

Connectivité routière : éléments pour une stratégie nationale

Document de travail

La stratégie du gouvernement pour la mobilité routière automatisée et connectée du 9 février 2023 prévoit, au titre des actions prioritaires, de **prioriser et coordonner les déploiements en matière de systèmes de connectivité et d'échanges de données**.

Pour mettre en œuvre cette priorité, la Direction générale des infrastructures, des transports et des mobilités (DGITM) a mis en place un groupe de travail « connectivité et données routières » avec les filières concernées, les représentants des gestionnaires routiers, les acteurs des transports publics et les fédérations de transporteurs en vue de dégager les actions prioritaires à mettre en œuvre pour concourir à cet objectif.

Les questions de connectivité et de données routières ont connu ces cinq dernières années une maturation rapide. Les perspectives de déploiement de la connectivité à bord des véhicules, poussées par les besoins de marché (monitoring des fonctions embarquées, divertissement à bord), se sont accélérées. Les cas d'usage se sont précisés, notamment pour l'information du conducteur. En particulier, dans ce domaine, la réglementation européenne, fondée sur une décennie de projets-pilotes de déploiement, a établi les types d'information prioritaires pour les usagers. La réglementation nationale, en cohérence avec ces priorités, a complété le cadre européen avec des exigences d'accès aux données des véhicules pour les autorités publiques. Les besoins de connectivité pour l'automatisation, qui n'étaient pas identifiés comme critiques il y a cinq ans, le sont maintenant, même s'il reste à affiner les cas d'usage correspondants, qui concerneront principalement l'intervention à distance sur des véhicules sans conducteur à bord et les interactions avec les forces de l'ordre ou les véhicules et personnels d'intervention et de secours.

Dans ce contexte, l'ensemble des acteurs associés au groupe de travail de la DGITM a exprimé des attentes fortes d'une vision stratégique de l'Etat sur cinq principaux axes :

- Une expression de **priorités communes de cas d'usage**, permettant d'aligner les stratégies des différents acteurs et de répondre aux besoins prioritaires des usagers ;
- Une **application opérationnelle du cadre réglementaire européen et national d'échanges de données**, définissant clairement les obligations des uns et des autres (autorités et gestionnaires routiers, détenteurs de données embarquées, fournisseurs de services d'information routière), ce qui suppose en particulier une définition précise des cas d'usage ;
- Une **vision territorialisée des besoins de déploiement sur l'infrastructure**, en tenant compte des capacités existantes (réseau cellulaire 3G-4G) ou programmées (réseau cellulaire 5G) pour répondre aux besoins de certains cas d'usage ;
- La **mise en place d'outils sécurisés de partages de données**, intégrant les fonctions de qualification des données et de contrôle d'accès ;
- Une **orientation sur l'allocation des capacités (fréquences) pour la connectivité de courte portée** dans le cadre des débats européens sur le partage de la bande de fréquence des 5,9 GHz.

Ce document propose des orientations stratégiques sur chacun de ces points et, s'agissant du déploiement des équipements de connectivité sur l'infrastructure, il propose de premières estimations chiffrées des coûts et des bénéfices. Ces estimations sont préliminaires et illustratives de différentes options de déploiement, elles méritent des approfondissements quant aux stratégies d'implantation, aux valeurs des coûts unitaires, aux bénéfices déduits d'études européennes, et aux méthodes de calcul (actualisation notamment).

Table des matières

1. Contexte et objectifs	3
2. Méthode d'élaboration de la stratégie	3
3. Revue et catégorisation des cas d'usages	3
➤ <i>Priorités de cas d'usage du point de vue de l'action publique</i>	6
4. Echanges de données : mise en œuvre du cadre réglementaire	6
➤ <i>Mise en œuvre opérationnelle du cadre réglementaire</i>	7
5. Outils d'échanges de données.....	8
➤ <i>Espace sécurisé d'échanges de données qualifiées : typologie des besoins</i>	9
6. Stratégies de déploiement territorial différenciées par types de cas d'usage.....	10
➤ <i>Approche de déploiement en trois niveaux</i>	13
7. Scénarios illustratifs de déploiement d'équipements en bord de voie.....	14
➤ <i>Scénarios de déploiement illustratifs des différentes approches</i>	15
8. Éléments d'évaluation socio-économique	18
➤ <i>Taux d'équipement des véhicules minimal pour un bilan coûts-avantages favorable</i>	19
9. Enjeux technologiques et d'allocation des fréquences	20
➤ <i>Approche pour l'allocation de capacités (fréquences) entre technologies</i>	22
10. Récapitulatif des actions.....	22
Annexes	24
Annexe I : cartographie des cas d'usage et besoins fonctionnels	25
Annexe II : Besoins fonctionnels détaillés par type de cas d'usage	26
Annexe II bis : Besoins de spectre pour les cas d'usage de sécurité routière – étude 5GAA.....	29
Annexe II ter : Besoins de spectre pour les cas d'usage de sécurité routière : étude Car2car	35
Annexe III : Cadre européen d'échanges de données pour l'information routière	37
Annexe IV : Périmètre minimal de réflexion pour l'espace de données routières.	41
Annexe IV bis : approche proposée pour préciser les besoins vis-à-vis de l'espace de données routières	42
Annexe V : Scénarios illustratifs de déploiement territorialisé de connectivité bord de voie	44
Annexe VI : Éléments d'évaluation socio-économique des cas d'usage C-ITS courte distance	48
Annexe VI bis : Evaluations socio-économiques : présentation des études européennes	58
Annexe VII : Identification des zones à enjeux critiques de sécurité routière	70
Annexe VIII : Hypothèses de pénétration dans le parc des véhicules connectés.	76

1. Contexte et objectifs

La connectivité routière, ou connectivité véhicules – infrastructures, fait l'objet d'un intérêt croissant de la part de l'ensemble des acteurs et secteurs concernés en raison des apports attendus en termes de sécurité, d'exploitation des infrastructures, de connaissance des flux et du patrimoine routier, de maintenance des véhicules. Pour les usagers, la connectivité constitue la condition nécessaire au développement d'informations à bord pendant le déplacement ou avant le déplacement, ainsi que de services participant à la transition des usages de la mobilité, au travers de la fluidification des parcours, la facilitation des parcours multimodaux et des nouvelles mobilités. La connectivité et l'information routières participent ainsi à la lutte contre la congestion et les nuisances. Par ailleurs, la connectivité tend à devenir nécessaire aux cas d'usage d'automatisation, pour améliorer la vision embarquée et permettre la supervision et l'intervention à distance. Les études prospectives convergent pour considérer qu'à l'horizon de 2030, plus de 90% des véhicules neufs vendus dans le monde seront connectés (connectivité cellulaire).

2. Méthode d'élaboration de la stratégie

En vue de donner corps à l'objectif de « prioriser et coordonner les déploiements en matière de systèmes de connectivité et d'échanges de données », la Direction générale des infrastructures, des transports et des mobilités a mis en place un groupe de travail réunissant les gestionnaires routiers, les collectivités locales et les filières concernées (automobile, transports routiers, route, numérique) ainsi que les acteurs du transport public (autorités organisatrices, opérateurs de transport), les forces de l'ordre et les services de secours.

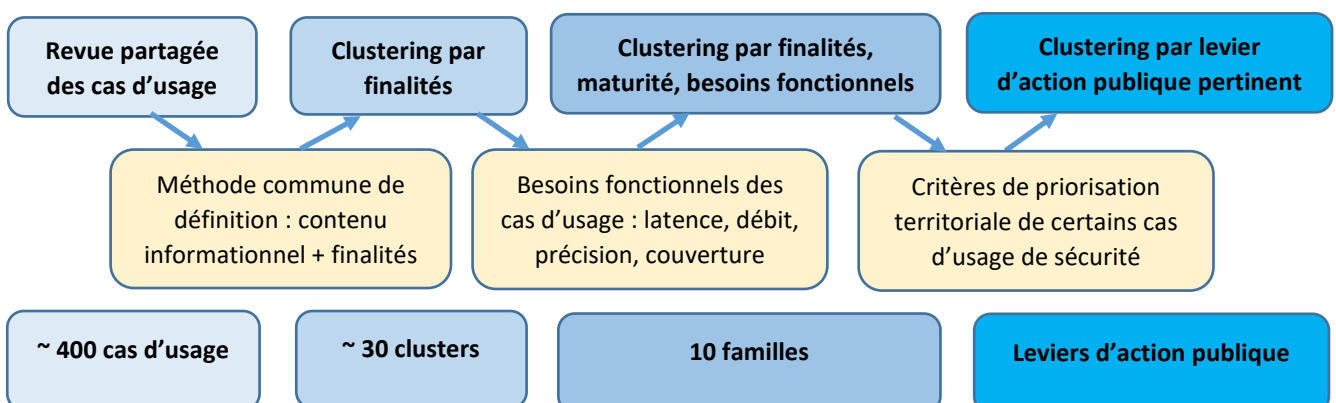
Ce groupe a organisé ses travaux autour des cas d'usage, selon les principales étapes suivantes :

- i. Revue des cas d'usage, selon qu'ils font l'objet de marques d'intérêt, de développements, de déploiements, de normes ou d'obligations réglementaires ;
- ii. Caractérisation et catégorisation des cas d'usage selon leurs finalités et leurs besoins fonctionnels (ex : latence, débit, couverture géographique, précision, qualification pour l'exploitation routière) ;
- iii. Selon les cas d'usage concernés :
 - Mise en œuvre du cadre réglementaire sur l'accès et les échanges de données
 - Orientations pour le déploiement des équipements de connectivité

3. Revue et catégorisation des cas d'usages

Les cas d'usage de connectivité du véhicule sont multiples. Ils répondent aux besoins relatifs à l'information pour la conduite elle-même, mais également à l'information « de loisir » (info-tainment) à bord, au suivi des organes des véhicules, à la mise à jour des logiciels embarqués. L'automatisation va probablement élargir les cas d'usage (notamment pour les situations sans conducteur à bord, avec intervenant à distance), même si les travaux sur ces cas d'usage font apparaître une certaine continuité avec les cas d'usage d'informations pour la conduite (alertes de sécurité routière notamment).

La méthode de revue des cas d'usage retenue dans le groupe de travail se résume ainsi :



La revue des cas d'usage traités dans différents cadres (règlementations sur l'échanges de données, feuilles de route des acteurs économiques, normes, projets-pilotes) et de leurs finalités a d'abord conduit à se concentrer sur les cas d'usage qui portent sur l'information du conducteur (ou du système de conduite automatisé, par extension), laissant à part les cas d'usage d'info-tainment ou de monitoring ou de mise à jour des organes du véhicule.

Cette revue des cas d'usage permet de dégager une typologie autour des principales catégories suivantes :

Catégories de cas d'usage	Finalités principales
1. Information réglementation routière et état du réseau routier	Planification des trajets Respect de la réglementation.
2. Informations parking et interfaces multimodales (IRVE, P+R..)	Aide à l'intermodalité, à l'électromobilité
3. Informations stationnement PL et aires de livraison	Planification des trajets Réduction des nuisances
4. Alertes événements de sécurité	Sécurité routière
5. Alertes interventions des gestionnaires routiers	
6. Feux connectés	Efficacité des transports publics Appui à l'automatisation
7. Alertes aux intersections	Sécurité routière (dont usagers vulnérables) Appui à l'automatisation
8. Vision et manœuvres coopératives	
9. Intervention à distance pour le transport routier automatisé	Sécurité routière et sécurité publique Appui à l'automatisation
10. Interaction de véhicules automatisés avec les primo-intervenants (forces de l'ordre, véhicules prioritaires, contrôles)	

Au sein des catégories de cas d'usage ci-dessus, le cadre réglementaire européen et national sur l'information et les données routières (détaillé ci-dessous) établit de facto des priorités. Ce cadre réglementaire s'appuie sur les enseignements des projets européens de déploiement pilote des systèmes coopératifs intelligents (C-ITS). La légitimité des priorités fixées par le cadre réglementaire est ainsi renforcée par l'expérience acquise et la mobilisation des parties prenantes dans les projets C-ITS sur lesquels s'est appuyée cette réglementation.

Ce cadre réglementaire européen et national conduit ainsi à identifier, au sein des catégories de cas d'usage ci-dessus, les principaux types de données ou d'informations prioritaires suivants :

- Géométrie de l'infrastructure (ex : nombre de voies, sens de circulation)
- Services liés à l'infrastructure (ex : bornes de recharge, péages, aires, livraison)
- Règles (permanentes, dynamiques) de circulation
- Panneaux de signalisation
- Altérations de l'infrastructure (ex : altération de visibilité de la signalisation)
- Événements de trafic (ex : véhicule arrêté sur la voie)
- Conditions météorologiques exceptionnelles
- Mesures de gestion temporaire des circulations (ex : fermetures de voies, travaux)
- Conditions de trafic (vitesse, temps de parcours, bouchons)
- Disponibilité des services (zones de livraison, bornes de recharge)
- Tarifs (péages, bornes)

Si l'utilisateur de la route est le bénéficiaire final visé par ces types de données ou d'information, le cadre réglementaire s'appuie sur une distinction des différents acteurs susceptibles de fournir, valoriser et utiliser ces données pour le service à l'utilisateur final.

Type de données / information	Type d'acteur visé en tant que fournisseur	Type d'acteur visé en tant que bénéficiaire
Géométrie de l'infrastructure (ex : nombre de voies, sens de circulation)	- Infrastructures	- Services embarqués
Services liés à l'infrastructure (ex : bornes de recharge, péages, aires, livraison)		
Règles (permanentes, dynamiques) de circulation		
Panneaux de signalisation		
Altérations de l'infrastructure (ex : altération de visibilité de la signalisation)	- Services embarqués	- Infrastructures
Événements de trafic (ex : véhicule arrêté sur la voie)	- Infrastructures - Services embarqués	- Infrastructures - Services embarqués
Conditions météorologiques exceptionnelles		
Mesures de gestion temporaire des circulations (ex : fermetures de voies, travaux)		
Conditions de trafic (vitesse, temps de parcours, bouchons)		
Disponibilité des services (zones de livraison, bornes de recharge)		
Tarifs (péages, bornes)	- Infrastructures	- Services embarqués

Du point de vue de l'utilisateur, il apparaît que les informations les plus fortement attendues concernent les événements affectant la sécurité ou les conditions de circulation.

Encadré : priorisation des informations routières du point de vue des usagers-conducteurs

Source : enquête Toluna - Harris pour la DGITM - septembre 2023 - échantillon de 1000 personnes

Les informations liées d'une manière générale aux conditions de circulation (événements sur la voie, trafic, météo, interventions en cours sur la voie), aux itinéraires et indications réglementaires le sont de manière prioritaire par rapport à celles liées au fonctionnement du véhicule. Les types d'information ci-dessous sont classés par priorité décroissante.

La question posée aux détenteurs de permis de conduire est : chacune des informations suivantes devrait-elle s'afficher en priorité par rapport à celles liées au fonctionnement du véhicule (ex : température excessive, pression des pneus, ...) ?

Prioritaire par rapport aux informations sur le fonctionnement du véhicule :

- événements sur la voie ou à proximité directe (ex : véhicule arrêté,...) : 70 %
- conditions de circulation (trafic dense, ralentissement) : 68 %
- indications réglementaires (vitesse maximale autorisée, signalisation) : 67 %
- conditions météorologiques (brouillard, pluie forte, neige, vent) : 62 %
- véhicules et personnels en intervention : 62 %
- zones de faible visibilité (ex : intersections, sommets de côte) : 61 %
- fermeture des voies ou d'axes sur l'itinéraire : 60 %
- indications d'itinéraire à suivre : 58 %

Du point de vue des autorités publiques, les priorités de cas d'usage doivent intégrer plusieurs points de vue :

- les attentes des usagers, dont une photographie est donnée ci-dessus ; mais dont on peut raisonnablement penser qu'elle sous-estime encore les besoins d'information sur certains cas d'usage en développement, notamment l'utilisation des bornes de recharge et les interfaces multimodales ;
- la capacité des services existants sur le marché à fournir des informations routières utiles aux usagers, sans besoin notable d'intervention publique, que ce soit dans la fourniture ou dans la qualification de ces données : à ce titre, on peut noter que l'information sur le trafic, les temps de parcours et les conditions météorologiques sont maintenant largement accessibles via les offres du marché ;
- les gisements de réduction de l'accidentalité routière ;
- les besoins du gestionnaire de réseau routier pour l'exploitation et la connaissance de son patrimoine ;
- les choix faits au niveau européen, qui reflètent le consensus à cette échelle.

