La 5G pour la mobilité coopérative connectée et automatisée : vers plus de sécurité et d'efficacité

Démonstration et séminaire du site français

21 avril 2022, 9h-17h30 **Versailles, pistes de Satory et mobiLAB - FRANCE**

Ces travaux font partie du projet 5G-MOBIX, qui a reçu des fonds du programme de recherche et innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne sous le numéro d'agrément 825496

Introduction au projet 5G-MOBIX et aux activités du site Français

Oyunchimeg SHAGDAR

Cheffe d'équipe R&D

VEDECOM

21 avril 2022

CATAPULT Satellite Applications Valeo AKKA PASSION FOR TECHNOLOGIES INSTITUT VEDECOM

Agenda

1. Contexte: la mobilité automatisée et la 5G

2. Introduction du projet 5G-MOBIX

3. Activités du site français

Contexte: la mobilité automatisée et la 5G

Mobilité automatisée

Bénéfices de la mobilité automatisée

Amélioration de l'accessibilité

Une mobilité plus silencieuse et moins polluante

Amélioration de la fluidité du trafic et l'utilisation des terrains

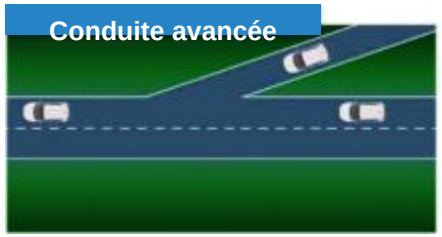
Amélioration de la sécurité

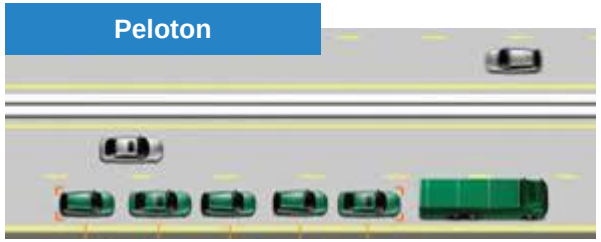
Défis sociétaux

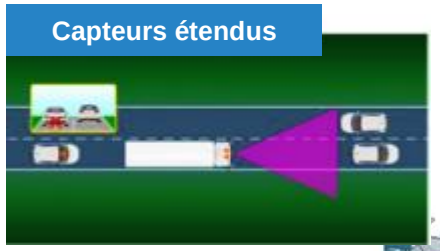
Une liberté et un confort accrus

Cas d’usages (3GPP TS 22186)

Catégories de cas d’usages	Description
Conduite coopérative avancée	Les véhicules (et/ou infrastructure) à proximité partagent leurs intentions de conduite et les données obtenues leurs capteurs, ce qui permet aux véhicules de coordonner leurs manœuvres.
Peloton	Permet aux véhicules de former dynamiquement et se déplacer en groupe.
Capteurs étendus	L'échange de données brutes ou traitées recueillies par des capteurs locaux entre les véhicules, les infrastructures et les serveurs d'application V2X.
Conduite téléopérée	Un conducteur à distance ou une application V2X est capable de manouvrier un véhicule à distance.







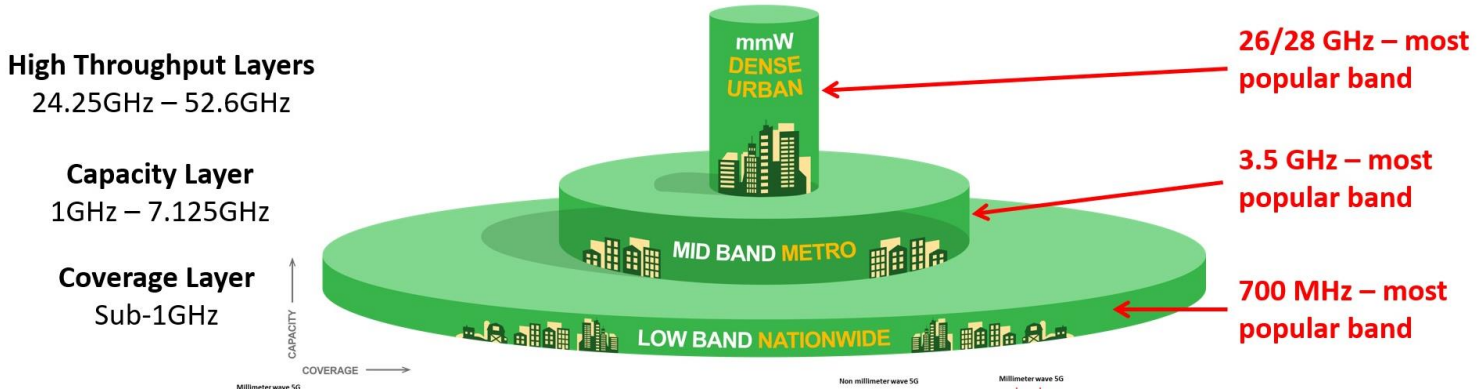
Exigences des cas d'usages (3GPP TS 22.186)

Cas d'usage	Débit (Mbps)	Latence de bout en bout (ms)	Fiabilité (%)	Couverture (m)
Peloton	10 - 65	10-25	90 – 99.99	80-350
Conduite cooperative avancée	10 - 50	3 - 100	90 – 99.99	360 - 700
Capteurs étendus	10 - 1000	3 - 100	90 – 99.999	50 - 1000
Conduite à distance	25	5-10	99.99999	> 1000

Technologie	Débit	Latence	Couverture
ITS-G5	6 Mbps	> 5 ms	400 m – 1Km
4G	100 – 600 Mbps	10 – 200 ms	10s m – 10s Km
5G	100 Mbps – 10Gbps	1-10ms	10s m – 10s Km

