

# CARA



AUVERGNE - RHÔNE - ALPES

**EUROPEAN CLUSTER  
FOR MOBILITY SOLUTIONS**

**Les C-ITS :**

**Les systèmes de transports  
intelligents qui révolutionnent la  
mobilité**



Rédaction : Marine Thomasson - CARA

Relecture et validation : Guillaume Travers et Fouad Baouche - CEREMA

## Table des matières

Glossaire .....	3
1. Introduction .....	4
2. Les C-ITS : comment est-ce que cela fonctionne ?.....	5
2.1 Le langage des C-ITS : les différents types de messages.....	5
2.2 Du Wifi à la 5G : les différentes technologies de communication .....	6
2.3 Les équipements embarqués et débarqués .....	8
2.4 Les infrastructures PKI : la cybersécurité au service de la route .....	9
2.5 L'application Coopits .....	10
2.6 Retour d'expérience sur le projet 5GOR (2021-2024).....	10
3. Comment garantir l'interopérabilité à l'échelle européenne ?.....	11
3.1 Qu'est-ce que l'ETSI ? .....	11
3.2 L'architecture ETSI : la colonne vertébrale des C-ITS.....	11
3.3 Scoop@F, C-Roads, InterCor : les laboratoires de l'innovation.....	12
4. Comment les C-ITS répondent-ils aux enjeux terrains ?.....	13
4.1 Définition des cas d'usages.....	13
4.2 Les C-ITS en action : exemples de cas d'usages.....	14
4.3 Day 1 à Day 3 : la feuille de route des déploiements .....	15
4.4 InDiD - Infrastructure Digitale de Demain – Préparation au Day 3 .....	16
5. Comment accélérer le passage à l'échelle des C-ITS ? .....	18
5.1 Quels sont les freins au déploiement aujourd'hui ? .....	18
5.2 Les leviers à activer pour faire des C-ITS une réalité terrain.....	19
5.3 Le projet SCALE : le passage à l'échelle .....	19
Conclusion.....	21

## Table des illustrations

Figure 2 - Les différents types de technologies.....	7
Figure 3- Unité Embarquée Véhicule de Lacroix Mobility - Swarco .....	8
Figure 4 - Unité Bord de Route de Lacroix Mobility.....	8
Figure 5 - Architecture C-ITS par le projet InDiD.....	9
Figure 6 - Feuille de route des déploiements des cas d'usages .....	15
Figure 7 - Carte interactive des déploiements C-ITS de la DGITM .....	16
Figure 9 - Les sites pilotes du projet SCALE.....	20

## Glossaire

- CEF : Connecting Europe Facility
- CEN : Comité Européen de Normalisation
- C-ITS : Cooperative Intelligent Transport Systems
- C-V2X : Cellular Vehicle-to-Everything
- DGE : Direction Générale des Entreprises
- DGITM : Direction Générale des infrastructures, des transports et des mobilités
- ETSI : European Telecommunications Standards Institute
- GLOSA : Green Light Optimal Speed Advisory
- I2I : Infrastructure à Infrastructure
- ISO : International Organization for Standardization
- OSI : Open Systems Interconnection
- PKI : Public Key Infrastructure
- SA : Stand Alone
- UBR : Unité Bord de Route
- UEV : Unité Embarquée Véhicule
- V2I : Véhicule à Infrastructure
- V2N : Véhicule à Network
- V2X : Véhicule à Everything
- VRU: Vulnerable Road Users

# 1. Introduction

Les C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems ou Systèmes de Transport Intelligents Coopératifs) sont des technologies qui permettent aux véhicules, infrastructures routières et autres usagers de la route de communiquer en temps réel afin d'améliorer la sécurité, la fluidité du trafic et l'efficacité énergétique.<sup>1</sup>

Leurs cas d'usages répondent à des défis actuels :

## Améliorer la sécurité routière

Les C-ITS renforcent la sécurité routière en permettant aux véhicules d'échanger leur position, leur vitesse ou leur trajectoire, réduisant les risques de collision. Les véhicules et les gestionnaires partagent aussi des événements (congestion, accident sur la voie, fermeture de voie, usager ou animal sur la voie, véhicule à contresens...). Ils facilitent aussi le partage d'informations sur les piétons, cyclistes ou obstacles. Les communications V2I (Véhicule à Infrastructure) quant à elles, anticipent les règles de circulation même en cas de faible visibilité et signalent en temps réel les dangers (déviations, embouteillages soudains, zones à risque).

## Augmenter l'efficacité du trafic routier

Les C-ITS optimisent la gestion du trafic et réduisent la congestion en permettant une meilleure coordination entre les véhicules et les infrastructures : optimisation des feux, ajustement temporaire des priorités ou ouverture/fermeture de voies selon la densité. On trouve des applications de régulation de trafic, une gestion du trafic intégrant le multimodal et la bonne intégration du transport en milieu urbain et périurbain.

## Promouvoir la durabilité

En réduisant arrêts et redémarrages et en lissant les vitesses (régulation dynamique du trafic...), les C-ITS contribuent à diminuer la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre. L'anticipation des ralentissements et la gestion optimisée des vitesses permettent une conduite plus fluide et écologique. Au-delà du confort, le V2I s'impose donc comme un levier essentiel de la transition écologique dans les mobilités urbaines et interurbaines. Le développement des communications véhicule-infrastructure ouvre la voie à une transformation en profondeur de la mobilité. Pourtant, son déploiement à grande échelle se heurte à plusieurs défis majeurs : le coût des infrastructures, l'interopérabilité entre les systèmes, et les exigences croissantes en matière de sécurité et de protection des données dans un environnement numérique en constante évolution.

C'est dans ce contexte que CARA a réuni les acteurs clés de la chaîne de valeur lors de deux événements complémentaires, associant expertise technologique et retours d'expérience concrets :

- Le 20 mars 2025, au CEREMA : « Véhicules & Infrastructures Connectées : Maturité, Usages et Intégration »
- Le 8 avril 2025, dans les locaux de CARA : « Véhicules & Infrastructures Connectées : Cas d'application – la Smart City »

Le présent document vise à restituer les enseignements de ces échanges, valoriser les contributions des experts.

---

<sup>1</sup> [Systèmes de Transports Intelligents Coopératifs \(C-ITS\) : cas d'usage et perspectives | Cerema](#)

## 2. Les C-ITS : comment est-ce que cela fonctionne ?

Les Systèmes de Transport Intelligents Coopératifs reposent sur une coopération entre objets du domaine routier, soit de véhicule à véhicule (V2V) soit entre véhicule et infrastructure (V2I). Il peut aussi y avoir des échanges entre les véhicules et les centres de supervision (V2N) et entre les infrastructures entre elles (I2I). Cette coopération peut se faire via une connexion directe de courte portée ou via une connexion longue portée ou cellulaire. Il est possible de généraliser ces échanges par l'appellation V2X (Véhicule to Everything).

Ces systèmes permettent aux véhicules, aux infrastructures routières et aux dispositifs portables, tels que les unités bords de routes et les unités véhicules embarquées, d'échanger des données et des informations pertinentes relatives à la section de route traversée, afin d'améliorer la sécurité routière, d'anticiper des risques et permettre une gestion coopérative du trafic. Le mode coopératif permet notamment aux capteurs embarqués dans le véhicule de recueillir des informations et de les transmettre aux véhicules en amont automatiquement, dans une logique d'émetteur-récepteur.

### 2.1 Le langage des C-ITS : les différents types de messages

Les C-ITS reposent sur des échanges d'informations par des messages normalisés. Le message, qu'il soit un message d'alerte, un message d'information ou tout autre message, est soumis à différentes normes européennes. L'intérêt d'utiliser des formats européens est d'assurer l'interopérabilité entre les systèmes et les équipements, tant en France qu'au niveau européen.