Au sein de l'ensemble des types d'informations listés ci-dessus, la conjonction de ces différents points de vue des autorités publiques conduit à attacher une importance particulière à quatre types de cas d'usage.

➤ **Priorités de cas d'usage du point de vue de l'action publique**

Si les cas d'usage prévus dans la réglementation européenne et nationale sur les échanges de données constituent le socle de travail pour un stratégie de connectivité (réglementations routières, caractéristiques, état et utilisation du réseau, incidents et événements), certains cas d'usage présentent un intérêt particulier à prendre en compte à la fois dans l'application de cette réglementation (cf. ci-après définitions précises des données, qualité et espace de données) et dans les déploiements de connectivité :

- A. **Information sur la présence des personnels et véhicules d'intervention**, qui doit être fournie de façon prioritaire aux conducteurs, assortie des règles de conduite qui s'y attachent ;
- B. **Information sur les mesures de gestion temporaire des circulations** (ex : fermetures de voies, travaux, interdictions temporaires) : ces informations correspondent à une attente forte des usagers pour la planification de leurs déplacements et la gestion des situations imprévues : les gestionnaires et autorités routières ont un rôle majeur à jouer dans la production de ces informations ou, lorsque ces informations sont issues de données flottantes, dans la qualification de ces informations par rapport aux données de référence des gestionnaires (ex : durée prévue des interventions) ;
- C. **Information sur les points critiques du point de vue de la sécurité routière**, en raison de conditions de trafic ou de visibilité particulières (intersections, zones de remontée de file, « blind spots »).
- D. **Remontée des données flottantes sur les événements, le trafic et les altérations de l'infrastructure.**

Par ailleurs, une vigilance doit être portée au développement de l'information sur les disponibilités des zones d'intermodalité (park and ride), de recharge et de livraison, dans un contexte où les dynamiques de marché devraient conduire au développement de ces informations, compte-tenu de leur valeur à l'usage.

4. Echanges de données : mise en œuvre du cadre réglementaire

L'accès aux données caractérisant l'infrastructure routière, la réglementation, l'état du réseau, les trafics, les alertes de sécurité ainsi que certains services (recharge électrique, parkings...) fait l'objet d'une réglementation européenne (Directive ITS de 2010 et règlements délégués relatifs aux informations routières temps réel, aux événements liés à la sécurité et aux parkings poids lourds). Ces réglementations ont notamment abouti à la mise en place d'un point d'accès national aux données (sur le site bison futé).

Les évolutions en cours du cadre européen (et notamment le règlement relatif aux informations routières en temps réel (2022/670) conduisent à élargir le périmètre du réseau concerné à l'ensemble du réseau routier ouvert au public (dès le 1^{er} Janvier 2025 pour les données relatives à la réglementation et à l'état du réseau et au 1^{er} janvier 2028 pour les données relatives à l'infrastructure et aux trafics), et à inclure de nouveaux obligés (détenteurs de données embarquées, exploitants de réseaux de recharge). La révision de la Directive ITS, en cours de publication, va ajouter une obligation de numérisation des données qui ne le seraient pas encore, ainsi que des obligations d'authentification et de sécurisation des échanges de données (architecture à clés publiques ou Public Key Infrastructure - PKI).

La réglementation nationale sur l'accès aux données des véhicules (ordonnance n° 2021-442 et décret n°2023-644) porte sur les incidents et la connaissance de l'état du réseau et du trafic.

Par rapport au périmètre de cas d'usage de la présente stratégie, la réglementation européenne et française couvre ainsi, schématiquement, les catégories de cas d'usage relatives à l'information sur la réglementation, l'état du réseau et les événements.

Le tableau ci-dessous présente, de façon synoptique, les types de données concernés par les cadres réglementaires européens et français, ainsi que la logique prévalant dans les obligations d'échange.

Macro-type de données	Réglementation	LOM article 32	UE-SRTI 2013/886	UE-RTTI 2022/670
Géométrie de l'infrastructure				I → V
Services de l'infrastructure (bornes, péages, aires, livraison)				I → V
Altérations de l'infrastructure		V → I		
Panneaux de signalisation				I → V
Règles (permanentes, dynamiques) de circulation				I → V
Evénements, conditions météorologiques		V → I	V → I et I → V	I → V et V → I
Mesures de gestion temporaire des circulations				I → V et V → I
Trafic		V → I		I → V et V → I
Disponibilité (livraison, bornes)				I → V et V → I
Tarifs (péages, bornes)				I → V et V → I

Légende :

I : données issues des gestionnaires

V : données issues des dispositifs et services embarqués

Le corpus réglementaire européen et national porte obligation d'échanges de données entre acteurs concernés (autorités routières, exploitants de réseaux, fournisseurs de services d'information routière, détenteurs de données embarquées), sans obligation de déploiement de systèmes de collectes de données.

Pour exploiter au mieux les bénéfices attendus du développement des données et de l'information routière, la mise en œuvre de ce cadre réglementaire appelle d'une part à préciser un certain nombre de définitions, d'autre part à choisir une approche en matière de qualité des données.

➤ **Mise en œuvre opérationnelle du cadre réglementaire**

L'approche proposée dans cette stratégie consiste à :

- Lever toutes les ambiguïtés portant sur la définition des données, des obligés et de leurs obligations ;
- S'appuyer sur les travaux conduits dans le cadre des projets européens ou les normes existantes pour préciser, lorsque c'est nécessaire la définition des données,
- Privilégier une approche de la qualité par des logiques de marché : l'idée sous-jacente est que les relations entre acteurs (fournisseurs et utilisateurs de données) vont permettre une confrontation de l'offre et de la demande de qualité, sur laquelle l'intervention publique doit, au moins dans un premier temps, se limiter à des outils de transparence
- Concentrer les exigences publiques en matière de qualité sur deux enjeux :
 - l'information sur la présence de personnels et de véhicules d'intervention
 - la qualification des informations sur les mesures de gestion temporaire des circulation (ex : fermetures, travaux), afin d'assurer la plus grande cohérence possible entre des informations qualifiées par les gestionnaires ou autorités routières, et celles qui pourraient être issues des données collectées de façon « flottante » par les dispositifs embarqués ou les services d'information

L'annexe 2 présente les options de mise en œuvre du cadre réglementaire découlant de cette approche.

5. Outils d'échanges de données

La législation européenne et nationale suppose la mise à disposition de données par des acteurs publics et privés sur le point d'accès national.

Les besoins d'outils d'échanges de données concernent avant tout les cas d'usage couverts par la réglementation européenne et nationale.

Catégories de cas d'usage	Priorité pour les outils d'échanges de données
Information réglementation routière et état du réseau routier	
Informations parking et interfaces multimodales (IRVE, P+R..)	
Informations stationnement PL et aires de livraison	
Alertes événements de sécurité	
Alertes interventions des gestionnaires routiers	
Feux connectés	
Alertes aux blind-spots et intersections	
Vision et manœuvres coopératives	
Intervention à distance pour le transport routier automatisé	
Interaction de véhicules automatisés avec les primo-intervenants	

Le concept d'échanges de données peut recouvrir plusieurs logiques qu'il peut être utile de distinguer, selon le degré d'intégration des données que l'on y vise. Ainsi, on peut schématiquement distinguer

Des logiques de description de l'offre d'accès :

- Une logique de « carnet d'adresses » : il s'agit ici de proposer aux acteurs intéressés (ou obligés) à l'échange de données, d'avoir accès, en un même lieu, aux points de contacts lui permettant de nouer des accords d'accès avec les fournisseurs de données qui peuvent l'intéresser, dans un domaine ou sur une zone particulière (exemple : informations sur les ZFE dans la métropole X) ;
- Une logique de « répertoire » : il s'agit ici de présenter, au-delà d'une logique de mise en contact, la liste de données proposée par tel ou tel détenteur, en décrivant de façon suffisamment précise la donnée concernée, en référence aux définitions réglementaires notamment, et en termes de couverture géographique (ex : limites et horaires d'activation des voies réservées sur le réseau Y ; localisation et horaires des travaux et interventions des véhicules et agents sur le réseau Y ; événements de type A sur le réseau Z) ;
- Une logique de « catalogue » : au-delà d'un répertoire permettant de retrouver aisément le lieu d'accès à une donnée, le catalogue détaille les attributs des données (leur qualité notamment) et éventuellement certaines informations d'ordre contractuel (clauses-types, éléments de tarification).

Des logiques d'interfaces d'accès, qui peuvent être subséquentes aux logiques essentiellement pré-contractuelles présentées ci-dessus, et se caractérisent essentiellement par le fait que le point d'accès centralisé n'assure aucun traitement des données vers lesquelles le demande d'accès est redirigé

- Une logique d'interface « sans filtre » : il peut s'agir ici de renvoyer le demandeur, dès lors que le fournisseur aura été identifié par celui-ci, sur l'interface d'accès aux données demandées, développée par ce fournisseur ;
- Une logique d'interface « avec filtre » : il s'agit ici, sur la base de critères mis en avant par le demandeur, de l'orienter vers le ou les espaces de données sur lesquels les données répondant aux critères demandés, sont disponibles.

Des logiques de traitement de données

- f) Un traitement relevant principalement de la « concaténation » (géographique) : il peut s'agir par exemple, de fournir une donnée définie, sur deux plaques géographiques adjacentes ; cette fonction ne suppose aucun autre traitement que la concaténation, sans chercher par exemple à corriger des catégories de données dont la définition différerait d'une zone à l'autre (ex : événement routier défini de façon différente entre deux réseaux) ;
- g) Un traitement relevant de la « fusion – qualification » : il s'agit ici de recouper plusieurs données issues de sources (donc de fournisseurs différents), pour améliorer la qualification d'un événement (par exemple : plusieurs véhicules ou usagers observant un événement, ou sa fin) ; on note que ce degré d'intégration se distingue fondamentalement des précédents par le transfert de responsabilité sur la qualification des données, qui dépasse alors leur fournisseur initial

Des logiques de services orientés usager final, dont on considère ici qu'elles dépassent le cadre de l'échange de données proprement dit.

L'analyse des besoins d'un espace de données devra donc soigneusement distinguer ces différents niveaux d'intégration, depuis le plus « léger » (carnet d'adresse) jusqu'au plus intégré (qualification). Si, pour certaines données, l'enjeu de qualification via un espace commun de données doit être recherché, ce n'est pas nécessairement la solution souhaitable pour toutes les catégories de données, et les implications de responsabilité devront en tout état de cause être prises en compte.

Ainsi, l'analyse des besoins d'un espace de données, devra être précédée d'une analyse du domaine de pertinence des différents niveaux d'intégration pertinents selon le type de donnée concernée.

Selon le degré d'intégration des données, et en tenant compte des obligations européennes sur les fonctionnalités minimales du point d'accès national (qui recouvrent, grosso-modo, le niveau d) : « catalogue avec filtre » ci-dessus), les besoins vis-à-vis d'un espace sécurisé de données pourront varier autour de 4 principales fonctions, dont les trois premières apparaissent communes à tous les niveaux d'intégration visés :

- Sécurisation
- Authentification
- Interopérabilité
- Qualification

➤ **Espace sécurisé d'échanges de données qualifiées : typologie des besoins**

Les besoins vis-à-vis d'un espace sécurisé de données qualifiées visent en premier lieu les cas d'usage d'information sur la réglementation et les événements routiers, et, dans une moindre mesure, les informations sur la disponibilité des services liés à l'infrastructure (dont le marché pourrait assurer la fourniture sans besoin d'intervention publique dans un espace de données). Les alertes localisées (intersections, blind spots), relèvent probablement d'exigences de latence incompatibles avec la notion d'espace de données.

Les échanges devront pouvoir se faire de façon sécurisée, afin de garantir l'authenticité des données transmises et de protéger le fournisseur et l'accédant aux données de toute intrusion.

L'interopérabilité des données devra être garantie par la mise à disposition de formats et profils de données, ainsi que d'outils permettant la traçabilité des données.

La plateforme d'échange devra également permettre de mettre en valeur les données par des outils de qualification des données, de recherche, de comptabilité de l'usage et de paiement entre acteurs.

Les fonctionnalités détaillées attendues d'un tel espace de données restent à préciser avec les acteurs.

La préfiguration de l'espace de données routières devra s'appuyer sur le socle que constitue le point d'accès national, hébergé par le site Bison Futé.

Encadré : Bison Futé : point d'accès national pour les règlements européens relatifs aux données routières



Bison Futé constitue le **point d'accès national aux données routières** prévues par la [Directive sur les systèmes de transports intelligents](#). Dans ce cadre, 3 catégories principales de données sont disponibles à ce jour :

- [les données en temps réel sur la circulation](#) : bouchons, débit horaire, temps de parcours...
- [les données sur la circulation liées à la sécurité routière](#) : route glissante, véhicule en contresens, obstacle sur la voie, accident...
- [et les aires de stationnement poids lourds](#)

Les différentes fonctions d'un espace de données routières renvoient à la notion d'espace de donnée, promue par la Commission européenne depuis sa « Stratégie européenne pour les données » de 2020.

Les modalités de gouvernance devront également être examinées, en lien avec les initiatives européennes (mise en place du « European data infrastructure consortium » associant différents Etats membres notamment). Ces travaux seront menés en s'appuyant sur les travaux réalisés au niveau européen par notamment l'IDSA (International Data space association), Gaia-X et le Data space support center mis en place par la Commission. Plus spécifiquement, les travaux du projet européen NAPCORE, qui vise à harmoniser les points d'accès nationaux à l'échelle européenne, seront également pris en compte notamment en ce qui concerne les formats de données et métadonnées, les référentiels de qualité et la nécessité du caractère « moissonnable » du point d'accès aux données pour permettre à tout acteur européen un accès automatisé à l'ensemble des données des point d'accès national aux données des différents pays européens.

L'annexe IV bis propose de premières pistes pour engager le travail de préfiguration de l'espace de données, en considérant le point de départ actuel que constitue le point d'accès national mis en place en application des règlements européens antérieurs à 2022, que constitue Bison Futé.

6. Stratégies de déploiement territorial différenciées par types de cas d'usage

Comme indiqué ci-dessus, le cadre réglementaire européen et national d'échanges de données ne constitue pas en soi le déterminant principal d'une stratégie de déploiement de la connectivité (dans les véhicules et/ou en bord de route), puisqu'il n'impose pas la collecte de données ni l'équipement des véhicules ou du réseau en connectivité. La raison d'être d'une stratégie de déploiement est à rechercher ailleurs, dans les bénéfices attendus de la connectivité, principalement en termes de sécurité routière, de fluidification des parcours, y compris multimodaux, et de réduction des nuisances.

Ainsi, le Pacte Vert européen de décembre 2019, souligne que « *la mobilité multimodale automatisée et connectée jouera un rôle de plus en plus important, conjointement avec les systèmes de gestion du trafic intelligents rendus possibles par la numérisation et propose d'adapter les systèmes et infrastructures de transport de l'UE aux nouveaux services en matière de mobilité durable susceptibles de réduire les embouteillages et la pollution, en particulier en milieu urbain* ». L'étude d'impact de la proposition de révision de la directive sur les transports intelligents évalue les bénéfices de la révision (sur la période 2021-2040) en termes de réduction des accidents (29,5 milliards d'euros), de gain de temps (144,5 milliards d'euros), d'émissions de CO2 (2,4 milliards d'euros), et d'économies de carburant (2,4 milliards d'euros). (Chiffres sur le périmètre des 27 pays de l'UE –UE 27). Globalement, on attend donc du développement des échanges d'informations entre les véhicules et leur environnement, des bénéfices majeurs pour nos sociétés.

La stratégie de connectivité, telle qu'elle est conçue dans ce document, consiste à orienter et coordonner les déploiements des différents acteurs (autorités routières, gestionnaires routiers, constructeurs automobiles, opérateurs de transport public, gestionnaires de réseaux annexes – recharge, stationnement - fournisseurs de services d'information routière) en articulant quatre principales considérations, qui sont liés :

- cas d'usage prioritaires ;
- besoins fonctionnels déterminants pour les cas d'usage ;
- scénarios d'équipement des véhicules ;
- priorités territoriales (quels réseaux, quelles types de sections, quelles zones géographiques ?).