Principaux facilitateurs de la technologie 5G

#1: Nouveaux spectres radio

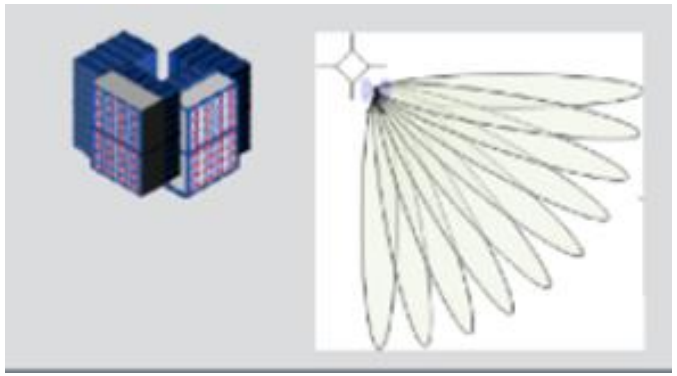


10 Gb/s,
quelques centaines de mètres de couverture

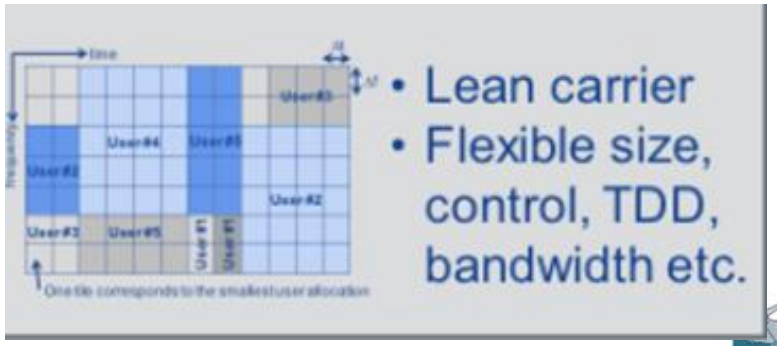
1 Gb/s
quelques kilomètres de couverture

100 Mb/s,
quelques centaines de kilomètres de couverture

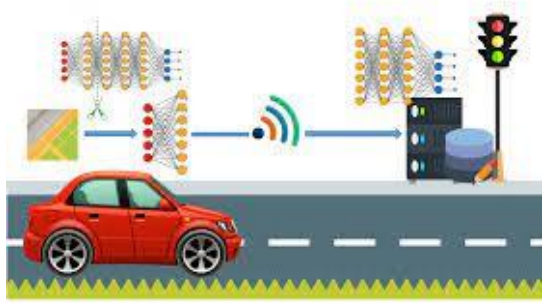
#2: Beamforming



#3: Slicing et fléxibilité



#4: Edge computing



Stratégie européenne pour une mobilité durable et intelligente

COMMISSION EUROPÉENNE

Bruxelles, le 9.12.2020
COM(2020) 789 final

COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN, AU CONSEIL, AU COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL EUROPÉEN ET AU COMITÉ DES RÉGIONS

Stratégie de mobilité durable et intelligente – mettre les transports européens sur la voie de l'avenir

{SWD(2020) 331 final}

A l'horizon 2030 :

- au moins 30 millions de véhicules à zéro émission circuleront sur les routes européennes
- 100 villes européennes seront climatiquement neutres
- le trafic ferroviaire à grande vitesse doublera en Europe
- les déplacements collectifs programmés de moins de 500 km devraient être neutres en carbone
- la mobilité automatisée sera déployée à grande échelle
- les navires à zéro émission seront prêts à être commercialisés

58. La Commission étudiera les possibilités de soutenir davantage les opérations de transport routier sûres, intelligentes et durables dans le cadre d'une agence existante ou d'un autre organisme. Cet organisme pourrait soutenir le déploiement et la gestion des STI ainsi que la mobilité connectée et automatisée durable dans toute l'Europe. Il pourrait faciliter l'élaboration de règles techniques pertinentes, notamment en ce qui concerne l'utilisation transfrontière de véhicules automatisés et le déploiement d'infrastructures de recharge et de

68. L'UE doit également veiller à ce que les infrastructures numériques atteignent le niveau et les performances les plus élevés, notamment grâce à la 5G, qui offre un large éventail de services et contribue à atteindre des niveaux d'automatisation plus élevés dans diverses applications de mobilité. En outre, des efforts supplémentaires sont

ICT-18: Le premier appel à projets européens sur la 5G pour la mobilité connectée et automatisée (CCAM)

- Objectifs
  - Valider de la technologie la 5G pour la CCAM
  - Identifier les problèmes et les obstacles d'utilisation de la 5G pour la CCAM
  - ciblant les scénarios transfrontaliers ou dans les zones où les analyses montrent une rentabilité inexistante ou mineure.

5GCroCo 5GMOBIX 5GCARMEN

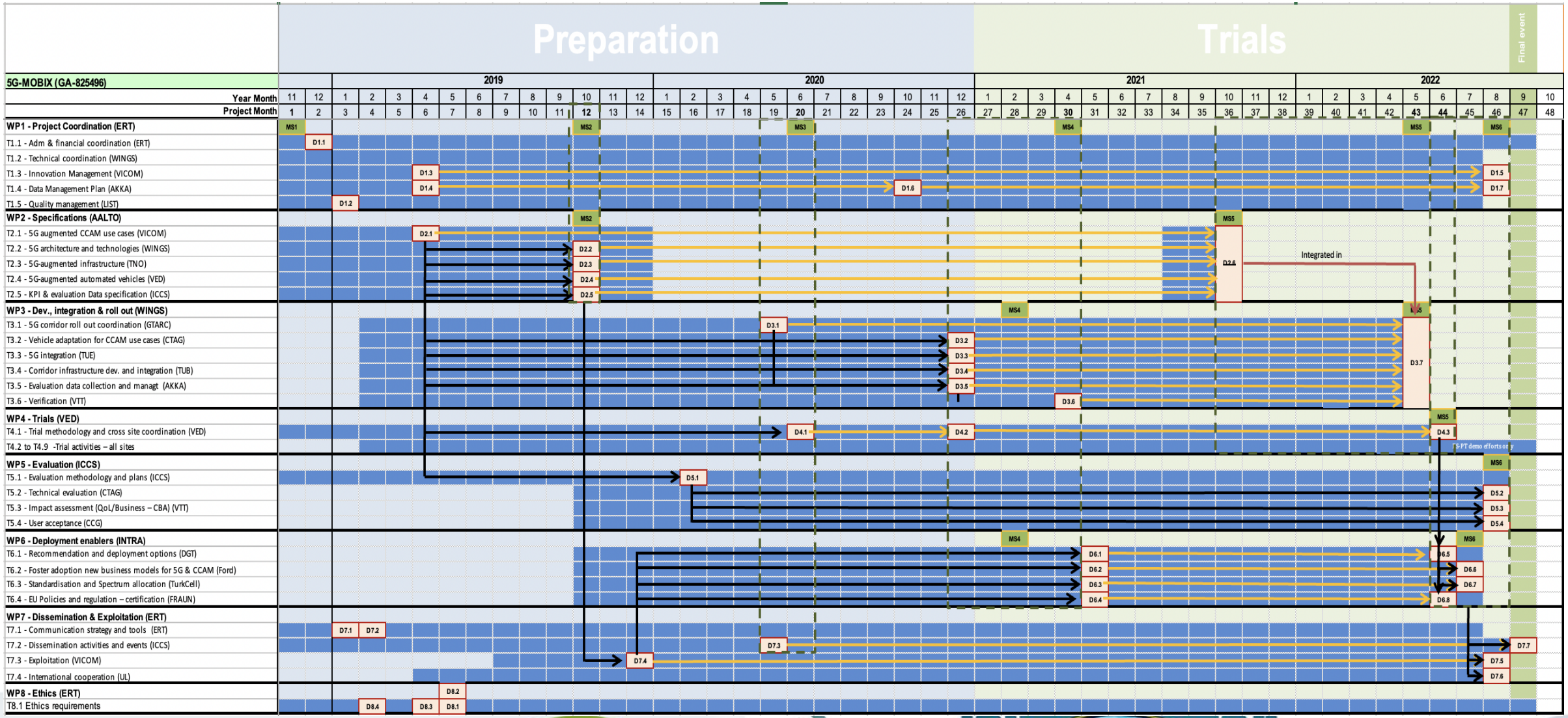
- couvrant plus de 1000 km d'autoroutes et impliquant 8 passages de frontières
- un financement combiné de 63 millions d'euros (50 millions d'aide EC)