Les types de messages sont les suivants :

Message		Description
CAM	Cooperative Awareness Message	Messages diffusés par les véhicules pour indiquer leur position, vitesse ou direction, améliorant la connaissance de l'environnement.
DENM	Decentralized Environmental Notification Message	Messages d'alerte signalant des événements ponctuels comme accidents, travaux ou dangers sur la route.
IVIM	In-Vehicle Information Message	Informations équivalentes à celles d'un panneau à messages variables, directement transmises dans le véhicule.
POIM	Point Of Interest Message	Données sur des points d'intérêt (parkings, services, tarifs, disponibilité), utiles à la mobilité et au confort.
SPaTEM	Signal Phase and Timing Message	Etat en temps réel des feux de signalisation (phases et durées restantes)
MAPEM	Message Access Profile Message	Description de la topologie routière (voies, intersections, limitations, signalisation)

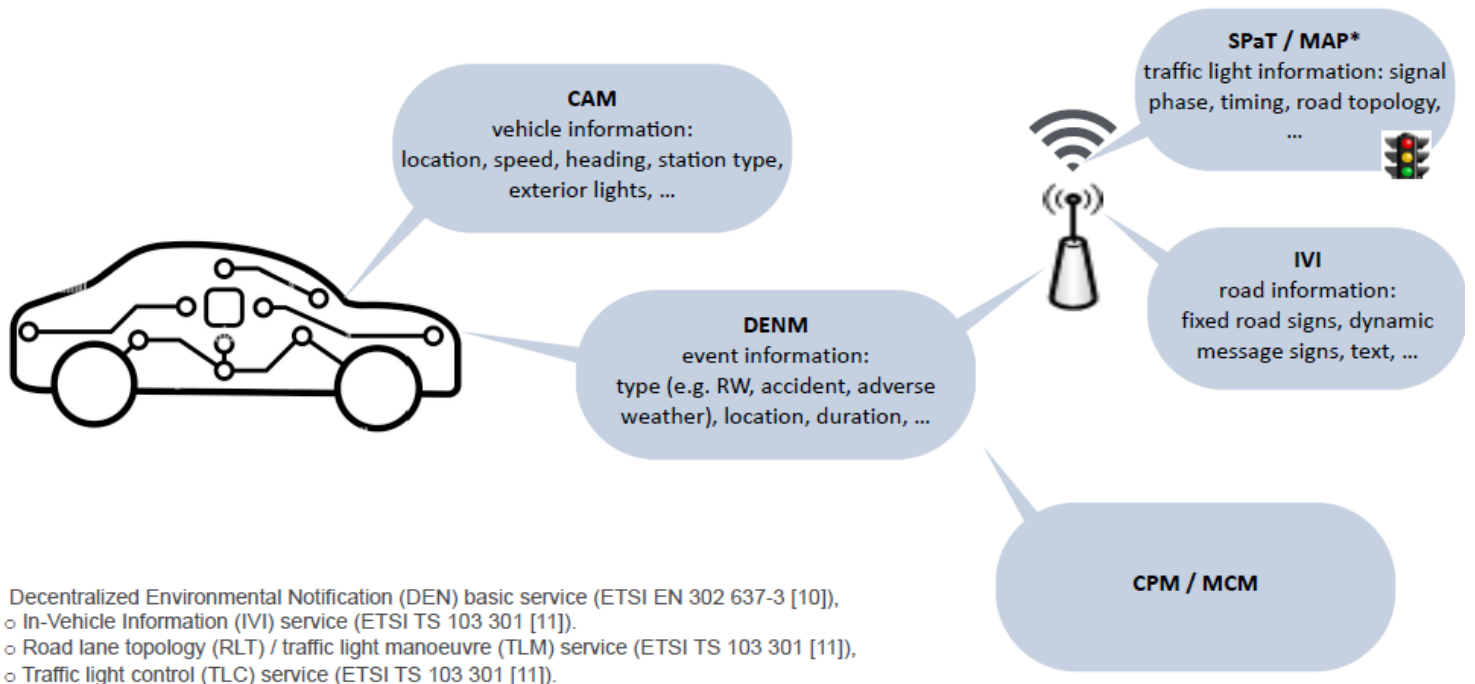


Figure 1 - Les messages dans leur environnement – Projet InDiD

## 2.2 Du Wifi à la 5G : les différentes technologies de communication

La transmission des messages entre véhicules, avec l’infrastructure ou les centres de contrôle peut se faire via une connexion directe de courte portée ou via une connexion longue portée ou cellulaire.

Un écosystème modulaire a été développé afin d’assurer la complémentarité de ces technologies de communication mais aussi de s’adapter aux différentes situations et besoins des gestionnaires.

- **Les technologies de courte portée**

Les communications de courte portée (short-range, V2V/V2I), reposant sur le standard ITS-G5 (Wi-Fi 802.11p), permettent des échanges rapides et locaux entre véhicules et infrastructures. Elles sont particulièrement adaptées aux cas d’usage critiques comme l’alerte de freinage d’urgence, le signalement d’un véhicule en panne, la coordination aux intersections ou encore la priorité aux transports en commun. Leur principal atout réside dans une très faible latence, assurant une transmission immédiate sans dépendre du réseau cellulaire. En revanche, leur portée reste limitée (300 à 500 m), ce qui restreint leur efficacité aux seules zones équipées et ne permet pas une gestion globale du trafic.

- **Les technologies de longue portée**

Les communications de longue portée (long-range, V2N) s’appuient sur les réseaux cellulaires (4G et 5G) pour relier les véhicules à des serveurs centralisés et aux gestionnaires d’infrastructures. Elles facilitent une supervision étendue du trafic, couvrant aussi bien les zones urbaines que les axes autoroutiers. Elles permettent la diffusion d’informations en temps réel, l’optimisation des itinéraires ou encore la détection des risques liés aux conditions météorologiques. Leur force est leur grande couverture, efficace même avec un faible taux de véhicules connectés, ainsi que l’accès à des données centralisées. Toutefois, elles présentent une latence plus élevée que le short-range, dépendent fortement des infrastructures télécoms et impliquent des coûts liés aux abonnements et aux usages.

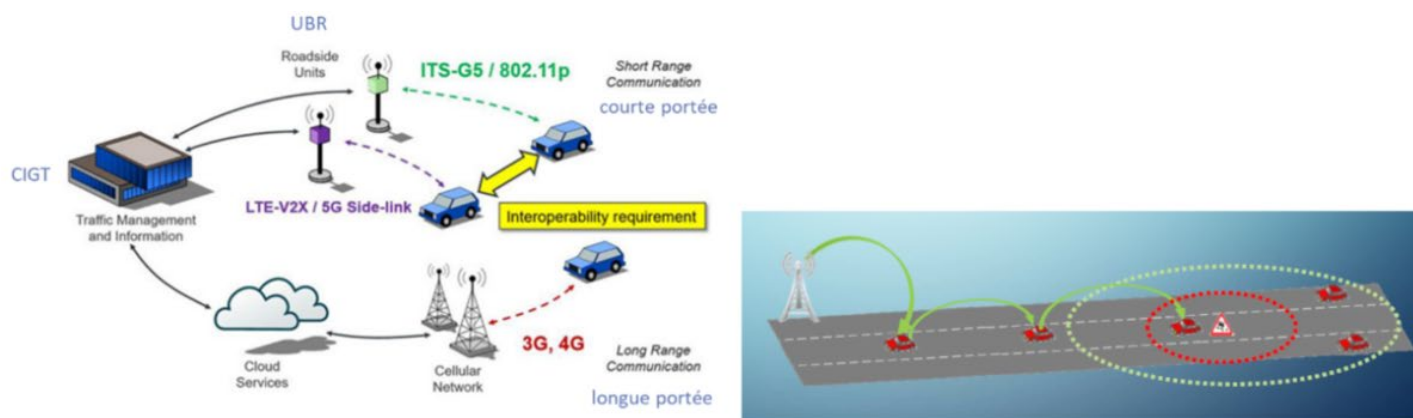


Figure 1 - Les différents types de technologies

- **L'hybridation** permet de combiner plusieurs technologies de communication V2I et V2V dans une architecture commune afin de tirer parti :
  - Des communications à faibles latences pour les alertes critiques
  - Des réseaux longue portée (4G/5G) pour le cloud, la supervision et des services non critiques

Cette approche a émergé progressivement à partir de 2016, avec la création de la 5G Automotive Association (5GAA)<sup>2</sup> et s'est consolidée en 2019 lorsque le Parlement européen a officialisé la neutralité technologique. Des projets tels que **SCOOP@F**, **InterCor** et **C-Roads** ont testé et validé cette complémentarité. Depuis 2020, la plateforme C-Roads travaille sur les différents types de technologies courtes et longues portées, ouvrant la voie au déploiement d'Unités Bord de Route hybrides dans plusieurs États membres.