S'agissant des cas d'usage, on peut distinguer quatre familles eu égard aux enjeux de déploiement :

1) **Les cas d'usage d'information** sur la réglementation routière, l'état et l'utilisation du réseau routier, les parkings, bornes de recharge, interfaces multimodales, stationnement PL et aires de livraison sont pour la plupart au cœur de la réglementation sur les échanges de données (en dehors du stationnement qui n'en fait pas partie) ;

- la couverture territoriale est déterminante pour ces cas d'usage : universelle pour la réglementation routière, par itinéraires ou bassins de mobilité pour l'utilisation du réseau routier et de ses interfaces (bornes de recharge, interfaces multimodales, stationnement et livraisons)
- a contrario, les besoins de latence, de précision de localisation ou de débit apparaissent peu exigeants, et largement atteints par le réseaux et technologies cellulaires (3G, 4G, a fortiori 5G)
- ces cas d'usage s'appuient sur des informations fournies par les gestionnaires routiers (réglementation, état du réseau), les exploitants (parkings, IRVE...) et peuvent bénéficier de remontées de données depuis les véhicules (état du réseau, disponibilité de places de parking...). Ils ne nécessitent donc pas a priori de déploiement d'équipements particuliers (mis à part le cas particulier des équipements de détection de la disponibilité des places de parking par exemple) ;
- ainsi, ces cas d'usage apparaissent relever essentiellement de connectivité cellulaire « classique » et peuvent être déployés dans tous les véhicules connectés en cellulaire ;
- ceci est à rapprocher des perspectives de développement de la connectivité cellulaire (longue portée) des véhicules : avec 50 % sur les véhicules neufs en 2022, et proche de 100 % à horizon 2030, on atteindrait un taux d'équipement du parc roulant supérieur à 50 % dès 2030.

2) **Les cas d'usage d'alertes sur les événements** de sécurité, incluant les interventions des gestionnaires routiers ; la priorité élevée pour ces cas d'usages est également signalée par leur intégration dans les obligations réglementaires d'échanges de données ;

- les besoins fonctionnels déterminants pour ces cas d'usage peuvent être variables : si les alertes sur les conditions météorologiques peuvent se satisfaire de latences et précisions peu exigeantes, les événements impliquant des véhicules ou des personnes (agents d'intervention notamment, exigent une précision suffisante (de l'ordre du mètre ou décamètre) et une latence adaptée (de l'ordre de quelques centaines de ms) ; le débit peut, dans certaines situations (zones d'accumulation d'incidents et de trafic), également devenir une exigence critique ; ces cas d'usage, critiques sur le plan de la sécurité, nécessitent des échanges d'information dans un cadre de confiance et ainsi la mise en œuvre d'une infrastructure à clés publiques.
- il n'est pas acquis que, pour ces cas d'usage, la couverture par les réseaux cellulaires (3G-4G) réponde aux besoins ; la 5G devrait, si l'on se réfère aux performances attendues en latence et en débit, devrait répondre aux besoins sur les zones où elle sera déployée (cf. 10500 sites attendus en 2025 + axes de type autoroutier en 2025 (soit 16 642 km), puis routes principales (soit 54 913 km) en 2027), sous réserve des latences réellement atteintes de bout en bout.
- la question de la « couverture résiduelle » se pose alors selon trois principaux termes : dans les zones où la 5G ne serait pas déployée à terme ; dans les zones où, même déployée, des besoins spécifiques

locaux liés à la latence, à la précision de localisation des points critiques à couvrir (exemple : zones d'accumulation d'incidents aux intersections, ronds-points, rampes d'accès) ;

- ces cas d'usage supposent donc l'équipement des véhicules par des stations ITS ou « UEV » (unités embarquée véhicules), permettant la réception/émission en courte et longue portée, et l'authentification des messages par l'infrastructure à clés publiques.

3) **Les cas d'usage d'interactions entre usagers dans les intersections**, et, par extension, la question des feux connectés ou des passages à niveau : ces cas d'usage constituent une forme de prolongement des cas d'usage d'alerte décrits ci-dessus, mais comportent une dimension de vision élargie (par des capteurs déportés sur l'infrastructure) de l'environnement de ces points critiques (véhicules ou usagers vulnérables à l'approche, diagnostic sur les conditions de visibilité) ;

- ces cas d'usage ne sont pas, à ce stade, au cœur de la réglementation sur les échanges de données, mais ils représentent des enjeux de sécurité routière particulièrement importants¹ ; ces cas d'usage sont également pressentis pour apporter un soutien à l'automatisation ; ils préfigurent les cas d'usage de vision coopérative entre véhicules, dont ils peuvent être vus comme une première étape (par la vision coopérative véhicules-infrastructures) ;
- les besoins fonctionnels de ces cas d'usage sont a priori très exigeants en précision géographique (de l'ordre du mètre) et en latence (quelques dizaines de ms) ; s'agissant de vision déportée, i.e. à base d'images traitées, les exigences de débit peuvent être fortes ;
- le déploiement territorial de ces cas d'usage relève d'une priorisation fine en fonction des enjeux de sécurité routière locaux (accidentalité, trafic configurations de visibilité locale)
- la capacité de la 5G à fournir ces services, si elle semble correspondre en termes de latence et de débit, pose les mêmes questions que pour les événements : intersection avec les zones de déploiement prévues, performances réellement atteintes par la 5G (disponibilité, latence, débit) ;
- ces cas d'usage supposent, comme pour les événements de sécurité, l'équipement des véhicules par des stations ITS ou « UEV » (unités embarquée véhicules), permettant la réception/émission en courte et longue portée, et l'authentification des messages.

4) **Les cas d'usage d'intervention à distance et d'interaction avec les primo-intervenants pour le transport routier automatisé sans conducteur à bord**, recèlent en fait une diversité de situation qui mérite encore des approfondissements, en détaillant les besoins fonctionnels en cas d'usage précis (ex : modalités d'intervention sur le véhicule arrêté après une manœuvre d'urgence et/ou aux abords d'une zone sécurisée) ;

- la priorité pour ces cas d'usage est élevée si on considère les besoins pour le développement de l'automatisation : sans connectivité, il est évident que l'exploitation des systèmes sans conducteur à bord sera impossible ; la concrétisation des besoins de déploiement reste cependant tributaire des premiers déploiements de mobilité routière automatisée sans conducteur à bord, qui sont attendus entre 2025 et 2030 ;
- les besoins fonctionnels de ces cas d'usage apparaissent exigeants en termes de latence, de précision et de débit ; dès lors qu'il peuvent donner lieu à des commandes sur les systèmes de conduite automatisé, ils présentent des exigences de sécurisation et d'authentification particulièrement élevées ;
- en termes de déploiement géographique, ces cas d'usage vont accompagner le déploiement des premiers services de transport routier automatisé (de personnes ou de marchandises), dont l'essence

¹ Le projet SECUR a établi que 70 % des morts et blessés graves en Europe correspondent à 10 situations d'accidents, principalement celles aux intersections (49 %), dont celles impliquant des usagers vulnérables (39 %) ; les chocs par l'avant/arrière en section courante et les pertes de contrôles arrivent loin derrière (avec 12% pour chacune de ces catégories).

est locale (en cohérence avec le cadre réglementaire qui confère au parcours et à la connectivité un statut particulier dans la démonstration de sécurité).

➤ *Approche de déploiement en trois niveaux*

1. L'approche de déploiement proposée considère que, pour les cas d'usage l'information sur la réglementation, l'utilisation en temps réel du réseau et les mesures temporaires de gestion de trafic dont une large couverture géographique est attendue mais la latence n'est pas critique (> 10 s), le réseau cellulaire 3G-4G suffit à assurer les besoins de connectivité.
2. Pour les cas d'usage dont la couverture large est attendue mais la latence devient critique (de l'ordre de la seconde) sans être hyper-critique, la capacité du réseau cellulaire 3G – 4G pourrait être complétée par le déploiement de la couverture 5G et, pour des zones particulières sur lesquelles l'infrastructure est amenée à jouer un rôle particulier par la concentration de risques d'accidents ou d'événements, par des équipements de bord de voie, disposant non seulement de capacités de communication, mais également de détection de l'environnement, ce qui apparaît particulièrement adapté au cas des intersections.
3. Pour les cas d'usage de vision et manœuvres coopératives ou de transport automatisé sans conducteur à bord, la couverture géographique restera dans un premier temps restreinte aux déploiement locaux. Les exigences de latence apparaissent critiques (~ 10 ms), les exigences de débit sont encore relativement incertaines tant que les cas d'usage n'auront pas été davantage détaillés (au niveau du contenu informationnel). Dans ce contexte la connectivité bord de voie apparaît probablement indispensable pour ces cas d'usage. Les exigences de qualité de connectivité vont probablement appeler à approfondir la notion de service (et d'opérateur) dédié de connectivité, avec des engagements contractuels de niveau de service.

Plus précisément, l'approche de déploiement proposée se présente ainsi :

	Approche nationale ou locale ?	Couverture cellulaire ou besoin d'un complément bord de voie ?
Description statique du réseau et des services attachés (recharge, aires de service et de livraison)	National	Cellulaire
Utilisation en temps réel du réseau (disponibilités des bornes, aires, parkings,...)	National / Local	Cellulaire
Règles de circulation permanentes et dynamiques	National	Cellulaire
Etat du trafic	National	Cellulaire
Événements de sécurité	National	Cellulaire
Intervention des agents et véhicules sur la voie	National	Cellulaire
Mesures de gestion temporaire du trafic, travaux, fermetures	National	Cellulaire
Intersections, zones d'accidents, remontées de file, blind spots	National / Local	Cellulaire + Bord de voie
Feux connectés	Local	Cellulaire + Bord de voie
Vision coopérative aux intersections	Local	Cellulaire + Bord de voie
Applications pour le véhicule totalement automatisé (intervention à distance, primo-intervenants)	Local	Cellulaire + Bord de voie

7. Scénarios illustratifs de déploiement d'équipements en bord de voie

Au vu des enjeux de sécurité des différents types de cas d'usage présentés précédemment, élaborer une stratégie de déploiement territorial de connectivité appelle donc à s'intéresser en priorité aux cas d'usage d'alerte et de sécurisation des points critiques (ex : intersections, zones d'accumulation d'accidents, passages à niveau, diffuseurs autoroutiers, ...), s'appuyant sur des équipements de connectivité courte portée.

La justification de s'intéresser au déploiement d'équipements de connectivité et détection en bord de voie se trouve, outre dans les considérations ci-dessus sur le besoin de précision et de fiabilité, dans les perspectives de déploiement de la connectivité des véhicules pour ces cas d'usage : schématiquement, compte-tenu du point de départ actuel (moins de 0,01% des véhicules neufs équipés d'une station embarquée), le déploiement de véhicules connectés capables de communiquer de véhicule à véhicule n'est pas attendue avant des décennies. Ainsi le déploiement des cas d'usage ne peut pas reposer entièrement sur la détection d'événements par un autre véhicule, ou la communication directe entre véhicules. Dans ce contexte, les équipements de détection liés à l'infrastructure, permettant la détection d'événements (queue de bouchon, véhicule n'ayant pas respecté un arrêt au feu...) resteront cruciaux.

Une stratégie « bord de voie » doit par ailleurs nécessairement inclure l'équipement des véhicules et/ou agents d'intervention, qui constituent une extension des capacités de communication de l'infrastructure, avec des performances de détection accrues (cf. patrouilles, interventions).

Six types d'approches, apparaissent pouvoir se combiner pour construire des scénarios de déploiement ; elles sont illustrées ci-après par des scénarios chiffrés :

(NB : ces scénarios sont illustratifs des différentes approches, ils ne présentent aucun caractère d'engagement ni même de programmation d'investissement ; leur première vertu est d'illustrer la possibilité d'approfondir les chiffrages financiers, et les besoins de préciser les hypothèses, les scénarios ci-dessous croisant plusieurs sources documentaires).

Les approches illustrées par les scénarios sont, schématiquement, les suivantes :

- **une approche fondée sur une logique de couverture des intersections et insertions (Scénario 1)**: cette approche viserait à concentrer les choix d'équipement au niveau des intersections et insertions qui concentrent une grande partie des enjeux de sécurité (Cf projet SECUR note de bas de page 13). Cette approche consiste d'une part à déployer des équipements de perception et de connectivité courte distance sur les carrefours à feux en milieu urbain avec un objectif de couverture atteignant 75% à long terme (au-delà de 2030). Et d'autre part à déployer des équipements de perception et de connectivité courte distance sur les intersections/insertions et points singuliers (passage à niveau, tunnel/tranchée couverte, gare de péage) du réseau routier national. Cette approche fait l'objet d'évaluations complémentaires sur les potentiels impacts et bénéfiques des cas d'usage C-ITS associés (Annexe VI).
- **une approche fondée sur la criticité des zones du point de vue de la sécurité routière, sur l'ensemble du réseau (Scénario 2)** : cette approche viserait à concentrer les choix d'équipement sur les zones les plus accidentogènes ; les travaux présentés en annexe (notion de clusters d'accidents) montrent que cette approche est documentable et permet d'objectiver des priorités ; un avantage de cette approche est de pouvoir faire s'exprimer, au-delà des priorités « théoriques » issues de l'accidentologie, les écosystèmes locaux, qui ont pu conduire des études de sécurité locales alors valorisées dans l'approche (cf. démarche SURE²) ; un inconvénient de cette approche peut être de donner lieu à un « patchwork » de couverture du réseau, qui peut aller à l'encontre des attentes des usagers d'information routière

² La démarche SURE est une méthode globale pour améliorer la sécurité des routes existantes. Elle consiste à traiter les itinéraires où l'accidentalité est anormale, après en avoir compris les dysfonctionnements par l'analyse des accidents corporels, pour obtenir le meilleur gain en sécurité, et optimiser le coût.

envers une certaine continuité (zonale ou par itinéraire) de l'information qui lui est fournie avec un sentiment de sur-confiance ne tenant pas compte des risques de discontinuité.

- **une approche fondée sur l'identification des points dit « singuliers » du réseau routier national (Scénario 3)** : cette approche viserait à couvrir des zones potentiellement accidentogènes compte tenu de leur spécificité et du grand nombre d'usager y circulant au même instant. Ces zones comprennent : les passages à niveau, les tunnels et tranchées couvertes, les gares de péage et tout point de péage en flux libre, les carrefours (y compris insertion) sur le réseau routier non concédé, et enfin les échangeurs sur le réseau routier concédé.
- **une approche fondée sur une logique d'itinéraires (Scénario 4)**, qui semble répondre aux attentes de continuité de l'information des usagers : cette approche semble la mieux à même de limiter le risque de « sur-confiance » des usagers ; dans cette approche, on pourrait considérer que certains itinéraires doivent faire l'objet d'un « niveau de service minimal », correspondant par exemple aux alertes à faible latence sur les queues de bouchon, les véhicules arrêtés, à contresens, l'aide aux insertions, l'aide au franchissement des péages... Dans cette approche le RTE-T central, puis le RTE-T global pourraient constituer des phases de déploiement ; cette logique d'itinéraires resterait attachée à l'idée de cibler le déploiement sur les zones à enjeux (insertions, péages, tunnels, viaducs, zones sensibles du point de vue de la viabilité hivernale).
- **une approche fondée sur le volume de trafic (Scénario 5)** : cette approche consiste à cibler des sections proches de la saturation générant davantage de risques de remontée de file, de difficultés d'insertion ...)
- **une approche associant équipement du réseau structurant (réseau à grande circulation) et équipements d'intersections sur le réseau secondaire, menée par les filières équipement de la route, automobile et télécoms (Scénario 6)** : Ce déploiement viserait à couvrir à hauteur de 100% le réseau structurant (45 000 km d'autoroutes et routes nationales/départementales), 30 % des points isolés critiques sur routes départementales, 30% des carrefours à feux et des routes urbaines. Ce scénario est proche du scénario 1 dans son principe mais se distingue par les coûts unitaires utilisés, nettement inférieurs.