Introduction du projet 5G-MOBIX

Le projet 5G-MOBIX

- Consortium
  - 59 partenaires de 11 pays européens
  - 9 partenaires de Chine et de Corée du Sud
- Objectifs
  - Tester les fonctionnalités des véhicules automatisés le long des corridors transfrontaliers et des sites d'essai urbains
  - Identifier les défis de la 5G dans le contexte de la CCAM.

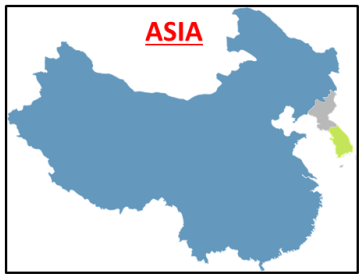
Calendrier du projet

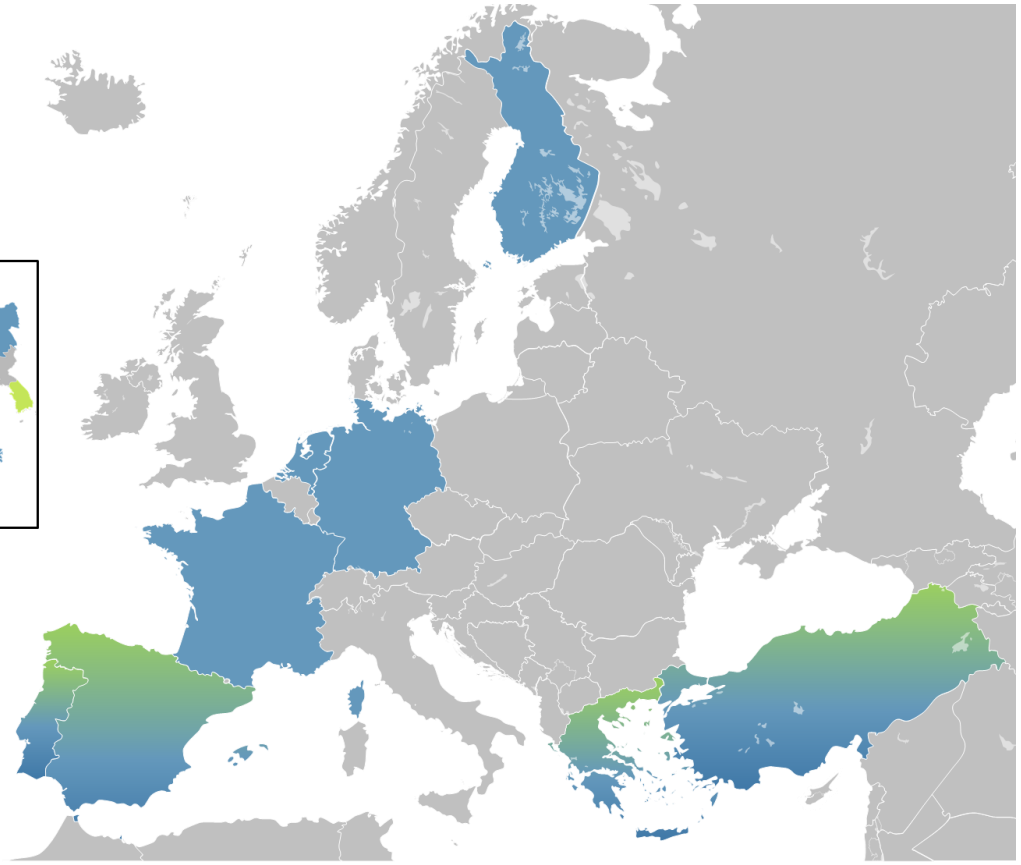


Sites d'essai 5G-MOBIX

LOCATIONS

- ***2*** Corridors transfrontaliers (CBC)
- ***4*** Sites européens (TS)
- ***2*** sites en Asie (TS)