- **Le C-V2X : un mode d'hybridation comme alternative à l'ITS-G5**

Le C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) est un exemple d'hybridation. Il combine le canal direct PC5, comparable à l'ITS-G5 pour les communications locales à faible latence, et l'interface Uu, qui exploite les réseaux cellulaires (4G puis 5G) pour les échanges longue portée avec les serveurs et centres de supervision. Cette technologie permet de recevoir et d'émettre des messages même en zones blanches (territoires non couverts par un réseau mobile) avec des relais récurrents entre véhicules situés en zone blanche.

Soutenu par de nombreux constructeurs automobiles et équipementiers, notamment en Asie et en Amérique du Nord, le C-V2X s'impose progressivement comme une technologie concurrente mais aussi complémentaire de l'ITS-G5. En Europe, les débats sur la neutralité technologique ont ouvert la voie à une approche hybride, mais la standardisation et l'interopérabilité entre C-V2X et ITS-G5 restent des enjeux cruciaux pour garantir une adoption harmonisée.

Dans une logique d'approfondissement, le rapport<sup>3</sup> du groupe de travail piloté par la DGITM et la DGE apporte une analyse détaillée des technologies de communication mobilisées dans les systèmes de transport intelligents coopératifs (C-ITS). Il propose notamment une comparaison structurée des principales solutions aujourd'hui envisagées.

Au-delà de la simple description technologique, ce document met en évidence les enjeux associés à leur déploiement à grande échelle, notamment en matière d'interopérabilité, de cybersécurité et de complémentarité entre les différentes approches. Il souligne ainsi que le développement des C-ITS repose sur une articulation fine entre communications de courte et de longue portée, **dans un**

<sup>2</sup> [5GAA publishes updated Roadmap for C-V2X - 5GAA](#)

<sup>3</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Rapport%20GT%20technologies%20STI-vfin.pdf>

objectif d'amélioration continue de la sécurité routière et de l'efficacité des systèmes de transport. Ce rapport a été réalisé en concertation avec les filières mobilité et télécom en lien avec des organismes techniques et de recherche.

### 2.3 Les équipements embarqués et débarqués

Pour déployer efficacement des systèmes V2I et V2V, un ensemble d'équipements technologiques est nécessaire, à la fois côté **véhicules**, **infrastructures routières**, et **réseaux de communication**.

- **Les Unités Embarquées Véhicules : la pierre angulaire des communications V2X**

Les Unités Embarquées Véhicules (UEV), constituent le cœur technologique des communications V2X. Ces dispositifs permettent aux véhicules de dialoguer en temps réel avec leur environnement (infrastructure, autres véhicules, centres de supervision).

Ils peuvent être intégrés en usine sur les véhicules de nouvelle génération, comme c'est le cas sur certains modèles conçus pour la mobilité connectée, qui embarque des capacités de connectivité étendues. À défaut, ces unités peuvent être ajoutées en rétrofit sur des véhicules existants via des intégrateurs spécialisés comme Swarco (ex. Lacroix City) ou Siemens Mobility.

Les Unités Embarquées Véhicules permettent d'échanger avec l'infrastructure pour gérer la priorité aux feux, signaler incidents et zones de travaux, ou encore anticiper l'état des carrefours. Connectées aux équipements des bus, elles facilitent les services de transport public et renforcent sécurité routière, fluidité et efficacité urbaine.



Figure 2- Unité Embarquée Véhicule de Lacroix Mobility - Swarco

- **Les Unités Bord de Route : l'intelligence connectée de l'infrastructure**

Les Unités Bord de Route (UBR) représentent le pendant des UEV côté infrastructure. Installées sur ou à proximité des équipements routiers stratégiques (carrefours, feux, panneaux dynamiques), elles jouent un rôle clé dans le déploiement des services V2I pour les communications courte portée. Elles assurent la communication bidirectionnelle avec les véhicules connectés, via les messages normalisés tels que SPaT (état et timing des feux), MAP (topologie des carrefours), IVI (signalisation réglementaire) et DENM (alertes événementielles).



Figure 3 - Unité Bord de Route de Lacroix Mobility

Certaines UBR embarquent aussi des fonctions qui permettent d'être connectées à des serveurs de Edge Computing, permettant un traitement local des données (caméras, radars, capteurs météo) afin de réagir plus rapidement, sans attendre une validation du centre de supervision.

Que ça soit les UEV ou les UBR l'essentiel des équipements disposent généralement de plusieurs interfaces de communication, majoritairement ITS-G5 mais aussi C-V2X et 4G/5G, ce qui leur permet de fonctionner dans des environnements hybrides.

Conçues pour être interopérables et sécurisées, les équipements sont compatibles avec les infrastructures de clés publiques (PKI), ce qui garantit la signature et la vérification des messages selon les standards européens de cybersécurité ETSI (Standards Européens) et ISO (Standards Internationaux).

## 2.4 Les infrastructures PKI : la cybersécurité au service de la route

Dans les systèmes C-ITS, les véhicules et les infrastructures (UEV et UBR) échangent des messages critiques (CAM, DENM, SPaT, MAP...). Pour éviter les usurpations et garantir la fiabilité, la Public Key Infrastructure (PKI) assure l'authenticité, l'intégrité et la confidentialité des communications grâce à des certificats électroniques temporaires et pseudonymisés. Ces certificats, renouvelés régulièrement, permettent de prouver qu'un véhicule ou une infrastructure est autorisé à émettre un message, tout en protégeant la vie privée et en limitant les risques de traçage.

La PKI est un pilier de la cybersécurité des C-ITS : elle fonde la confiance entre acteurs et conditionne la crédibilité des services. Elle soulève cependant un défi opérationnel majeur, celui de la gestion complexe des certificats (renouvellement, révocation, supervision). Elle constitue aussi un levier réglementaire : la révision de la directive ITS en 2023 a rendu obligatoire la mise en place d'un cadre PKI européen, garantissant l'interopérabilité et l'harmonisation entre États membres.

Au niveau européen, l'ETSI définit l'architecture PKI dans le cadre du système de confiance C-ITS, coordonné par la Commission européenne. Les projets SCOOP@F et C-Roads ont joué un rôle clé en expérimentant l'interopérabilité transfrontalière. En France, SCOOP@F puis InDiD ont permis le déploiement d'une PKI nationale interopérable avec le cadre européen, testée à la fois sur des flottes de véhicules et sur des UBR. Cette expérience place la France parmi les pays moteurs dans la sécurisation et la standardisation des C-ITS.