➤ **Scénarios de déploiement illustratifs des différentes approches**

Les scénarios considérés pour illustrer les différentes approches de déploiement conduisent, en synthèse, aux estimations suivantes (investissement sur la période 2025-2030) :

Scénario	Logique sous-jacente / hypothèses / sources de données	Investissement (Md Euros)
1.1.	Intersections + insertions sur réseau routier national + carrefours à feux urbains Coûts unitaires issus de l'étude de la Commission européenne pour la directive ITS ³	2,0
1.2.	Intersections + insertions sur réseau routier national + carrefours à feux urbains Coûts unitaires issus de l'étude des filières	0,9
2.1.	Zones et points hyper-critiques d'accidentalité (≥ 8 accidents 2017-2021) Coûts unitaires issus de l'étude de la Commission européenne pour la directive ITS	0,3
2.2.	Zones et points critiques d'accidentalité (≥ 3 accidents 2017-2021) Coûts unitaires issus de l'étude de la Commission européenne pour la directive ITS	1,3
3.	Points singuliers du réseau routier national (échangeurs ou carrefours, points et tunnels, péages, passages à niveau) ; Coûts unitaires de l'étude de la directive ITS	1,2
4.1.	Sections routières du réseau routier national de trafic > 10 000 véhicules / jour Coûts unitaires issus de l'étude de la Commission européenne pour la directive ITS	0,8
4.2.	Sections routières du réseau routier national de trafic > 15 000 véhicules / jour Coûts unitaires issus de l'étude de la Commission européenne pour la directive ITS	0,5
5.1	Itinéraires du réseau trans-européen principal (« core ») Coûts unitaires issus de l'étude de la Commission européenne pour la directive ITS	0,5
5.2.	Itinéraires du réseau trans-européen complet Coûts unitaires issus de l'étude de la Commission européenne pour la directive ITS	1,0
6.1.	Approche hybride (réseau structurant + routes urbaines + carrefours à feux + points critiques de sécurité routière sur réseau départemental) Coûts unitaires issus de l'étude des filières.	1,1
6.2.	Approche hybride (idem) Coûts unitaires issus de l'étude de la Commission européenne pour la directive ITS	2,6

Plus précisément, les coûts des différents scénarios (NB : illustratifs) se décomposent ainsi (le détail des scénarios est fourni en annexe VI) :

Scénario	Bas	Haut
Investissements de déploiement « bord de voie »		
Intersections RRN et carrefours à feux urbains Scénario 1.1 (coûts unitaires issus de l'étude d'impact de la directive ITS)		
Carrefour à feux		735 M€
Points singuliers hors intersections sur RRN-NC ⁴		8 M€
Points singulier hors intersections sur RRN-C		76 M€
Intersections/insertions sur RRN-NC		980 M€
Intersections/insertions sur RRN-C		90 M€
Total		1 980 M€
Intersections RRN et carrefours à feux urbain Scénario 1.2 (coûts unitaires issus des travaux filières)		
Carrefours à feux		405 M€
Points singuliers hors intersections sur RRN-NC		3 M€
Points singulier hors intersections sur RRN-C		30 M€
Intersections/insertions sur RRN-NC		384 M€
Intersections/insertions sur RRN-C		35 M€
Total		856 M€

³ Certains coûts unitaires non documentés dans les études de la Commission ont été documentés à partir d'autres sources détaillées en annexe.

⁴ Les points singuliers NC comprennent les passages à niveau, et les tunnels/tranchées couvertes du RRN Non Concédé. Tandis que les points singuliers-C comprennent les gares de péages et les tunnels/tranchées couvertes du RRN Concédé.

Zones et points critiques accidentalité⁵ Scénario 2		
Autoroutes	6 M€	27 M€
Routes nationales	1 M€	11 M€
Carrefours à feux	245 M€	735 M€
Autres réseaux ⁶	80 M€	545 M€
Total	332 M€	1 318 M€
Points singuliers sur RRN⁷ Scénario 3		
RRN-NC	990 M€	
RRN-C	165 M€	
Total	1 155 M€	
Classes de trafic⁸ Scénario 4		
RRN-NC	115 M€	181 M€
RRN-C	392 M€	602 M€
Total	507 M€	783 M€
Itinéraire RTE-T Scénario 5		
Réseau principal	460 M€	
Réseau complet	1040 M€	
Approche Filières⁹ Scénario 6.1 (coûts unitaires issus des travaux filières)		
Points isolés critiques routes départementales	50 M€	
Réseau structurant (dont autoroutes)	297 M€	
Urbain (routes urbaines et carrefours à feux)	783 M€	
Total	1 130 M€	
Approche Filières Scénario 6.2 (coûts unitaires issus des de l'étude d'impact directive ITS)		
Points isolés critiques routes départementales	127 M€	
Réseau structurant (dont autoroutes)	760 M€	
Urbain (routes urbaines et carrefours à feux)	1710 M€	
Total	2597 M€	

NB 1 : les coûts annuels d'exploitation et de maintenance sont fournis en annexe ; l'ordre de grandeur est de 10 % des coûts d'investissement

NB 2 : les coûts des outils de concentration, qualification et échanges des données (SAGT, espace de données partagés), ne sont pas pris en compte

NB 3 : la combinaison de ces scénarios est possible, mais reste à consolider pour éviter les doubles-comptes.

S'agissant de l'équipement en connectivité des parcs de véhicules d'exploitation et d'intervention, un équipement à 100 % des flottes représenterait environ 100 M€ d'investissement et 15 M€ annuels d'exploitation-maintenance, l'essentiel portant sur les flottes des gestionnaires du réseau départemental.

⁵ Les scénarios considérés dans l'approche « zones et points critiques accidentalité » sont les suivants : scénario bas considère un déploiement d'équipement sur les clusters à « haut niveau d'accidentalité », c'est-à-dire des clusters avec au minimum 8 accidents entre 2017 et 2021. Le scénario haut considère quant à lui, un déploiement d'équipement sur les clusters à « faible niveau d'accidentalité », c'est-à-dire des clusters avec au minimum 3 accidents entre 2017 et 2021.

⁶ Les « autres réseaux » comprennent les routes départementales et l'équipement des 144 passages à niveau considérés comme dangereux par le MTE. Précisions et liste complète disponible ici : <https://www.ecologie.gouv.fr/passages-niveau>

⁷ Les « points singuliers sur RNN » comprennent : Passages à niveau, les tunnels et tranchées couvertes, les gares de péages, les carrefours sur RRN non concédé, et enfin les échangeurs sur RRN concédé.

⁸ Deux classes de trafic considérés sur le RRN : scénario bas on considère un déploiement d'équipement uniquement sur les sections présentant trafic moyen journalier annuel (TMJA) supérieur à 10 000 véhicule/jour et par voie. Le scénario haut considère un déploiement d'équipement uniquement sur les sections présentant un trafic moyen journalier annuel (TMJA) supérieur à 15 000 véhicule/jour et par voie.

⁹ Approche PFA : déploiement sur 30% des 5 000 points isolés critiques identifiés sur le réseau départemental ; déploiement sur 100% du réseau structurant (9 200 km autoroutes concédés et 35 800 km axe structurants non concédés) ; déploiement sur 30% des routes urbaines (300 000 km) et 30% des carrefours à feux (35 000 carrefours à feux identifiés).

Il est intéressant de noter que les scénarios 1, le scénario 6 et le scénario issu de la directive ITS aboutissent à un nombre de points équipés comparable, de l'ordre de 35 000 à 40 000. Cet ordre de grandeur de points à équiper, correspondant aux intersections / insertions du réseau structurant et à une part des carrefours à feux semble ainsi assez robuste. Les prix unitaires retenus (ceux issus de l'étude d'impact directive ITS pour les scénarios 1 à 5 ; ceux issus des travaux des filières pour le scénario 6) varient de plus d'un facteur 2. Ces prix unitaires devront ainsi être consolidés dans la suite des travaux. Enfin il subsiste des incertitudes importantes en ce qui concerne le taux de mise à niveau de l'infrastructure existante par rapport à l'installation d'équipement de détection/connectivité complets, pour les feux en particulier, ainsi qu'en matière de densité des équipements de détection/connectivité nécessaire, qui est liée à la configuration physique des lieux (masques...)

8. Éléments d'évaluation socio-économique

L'étude d'impact de la directive ITS a évalué les coûts et bénéfices socio-économique sur une période de 20 ans liés au déploiement de différents groupes de cas d'usage sur le périmètre des 27 pays de l'UE (EU 27).

Les cas d'usage considérés dans cette évaluation regroupent d'une part des cas d'usage visant l'information aux conducteurs et voyageurs (information multimodale, information routière, informations de sécurité) à l'aide notamment de remontée de données. Et d'autre part des cas d'usage C-ITS d'alertes V2V/V2X ou I2V (cas d'usage d'alertes événement de sécurité, réglementation, perception augmentée).

Les principales hypothèses de déploiement sont les suivantes:

- L'équipement de l'ensemble des réseaux routiers (RTE-T, autres autoroutes, urbain), sous différentes hypothèses rappelées en annexe VI, et aboutissant à l'équipement de 150 000 intersections/insertion au niveau européen, soit environ 40 000 intersections/insertion pour la France.
- Equipement de chaque intersection /insertion par une UBR
- Ratio global de 1,25 équipement de détection/modernisation de l'infrastructure pour une UBR.

Les hypothèses de nombre de points équipés sont ainsi très proches de celles des scénarios 1 et 6.

Par ailleurs, les hypothèses d'équipement des véhicules en équipement de connectivité courte portée aboutissent à un taux d'environ 70% des véhicules particuliers équipés dans le parc de véhicule à la fin de la période d'évaluation (2040). Selon ces hypothèses, les coûts et bénéfices calculés par rapport à une option de référence supposant un déploiement non généralisé, issu des projets locaux, sont les suivants :

Coûts et bénéfices, en Mds€ (UE 27)	
Coûts	
Unités bord de route	1.1
Equipements bord de route hors UBR (feux de circulation connectés, caméras, capteurs, PMV)	3.3
Point d'accès National (PAN)	0.4
Centre de gestion de trafic	0.5
Total coûts infrastructures	5.3
Equipement à bord des véhicules neufs	15.4
Total Coûts	20.8
Bénéfices	
Réduction coûts externes accidentali�té	29.5
Temps gagné	144.5
Réduction coûts externes émissions CO2	2.4
Réduction coûts externes émissions polluants atmosphériques	0.3
Economie de carburant	2.4
Total Bénéfices	179.1
Total Net Bénéfices	158.3
Ratio Bénéfices/Coûts	8.6

Tableau : Coûts et Bénéfices de l'option de projet 3 par rapport au scénario de référence, exprimés en coûts actualisés sur la période 2021-2040 (en Mrd à), pour le périmètre EU 27 et France selon hypothèses

Il est considéré que les gains de temps sont essentiellement liés aux cas d'usage d'information et que les gains de sécurité sont essentiellement liés à des cas d'usage permettant la prise de conscience du conducteur des dangers en amont, ainsi qu'aux alertes sur des risques ou dangers immédiats. La première catégorie, qui relève de l'information, peut se satisfaire de latences de quelques secondes permises par les réseaux cellulaires. La deuxième catégorie nécessite pour sa part des latences inférieures à la seconde et le déploiement d'équipements de connectivité courte portée. L'hypothèse est faite ici que la quasi-totalité des gains de sécurité routière sont réalisés par la deuxième catégorie de cas d'usage, permettant l'alerte du conducteur sur les risques immédiats (présence d'usagers vulnérables, présence de véhicule à une intersection hors de champ de vision...).

Le bilan donné par l'étude d'impact de la directive ITS montre que le ratio bénéfices de sécurité/coûts des équipements bord de route nécessaires aux cas d'usage de sécurité nécessitant la connectivité courte portée est de 6.7 (Bilan positif de 25.1 Mrd€) Ce ratio est de 1.5 lorsque les coûts d'équipement des véhicules sont intégrés au calcul du ratio bénéfice/coûts (Bilan positif de 9.7 Mrd €)

L'étude d'impact de la directive ITS, qui retient des hypothèses très proches de scénarios 1 et 6 en visant à la fois l'équipement des réseaux structurants ainsi que de certaines intersections en milieu urbain ou rural, met donc en évidence un bilan nettement positif des déploiements des équipements de connectivité courte portée et équipements de détection pour la mise en œuvre des cas d'usage de sécurité.

Impact du taux d'équipement des véhicules.

Les bénéfices de l'étude d'impact de la directive ITS sont calculés avec un taux de véhicules équipés de stations ITS de 70 % à la fin de la période d'évaluation (2040).

Le tableau ci-dessous présente l'impact du taux d'équipement des véhicules sur les ratios bénéfices/coûts.

Impact du taux d'équipement des véhicules¹⁰				
Taux pénétration parc véhicule connecté courte portée (2040)	p = 0.30	p = 0.40	p = 0.50	p = 0.60
Bénéfices (réduction accidentalité) périmètre UE	4.4 Mds€	9.6 Mds€	15 Mds€	21 Mds€
Ratio bénéfices/ coûts équipements bord de route.	1	1.8	2.8	4
Ratio bénéfices/coûts équipement bord de route et véhicules	0.2	0.5	0.8	1.06

➤ Taux d'équipement des véhicules minimal pour un bilan coûts-avantages favorable

Dans les hypothèses de coûts et de densité déploiement bord de route de l'étude d'impact de la directive ITS, le taux d'équipement en connectivité courte portée des véhicules devrait être égal à 60% pour que les bénéfices couvrent les coûts de déploiement bord de route et d'équipement des véhicules. Si l'on considère que les coût d'équipement des véhicules sont couverts par des bénéfices (a priori marchands) pour les constructeurs, le taux d'équipement des véhicules circulants en connectivité de courte portée devrait être de 30% pour générer des bénéfices équilibrant les coûts de déploiement des équipements bord de voie.

Le détail des éléments d'évaluation socio-économique est fourni en annexe VI.

¹⁰ L'étude d'impact directive ITS a pris pour hypothèse un taux de $n=70\%$ de véhicules équipés en 2040, ce taux croissant entre 2020 et 2040. Dans le scénario « stratégie connectivité », il est considéré qu'un taux p est atteint, p étant inférieur à n , et que la croissance entre 2020 et 2040 est homothétique de celle prise en compte par l'étude directive ITS. Il est en effet considéré que, en l'absence d'obligation d'équipement des véhicules neufs, le taux d'équipement des véhicules n'est pas de 100 % à partir de 2030 (hypothèse de l'étude d'impact directive ITS) mais de 50% à partir de 2030 (taux constant après 2030). L'hypothèse est faite que les bénéfices du scénario « Stratégie connectivité » peuvent être obtenus en fonction d'une fraction $(p/n)^2$ représentant la réduction de bénéfices des cas d'usage V2V (qui est majorante car tous les cas d'usage ne relèvent pas des transmissions V2V), où p représente un taux de pénétration réaliste et n le taux de pénétration de l'étude d'impact. Précisions disponibles en annexe VI.

9. Enjeux technologiques et d'allocation des fréquences

Pour assurer le besoin de connectivité de courte portée (véhicule ↔ infrastructure ou véhicule ↔ véhicule), en complément d'une connectivité de type cellulaire de large couverture, et pour les cas d'usage pour lesquels cette courte portée se justifie, deux familles de technologies sont a priori mobilisables :

- l'une fondée sur les normes de type wifi (IEEE 802.11)
- l'autre fondée sur les technologies dites 5G-V2X, fondées sur des normes (ou releases) produites dans le domaine de la téléphonie mobile (3GPP 16NR – V2X et suivantes).

Les deux technologies permettent les latences attendues et peuvent prendre en charge les cas d'usage dont l'intérêt est souligné par les acteurs. Seuls quelques cas d'usage (notamment la vision « à travers » des véhicules qui suppose le partage de flux vidéos à faible latence) nécessitent des débits qui peuvent être supérieurs à 10 Mbps, qui semblent en dehors des capacités de l'ITS-G5.

L'ITS-G5 est la technologie considérée comme la plus mature. Le 5G-V2X produit différentes « release » du 3GPP et la maturité dépend de ces releases. Notamment, les profils standardisés de la release 14 pour l'interopérabilité entre OEM n'ont pas été testés. Ceux des release 16 et 17 n'existent pas à ce jour. Les puces pour l'accès radio correspondant aux release 16 et 17 n'ont pas encore été testées et n'existent pas « sur étagère ».