Réseaux

- **29** 5G gNBs
- ***NSA*** Architecture

Véhicules

- ***20*** SAE L4 véhicules automatisés

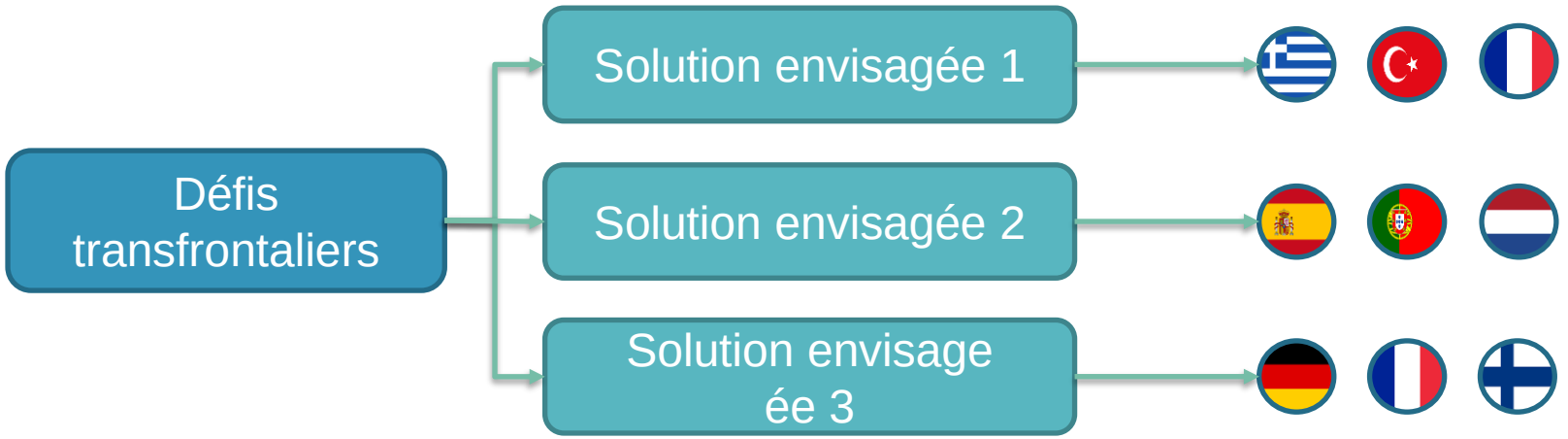
Cas d'usages

- 5 catégories de cas d'usages (3GPP TS 22.186)

Conduite avancée	Véhicules pelotons	Capteurs étendus	Conduite téléopérée	Assistance à la QoS des véhicules

Analyse des défis transfrontaliers

- Identification des principaux défis transfrontaliers (XBI) de la 5G pour la CCAM → 13 XBI sont identifiés
- Identification d'un ensemble de solutions envisagées (CS) pour résoudre les XBIs → 26 solutions envisagées dans 5G-MOBIX.



Défis transfrontaliers (XBI) et solutions envisagées (CS)

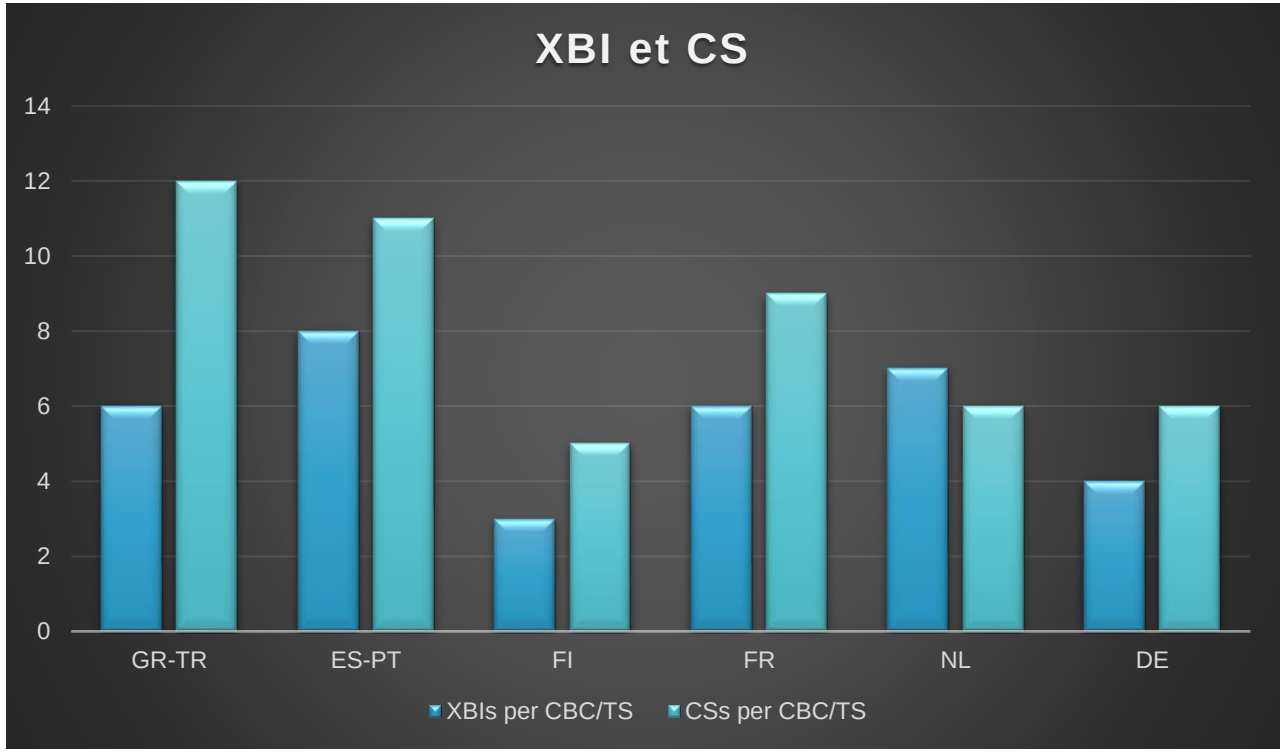
XBI	Title
XBI_1	NSA Roaming interruption
XBI_2	SA Roaming interruption
XBI_3	Inter-PLMN interconnection latency
XBI_4	Low coverage Areas
XBI_5	Session & Service Continuity
XBI_6	Data routing
XBI_7	Insufficient Accuracy of GPS Positioning
XBI_8	Dynamic QoS Continuity
XBI_9	Data and Protocol Stack Interoperability
XBI_10	Geo-Constrained Information Dissemination
XBI_12	mmWave applicability
XBI_13	Network slicing applicability

CS	Definition
CS_1	S1 handover with S10 interface using an NSA network
CS_2	Release and redirect using an NSA network
CS_3	Release and redirect with S10 interface using an NSA network
CS_4	Multi-modem / multi-SIM connectivity - Passive Mode
CS_5	Multi-modem / multi-SIM connectivity - Link Aggregation
CS_6	Release and redirect using an SA network
CS_7	Internet-based Interconnection
CS_8	Direct Interconnection.
CS_9	Satellite connectivity
CS_10	MEC service discovery and migration using enhanced DNS support
CS_11	Imminent HO detection & Proactive IP change alert
CS_12	Inter-PLMN HO, AF make-before-break, SA
CS_13	Double MQTT client

CS	Definition
CS_14	Inter-MEC exchange of data
CS_15	Inter-server exchange of data
CS_16	LBO NSA
CS_17	HR NSA
CS_18	LBO SA
CS_19	HR SA
CS_20	Compressed sensing positioning
CS_21	Adaptive Video Streaming.
CS_22	Predictive QoS
CS_23	Uu geobroadcast
CS_24	PC5 geobroacast
CS_25	mmWave 5G.
CS_26	Network slicing