## Architecture

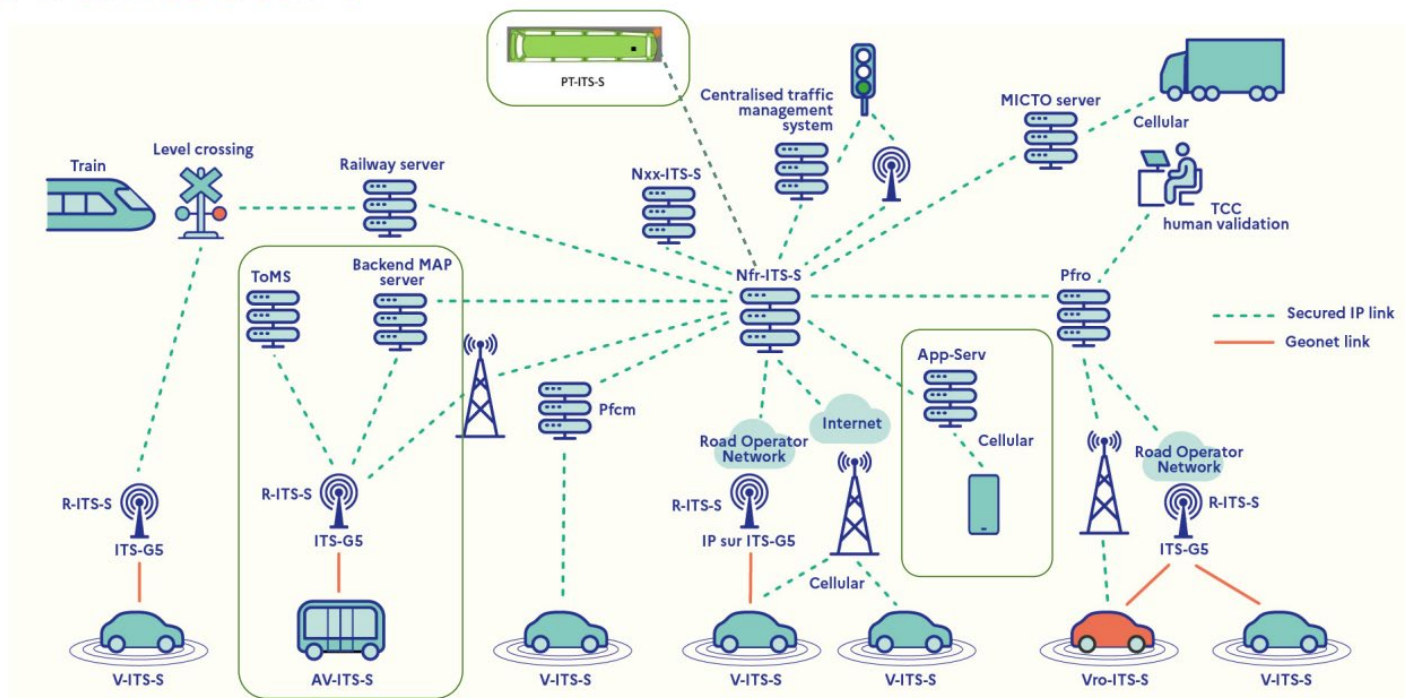


Figure 4 - Architecture C-ITS par le projet InDiD

## 2.5 L'application Coopits

L'application Coopits constitue une illustration concrète des systèmes de transport intelligents coopératifs (C-ITS) du point de vue utilisateur. Elle a été développée par la DGITM et financée à 50 % par l'Union européenne dans le cadre de projets tels que C-ROADS France et InDiD. Accessible sur smartphone, elle permet aux conducteurs de recevoir en temps réel des informations issues des gestionnaires d'infrastructures routières, telles que des alertes de danger, des messages de panneaux à message variable ou encore la disponibilité des places de stationnement.

Son fonctionnement repose sur une logique de superposition avec les applications de navigation existantes, ce qui permet d'afficher des alertes directement sur l'écran sans perturber le guidage. L'utilisateur est ainsi informé à l'approche d'événements (accident, obstacle, chantier, etc.), avec des notifications contextuelles qui disparaissent une fois la zone dépassée.

Par ailleurs, Coopits intègre des services avancés comme le GLOSA (Green Light Optimal Speed Advisory), qui recommande une vitesse adaptée pour franchir un feu au vert, contribuant à la fois à la fluidité du trafic, à la sécurité et à la réduction de la consommation énergétique. L'application permet également à l'utilisateur de signaler certains événements au gestionnaire routier, participant ainsi à l'enrichissement de l'information diffusée.

Dans son ensemble, Coopits illustre la mise en œuvre opérationnelle des C-ITS en proposant une interaction directe entre infrastructure et usager, tout en préparant l'évolution vers des services coopératifs plus avancés.

## 2.6 Retour d'expérience sur le projet 5GOR (2021-2024)

Le projet 5G Open Road, financé dans le cadre de France 2030, a réuni 17 partenaires issus de la mobilité, des services numériques et des télécommunications. Il s'agit du premier projet français à grande échelle ayant exploré concrètement l'apport de la 5G pour les usagers, les collectivités et les industriels, avec un accent particulier sur la sécurité routière et l'émergence de nouveaux services de mobilité connectée.

Grâce à la coopération entre les constructeurs automobiles (Stellantis, Renault), les équipementiers (Valeo), les nouveaux acteurs de la mobilité autonome (Milla, TwinsWheel) et les spécialistes des infrastructures routières et des télécoms (Bouygues, Nokia, Orange, Lacroix...), le projet a permis de valider une série de cas d'usages innovants : recherche collaborative de places de stationnement, intersections intelligentes, régulation dynamique du trafic, logistique autonome du dernier kilomètre ou encore déploiement de navettes autonomes.

Ces expérimentations ont été menées sur deux territoires : la zone urbaine de Vélizy et le campus de Paris-Saclay. Elles ont montré que la 5G, associée au edge computing, permet de lever plusieurs verrous technologiques, en particulier l'anticipation des risques liés aux usagers vulnérables (VRU) comme les piétons, cyclistes ou utilisateurs de trottinettes.

En pratique, l'association de la 5G Stand Alone (SA), de l'interface Uu (liaison cellulaire) et du edge computing permet d'atteindre une latence très faible et un traitement local quasi-temps réel. Ainsi, une caméra de voirie ou un capteur urbain peut détecter un piéton masqué par un obstacle et transmettre immédiatement une alerte aux véhicules connectés à proximité. Cette capacité à prévenir les collisions représente une avancée majeure pour la sécurité en zone dense.

Au-delà de la sécurité, le projet a également mis en avant l'intérêt du slicing réseau, fonctionnalité clé de la 5G SA. Le slicing permet de réserver des ressources spécifiques pour des services critiques : par exemple, des tranches de réseau dédiées aux services d'urgence (ambulances, véhicules de police connectés), d'autres pour les transports collectifs autonomes et partagés, et encore d'autres

pour la logistique du dernier kilomètre ou les communications V2I. Cela garantit à la fois priorisation, fiabilité et interopérabilité entre différents acteurs.

Enfin, le projet a souligné l'importance de la cybersécurité et de l'interopérabilité : la gestion des certificats (PKI), la sécurisation des échanges V2X et l'intégration des solutions européennes (normes ETSI/ISO) sont apparues comme des conditions indispensables au passage à l'échelle.

### **3. Comment garantir l'interopérabilité à l'échelle européenne ?**

Afin de garantir l'échange fluide et sécurisé des données, une architecture C-ITS harmonisée a été définie à l'échelle européenne. Basée sur des standards communs, elle assure l'interopérabilité entre véhicules et infrastructures, indépendamment de la marque, de la technologie ou du pays. L'objectif est double : permettre aux véhicules, UEV et UBR de fabricants différents de communiquer entre eux, et assurer une compatibilité transfrontalière, par exemple entre un véhicule allemand et un feu tricolore français.

#### **3.1 Qu'est-ce que l'ETSI ?**

L'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) est l'un des principaux organismes européens de normalisation, reconnu officiellement par l'Union européenne en lien avec les autres organismes de normalisation comme le CEN (Comité Européen de Normalisation) et l'ISO (International Organization for Standardization). Il élabore des normes techniques applicables aux technologies de l'information et de la communication, incluant les télécommunications, les réseaux, l'IoT et les systèmes coopératifs de transport intelligents (C-ITS).

Dans le domaine des C-ITS, l'ETSI joue un rôle central en définissant les protocoles de communication, les architectures système et les exigences de sécurité permettant l'échange d'informations entre véhicules, infrastructures et autres usagers de la route. Ces normes assurent l'interopérabilité des systèmes à l'échelle européenne et contribuent à garantir la fiabilité, la cybersécurité et la continuité des services.