Par ailleurs, subsiste une interrogation sur la rétro-compatibilité des équipements 5G-V2X. Ainsi il existe un risque que les véhicules équipés de puces correspondant à une certaine « release » ne soient un jour plus compatible avec une nouvelle « release », dont le rythme de mise à jour est de l'ordre de 18 mois.

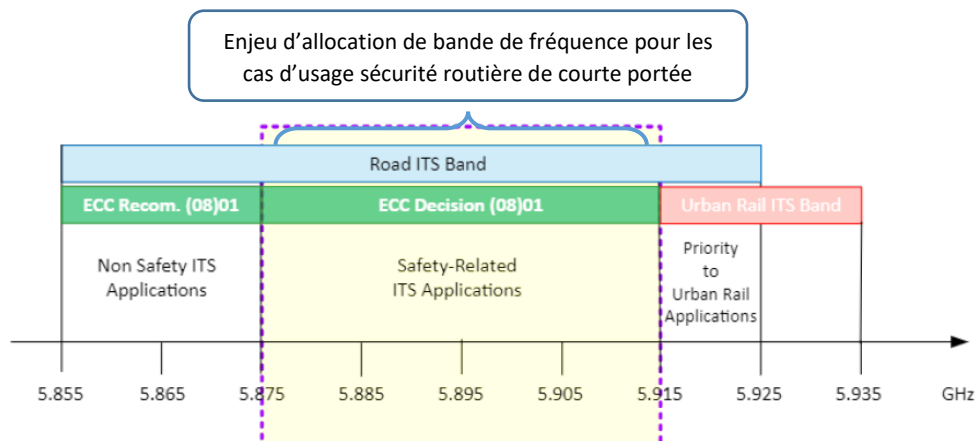
Les constructeurs européens affichent, de façon croissante, une préférence pour le déploiement à bord de leurs véhicules de la technologie C-V2X. Cette position semble alignée avec les orientations prises en Amérique du Nord (US, Canada) et en Chine. Ainsi aux Etats-Unis, la technologie WAVE (wireless access in vehicular environments, équivalente à l'ITS G5) ne peut plus être déployée depuis juillet 2022. Au Canada, à partir d'avril 2023, seuls les équipements C-V2X seront certifiés dans la bande 5,9 GHz. Les équipements DSRC (équivalent ITS-G5) pourront continuer à opérer mais sans protection et sans interférence.

Le consensus actuel est que ces deux technologies ne peuvent pas coexister sur une même bande de fréquences. Ainsi le rapport ETSI « Study on spectrum sharing between ITS-G5 and LTE-V2X technologies in the 5855 MHz – 5925 MHz band » indique qu'une priorité équivalente pour les deux technologies sur un même canal pourrait conduire à une dégradation de la performance ; ainsi une option peut être d'affecter au moins un canal prioritaire à chacune des technologies pour éviter le risque d'interférences mutuelles.

Une grande partie des cas d'usage générant des besoins de connectivité de courte portée se développeront progressivement, selon une dynamique encore entachée d'une incertitude notable, notamment pour les cas d'usage de vision coopérative et de soutien à l'automatisation, qui pourraient ne voir le jour à une échelle significative qu'après 2030. De plus, la directive ITS révisée a réaffirmé le besoin de neutralité technologique par rapport aux cas d'usage et à leurs définitions et spécifications fonctionnelles.

C'est dans cette logique de neutralité technologique que le groupe de travail « connectivité » animé par la DGITM a conduit ses travaux, et en particulier la revue détaillée des besoins fonctionnels des cas d'usage (ex : latence, débit, précision). La synthèse de cette revue des besoins fonctionnels est présentée en annexe.

Pour autant, les acteurs de la connectivité militent pour que les choix technologiques des industriels eux-mêmes soient clarifiés, clarification qui suppose que les capacités allouées à chacune des deux technologies soient connues suffisamment tôt, de manière à permettre les investissements correspondants, dans les véhicules, comme dans les réseaux de communication et en bord de voie. En pratique, cette allocation des capacités se traduit par le partage de la bande de fréquences allouée à la connectivité routière pour les applications de sécurité (5.875 – 5,915 GHz, soit une bande de 40 MHz), entre ces deux technologies.



Pour éclairer ce besoin d'allocation, divers types de travaux ont été conduits, au niveau international et national. Ces travaux distinguent, en cohérence avec la catégorisation des cas d'usage ci-dessus, deux principales familles, qui se différencient notamment par le niveau de débit sollicité :

- les messages d'alerte coopérative, a priori peu consommateurs de débit, et bénéficiant d'un certain foisonnement, dû au caractère aléatoire des événements ou incidents (sauf dans les cas d'accumulation de véhicules à l'occasion d'événement inopinés) ;
- les cas d'usage de vision ou de manœuvre coopérative, qui peuvent nécessiter d'échanger des flux d'images entre véhicules et avec l'infrastructure ; le principe de diffusion d'images en continu (par opposition aux messages d'alertes), rend alors le foisonnement peu opérant pour réduire les besoins de débit de ces cas d'usage.

Deux études (5GAA¹¹ et Car2Car consortium¹²) se sont livrées à des estimations de besoin en bande de fréquence pour les différents cas d'usage de connectivité puis d'automatisation connectée (cf. annexes IV bis et IV ter). Les deux estimations (5GAA et Car2Car consortium), ramenées à des périmètres de cas d'usage et à des densités de demande qui semblent comparables, apparaissent d'une magnitude comparable.

Ces deux estimations sont naturellement très dépendantes des hypothèses de taux de pénétration des véhicules connectés puis automatisés, elles-mêmes incertaines à l'horizon de 2050. Avec les hypothèses considérées comme raisonnables (reflétant des situations de pénétration des véhicules connectés puis automatisés dans le parc, et des densités de demande moins extrêmes que présentées¹³), le besoin de bande de fréquence à l'horizon 2050 apparaît de l'ordre de 5 à 10 MHz pour les cas d'usage de connectivité sans automatisation et de 5 à 20 MHz pour les futurs cas d'usage plus avancés de perception coopérative en soutien à l'automatisation.

Il convient par ailleurs de prendre en compte le fait que dans l'ensemble des cas d'usage étudiés, certains peuvent être considérés comme « hybrides » entre des finalités de sécurité routière, et des finalités non purement dédiées à la sécurité (gestion de trafic ou de flottes). Enfin, il convient d'approfondir l'hypothèse selon laquelle les cas d'usage de vision et de manœuvre coopératives s'appuient sur des échanges de flux d'images : certains projets pilotes ont d'ores et déjà adopté une vision plus « sobre » en termes de flux (i.e. en augmentant la capacité de traitement des images avant transmission qui, une fois interprétées, s'assimilent alors davantage à des messages qu'à des flux d'images).

¹¹ Cf. 5GAA study on spectrum needs for safety related intelligent transport systems, 2021

¹² Cf. Car2Car position paper on road safety and road efficiency spectrum needs in the 5.9 GHz, 2020

¹³ Les estimations maximales présentées dans les deux études correspondent au cas théorique d'une densité de véhicules totalement arrêtés (« pare-choc contre pare-choc ») ou bien à très faible allure (moins de 10 km/h). Ces situations ne semblent pertinentes que pour des situations de « traffic shockwaves » (accumulation de trafic provoquant le déclenchement de système d'aide à la conduite type ADAS). Ces situations font l'hypothèse d'un envoi automatique d'alertes d'activation d'ADAS qui provoquerait une saturation de la bande (hypothèse forte – les constructeurs n'ont pas prévu de transmettre ce type d'information à court terme). Or, dans ces situations de forte communication, la fréquence de messages peut aussi être ajustée au niveau de la spécification des cas d'usage.

➤ *Approche pour l'allocation de capacités (fréquences) entre technologies*

Compte-tenu du diagnostic selon lequel les deux technologies ne peuvent coexister sur une même bande de fréquences, de la demande des acteurs de décider sans tarder de l'allocation des fréquences afin de permettre les développements (releases de spécifications notamment) et les investissements, et des estimations de besoins en débit issus des travaux existants combinées à des hypothèses de déploiement progressif des véhicules connectés puis automatisés, il apparaît raisonnable de penser qu'une allocation de fréquence d'au maximum 20 MHz pour chacune des deux technologies, permettrait d'absorber la grande majorité des besoins.

La question reste posée de savoir si, pour tenir compte du développement éventuellement asymétrique des deux technologies dans les choix industriels des différents acteurs, il convient de réserver une marge en vue de l'allouer ultérieurement à la technologie qui dont le déploiement avéré sera le plus fort à moyen terme.

L'approche proposée consiste donc à approfondir l'évaluation des besoins prévisionnels de débit et de bande de fréquence des cas d'usage relevant de la sécurité routière, sur la base de la contribution des acteurs, en vue de dégager une position française sous la coordination de l'ANFR.

Cette évaluation devra permettre d'approfondir l'examen de deux scénarios :

- Celui consistant, au sein de la bande des 40 MHz, à réserver 10 MHz pour les cas d'usage s'appuyant sur le protocole IEEE 802.11 et 20 MHz pour les cas d'usage s'appuyant sur les protocoles 5G-V2X à venir, et à réserver 10 MHz pour une revoiture en fonction du développement futurs, permettant de dégager suffisamment de capacités pour les cas d'usage visés, compte-tenu des perspectives de déploiement dans les véhicules et sur les réseaux.
- Celui consistant, au sein de la bande des 40 MHz, à réserver 20 MHz pour chacune des technologies (5G-V2X et IEEE 802.11), et à mettre en place un suivi de l'utilisation effective des bandes par chacune des technologies (au travers des réseaux équipés et véhicules équipés) pour le cas échéant réaffecter les bandes non ou très faiblement utilisées.

En complément à l'examen de ces scénarios, les besoins des acteurs des ITS routiers sur la bande 5915-5925 MHz, partagée avec le rail urbain, ce dernier étant prioritaire, devront également être identifiés.

Les estimations de besoin en fréquence présentées ci-dessus (i.e. ajustées par des hypothèses raisonnables de taux de pénétration des véhicules) et le choix majoritaire des constructeurs automobiles européens de privilégier la technologie 5G V2X, peuvent laisser penser que les besoins de chaque technologie, pour les cas d'usage de sécurité routière, seront couverts par l'allocation respective 10 MHz [ITS-G5] ; 20 MHz [5G-V2X].

Les orientations ci-dessus ne traitent pas de la question de la garantie du niveau de service (latence, disponibilité, débit), qui pourra se révéler déterminante dans la mise en œuvre de chacune de ces technologies pour les cas d'usage visés.

10. Récapitulatif des actions

- **Cadre réglementaire d'échanges de données**
 - Préparer la transposition ou la transcription du cadre européen et national dans l'objectif préciser autant que de besoin les définitions (obligations et types de données) (T1 2024)
 - Adopter une approche « bottom-up » de la qualité des données : les acteurs resteront responsables de préciser (dans les méta-données) les niveaux de qualité de leurs données, sans exiger de qualité minimale des données (T1 2024)

- Convenir, avec les acteurs concernés, de bonnes pratiques en matière de présentation de l'information aux usagers (priorités entre cas d'usage, indications de comportements), en conservant la possibilité de prescrire certaines modalités de présentation pour des cas d'usage prioritaires (sécurité des agents d'intervention notamment)
- **Espace sécurisé d'échanges de données qualifiées**
 - Définir les besoins fonctionnels de l'espace de données, en incluant dans l'approche l'examen de l'articulation des différentes plates formes de données existantes (bison futé, noeud national C-ITS, Data for Road Safety...) (T2 2024)
 - Etudier, sur la base des exemples européens, les modalités de gouvernance pertinentes avec les différents acteurs (T4 2024)
- **Stratégie de déploiement « véhicules-infrastructures »**
 - Affiner, avec les acteurs, les scénarios de déploiement « bord de voie » et d'équipement des flottes de véhicules d'intervention pour les cas d'usage d'alerte et de sécurisation des zones, sections ou itinéraires prioritaires supposant la communication directe des véhicules équipés avec l'infrastructure. Affiner notamment les besoins d'équipement des points singuliers (ex : passages à niveau, tunnels...) et des véhicules d'intervention. (T1 2024)
 - Pour les cas d'usage d'alerte sur les passages à niveau ferroviaires, préciser le besoin d'un cadre d'expérimentation ou de déploiement associé à un régime de responsabilité adapté (T1 2024).
 - Examiner avec les acteurs les modèles économiques et modalités de financement adaptées à ces différents scénarios, compte-tenu notamment des porteurs concernés (gestionnaire du réseau routier national non concédé, sociétés concessionnaires, services d'incendie et de secours, services de police, collectivités locales gestionnaires de réseau) (T4 2024)
 - Etudier, dans le cadre des contrats stratégiques de filière « automobile » et « industrie du numérique », la faisabilité d'une feuille de route d'engagements réciproques entre la connectivité « bord de voie » décrite ci-dessus, le déploiement de la connectivité des véhicules et les niveaux de couverture et de qualité de service de connectivité pour les applications de sécurité routière (T3 2024)
- **Modèle économique**
 - Approfondir la notion d'opérateur privé de connectivité, afin notamment d'examiner le périmètre potentiel des missions ainsi que les enjeux de qualité (engagements de niveau de service) et de responsabilité en cas de rupture de service (T1 2025)
- **Technologies et fréquences**
 - Elaborer la position française sur le partage de la bande de 40 Mhz autour des 5,9 GHz, à partir du scénario 10 MHz [ITS-G5] + 20 MHz [5G-V2X] + 10 MHz (à préciser) (T2 2024)
- **Approfondissement de cas d'usage**
 - Etablir les catalogues détaillés des cas d'usage de connectivité et leurs besoins fonctionnels
 - pour l'interaction des véhicules sans conducteur à bord avec les primo-intervenants (T2 2024)
 - pour l'intervention à distance du transport public automatisé sans conducteur à bord (T3 2024)
 - Approfondir les éventuels besoins de connectivité « bord de voie » pour les cas d'usage hors alertes et zones critiques (notamment interfaces multimodales, stationnement, IRVE)

Annexes

Annexe I : cartographie des cas d'usage et besoins fonctionnels

<i>Catégories de cas d'usage</i>	<i>Finalités principales</i>	<i>Besoins fonctionnels saillants</i>
1. Information réglementation routière et état du réseau routier	Planification des trajets Respect de la réglementation.	Couverture géographique
2. Informations parking et interfaces multimodales (IRVE, P+R..)	Aide à l'intermodalité, à l'électromobilité	
3. Informations stationnement PL et aires de livraison	Planification des trajets Réduction des nuisances	
4. Alertes événements de sécurité	Sécurité routière	Latence, précision
5. Alertes interventions des gestionnaires routiers	Sécurité routière	Latence, précision Couverture géographique
6. Feux connectés	Efficacité des transports publics Appui à l'automatisation	Latence, précision
7. Alertes aux intersections	Sécurité routière (dont usagers vulnérables) Appui à l'automatisation	Latence, précision
8. Vision et manœuvres coopératives	Sécurité routière (dont usagers vulnérables) Appui à l'automatisation	Latence, précision Débit
9. Intervention à distance pour le transport routier automatisé	Sécurité routière et sécurité publique Appui à l'automatisation	Latence, précision Débit
10. Interaction de véhicules automatisés avec les primo-intervenants (forces de l'ordre, véhicules prioritaires, contrôles)	Sécurité routière et sécurité publique Appui à l'automatisation	Latence, précision Couverture géographique

Par ailleurs, ces cas d'usage se distinguent par leur degré de maturité, apprécié notamment en fonction des travaux de définition détaillée ou de spécification qui les ont alimentés jusqu'à lors.