Nombres de XBIs et CS per site

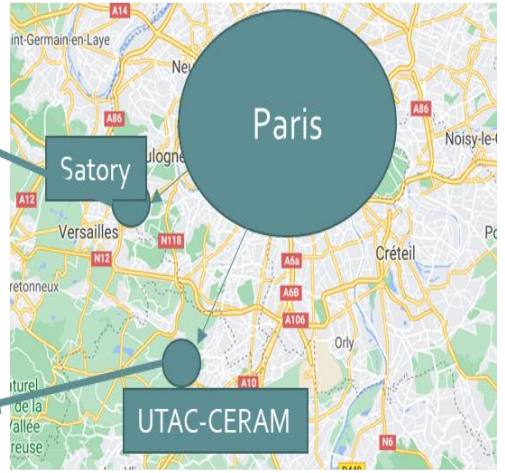
CBC/TS	# XBIs	# CS
ES-PT	8	11
GR-TR	6	12
DE	4	6
FI	3	5
FR	6	9
NL	7	6



5G-MOBIX Site Français

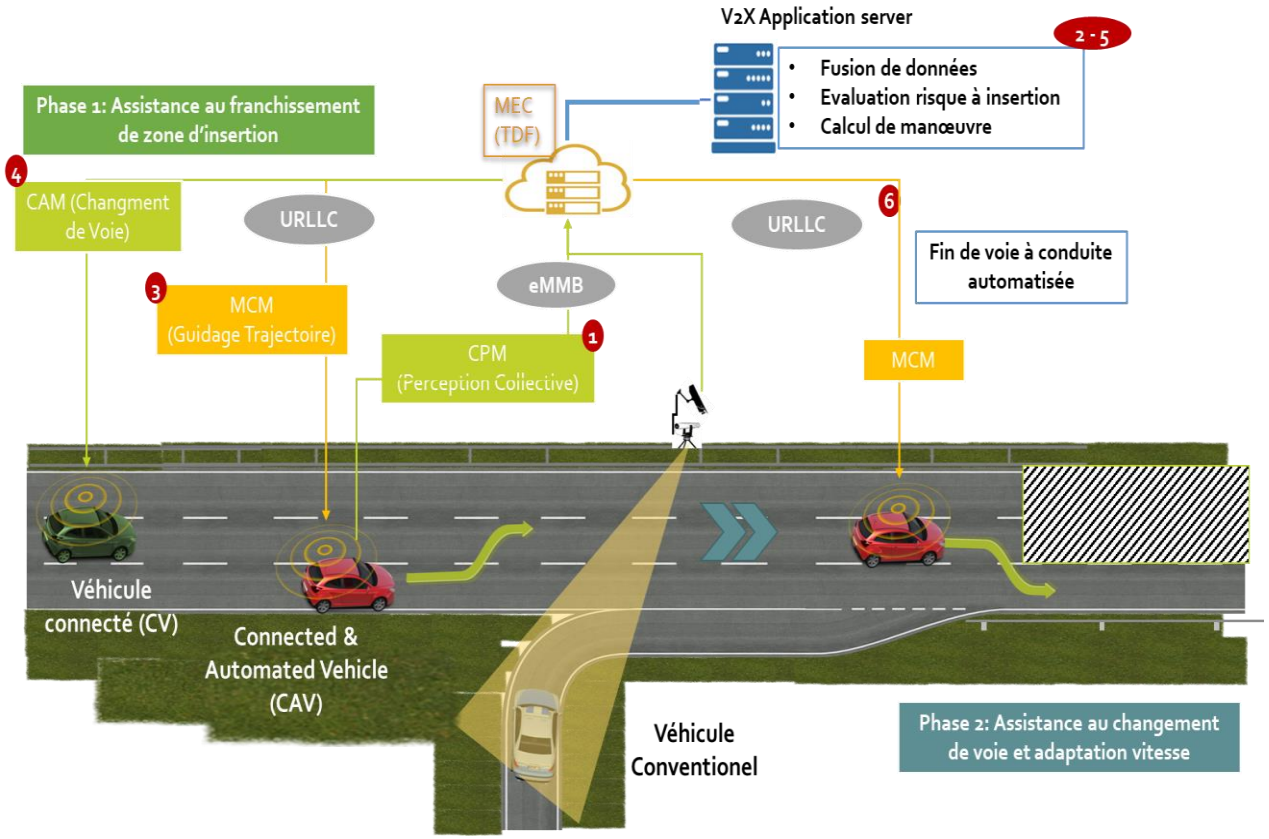
Description du site français

	Site Français
Technologies	5G NSA, Satellite
Vehicules	1 VAC, 2 VC, 1 véhicule basique (VEDECOM)
Unités embarquées	3 unités embarquées véhicules 5G (VEDECOM) 3 unités embarquées véhicules 5G (VALEO) 1 terminal Satellite (CATAPULT) 1 routier intelligent (CATAPULT)
Infrastructure / MEC	3 camera débarquées (VEDECOM) 1 lidar infras (VEDECOM) 3 MECs (AKKA, TDF) 1 cloud (CATAPULT, VEDECOM)
Zones de test	Sites d'essai fermé: SATORY, TEQMO Route ouverte: Yvelines



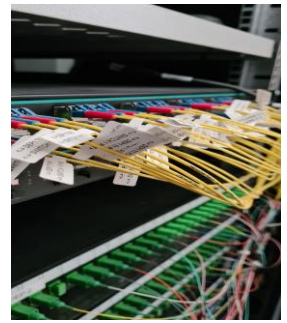
Cas d'usage : Conduite avancée assistée par l'infrastructure dans un trafic hybride