Les travaux relatifs aux C-ITS sont principalement conduits au sein du comité technique ITS (Intelligent Transport Systems) de l'ETSI, qui développe notamment les standards de communication ITS-G5 (basés sur le Wi-Fi) et encadre les évolutions vers les technologies cellulaires (C-V2X). Ils s'inscrivent dans un cadre réglementaire européen structurant, notamment via des actes délégués encadrant les C-ITS, et reposent sur une implication active des États membres, qui contribuent à l'élaboration des normes, orientent les priorités et veillent à leur mise en œuvre cohérente à l'échelle nationale.

#### **3.2 L'architecture ETSI : la colonne vertébrale des C-ITS**

L'ETSI a défini une architecture en couches pour structurer les communications C-ITS<sup>4</sup>. Cette approche a ensuite été enrichie par les travaux de nombreux projets européens (SCOOP@F, C-Roads, InterCor...), elle a été par la suite intégrée par les standards ISO à l'internationale.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> [ETSI - Automotive Intelligent Transport | Intelligent Transport Systems \(ITS\)](#)

<sup>5</sup> [ISO 21217:2020\(en\), Intelligent transport systems — Station and communication architecture](#)

Les principales couches ETSI C-ITS permettent d'encadrer les messages par des formats standardisés, robustes et évolutifs<sup>6</sup> (CAM pour la position, DENM pour les évènements...).

On distingue 4 niveaux :

Couche	Fonction
<b>Application Layer</b>	Gestion des services et des messages applicatifs (ex. CAM, DENM, SPaT...)
<b>Facilities Layer</b>	Normalisation et encodage/décodage des messages
<b>Networking &amp; Transport Layer</b>	Acheminement, routage géographique (GeoNetworking)
<b>Access Layer</b>	Technologies radio (ITS-G5, C-V2X), sécurité de bas niveau

Tableau 1 - Les différentes couches ETSI

Leur fonctionnement est hiérarchique : par exemple, un message CAM généré par la couche Application est encodé par Facilities, transporté par la couche Réseau/Transport et transmis via la radio courte portée par la couche Accès.

### 3.3 Scoop@F, C-Roads, InterCor : les laboratoires de l'innovation

Depuis 2014, l'Europe est un véritable laboratoire de solutions ITS grâce notamment aux projets européens qui ont servi de socle expérimental pour la standardisation ETSI, l'harmonisation de l'architecture des C-ITS et la mise en cohérence européenne.

- **SCOOP@F : le projet fondateur en France (2014-2020)**

Le projet SCOOP@F a permis de connecter plus de 3000 véhicules sur 2000km de route. L'objectif du projet était de tester en grandeur nature les services C-ITS basés sur les communications V2X, en s'appuyant sur les standards européens ETSI émergents.

Avant le projet, aucune implémentation concrète de messages CAM/DENM en France n'avait été réalisée, les standards ETSI étaient encore en cours de finalisation et il n'y avait pas de coordination entre constructeurs et gestionnaires d'infrastructures.

En déployant plus de 3000km d'infrastructures connectées (routes nationales et autoroutes) en France, le projet SCOOP@F a permis la validation terrain des messages CAM et DENM, ainsi que les premiers tests de sécurité. Les premiers tests d'UBR avec des véhicules de deux constructeurs différents (Renault et PSA) ont permis de réaliser les premiers tests d'interopérabilité.

Le projet SCOOP@F a fourni un retour d'expérience concret à ETSI, qui a intégré ces retours pour stabiliser ses normes. Ce projet a aussi été le point de départ de la création de la carte interactive des services C-ITS en France.

- **C-Roads : la plateforme européenne (2016 - 2019)**

<sup>6</sup> [83509\\_WILHELM\\_2018\\_archivage.pdf](#)

Jusqu'en 2016, des projets nationaux isolés, peu ou pas interopérables existaient, les formats de messages, de cas d'usages et des infrastructures étaient encore très hétérogènes et le risque de fragmentation européenne présent.

C-Roads, un projet européen de 18 Etats membres ainsi que des partenaires privés (constructeurs, opérateurs, intégrateurs) a permis l'harmonisation des profils C-ITS européens, la définition d'un cadre commun d'architecture C-ITS et la création de « C-ITS Deployment Guidelines »<sup>7</sup>, documents de référence pour tous les projets.

- **InterCor : l'interopérabilité le long des corridors internationaux (2016-2020)**

En parallèle du projet C-Roads, le projet InterCor avait pour objectif de tester et démontrer l'interopérabilité transfrontalière des services C-ITS le long de corridors internationaux. A cette époque il existe encore des doutes sur l'interopérabilité transfrontalière (protocoles, sécurité, langage) mais aussi des systèmes différents entre gestionnaires routiers nationaux.

La réalisation de tests croisés sur 4 pays (France, Belgique, Royaume-Uni et Pays-Bas) a permis de tester à l'échelle des standards européens encore théoriques comme l'interprétation des messages CAM/DENM/IVI mais aussi l'interopérabilité des tests de sécurité (interopérabilité PKI et certificats pseudonymes). Il a permis de valider la robustesse des profils ETSI en contexte réel, même entre Etats.

Le projet InterCor est aussi le premier projet à avoir expérimenté plusieurs canaux de communication et validé des services hybrides V2X (accès à distance via 4G + local via ITS-G5).

Aujourd'hui, les normes sont opérationnelles et l'architecture est stabilisée constituant une base solide pour déployer les cas d'usages à grande échelle.

## 4. Comment les C-ITS répondent-ils aux enjeux terrains ?

### 4.1 Définition des cas d'usages

Les C-ITS ne sont pas une technologie unique mais un écosystème de services numériques basé sur la communication entre véhicules, infrastructures et usagers. Pour structurer cet écosystème, les acteurs publics et privés ont choisi de s'appuyer sur des besoins concrets plutôt que sur des technologies. Ce qui compte pour un maire, un exploitant ou un conducteur, ce n'est pas le protocole employé, mais l'usage : prévenir un accident, fluidifier un carrefour, informer sur les parkings disponibles.

C'est pour cela que le vocabulaire de référence est celui des "cas d'usage". Un cas d'usage C-ITS décrit une situation concrète où un service apporte une valeur ajoutée en précisant :

1. Le **contexte** : dans quelle situation se trouve l'utilisateur (ex. : approche d'une intersection, conduite sur autoroute, recherche d'une place de stationnement).
2. L'**information échangée** : quel message C-ITS est transmis (ex. : CAM, DENM, SPaT, MAP, IVI).
3. Les **acteurs impliqués** : qui envoie l'information (véhicule, UBR, centre de gestion) et qui la reçoit (autres véhicules, piétons, superviseur).
4. L'**objectif** : quel bénéfice concret est attendu (sécurité, fluidité, confort, durabilité).

Cette approche présente trois avantages :

---

<sup>7</sup> [Platform: C-Roads](#)

- Favoriser l'acceptabilité par les usagers et décideurs publics.
- Garantir l'interopérabilité grâce à une normalisation européenne.
- Permettre un déploiement progressif et coordonné.

Les cas d'usages C-ITS sont répartis en 13 catégories et sont répertoriés dans le catalogue des cas d'usages français<sup>8</sup> avec chacun une description fonctionnelle indépendamment des technologies utilisées.

#### 4.2 Les C-ITS en action : exemples de cas d'usages

Parmi les différentes catégories existantes, plusieurs cas d'usages ont déjà été mis en œuvre et testés lors des projets européens SCOOP@F, C-Roads, InterCor et InDiD.

Événements inopinés et dangereux :



Les **Road Hazard Warning / Road Works Warning** permettent à un véhicule ou à l'infrastructure de signaler un danger soudain sur la chaussée : véhicule arrêté, accident, obstacle ou conditions météorologiques dégradées, présence d'un chantier, d'une voie neutralisée ou d'une déviation. L'information est transmise en temps réel aux autres usagers, leur offrant un temps de réaction accru et réduisant le risque d'accident.

