections, mais aussi développé par le groupe de travail le aux intersections intelligentes, il est décrit dans ce chapitre pour des raisons de cohérence.

Les services liés aux intersections intelligentes 10/16

LES SOLUTIONS TECHNIQUES

La 5G apporte les avantages suivants :

- Superviser plus de 4 milliards en même temps sur un territoire (Bande passante),
- Accroître la plénière de fonctionnement des droites et ruelles : supervision augmentée en temps réel, meilleure visibilité, mise à jour.
- Gérer des flux logistiques en autonomie.

Les principales solutions techniques envisagées sont présentées ci-dessous :

Pour les services Service de livraison du dernier mile et Service de livraison du dernier kilomètre

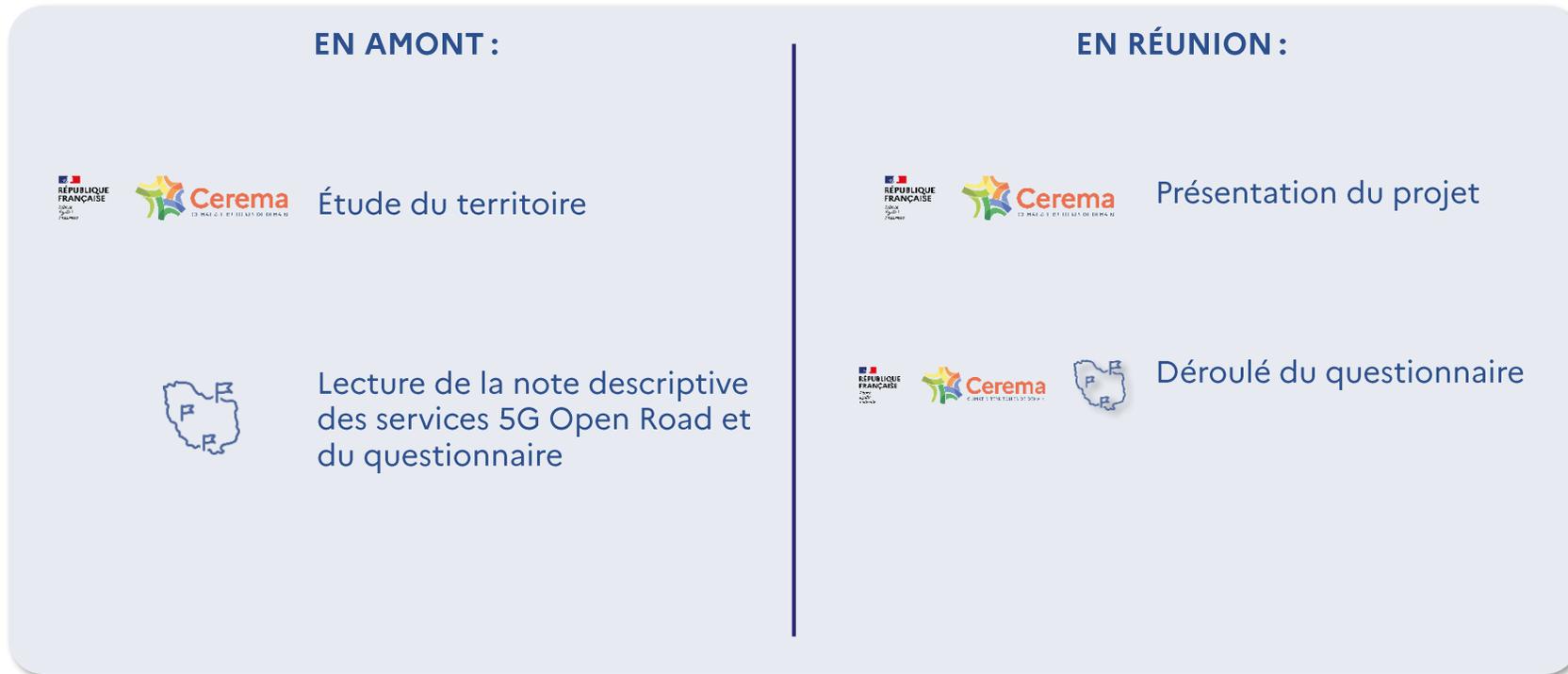
L'architecture fonctionnelle prévue pour réaliser ces services sont les suivantes selon le client attendu :

Les services liés à la logistique autonome 10/16

NOTRE RÉPONSE AUX BESOIN DE COMPRÉHENSION



NOTRE RÉPONSE AUX BESOIN DE COMPRÉHENSION



L'EXEMPLE DU TERRITOIRE TOULOUSAIN

Les enjeux à adresser prioritairement

1. L'objectif national de **neutralité carbone**
2. Favoriser le développement des **mobilités actives**
3. Faciliter la mobilité des **plus fragiles**
4. Favoriser **l'intermodalité** et lutter contre **l'autosolisme**
5. Optimiser les **ressources/infrastructures** des gestionnaires
6. Réduire les **dépenses** liées aux mobilités pour la **collectivité**

 : enjeux les plus prioritaires de l'ensemble des répondants



L'EXEMPLE DU TERRITOIRE TOULOUSAIN

Des services 5G Open Road répondant aux enjeux de Tisséo

1. FLUIDIFICATION DU TRAFIC AUX INTERSECTIONS D'UNE ZONE



2. SERVICE D'OPÉRATEUR DE RÉSEAU DE LOGISTIQUE AUTONOME (sous conditions)



3. SÉCURISER LES USAGERS VULNÉRABLES DANS LES ZONES APAISÉES

L'EXEMPLE DU TERRITOIRE TOULOUSAIN

LES CONDITIONS DES RÉUSSITES

-  Maîtrise des **systèmes** pour le déploiement et l'exploitation
- Maîtrise des **dépenses** liées aux mobilités pour la collectivité
- Assurer/favoriser l'**accessibilité PMR** des services de mobilité
-  Optimiser les **ressources/infrastructures** des gestionnaires
-  L'alignement avec l'objectif national de **neutralité carbone**
-  Assurer une gouvernance qui préserve la **souveraineté territoriale**

LES FREINS

-  La **maturité de la filière**
- Le manque de **retour d'expérience**
- Le **temps long** pour obtenir les premiers résultats opérationnels

 : freins et conditions de réussites les plus mentionnés par l'ensemble des répondants

PRINCIPALES CONCLUSIONS

Identifier les enjeux locaux et les qualifier

- neutralité carbone
- qualité de l'air
- mobilités actives
- intermodalité
- autosolisme
- accessibilité
- zones périurbaines

Déterminer la pertinence des services déployés et leur répliquabilité

- priorité aux bus aux intersections contraintes
- optimisation des temps de correspondances
- attractivité du territoire via nouveaux services aux usagers
- régulation du trafic aux intersections d'une zone
- éviter des collisions

Les conditions de réussite

- maitrise des systèmes
- neutralité carbone
- gouvernance et souveraineté
- optimisation des ressources

Les freins

- juridique et réglementaire
- maturité de la filière
- perception
- sécurité
- gouvernance





La 5G pour une mobilité automatisée et connectée sur route ouverte

Merci de votre attention