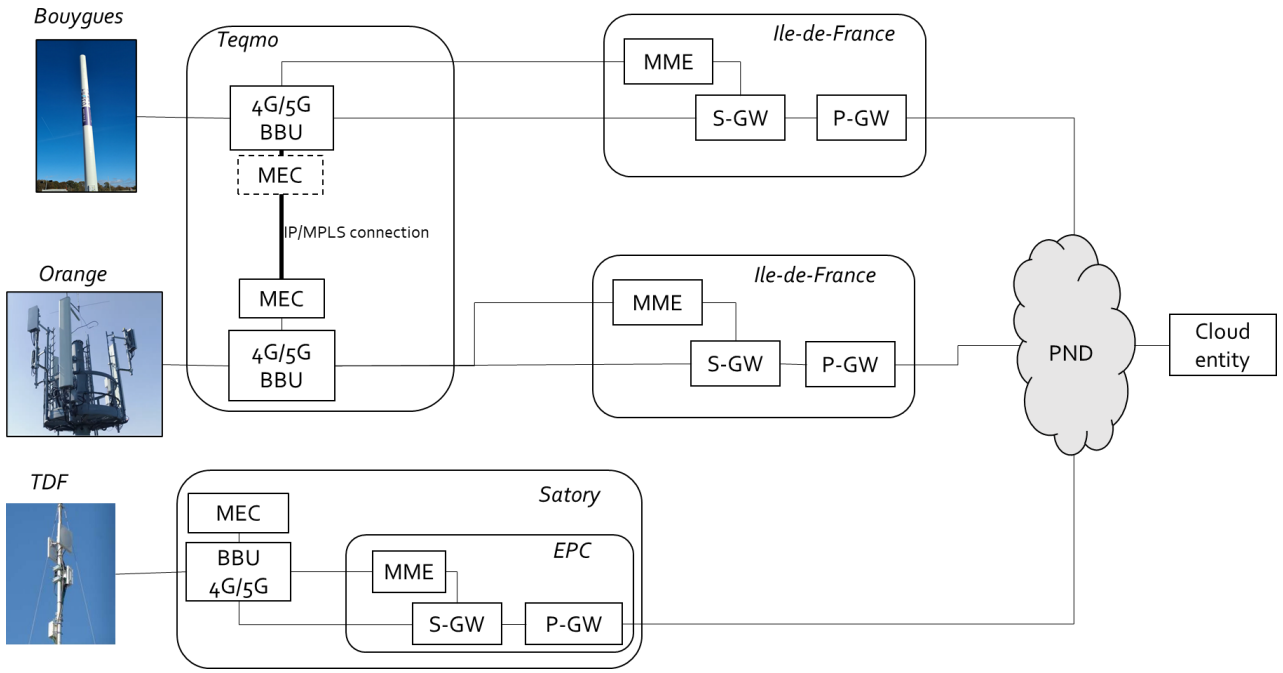
- L'infrastructure (MEC) assiste véhicules
  - à s'insérer dans la circulation hybride
  - à respecter le code de la route
- Phase 1, MEC:
  - Perception étendue : collecte de données provenant de capteurs sur la route et des véhicules (CAM, CPM)
  - Analyse de risques
  - Guidage des manœuvres du VAC pour le changement de voie par le MCM
- Phase 2, MEC:
  - Perception étendue
  - Informations sur le code de la route provenant de la TMC (zone interdite aux AD, limite de vitesse)
  - Guidage du VAC pour respecter le code de la route (par MCM)

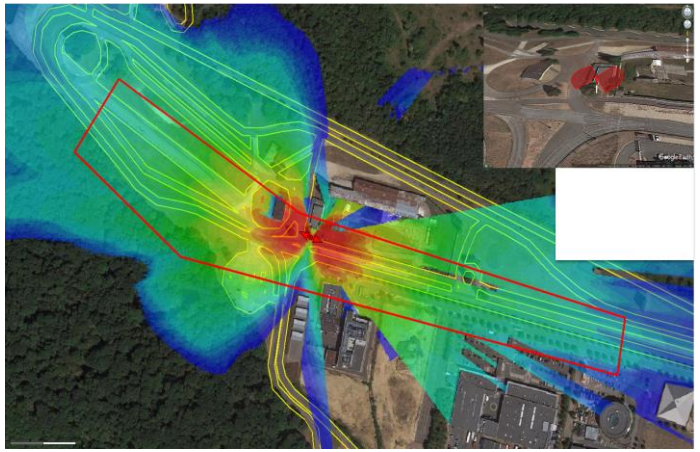


Réseaux 5G

TDF	NSA, reseau experimental, 1gNB, 26 GHz
Bouygues	NSA, reseaux commercial, 2 gNB (Satory, Teqmo) 3,5GHz
Orange	NSA, reseau experimental, 1gNB, 3,5GHz (Teqmo)

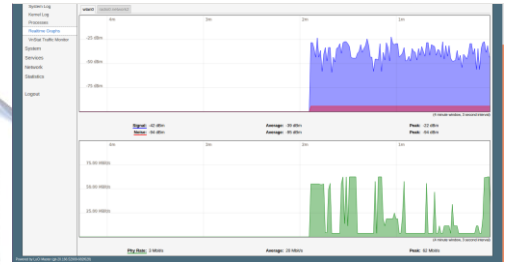






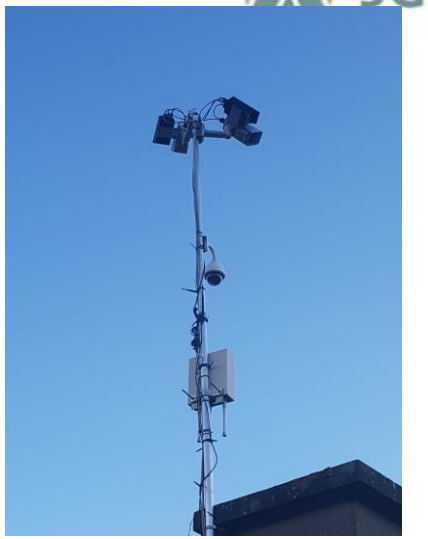
Les véhicules et les unités embarquées

- Véhicules
  - 1 véhicule automatisé et connecté (VAC)
  - 2 véhicules connecté (VC)
  - 1 véhicule basique (VB)
- Unités Embarquées
  - 3 unités embarquées véhicules de VEDECOM (5G sur les bandes sub-6G et mmWave)
  - 3 unités embarquées véhicules de VALEO (5G sur la bande sub-6G)
  - Un terminal Satellite (CATAPULT)
  - Un routeur intelligent (CATAPULT)
- **Logiciels d'unité embarqué (VEDECOM)**
  - Pile protocolaire IP et non-IP pour messages V2X (CAM, CPM, MCM, MAP)
  - Applications V2X
  - Client de QoS prédiction
  - Client de KPI