- **Stationnement, parc relais et multimodalité**

Les services de stationnement connectés améliorent la fluidité urbaine et réduisent la congestion. **Parking Information** informe en temps réel sur la disponibilité des places, limitant la recherche inutile. **Park and Ride Information** encourage l'intermodalité en guidant vers des parcs relais liés aux transports collectifs. Ensemble, ces services favorisent une mobilité plus durable, réduisent l'empreinte carbone, les congestions en centre-ville et optimisent l'usage de l'espace urbain.



- **Gestion du trafic :**



Le cas d'usage **Emergency Vehicle Approaching** s'appuie sur la transmission d'une alerte indiquant l'approche d'un véhicule prioritaire. Il répond à un enjeu crucial : garantir une circulation plus fluide et plus sûre pour les véhicules de secours (ambulances, pompiers, police). Couplé à des systèmes de priorité aux feux, il contribue à réduire le temps d'intervention et à améliorer la sécurité des manœuvres d'urgence.

- **Intersections :**

<sup>8</sup> [https://c-its.developpement-durable.gouv.fr/app/uploads/2024/03/20240206\\_C-ITS-French-Use-Cases-Catalog\\_V5.80.pdf](https://c-its.developpement-durable.gouv.fr/app/uploads/2024/03/20240206_C-ITS-French-Use-Cases-Catalog_V5.80.pdf)

Les services aux intersections, comme le **Red Light Violation Warning**, détecte qu'un véhicule risque le franchissement d'un feu rouge et alerte le conducteur. Le **GLOSA** (Green Light Optimal Speed Advisory), conseille une vitesse optimale au conducteur pour passer au vert. Ces deux cas d'usages améliorent à la fois sécurité et fluidité. Ensemble, ils réduisent collisions, arrêts inutiles, consommation et émissions polluantes.

**RED-LIGHT  
Violation  
Warning**

**GLOSA**

• **Informations issues des véhicules :**

**PROBE  
Vehicle Data**

Le cas d'usage **Probe Vehicle Data** transforme les véhicules en capteurs mobiles. En partageant des données comme vitesse, freinages, conditions météo ou état de la route, ils enrichissent les centres de gestion. Ces informations améliorent la surveillance du trafic, la détection d'incidents et l'optimisation de la mobilité.

**4.3 Day 1 à Day 3 : la feuille de route des déploiements**

Afin d'organiser un déploiement progressif des cas d'usages selon leur maturité et leur criticité, la Commission Européenne, l'ETSI et la C-Roads plateforme les ont répertoriés en différentes catégories de Day 1 à Day 3+.

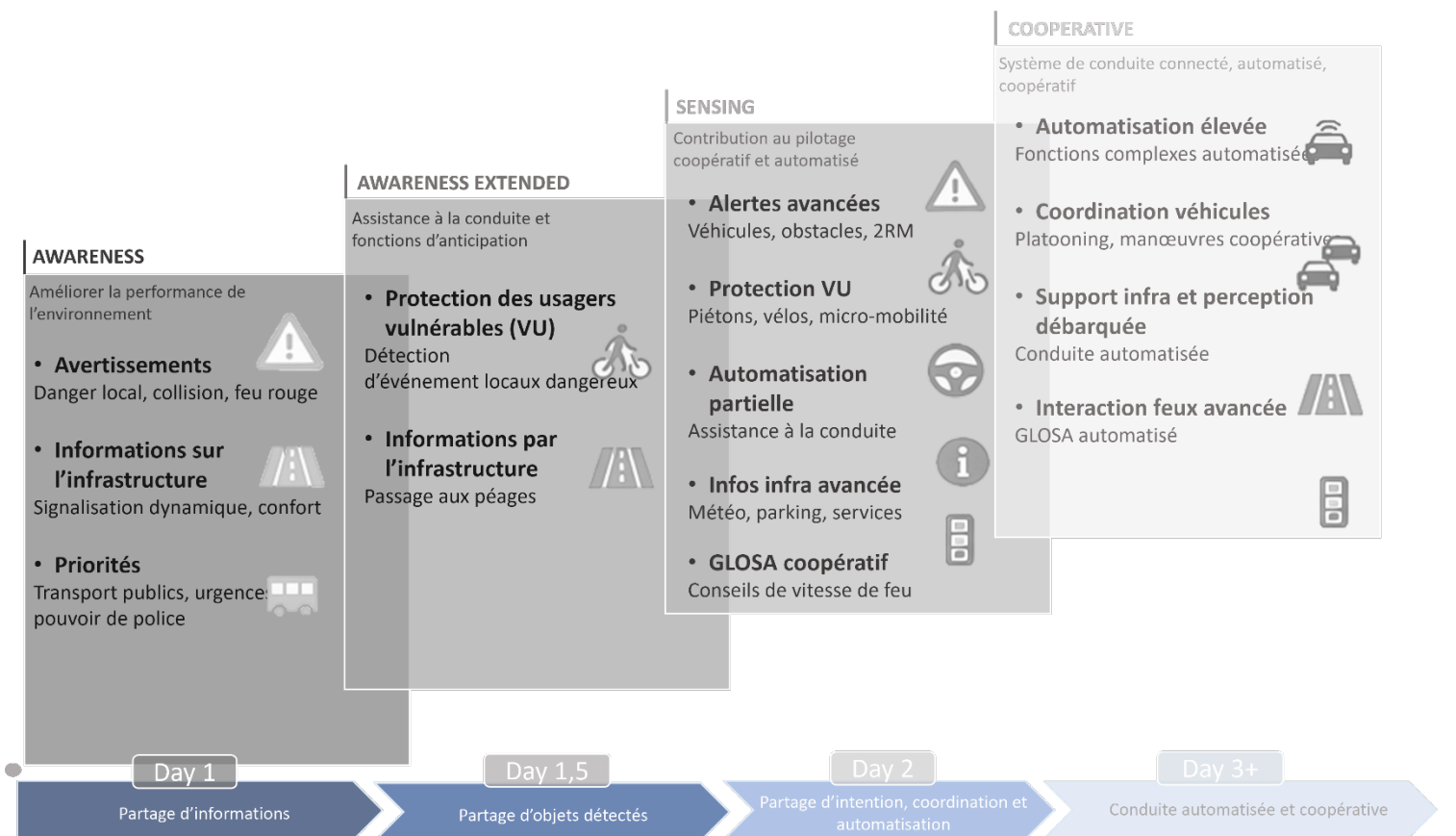


Figure 5 - Feuille de route des déploiements des cas d'usages

La DGITM a contribué au déploiement des C-ITS et mis en ligne une cartographie interactive<sup>9</sup> des différents déploiements sur le territoire français en fonction :

- Des différents cas d’usage et services C-ITS déployés
- Des stations et des équipements : cellulaire via la technologie ITS G5 ou l’application Coopits, les Unités Bord de Route ou les Unités Embarquées sur les Véhicules.
- Des gestionnaires routiers, que ce soient les collectivités, les autoroutiers ou les Directions Interdépartementales des Routes (DIR) De l’état du service : actuellement en test ou en service.