<i>Catégories de cas d'usage</i>	<i>Degré de maturité (définitions, spécifications)</i>
1. Information réglementation routière et état du réseau routier	
2. Informations parking et interfaces multimodales (IRVE, P+R..)	
3. Informations stationnement PL et aires de livraison	
4. Alertes événements de sécurité	
5. Alertes interventions des gestionnaires routiers	
6. Feux connectés	
7. Alertes aux intersections	
8. Vision et manœuvres coopératives	
9. Intervention à distance pour le transport routier automatisé	
10. Interaction de véhicules automatisés avec les primo-intervenants	

Annexe II : Besoins fonctionnels détaillés par type de cas d'usage

Les travaux du groupe « connectivité et données routières » a permis de qualifier les besoins fonctionnels au regard de quatre principaux critères fonctionnels (latence, débit, précision de la localisation, portée de la couverture). Il en ressort, en synthèse, les premiers éléments de cadrage suivants :

Cluster de cas d'usage	Latence		Précision	Débit	Portée	Continuité de couverture
Information et alertes sur les événements de sécurité routière						
<ul style="list-style-type: none"> • Evénements routiers potentiellement dangereux liés à l'infrastructure et à son environnement (hors autres véhicules et usagers de la route) (ex : conditions météo ; état de la chaussée) 	Information	1s	hectomètre	Kbps	10 km	Linéaire hiérarchique
	Alerte conducteur	100 ms	mètre		100m	
<ul style="list-style-type: none"> • Evénements routiers potentiellement dangereux liés à des autres usagers de la route (hors usagers vulnérables) (ex : queues de bouchons, véhicules approchant aux intersections,...) 	Information	1s	hectomètre	Kbps	1 km	Linéaire hiérarchique
	Alerte conducteur	100 ms	mètre		100m	
	Action véhicule	10 ms	décimètre		100m	
<ul style="list-style-type: none"> • Evénements routiers potentiellement dangereux liés à d'autres usagers vulnérables de la route (piétons, vélos) 	Information	1s	hectomètre	Kbps	1 km	Zonal
	Alerte conducteur	100 ms	mètre		100m	
	Action véhicule	10 ms	décimètre		100m	
<ul style="list-style-type: none"> • Evénements routiers potentiellement dangereux liés à la présence de véhicules d'intervention, de travaux, de secours, de transports exceptionnels, agricoles,... 	Information	1 s	hectomètre	Kbps	1 km	Linéaire hiérarchique et Zonal
	Alerte conducteur	100 ms	mètre		100m	
	Action véhicule	10ms	décimètre		100m	
<ul style="list-style-type: none"> • Evénements routiers potentiellement dangereux liés la présence d'agents d'intervention 	Information	1s	hectomètre	Kbps	1 km	Linéaire hiérarchique
	Alerte conducteur	100 ms	Mètre		100m	
	Action véhicule	10 ms	décimètre		100m	
Règles de circulation						
<ul style="list-style-type: none"> • Restrictions permanentes ou prévues de circulation et d'accès (voies, zones, ouvrages) 	> 1 h		mètre	Kbps	10 km	Global
<ul style="list-style-type: none"> • Restrictions événementielles de circulation (fermetures, travaux et interventions non prévus) 	1 mn		mètre	Kbps	10 km	Global
<ul style="list-style-type: none"> • Priorités des véhicules d'intervention 	Information	1s	mètre	Kbps	1 km	?
	Alerte conducteur	100 ms	mètre		100 m	
	Action véhicule	10ms	décimètre		20 m	

• Injonctions des forces de l'ordre aux véhicules sans conducteur à bord et interventions des primo-intervenants (recouvrant le cas de la levée de doute)	1 s (à expertiser)	décimètre	Kbps	100 m	Zonal (périmètre du service)	
Informations de destination et de parcours						
• Parking et stationnement (y compris attributs règlementaires – règles de stationnement ; et de services – ex : recharge, sécurisation, autres services ¹⁴ , fonctions d'intermodalité)	Statique	> 1 h	mètre	Kbps	Pas de limite particulière	Linéaire hiérarchique ou Zonal
	Dynamique	1s				
• Temps de parcours, ralentissements, bouchons	1 mn	décimètre	Kbps	Pas de limite particulière	Linéaire hiérarchique ou Zonal	
Connaissance (en vue de maintenance) de l'infrastructure						
• Chaussée et signalisation horizontale	1 mn	décimètre	Mbps	1 km	Linéaire hiérarchique ou Zonal	
• Signalisation verticale, amers de positionnement	1 s	décimètre	Mbps	1 km	Linéaire hiérarchique ou Zonal	
• Etat de fonctionnement des unités de connectivité bord de voie	10 ms	décimètre	Kbps	1 km	Linéaire hiérarchique ou Zonal	
Soutien à la conduite coopérative, assistée ou automatisée						
• Coopération avec l'infrastructure (ex : feux d'intersections, arrêts..)	10 ms	décimètre	Kbps	100 m	Zonal	
• Vision étendue aux intersections	10 ms	décimètre	Mbps	100 m	Linéaire hiérarchique ou Zonal	
• Vision étendue longitudinale	10 ms	décimètre	Mbps	100 m	Linéaire hiérarchique	
• Manœuvres coopératives aux intersections	10 ms	décimètre	Kbps	100 m	Linéaire hiérarchique ou Zonal	
• Manœuvres coopératives pleine voie (dépassement)	10 ms	décimètre	Mbps	100 m		
• Manœuvre coopérative en parking	10 ms	décimètre	Mbps	100 m	Zonal	
• Relation usagers bord de voie transports publics (localisation, demandes spécifiques, dont PMR)	1 s	mètre	Mbps	1 km	Zonal (périmètre du service)	
• Intervention à distance sur manœuvres automatisées de systèmes de transports	10 ms	décimètre	Mbps	?	Zonal (périmètre du service)	

¹⁴ NB : les informations de type « point of interest » sont prises en compte, dans cette approche, via les possibilités d'accès offertes par le stationnement

<ul style="list-style-type: none"> Supervision à distance et relations usagers embarqués sur transports publics, dont détection de personnes à bord, surveillance de l'espace voyageur, détection de colis suspects 	1 s	décamètre	Mbps	?	Zonal (périmètre du service)
<ul style="list-style-type: none"> Monitoring des fonctions embarquées 	10 ms	mètre	Mbps	?	Selon l'ODD
<ul style="list-style-type: none"> Mise à jour des fonctions embarquées 	> 1h	décamètre	Mbps	?	Selon l'ODD

Annexe II bis : Besoins de spectre pour les cas d'usage de sécurité routière – étude 5GAA

- *Study of spectrum needs for safety related intelligent transportation systems”, 5GAA, octobre 2021*

Synthèse

L'étude estime les largeurs de bande passante requises pour l'introduction de cas d'usage de communications directes (via l'interface cellulaire V2X PC5 dans la bande 5,9 GHz) et pour les communications en réseau (via l'interface cellulaire-V2X Uu dans le spectre destiné à être utilisé par les réseaux de communication mobile).

Cette étude porte sur une liste de 44 cas d'usage, allant des cas d'usage « Day 1 » à des cas d'usage de conduite avancées « Advanced use cases » utilisant les technologies de communication LTE-V2X et NR-V2X (considérés comme étant les technologies les plus adaptées pour la prise des charges des C-ITS). Ces cas d'usage seront classés en deux groupes :

- Cas d'usage impliquant des communications directes entre les usagers de la route ou entre les usagers de la route et les stations ITS (V2V, V2I, V2P) telle que prise en charge par l'interface C-V2X (PC5) dans la bande 5,9 GHz.
- Cas d'usage impliquant des communications directes entre les usagers de la route et les stations de base du réseau mobile (V2N) telle que prise en charge par l'interface C-V2X (Uu) dans les bandes fréquences des réseaux de communication.

Pour les différentes sous catégories, les besoins en spectre ont été estimés pour les communications V2V, V2P, V2I or V2N en fonction de :

- 1) La géométrie routière (autoroutes, carrefours, milieu urbain).
- 2) La densité géographique et vitesse des usagers de la route.
- 3) La taille du message, ainsi que le taux de répétition, le débit de données ou la latence des messages requis pour le support du service.
- 4) L'efficacité spectrale effective de la technologie d'accès radio C-V2X pertinente.

Les besoins sont estimés avec l'hypothèse de pénétration à 100% des équipements ITS parmi les usagers de la route, et tiennent compte des besoins pour les certificats de sécurité et les signatures.

La méthodologie est synthétisée en annexe.

L'étude conclue, en synthèse, que la fourniture des cas d'usage C-ITS « Day 1 » de sécurité via LTE-V2X nécessite entre 10 et 20 MHz de spectre à 5,9 GHz pour les communications V2V/I. L'estimation des besoins de spectre pour la fourniture des cas d'usage C-ITS pour conduite avancées « Advanced driving use cases » via LTE-V2X et NR-V2X est plus complexe, d'autant que plusieurs de ces cas d'usage sont toujours en discussion compte tenu des différentes incertitudes les caractérisant¹⁵.

¹⁵ Par exemple, pour le cas d'usage « Sensor Sharing for Autonomous Vehicles », qui implique un partage en continu de données de capteurs entre usagers de la route, les besoins en spectre seront plus ou moins importants en fonction de l'ampleur de la nature même de l'information échangée (degré d'interprétation de l'image par rapport à une image « brute ») et de la redondance requise dans le partage des informations des capteurs (paramètre non fixé à ce jour). D'autres cas d'usage pris en compte sortent du champ de l'automatisation (cf. info-tainment).

Résultats détaillés

Les résultats sont présentés ci-dessous, par groupes de cas d'usage.

Cas d'usage d'alerte « day 1 » à transmission répétitive¹⁶				
Environnement de circulation	Urbain		2* 2 voies Interurbain (autoroute)	
Conditions de trafic	Dense ¹⁷ , congestionné	Peu dense ¹⁸ , fluide	Dense ¹⁹ , congestionné	Peu dense ²⁰ , fluide
Besoin de spectre	4 MHz	1,5 MHz	7,5 MHz	2,0 MHz
Cas d'usage de perception coopérative entre véhicules à transmission répétitive				
Environnement de circulation			2* 6 voies Interurbain (autoroute)	
Conditions de trafic			Dense ²¹	Peu dense ²²
Besoin de spectre			225 MHz	4,5 MHz
Cas d'usage de perception coopérative des usagers vulnérables à transmission répétitive				
Environnement de circulation	Urbain			
Conditions de trafic	Dense ²³	Peu dense ²⁴		
Besoin de spectre	5 MHz	2 MHz		
Cas d'usage de manœuvres coopératives (véhicules non automatisés)				
	Borne basse	Borne haute		
Besoin de spectre	0,5 MHz	1,5 MHz		

Cas d'usage liés à l'automatisation				
Mise à jour logicielle				
Environnement de circulation	Urbain		Rural ²⁵	
Conditions de trafic	Dense ²⁶	Peu dense ²⁷		
Besoin de spectre	2,5 MHz	1,0 MHz	11,5 MHz	
Remontée des données lors de la désactivation				
Environnement de circulation	Urbain		Rural ²⁸	
Conditions de trafic	Dense ²⁹	Peu dense ³⁰		
Besoin de spectre	3,5 MHz	3,5 MHz	12,0 MHz	

¹⁶ Alertes bouchons, freinage d'urgence, changement de voie, intersection

¹⁷ 250 véhicules dans l'environnement de 100 m autour du véhicule égo

¹⁸ 25 véhicules dans l'environnement de 100 m autour du véhicule égo

¹⁹ 200 véhicules dans l'environnement de 100 m autour du véhicule égo

²⁰ 15 véhicules dans l'environnement de 100 m autour du véhicule égo

²¹ 100 véhicules dans l'environnement de 100 m autour du véhicule égo

²² 10 véhicules dans l'environnement de 100 m autour du véhicule égo

²³ 1600 usagers vulnérables dans l'environnement de 50 m autour du véhicule égo

²⁴ 600 usagers vulnérables dans l'environnement de 50 m autour du véhicule égo

²⁵ 15 véhicules / km²

²⁶ 300 véhicules / km²

²⁷ 150 véhicules / km²

²⁸ 0,5 véhicules / km²

²⁹ 10 véhicules / km²

³⁰ 5 véhicules / km²

Monitoring des patients dans les véhicules sanitaires autonomes				
Environnement de circulation	Urbain		Rural ³¹	
Conditions de trafic	Dense ³²	Peu dense ³³		
Besoin de spectre	7,5 MHz	7,5 MHz	25,0 MHz	
Tele-conduite				
Environnement de circulation	Urbain		Rural ³⁴	
	Dense ³⁵	Peu dense ³⁶		
	30 MHz	30 MHz	100 MHz	
Vision étendue (y compris intersections)				
Environnement de circulation	Urbain			
Conditions de trafic	Dense ³⁷	Peu dense ³⁸		
Besoin de spectre	270 MHz	135 MHz		
Info-tainment				
Environnement de circulation	Urbain			
Conditions de trafic	Dense ³⁹	Peu dense ⁴⁰		
Besoin de spectre	900 MHz	450 MHz		
Cartographie flottante partagée				
Environnement de circulation	Urbain			
Conditions de trafic	Dense ⁴¹	Peu dense ⁴²		
Besoin de spectre	720 MHz	360 MHz		

Remarques

Les évaluations ci-dessus sont fondées, de manière générale, sur des densités de sources (véhicules, usagers vulnérables, nombres de voies) très élevées, avec un taux de pénétration de 100% de la connectivité dans les véhicules.

S'agissant des cas d'usage de perception étendue pour les véhicules non automatisés, on peut raisonnablement, par rapport aux hypothèses maximalistes proposées, considérer que la borne basse de l'estimation constitue en fait la borne haute et définir une borne basse avec des densités de trafic plus représentatives de l'environnement de circulation urbain⁴³.

³¹ 0,5 véhicules / km²

³² 10 véhicules / km²

³³ 5 véhicules / km²

³⁴ 0,5 véhicules / km²

³⁵ 10 véhicules / km²

³⁶ 5 véhicules / km²

³⁷ 1000 véhicules / km²

³⁸ 500 véhicules / km²

³⁹ 500 véhicules / km²

⁴⁰ 250 véhicules / km²

⁴¹ 1000 véhicules / km²

⁴² 500 véhicules / km²

⁴³ On peut en effet réduire de moitié le nombre de voies (2*3 au lieu de 2*6) et prendre alors une densité linéique maximum a) soit de 1 véhicule tous les 7 m (cf. théorie du trafic), soit sur 100 m et 3 voies, environ 25 véhicules b) soit de 1 véhicule tous les 20 m, représentative de la circulation en urbain (30 km/h)

S'agissant de la perception coopérative des usagers vulnérables, les densités retenues se situent aux limites des cohortes denses⁴⁴, mais cette hypothèse peut sembler raisonnable.

S'agissant des cas d'usage présentés comme relevant de la conduite automatisée, on peut relever que certains se situent loin du concept d'applications de sécurité pour la conduite (cf. info-tainment, monitoring des patients dans les véhicules) ou de façon discutable, notamment eu égard aux exigences de latence (mise à jour des logiciels et de la cartographie, remontée des données de désactivation), ou ne correspondent pas au concept de conduite automatisée (cf. télé-conduite). Le seul cas d'usage répondant strictement aux critères d'applications de sécurité à latence critique pour la conduite automatisée porte sur la vision étendue. Or, pour ce cas d'usage, l'hypothèse de densité de demande perception partagée utilisée correspond à une hypothèse d'hyper-congestion⁴⁵ avec un taux de véhicules automatisés et connectés de 100%, alors que les scénarios de taux de pénétration sont beaucoup plus lents⁴⁶

Avec des hypothèses plus raisonnables, en appliquant une proportionnalité entre les facteurs de densité de demande et les besoins de bande de fréquence, on peut ainsi estimer l'ordre de grandeur des besoins ainsi :

Hypothèse haute

Cas d'usage	Besoins max
Véhicules non automatisés – taux de pénétration dans le parc à 2050 = 50 %	
Alerte Day 1 à transmission répétitive	4 MHz
Perception coopérative entre véhicules	2 MHz
Perception coopérative des usagers vulnérables	2,5 MHz
Manœuvres coopératives	0,5 MHz
Véhicules automatisés – taux de pénétration dans le parc à 2050 = 20 %	
Vision étendue ⁴⁷	18 MHz
Total	27 MHz

Hypothèse basse

Cas d'usage	Besoins max
Véhicules non automatisés – taux de pénétration dans le parc à 2050 = 50 %	
Alerte Day 1 à transmission répétitive	4 MHz
Perception coopérative entre véhicules	0,7 MHz
Perception coopérative des usagers vulnérables	0,8 MHz
Manœuvres coopératives	0,2 MHz
Véhicules automatisés – taux de pénétration dans le parc à 2050 = 20 %	
Vision étendue ⁴⁸	9 MHz
Total	15 MHz

⁴⁴ La borne haute correspond à une densité d'usagers vulnérables de 0,2 personne / m², ce qui correspond à la limite de gêne à la marche entre piétons, et est supérieure aux recommandations de l'académie de médecine américaine pour limiter la transmission des virus respiratoires (0,16 personne / m²).