Infrastructures

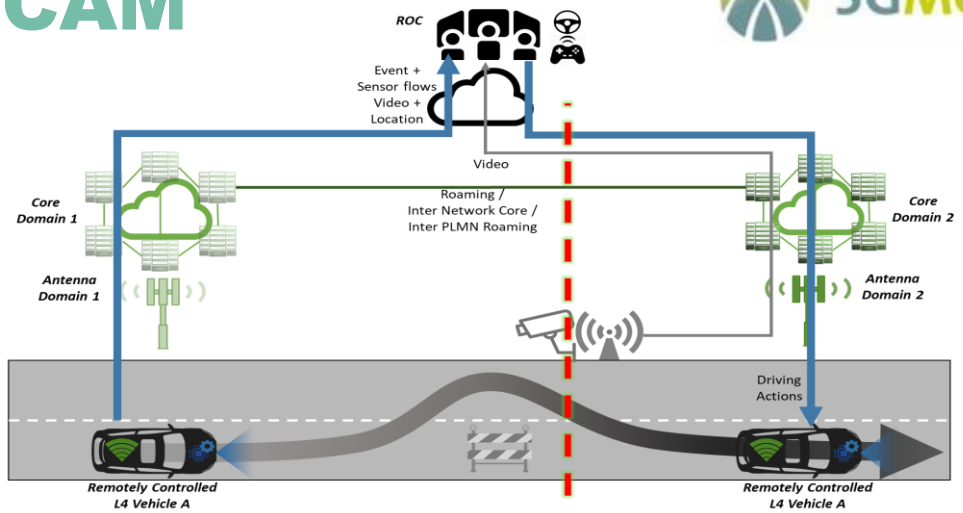
- MEC
  - 2 MECs (TDF, AKKA)
  - 2 serveurs Cloud (VEDECOM, CATAPULT)
- Capteurs débarqués (VEDECOM)
  - 3 cameras
  - 1 lidar
- Applications (VEDECOM)
  - Serveurs d'application V2X (CAM, CPM, MCM, MAP)
  - Module de fusion de données
  - Module de analyses de risque et guidage de trajectoire
  - Module de QoS prédiction
  - Manageur KPI



Les défis visés de la 5G pour la CCAM

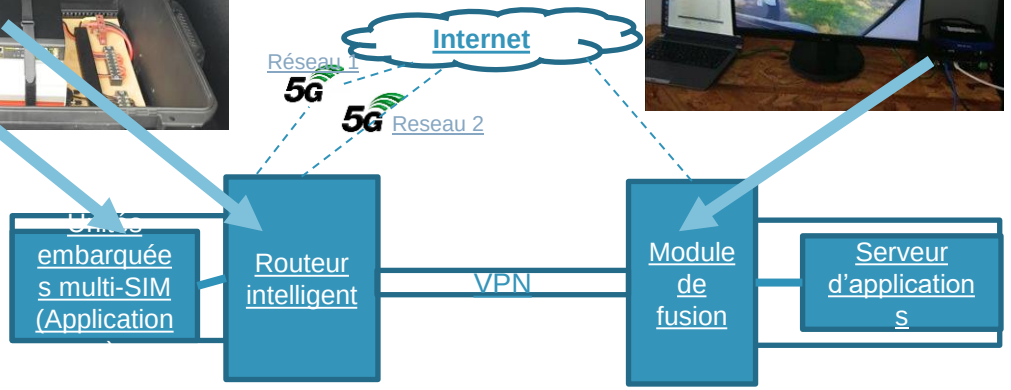
- La continuité et la qualité des services sont des exigences essentielles pour les applications CCAM

Défis	Solutions du FR TS
Délai du roaming/handover	Connectivité seamless grâce à une solution multi-SIM
Faible couverture de radio	Utilisation de la technologie satellitaire
Changement soudain de la qualité de la communication	Prédiction de la QoS

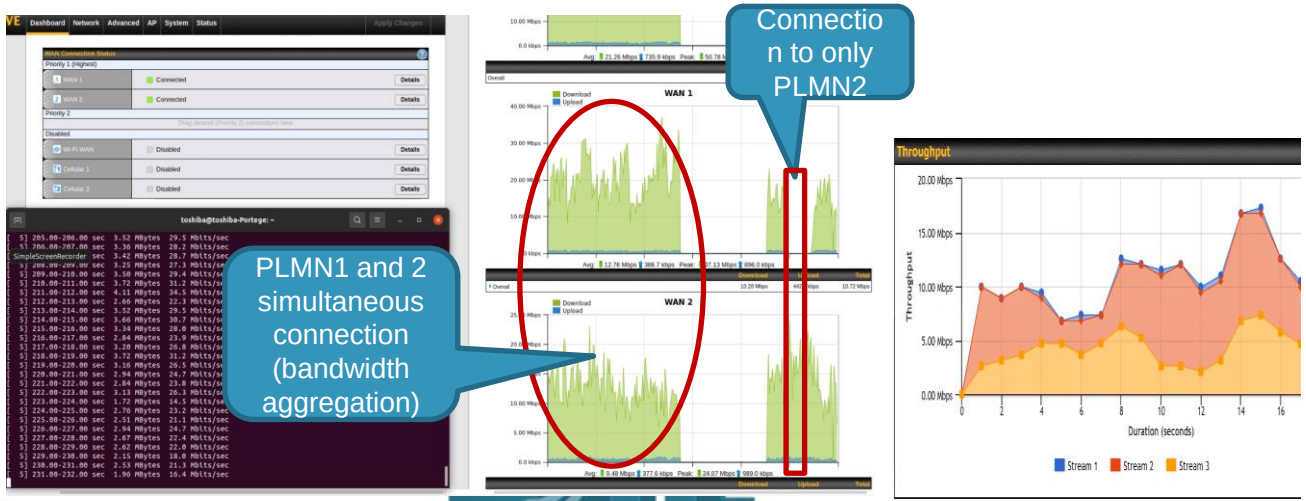


Solution 1: la connectivité Multi-SIM

- Véhicule connecté: l'utilisation de multi-SIM grâce à un routeur intelligent
  - Connexion simultanément à deux réseaux 5G → réduction (voir suppression) du délai lié au roaming/handover
  - Agrégation des connexions multiples → augmentation du débit



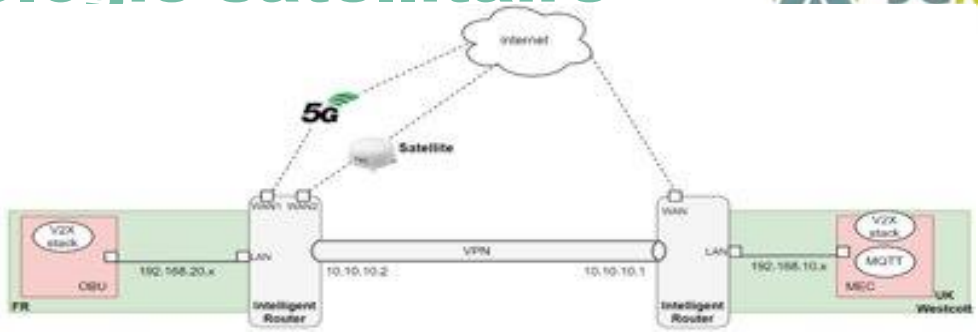
- Serveur MEC/Cloud: l'utilisation d'un module de fusion
  - Fusion de paquets reçus sur différentes connexions
  - Réordonnancement des paquets