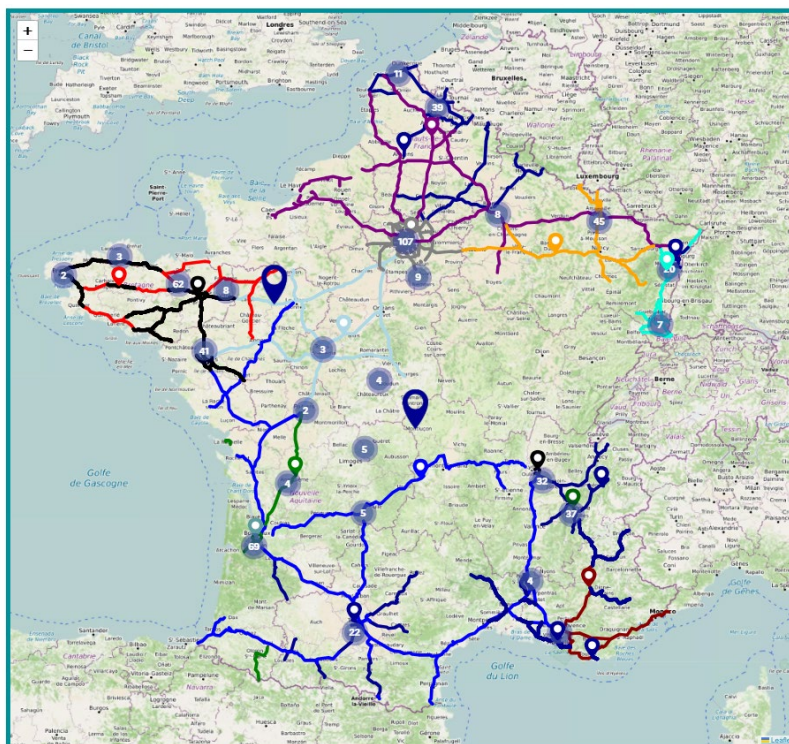


Figure 6 - Carte interactive des déploiements C-ITS de la DGITM

#### 4.4 InDiD - Infrastructure Digitale de Demain – Préparation au Day 3

Le projet InDiD s’inscrit dans la continuité des projets C-ITS français (SCOOP@F, C-Roads France, InterCor) et vise à élargir géographiquement et technologiquement le déploiement des services C-ITS. Coordonné par la DGITM, il s’est déployé de juillet 2019 à juin 2024, financé en partie par la Commission européenne via le mécanisme Connecting Europe Facility (CEF).

InDiD a enrichi le catalogue français des cas d’usage C-ITS avec plusieurs nouveautés, notamment des services pensés pour les véhicules automatisés. Parmi eux figurent, des cas d’usages situés entre Day 1 et Day 3<sup>10</sup> comme, le franchissement et l’approche de péages, ou encore les alertes adaptées aux zones de chantiers rencontrées par les véhicules automatisés.

Ce projet a mis en œuvre ces services sur plusieurs sites pilotes répartis dans toute la France : zones méditerranéennes, sud-ouest, centre-est et nord (Paris, IDF). Chaque site a promu l’expérimentation

<sup>9</sup> <https://c-its.developpement-durable.gouv.fr/carte-interactive/>

<sup>10</sup> [https://c-its.developpement-durable.gouv.fr/app/uploads/2024/07/session02\\_01\\_Presentation-cas-d-usage\\_J-CHAKIR.pdf](https://c-its.developpement-durable.gouv.fr/app/uploads/2024/07/session02_01_Presentation-cas-d-usage_J-CHAKIR.pdf)

de nouveaux cas d'usage dans un environnement réel, avec des évaluations techniques, comportementales, socio-économiques, environnementales et en termes de cybersécurité.

Les spécifications InDiD alimentent aujourd'hui la C-Roads plateforme, assurant la cohérence et l'interopérabilité des services C-ITS à l'échelle européenne. Elles contribuent également à l'évolution des standards ETSI et ISO pour les services Day 3+.

## 5. Comment accélérer le passage à l'échelle des C-ITS ?

Le projet InDiD s'inscrit dans la continuité des travaux menés par la DGITM et l'ensemble des acteurs français et européens sur les travaux des C-ITS. Un des livrables clés du projet a été la mise en avant de verrous et de leurs leviers potentiels afin de permettre le déploiement à grande échelle des services C-ITS.

La table ronde animée par la DGITM lors de l'évènement final d'InDiD qui s'est tenu les 11 et 12 juin 2024 ont permis au panel d'intervenants de les souligner et d'ouvrir les discussions.<sup>11</sup>

### 5.1 Quels sont les freins au déploiement aujourd'hui ?

- **Opérationnels**

La mise en œuvre et la maintenance des systèmes C-ITS restent complexes pour les gestionnaires d'infrastructures. L'ouverture des systèmes d'information accroît les risques de cyberattaques, ce qui impose une acculturation renforcée des équipes (SI, terrain, maintenance). Pour instaurer la confiance, les exploitants ont besoin d'équipements robustes, simples à installer, et accompagnés d'une stratégie claire de diffusion de l'information.

Côté constructeurs, l'intégration des C-ITS se heurte à des contraintes de coûts et de réglementation. Après avoir massivement investi dans les ADAS non connectés, ils doivent désormais relever un défi clé : générer, partager et restituer des données fiables aux usagers. Le bus CAN permet également d'accéder à de nombreuses données des véhicules. Pour l'instant, aucune réglementation ne contraint les constructeurs à communiquer ces informations.

- **Technologiques**

L'absence de consensus entre ITS-G5 et C-V2X freine les investissements. Si les usages « Day 1 » peuvent reposer sur le cellulaire, d'autres exigent une latence minimale via les communications de courte portée.

Au-delà du choix technologique, le défi majeur reste la qualité des données : capteurs fiables, fusion sécurisée, agrégation de flux multiples. L'acceptabilité des services dépendra de la capacité à délivrer « la bonne information, au bon moment ».

- **Economiques**

Si les C-ITS promettent des bénéfices considérables en matière de sécurité routière, leur transformation en modèle économique reste complexe.

Transformer les bénéfices sécuritaires en modèle économique reste difficile. Les coûts pèsent sur des acteurs distincts (constructeurs, collectivités, opérateurs), tandis que les gains profitent à l'ensemble de la société. Pour les usagers, la sécurité seule ne suffit pas : il faut des services visibles et utiles au quotidien.

Des initiatives comme Coopits illustrent ce potentiel, mais les collectivités manquent encore d'outils pour cibler précisément les zones nécessitant des unités de bord de route. Les constructeurs, eux, doivent concilier exigences de sécurité et contraintes de coûts, en maximisant les usages des équipements embarqués. La pérennité des installations, notamment les UBR, demeure une incertitude qui freine les investissements. Pourtant, avec 20 000 décès par an en Europe et l'objectif « Vision Zero » pour 2050, cette équation devra évoluer, comme ce fut le cas pour les ADAS.

---

<sup>11</sup> [session07\\_Table-ronde-Verrous-et-leviers-deploiement-C-ITS\\_MC-ESPOSITO.pdf](#)

## 5.2 Les leviers à activer pour faire des C-ITS une réalité terrain

- **Réglementaires**

L'un des moteurs clés pour accélérer le déploiement des C-ITS réside dans la réglementation. L'harmonisation des règles et des spécifications techniques est indispensable pour déclencher les investissements et garantir l'interopérabilité.

La révision de la directive ITS fixe désormais un cadre européen, avec notamment l'obligation d'une PKI commune, gage de sécurité et de confiance. L'Europe travaille également à normaliser les services testés, afin de les inscrire dans un cadre législatif et de mutualiser les bénéfices sans augmenter les coûts.

- **Création de services**

Si les infrastructures et technologies C-ITS sont désormais matures, leur déploiement à grande échelle dépendra surtout de la capacité à proposer des services concrets et visibles pour les usagers. Le «service déclencheur» pourrait concerner les véhicules prioritaires ou les flottes de transport public, avant un élargissement à d'autres usages : gestion du stationnement, régulation des poids lourds, fluidification du trafic ou sécurité des agents de terrain.

En milieu urbain, les C-ITS peuvent soutenir le développement de services multimodaux. Des services existants comme le GLOSA pourraient être optimisés pour réduire congestion et pollution.

Pour les constructeurs, la clé sera de multiplier les usages des équipements embarqués afin d'amortir les coûts, en évoluant des services de prévention vers une conduite coopérative et automatisée.