⁴⁵ La densité de 1000 véhicules / km² est supérieure à la densité critique d'une infrastructure de 2*3 voies avec circulation à l'arrêt (1 véhicule / 7m) (850 véhicule / km²).

⁴⁶ cf. <https://www.vtpi.org/avip.pdf> : environ 3 % en 2030, 15% en 2040 et 25% en 2050,

⁴⁷ La densité de véhicule est retenue égale à 1 véhicule / 20 m représentatif d'une circulation à 30 km/h avec respect des distances de sécurité, au lieu du seuil d'arrêt (1 véhicule / 7 m)

⁴⁸ La densité de véhicule est calculée ici à partir du seuil de saturation, soit environ 1 véhicule / 40 m, au lieu du seuil d'arrêt (1 véhicule / 7 m)

Annexe technique : éléments de méthodologie de l'étude 5GAA

Les besoins de bande passante des 44 cas d'usage sont évalués en distinguant :

- messages répétitifs versus messages ponctuels
- selon le type de communication du cas d'usage : direct (V2V/I/P) ou cellulaire (V2N)

Les cas d'usage sont classés en fonction de leur type de communications (continue/répétitifs ou ponctuels/déclenchés par un évènement) illustrés par le schéma ci-dessous :

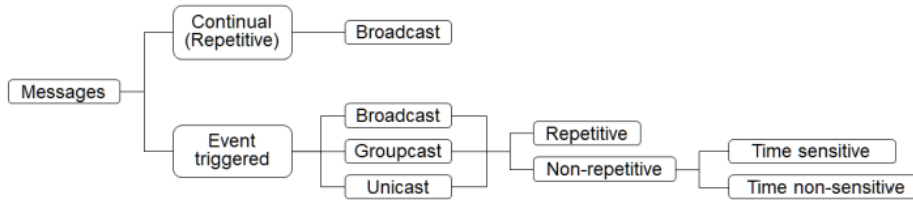


Figure 1.1: Message categories.

De plus pour les cas d'usage utilisant des messages répétitifs, une distinction est faite selon la topologie de la route. En effet, la fréquence des messages varie en fonction de plusieurs paramètres qui sont eux même dépendant du type de route (urban, freeway, rural).

Méthodologie V2V/I/P communication directe

Les calculs des besoins en spectre ont été effectués en distinguant les cas d'usage émettant des messages répétitifs continus et ceux utilisant des messages émettant des messages en fonction du déclenchement d'un évènement. De plus, tous ces calculs seront réalisés sur la zone/plage de communication effective des messages C-ITS en tenant compte du nombre d'utilisateurs de la route émetteurs compris dans cette zone, des débits correspondants et de l'efficacité spectrale effective de la technologie radio.

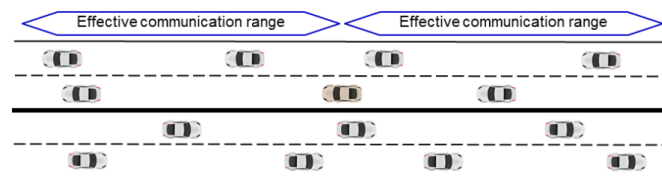


Figure 2.1: Illustration of a scenario which involves V2V direction communication of continual repetitive messages.

Les besoins en spectre sont définis comme étant la quantité de bande passante nécessaire pour garantir que les messages diffusés sont correctement reçus selon un taux de réception de paquet cible (valeur fixée) par tous les autres véhicules dans la portée de communication effective.

Pour le sous-groupe de cas d'usage utilisant des messages répétitifs continus, les besoins en spectre sont estimés à l'aide de la formule suivante (formule simplifiée) :

$$B = \frac{M * N * F * a}{e * u}$$

- B (en Hz) : besoins en spectre
- M (nombre) : le nombre de véhicule dans la portée de communication effective
- N : volume de données générées par un véhicule
- F : fréquence de répétition du message
- $0 \leq a \leq 1$: représente la fraction de véhicules qui transmettent des messages répétitifs. Pour les communications LTE-V2X, il a été retenu que a sera égale 1. Pour les cas d'usage de conduite avancée, il a été retenu que $a < 1$ car la transmission par tous les véhicules n'est pas nécessaire pour atteindre les objectifs du cas d'usage.
- e : est l'efficacité spectrale en bit/s/Hz selon laquelle les paquets sont transmis par le véhicule. Cette efficacité est déterminée par le schéma de modulation et codage de canal pris en charge par la technologie d'accès radio. Ce paramètre varie selon la technologie d'accès radio (LTE-V2X vs NR-V2X).
- $u \leq 1$: est le facteur d'utilisation du canal et définit le taux maximum d'utilisation de la ressource radio dans le canal sans fil. Ce paramètre varie selon la technologie d'accès radio (LTE-V2X vs NR-V2X).

Pour le sous-groupe des cas d'usage impliquant le déclenchement d'un évènement, les besoins en spectre sont estimés à l'aide de la formule suivante :

$$B = \frac{N}{(e * u) * T'}$$

- N : représente le nombre total de bits délivrés durant la période totale d'échange de message.
- T' : représente la période de temps en seconde ou les messages sont envoyés entre le véhicule entre l'utilisateur de la route et les autres usagers/équipements C-ITS.

Il est à noter que la contribution globale de ce type de cas d'usage (déclenchés par des évènements) est de nature stochastique, c'est-à-dire que cela dépendra du nombre d'occurrences simultanées des cas d'usage (dans la mesure où leurs messages respectifs se chevaucheraient dans le temps) dans une même zone géographique. Les statistiques d'occurrence simultanées des cas d'usage impliquant le déclenchement d'un évènement n'ont pas été modélisées dans cette étude. Les résultats qui seront présentés ne tiennent pas compte d'une possible superposition de cas d'usage différents dans le temps sur une même zone géographique.

Méthodologie V2N

Pour les communications V2N, une hypothèse a été prise sur le niveau de déploiement des infrastructures cellulaires le long des routes. Dans un milieu rural, il est supposé qu'une inter distance de 5 km entre deux antennes cellulaires (eNB/gNB) est nécessaire pour fournir un déploiement de couverture routière hautement optimisé.

Pour le sous-groupe de cas d'usage utilisant des communications V2N, la formule pour le calcul des besoins en spectre est la suivante :

$$B = \frac{R[M_D * A]}{e}$$

- R : débit données moyen requis par liaison en bit/s.
- M_D : densité de véhicules ou capteurs desservis par unité de surface en km⁻²
- e : est l'efficacité spectrale en bit/s/Hz

Annexe II ter : Besoins de spectre pour les cas d'usage de sécurité routière : étude Car2car

- **Source : position paper on road safety and road efficiency spectrum needs in the 5.9 GHz for C-ITS and cooperative automated driving, Car2Car consortium, février 2022**

L'étude du Car2Car consortium vise à définir les besoins de spectre pour les communications véhicules-véhicules et véhicules-infrastructures visant des cas d'usage de sécurité routière, en considérant deux principaux niveaux : l'échange d'information pour le conducteur ; l'échange d'information entre systèmes automatisés.

Comme pour l'étude 5GAA présentée ci-dessus, le document du Car2Car consortium définit des catégories de cas d'usage et pose des hypothèses de densité de demande (typiquement, véhicules présents par unité de longueur ou de surface), de taille de message unitaire, de fréquence d'envoi des messages et d'efficacité spectrale.

Les familles de cas d'usage considérées et les besoins de spectre estimés sont les suivants :

Cas d'usage (type de message)	Urbain	Péri-urbain	Inter-urbain
Cooperative awareness (CAM)	9 MHz	10 MHz	10 MHz
Environmental notification (DENM)	4 MHz	2 MHz	1 MHz
Feux connectés + topologie du réseau + informations embarquées I2V	1 Mhz	1 Mhz	1 Mhz
Usagers vulnérables	4 MHz	0,2 MHz	2 MHz
Platooning	3 MHz	6 MHz	10 MHz
Perception coopérative	23 Mhz	26 Mhz	24 Mhz
Manœuvre coopérative	23 Mhz	26 Mhz	24 Mhz

Remarques.

De même que dans l'étude de 5GAA présentée ci-dessus, l'étude du Car2Car consortium utilise des densités de demande élevées, avec un taux de pénétration de la connectivité C-ITS dans les véhicules dont on comprend qu'il est de 100 %. Il apparaît donc raisonnable de reprendre les évaluations avec des densités de demande plus faibles. L'étude du car2Car consortium semble par ailleurs limiter les cas d'usage d'appui à l'automation aux manœuvres coopératives, ce qui apparaît comme une hypothèse plus raisonnable que les cas d'usage pris en compte dans l'étude de 5GAA (ex : info-tainment, suivi médical à distance).

Avec ces ajustements d'hypothèses, et compte tenu d'hypothèses de pénétration dans le parc roulant à l'horizon 2050 de 50 % pour les véhicules connectés (non automatisés) et 20 % pour les véhicules automatisés et connectés (5% pour le truck platooning), les besoins de bande de fréquence peuvent être estimés ainsi :

Estimation haute (hypothèses de densité linéique de demande – véhicules inchangées)

Cas d'usage (type de message)	Urbain	Péri-urbain	Inter-urbain
Véhicules non automatisés – taux de pénétration dans le parc à 2050 = 50 %			
Cooperative awareness (CAM)	5 MHz	5 MHz	5 MHz
Environmental notification (DENM)	2 MHz	1 MHz	0,5 MHz
Feux connectés + topologie du réseau + informations embarquées I2V	0,5 Mhz	0,5 Mhz	0,5 Mhz
Usagers vulnérables	2 MHz	0,1 MHz	1 MHz
Véhicules automatisés – taux de pénétration dans le parc à 2050 = 20 %			
Platooning	0,2 MHz	0,3 MHz	0,5 MHz
Perception coopérative	4 Mhz	5 Mhz	5 Mhz
Manœuvre coopérative	4 Mhz	5 Mhz	5 Mhz
Total	18 MHz	17 MHz	18 MHz

Hypothèse basse⁴⁹

Cas d'usage (type de message)	Urbain	Péri-urbain	Inter-urbain
Véhicules non automatisés – taux de pénétration dans le parc à 2050 = 50 %			
Cooperative awareness (CAM)	1,5 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz
Environmental notification (DENM)	0,5 MHz	0,5 MHz	0,2 MHz
Feux connectés + topologie du réseau + informations embarquées I2V	0,5 MHz	0,5 MHz	0,2 MHz
Usagers vulnérables	0,5 MHz	€	€
Véhicules automatisés – taux de pénétration dans le parc à 2050 = 20 %			
Platooning	€	€	€
Perception coopérative	1,5 Mhz	2 Mhz	2,5 Mhz
Manœuvre coopérative	1,5 Mhz	2 Mhz	2,5 Mhz
Total	6 MHz	7 MHz	8 MHz

Au total, les deux estimations (5GAA et Car2Car consortium), ramenées à des périmètres de cas d'usage qui semblent comparables et à des densités de demande reflétant des situations moins extrêmes que présentées, apparaissent d'une magnitude comparable, naturellement très dépendante des hypothèses de taux de pénétration des véhicules, elles-mêmes incertaines à l'horizon de 2050.

Avec les hypothèses considérées comme raisonnables utilisées ci-dessus, le besoin de bande de fréquence à l'horizon 2050 serait donc de 4 à 10 MHz pour les cas d'usage de connectivité sans automatisation et de 5 à 20 MHz pour les futurs cas d'usage plus avancés de soutien à l'automatisation.

⁴⁹ Distance inter-véhiculaire en milieu urbain = 20 m (caractéristique de 30 km/h et non de l'arrêt = 7m) ; Distance inter-véhiculaire en péri-urbain = 40 m (caractéristique du seuil de saturation) ; autoroute = 120 m – distance de sécurité – réaction + freinage au lien de 60 m ; infrastructure caractéristique pour les interactions avec les usagers vulnérables = 2*2 voies (au lieu de 2*3 voies).

Annexe III : Cadre européen d'échanges de données pour l'information routière *Présentation du cadre*

Le cadre européen d'échanges de données pour l'information routière est issu principalement de la directive sur les transports intelligents (ITS 2010/40 en cours de révision) et de deux règlements délégués

- Règlement UE « SRTI » (safety real time) (2013/886) qui porte sur les événements de sécurité routière et sur les échanges de données entre exploitants routiers ↔ fournisseurs d'information routière, en vue de l'information des utilisateurs finaux
- Règlement UE « RTTI » (trafic real time) (2015/962 révisé en 2022/670), qui porte sur les données d'infrastructure (statique), les réglementations (permanentes, temporaires, dynamiques), les événements routiers, le trafic, l'utilisation du réseau (disponibilités) et sur les échanges de données entre les exploitants routiers, de bornes, de péage ↔ fournisseurs d'information routière ↔ détenteurs de données embarquées, en vue de l'information des utilisateurs finaux.

A noter que ce cadre s'articule avec le cadre national issu de la Loi d'orientation des mobilités (LOM article 32, ordonnance n° 2021-442 et décret n° 2023-644), qui porte sur l'accès aux données collectées, et qui porte sur la détection des incidents, accidents, état de l'infrastructure, trafic, par des dispositifs intégrés dans les véhicules, au bénéfice des gestionnaires routiers, forces de police et de secours, et autorités organisatrices de la mobilité

Plus précisément, le règlement « données routières en temps réel » (RTTI - 2022/670) vise à favoriser l'accessibilité, les échanges, la réutilisation et la mise à jour des données, par leurs détenteurs, en vue de développer les services d'information en temps réel sur la circulation.

Son périmètre est constitué des données relatives :

- i. à l'infrastructure (données statiques)
- ii. aux réglementations et restrictions
- iii. à l'état du réseau
- iv. à l'utilisation en temps réel du réseau

Par rapport au règlement 2015/962, la principale nouveauté est d'étendre ou de clarifier les obligations d'accès aux données détenues par les constructeurs automobiles et fournisseurs d'information routière. De plus, certains domaines d'information sont ajoutés, notamment en matière de recharge électrique.