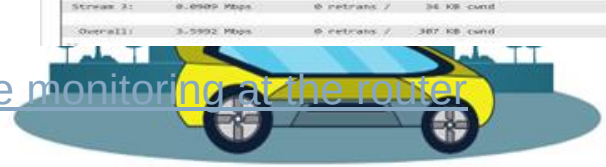


Performance monitoring at the router

Solution 2: Utilisation de la technologie satellitaire

- La technologie satellitaire sur la zone non-couverte par les réseaux terrestres
- Iridium Certus LEO Constellation
  - Thales Iridium Certus-350 Land Mobile (jusqu'à 500 kbps)
  - Couverture mondiale à 100% (y compris les régions polaires)
- Véhicule est équipé avec
  - Unité embarquée 5G
  - Terminal satellitaire
  - Routeur intelligent

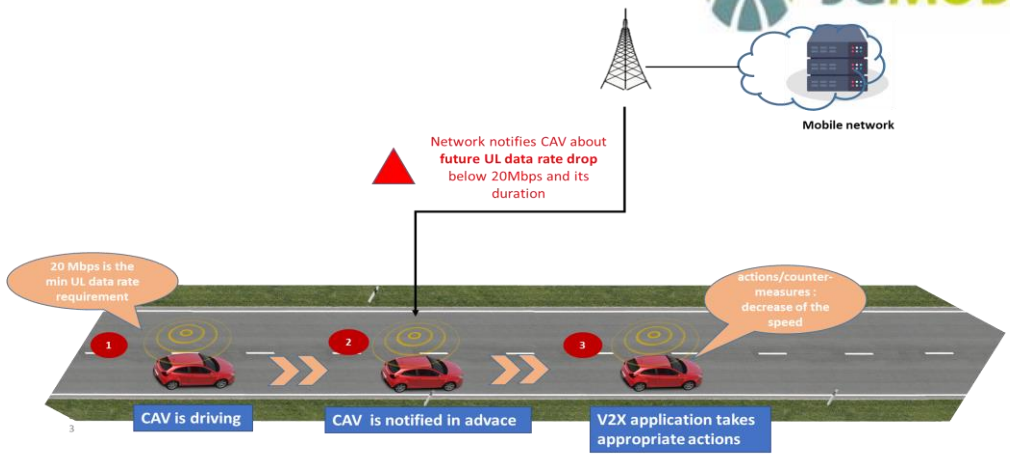


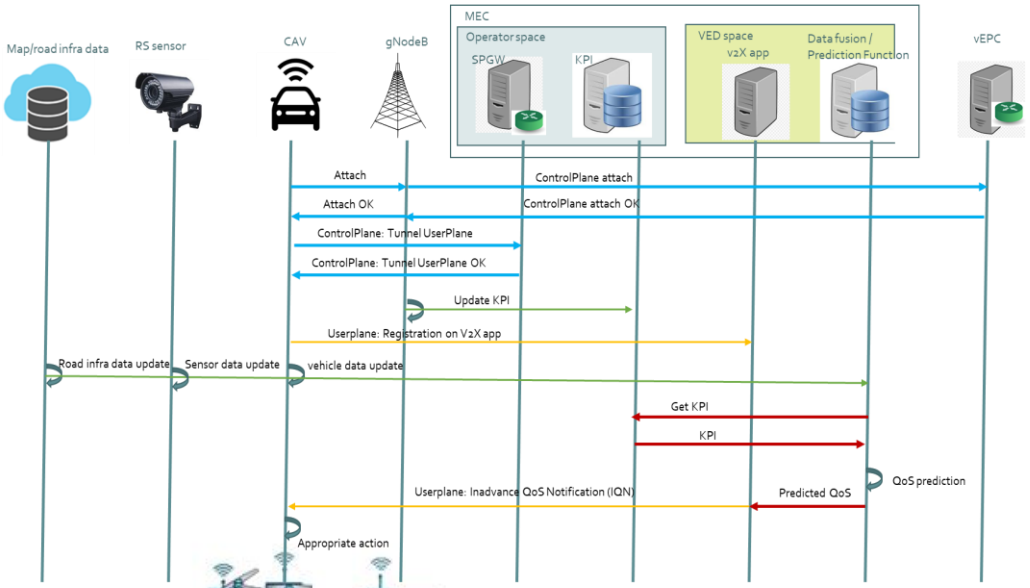


[Performance monitoring at the router]

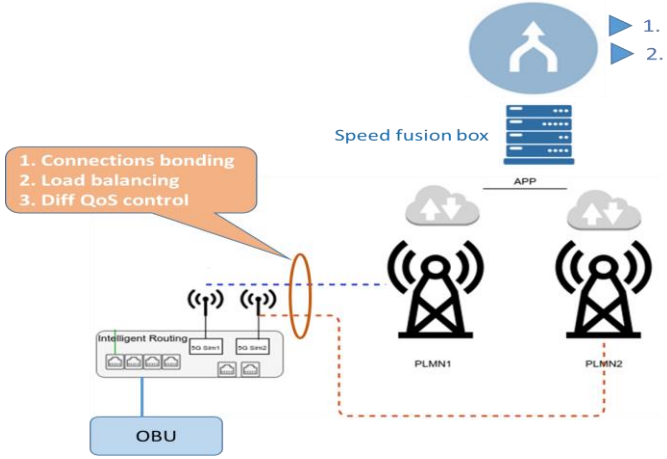
Solution 3: Adaptative QoS

- Motivation
  - Changement soudain des performances de communication à la frontière, en raison du handover/roaming.
- Module de prédiction (installé dans la MEC)
  - Prédit les performances de communication sur la base d'un modèle d'apprentissage automatique à partir de données collectées lors de tests sur route ouverte.
  - Demande aux utilisateurs d'adapter leur comportement (taux de vidéo, taux de CAM, taux de CPM, vitesse) par un message de notification (IQN).





Contributions au site ES-PT

- La solution Multi-SIM
  - Tests et démonstration de la continuité du service CCAM dans des scénarios transfrontaliers
  -

- Contribution au cas d'usage de ES-PT avec un véhicule connecté du site français
  - Le véhicule « français » est équipé d'un OBU à double pile et d'un mécanisme de sécurité développé par FR TS.
  - Tests d'interopérabilité au niveau de la communication et de la sécurité.