- **Exemples de nouveaux services**

Les infrastructures ouvrent la voie à une nouvelle génération de services. La **recharge intelligente de bus électriques** illustre déjà ce potentiel, en transformant le V2I en levier à la fois opérationnel et énergétique. Grâce à la télémétrie et à une base de données centralisée, il devient possible d'anticiper les besoins de charge en fonction des contraintes d'exploitation (retards, état des batteries, conditions climatiques). Le système optimise ainsi la distribution de l'énergie, prolonge la durée de vie des batteries et garantit la disponibilité des flottes.

Dans des environnements fermés comme les **dépôts de bus intelligents**, d'autres services peuvent émerger. Les véhicules pourraient d'abord signaler leur présence pour obtenir des priorités de circulation, avant de recevoir des consignes de vitesse ou de gestion énergétique. Progressivement, l'infrastructure serait capable de prendre en charge des fonctions critiques comme le freinage ou la direction, amorçant une coopération étroite avec la conduite automatisée.

## 5.3 Le projet SCALE : le passage à l'échelle

Le projet SCALE (Scalable Connected and Automated Living Environments) s'inscrit dans la continuité des initiatives européennes C-ITS comme SCOOP@F, InterCor et InDiD. Coordinné par un consortium européen, il réunit gestionnaires d'infrastructures, constructeurs, collectivités, acteurs de la recherche et du numérique autour d'un même objectif : passer de l'expérimentation au déploiement à grande échelle.

De 2023 à 2026, SCALE s'appuie sur 10 sites pilotes répartis en France (DIR Nord, Bordeaux, zones ZFE urbaines et rurales, sécurité des agents de bord de route, conduite automatisée) ainsi qu'en Espagne, Italie, Autriche et Hongrie. Chaque site incarne un cas d'usage prioritaire : protection des usagers vulnérables, fluidification du trafic, intermodalité, automatisation progressive des véhicules.

En capitalisant sur les acquis des projets précédents, SCALE vise à lever les verrous identifiés :

- Sur le plan technologique, il expérimente l’hybridation entre ITS-G5 et 5G afin d’adapter la connectivité aux besoins de chaque service ;
- Sur le plan opérationnel, il propose des solutions « clés en main » pour simplifier le déploiement et la maintenance des équipements par les collectivités ;
- Sur le plan économique, il explore des modèles de valeur partagés entre acteurs publics et privés ;
- Sur le plan réglementaire, il accompagne la mise en œuvre de la révision de la directive ITS en testant des services appelés à être standardisés en Europe.

Au-delà des infrastructures, SCALE met l’accent sur les services : de la sécurité des agents d’exploitation au guidage automatisé en zones à faibles émissions, en passant par la coopération avancée avec les véhicules automatisés.

L’ambition est claire : démontrer qu’une approche intégrée, interopérable et multi-acteurs peut transformer les C-ITS d’un champ d’expérimentations ponctuelles en une réalité déployée et pérenne au service des territoires européens.

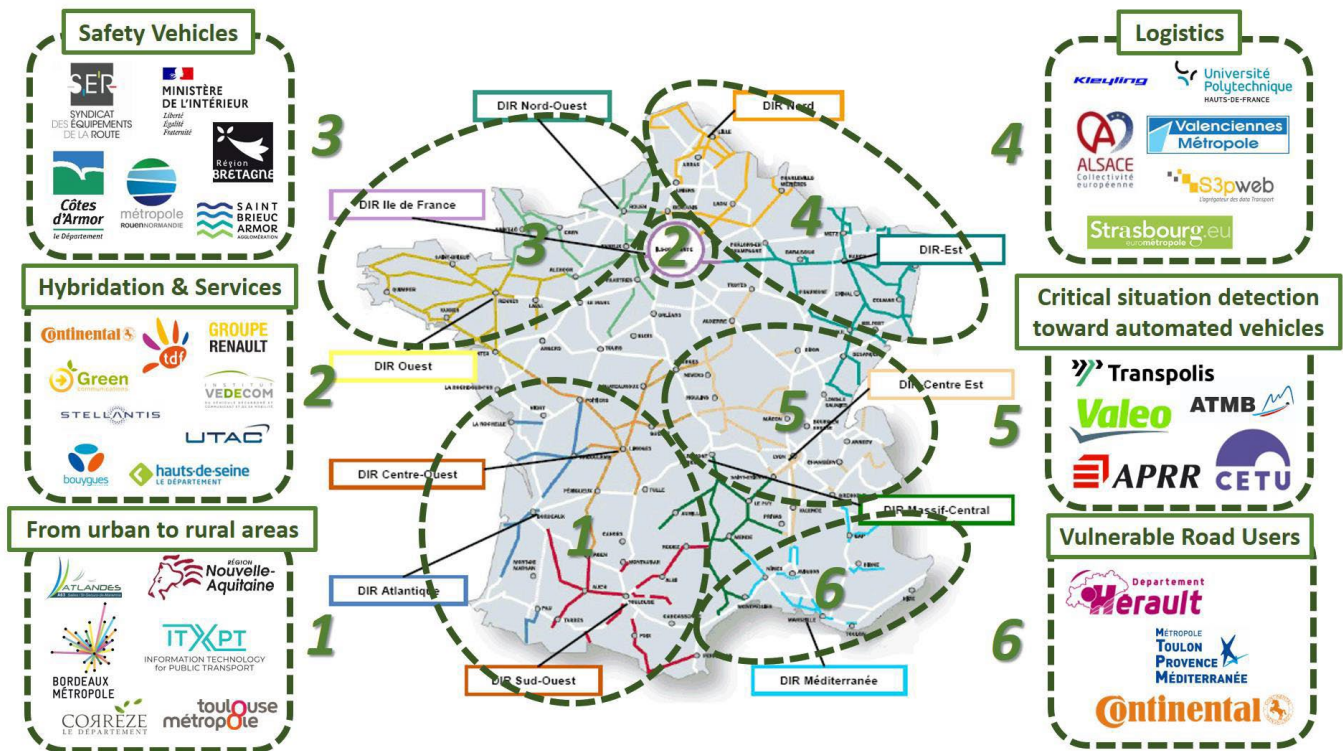


Figure 7 - Les sites pilotes du projet SCALE

## Conclusion

Les systèmes coopératifs (C-ITS) constituent une étape clé dans l'évolution des mobilités connectées. Toutefois, au-delà des enjeux technologiques, **le véritable défi réside désormais dans la maîtrise de l'information échangée.**

L'augmentation des volumes de données, notamment liée à la perception coopérative, ne garantit pas en soi une amélioration des performances. **Une information trop abondante, mal filtrée ou peu pertinente peut au contraire dégrader la qualité des services,** voire introduire des risques pour les fonctions critiques.

Dans ce contexte, plusieurs travaux récents, notamment ceux de Javier Gozalvez<sup>12</sup>, professeur agrégé et directeur du laboratoire *Ubiquitous Wireless Communications Research* (UWICORE) à l'université de Miguel Hernandez en Espagne, mettent en évidence la nécessité d'un **changement de paradigme : passer d'une logique de transmission exhaustive à une logique fondée sur la pertinence de l'information.** Il ne s'agit plus de transmettre toutes les données disponibles, mais uniquement celles qui sont utiles, en fonction du contexte et des besoins du destinataire.

Cela suppose la mise en œuvre de **mécanismes de priorisation, de filtrage et de sélection contextuelle,** ainsi que l'émergence de communications dites sémantiques, capables de transmettre une information directement exploitable plutôt que des données brutes.

Dans cette perspective, **les infrastructures V2I jouent un rôle central en tant que points d'intelligence locale,** capables de structurer, qualifier et diffuser une information adaptée aux véhicules.

Ainsi, l'enjeu des C-ITS n'est plus seulement de connecter les acteurs du système, **mais de garantir la transmission de la bonne information, au bon moment et au bon endroit.** C'est à cette condition que les mobilités coopératives pourront atteindre un niveau de maturité compatible avec un déploiement massif, sûr et efficace.

---

<sup>12</sup> <https://zenodo.org/records/16900584>