Encadré : types de données couvertes par le règlement UE RTTI 2022/670

1. Données relatives aux infrastructures :

1.1. liaisons du réseau routier, avec leurs caractéristiques physiques:

1.1.1. *géométrie*

1.1.2. *largeur de la route*

1.1.3. *nombre de voies*

1.1.4. *pentés*

1.1.5. *jonctions*

1.2. classification de la route

1.3. localisation des postes de péage

1.4. localisation des aires de service et des aires de repos

1.5. localisation des points de recharge pour véhicules électriques et conditions de leur utilisation

1.6. localisation des stations de gaz naturel, de gaz naturel liquéfié et de gaz de pétrole liquéfié

1.7. emplacement des points et des stations de ravitaillement pour tous les autres types de carburant

1.8. localisation des zones de livraison

2. Données relatives aux réglementations et aux restrictions :

2.1. règles de circulation statiques et dynamiques, le cas échéant :

2.1.1. *conditions d'accès aux tunnels*

2.1.2. *conditions d'accès aux ponts*

2.1.3. *restrictions d'accès permanentes*

2.1.4. *limitations de vitesse*

2.1.5. *réglementations sur la livraison de fret*

2.1.6. *interdictions de dépassement pour les poids lourds*

2.1.7. *restrictions de poids/longueur/largeur/hauteur*

2.1.8. *rues à sens unique*

2.1.9. *limites des restrictions, interdictions ou obligations avec validité zonale, statut actuel d'accès dans les zones de trafic réglementé, conditions de circulation dans les zones de trafic réglementé*

2.1.10. *sens de la circulation sur les voies réversibles*

2.2. plans de circulation routière

2.3. emplacement et identification des panneaux de signalisation de réglementation routière et indiquant les dangers:

2.3.1. *conditions d'accès aux tunnels*

2.3.2. *conditions d'accès aux ponts*

2.3.3. *restrictions d'accès permanentes*

2.3.4. *autres panneaux de signalisation reflétant la réglementation routière*

2.4. règles de circulation statiques et dynamiques, le cas échéant, autres que celles visées au point 2.1. :

2.5. identification des routes à péage, des redevances fixes applicables aux usagers de la route et des modes de paiement disponibles (y compris les canaux de vente au détail et les méthodes d'exécution)

2.6. redevances variables applicables aux usagers de la route et modes de paiement disponibles, y compris les canaux de vente au détail et les méthodes d'exécution

3. Données relatives à l'état du réseau :

3.1. fermetures de routes

3.2. fermetures de voies

3.3. travaux routiers

3.4. mesures temporaires de gestion de la circulation

3.5. fermetures de ponts

3.6. accidents et incidents

3.7. état dégradé de la chaussée

3.8. conditions météorologiques affectant la surface de la chaussée et la visibilité

4. Données relatives à l'utilisation en temps réel du réseau :

4.1. volume du trafic

4.2. vitesse du trafic

4.3. localisation et longueur des embouteillages

4.4. temps de parcours

4.5. temps d'attente aux points de passage frontaliers

4.6. disponibilité des zones de livraison

4.7. disponibilité des points et des stations de recharge pour véhicules électriques

4.8. disponibilité des points et des stations de ravitaillement pour les carburants alternatifs

4.9. prix de recharge/ravitaillement ad hoc

Les réseaux concernés par l'application du règlement RTTI de 2022 sont étendus par rapport à ceux prévus dans l'ancien règlement de 2015 :

Réseau concerné.	Règlement 2015/962	Règlement 2022/670	
	Données statiques, données dynamiques sur l'état des routes, données concernant la circulation.	Réglementations et restrictions, état du réseau (principal)	Infrastructures, réglementations et restrictions, état du réseau (autres), utilisation en temps réel du réseau
RTE-T global et autoroutes non intégrées au RTE-T global	13/07/2017	1/01/2025	1/01/2025
Zones prioritaires au sens du 2015/962	13/07/2017	/	/
Réseau principal au sens du 2022/670	/	1/01/2025	1/01/2025
Ensemble du réseau accessible au public pour le trafic motorisé.	/	1/01/2025	1/01/2028

Les obligations des différents acteurs dépendent des types de données concernées. En synthèse :

- pour la description statique du réseau : les exploitants fournissent les données
- pour les réglementations et restrictions : les exploitants fournissent ; les prestataires de services veillent à la mise à jour
- pour l'état et l'utilisation en temps réel du réseau : les exploitants, prestataires de services et détenteurs de données fournissent et veillent à la mise à jour et la correction des inexactitudes.

2. Approche pour la mise en oeuvre

L'approche de mise en oeuvre du cadre réglementaire conduit à proposer des précisions dans les principaux domaines suivants :

- **Précisions sur les obligations et les obligés :**
 - La notion de donnée numérique collectée devra être précisée en se fondant sur le principe qu'une donnée est présumée exister au format numérique dès lors qu'elle est disponible dans un système d'information
 - La notion de détenteur de donnée embarquée devra être précisée en se référant aux définitions déjà existantes dans le cadre réglementaire national : constructeurs automobiles et fournisseurs de services d'information déplacement
 - Les possibilités pour les fournisseurs de données privés de restreindre l'accès à certaines de leurs données devront être précisées
- **Précisions sur les définitions de données :**
 - Parmi les données citées dans les règlements européens, environ 50% appellent des précisions
 - En particulier, la présence d'agents ou de véhicules d'intervention nécessitera d'être caractérisée
 - Le parti-pris général est de préciser autant que de besoin (au niveau d'arrêtés), les définitions de données des règlements européens et du cadre national d'accès aux données des véhicules, afin de lever toute équivoque sur l'interprétation d'un intitulé de donnée
 - Ce parti-pris tiendra compte des travaux européens, nationaux et internationaux de spécification des cas d'usage, afin de garantir l'interopérabilité des définitions

- **Approche en matière de qualité ou de qualification des données, et de métadonnées :**
 - Le parti-pris proposé est de ne pas imposer de qualité minimale de données, compte-tenu de la diversité des besoins et des pratiques, mais de rendre fluide et transparente la confrontation offre-demande de qualité, par l'obligation de documenter la qualité dans les métadonnées
 - Ce parti-pris s'appuiera sur les travaux européens en internationaux sur la qualité et les métadonnées
 - Une attention particulière sera portée à la capacité, pour les autorités routières et gestionnaires routiers, de qualifier certaines informations relevant de leur activité, pouvant être fournies par d'autres acteurs (ex : mesures de gestion temporaires de circulation, travaux, fermetures de voies)
- **Approche en matière de contrôle :**
 - Un dispositif de contrôle efficace de l'application des règlements européens apparaît nécessaire pour s'assurer que la mise en œuvre de ce cadre permettra d'atteindre les bénéfices escomptés. Dans le domaine de transport multimodal (contrôle du respect de l'obligation de mise à disposition des données et des exigences relatives au calculateurs d'itinéraires), la mission d'évaluation de conformité est confiée à l'Autorité de régulation des transports. L'extension de ce rôle à l'information routière permettrait de mutualiser les compétences de contrôle, même si une partie des acteurs diffèrent entre les deux domaines (transport multimodal ; information routière)

Annexe IV : Périmètre minimal de réflexion pour l'espace de données routières.

Le tableau ci-dessous présente, pour les principales catégories de données, la mise à disposition de données prévues par les différents cadres réglementaires (article 32 de la LOM, règlements européens sur les données liées aux événements de sécurité et à l'information temps réel, en précisant la source de la donnée et le périmètre. Les mots en gras permettent de distinguer les évolutions par rapport au périmètre actuel de la mise à disposition de données.

<i>Type de donnés</i>	<i>LOM article 32 Source de la donnée, périmètre</i>	<i>UE-SRTI 2013/886 Source de la donnée, périmètre</i>	<i>UE-RTTI 2022/670 Source de la donnée, périmètre</i>
Géométrie de l'infrastructure			Gestionnaires, RRN, Tous réseaux
Services de l'infrastructure (bornes, péages, aires, livraison)			Acteurs péage, recharge, tous réseaux
Etat de l'infrastructure	Véhicules, tous réseaux		Gestionnaires, détenteurs de données embarquées, prestataires de service, RRN, tous réseaux
Panneaux de signalisation			Gestionnaires, détenteurs de données embarquées, prestataires de service, tous réseaux
Règles permanentes de circulation			Gestionnaires, tous réseaux
Événements	Véhicules, tous réseaux	Gestionnaires, RRN	Gestionnaires, RRN véhicules, tous réseaux
Mesures de gestion temporaire de circulation (fermetures)			Gestionnaires, RRN, détenteurs de données embarquées, prestataires de service, tous réseaux
Trafic	Véhicules, tous réseaux		Gestionnaires, RRN, détenteurs de données embarquées, prestataires de service, tous réseaux
Disponibilité (livraison, bornes)			Détenteurs de données embarquées, prestataires de service, tous réseaux.
Tarifs (péage, bornes)			Acteurs péage, recharge, tous réseaux

Annexe IV bis : approche proposée pour préciser les besoins vis-à-vis de l'espace de données routières

Cette annexe vise à initier le travail de revue des besoins puis de spécifications d'un espace de données sécurisé de mobilité routière.

Espace de données sécurisé de mobilité routière : objectifs et proposition de définition.

L'espace de données sécurisé de mobilité routière s'inscrit dans la continuité et la mise en œuvre de la communication de la stratégie européenne numérique (2020).

La mise en place d'un tel outil doit permettre de répondre à plusieurs objectifs :

- La faculté d'accéder, pour les acteurs de la mobilité, à des données sur la circulation (infrastructure, réglementation, état du réseau, trafic et données dynamiques) et des données événementielles selon un format interopérable, un niveau de qualité permettant l'usage de ces données dans des services (comprenant les aspects de latence de mise à disposition de l'information), et des conditions d'accès aux données respectant la réglementation et les conditions négociées entre acteurs, répondant ainsi aux réglementations SRTI et RTTI.
- La facilitation des échanges de données entre acteurs de la mobilité pour faciliter l'innovation, le développement de cas d'usage en conservant la souveraineté sur les données.

On entend par « espace de données sécurisé de mobilité routière » (appelé « espace de données dans la suite du texte) un site internet permettant aux acteurs publics et privés d'accéder :

- à des données de mobilité routière ; le périmètre minimal de ces données est celui des règlements RTTI (infrastructure, réglementation, état du réseau, trafic et données dynamiques) et SRTI (données événementielles) mais est appelé à être élargi en fonction des cas d'usage développés et des entités (acteurs publics ou privés) rejoignant l'espace. La présente annexe se concentre sur les périmètres SRTI et RTTI.
- De façon sécurisée : l'espace peut proposer des outils de vérification des identités, d'authentification des données, de contrôle des accès, les accès pouvant être différenciés selon les acteurs
- De façon interopérable : les données sont mises à disposition selon des formats documentés facilitant l'interopérabilité (pour les données réglementaires il s'agit principalement des formats Datex II, TN_ITS ou Inspire), la traçabilité des données ; par ailleurs l'espace de données est fondé sur des briques technologiques facilitant l'interopérabilité entre différents espaces de données au niveau européen, et entre espaces de données de différents domaines (transport, énergie, tourisme, recherche...)
- En proposant éventuellement des services de mise en valeur de la donnée : outils de vérification, qualification, recherche, comptabilisation de l'usage, paiement.

Degré d'intégration des données : du point d'accès aux fonctions de fusion et de qualification des données.

Comme indiqué dans ce document, la première étape de définition des besoins de l'espace de données nécessite de préciser ce que l'on entend par le terme « accéder », ce qui renvoie aux différents degrés d'intégration possibles, en fonction de la nature des données, et en tenant compte des enjeux de responsabilité emportés par les différents niveaux d'intégration, respectivement pour les fournisseurs de données et pour le gestionnaire de l'espace de données.

Ainsi, l'analyse des besoins d'un espace de données, devra être précédée d'une analyse du domaine de pertinence des différents niveaux d'intégration, dont la trame pourrait se représenter ainsi :

<i>Donnée (type * zone de couverture)</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
Degré d'intégration (schématique)								
a) Carnet d'adresse								
b) Répertoire								
c) Catalogue								
d) Catalogue avec filtre								
e) Interface d'accès simple								
f) Interface d'accès avec filtre								
g) Concaténation								
h) Fusion pour qualification								

L'analyse des besoins d'un espace de données devra donc soigneusement distinguer ces différents niveaux d'intégration, depuis le plus « léger » (carnet d'adresse) jusqu'au plus intégré (qualification). Si, pour certaines données, l'enjeu de qualification via un espace commun de données doit être recherché, ce n'est pas nécessairement la solution souhaitable pour toutes les catégories de données, et les implications de responsabilité devront en tout état de cause être prises en compte.

Gouvernance

L'espace de données est développé selon une gouvernance associant l'ensemble des acteurs, s'inscrivant également dans un objectif d'interopérabilité au niveau européen. Enfin, l'espace de données doit contribuer à la souveraineté française et européenne (notamment : hébergement des données en Europe.)

Les principales références permettant de spécifier l'espace de donnée sont les suivantes :

- Le Data space support centre mis en place par la Commission européenne
- Le projet OPEN DEI donnant notamment une décomposition en fonctions de l'espace de données
- Les plateformes GAIA-X, IDSA qui proposent des documents de cadrage et briques technologiques
- Le projet SIMPL qui propose des briques technologiques.

Enfin le projet « Prep2Space4mobility », sur la base d'un travail de cartographie des espaces de données existant, émet différentes recommandations.

Espace de données sécurisé de mobilité routière et son environnement.

La notion d'espace de donnée est englobante. Elle inclut en cherchant à les articuler les sites bison futé et transport.data pour sa partie routière, le nœud national C-ITS pour ce qui relève de sa partie « donnée ».

Ces outils comportent différentes spécifications, on peut citer :

- Les « lignes directrices » de bison futé explicitant le contenu des données à transmettre ;
- les « contrats d'interface » spécifiant de façon détaillée certaines données ;
- les cadres de licence traitant de l'usage des données disponibles sur le PAN et qui ne sont pas ouvertes.
- Les spécifications du nœud national C-ITS

Par ailleurs différents travaux visant à l'harmonisation des données routières et de leurs accès sont menés par le projet européen Napcore. On peut citer notamment :

- Un dictionnaire de données visant à converger sur des définitions stabilisées des données ;
- Un document de spécifications des métadonnées (DCAT-AP)
- Des référentiels de qualité des données ; pour les données SRTI et RTTI les référentiels d'EU-EIP sont largement repris. Des référentiels spécifiques sont développés notamment pour les carburants alternatifs, les ZFE, les données de parkings, les données FCD (floating car data)...
- Des travaux sur les spécifications des profils de certaines données (fermeture de voies par exemple)

L'outil Dialog, qui permettra la numérisation de certaines réglementations routières en format Datex II, fait également partie du périmètre de l'espace de données.

Annexe V : Scénarios illustratifs de déploiement territorialisé de connectivité bord de voie

Les tableaux ci-après détaillent les différentes approches (intersections ; zones critiques ; itinéraires ; trafic ; filière PFA) par des scénarios financiers de déploiement à l'horizon 2030.

A. Réseau

Investissement

Scénario	Bas	Haut
Investissements de déploiement « bord de voie »		
Intersections RRN et carrefours à feux urbains Scénario 1.1 (coûts unitaires = étude d'impact de la directive ITS)		
Carrefour à feux	735 M€	
Points singuliers hors intersections sur RRN-NC ⁵⁰	8 M€	
Points singulier hors intersections sur RRN-C	76 M€	
Intersections/insertions sur RRN-NC	980 M€	
Intersections/insertions sur RRN-C	90 M€	
Total	1 980 M€	
Intersections RRN et carrefours à feux urbain Scénario 1.2 (coûts unitaires issus des travaux filières)		
Carrefours à feux	405 M€	
Points singuliers hors intersections sur RRN-NC	3 M€	
Points singulier hors intersections sur RRN-C	30 M€	
Intersections/insertions sur RRN-NC	384 M€	
Intersections/insertions sur RRN-C	35 M€	
Total	856 M€	
Zones et points critiques accidentalité⁵¹ Scénario 2		
Autoroutes	6 M€	27 M€
Routes nationales	1 M€	11 M€
Carrefours à feux	245 M€	735 M€
Autres réseaux ⁵²	80 M€	545 M€
Total	332 M€	1 318 M€
Points singuliers sur RRN⁵³ Scénario 3		
RRN-NC	990 M€	
RRN-C	165 M€	
Total	1 155 M€	
Classes de trafic⁵⁴ Scénario 4		
RRN-NC	115 M€	181 M€
RRN-C	392 M€	602 M€
Total	507 M€	783 M€
Itinéraire RTE-T Scénario 5		
Réseau principal	460 M€	
Réseau complet	1040 M€	

⁵⁰ Les points singuliers NC comprennent les passages à niveau, et les tunnels/tranchées couvertes du RRN Non Concédé. Tandis que les points singuliers-C comprennent les gares de péages et les tunnels/tranchées couvertes du RRN Concédé.

⁵¹ Les scénarios considérés dans l'approche « zones et points critiques accidentalité » sont les suivants : scénario bas considère un déploiement d'équipement sur les clusters à « haut niveau d'accidentalité », c'est-à-dire des clusters avec au minimum 8 accidents entre 2017 et 2021. Le scénario haut considère quant à lui, un déploiement d'équipement sur les clusters à « faible niveau d'accidentalité », c'est-à-dire des clusters avec au minimum 3 accidents entre 2017 et 2021.

⁵² Les « autres réseaux » comprennent les routes départementales et l'équipement des 144 passages à niveau considérés comme dangereux par le MTE. Précisions et liste complète disponible ici : <https://www.ecologie.gouv.fr/passages-niveau>

⁵³ Les « points singuliers sur RNN » comprennent : Passages à niveau, les tunnels et tranchées couvertes, les gares de péages, les carrefours sur RRN non concédé, et enfin les échangeurs sur RRN concédé.

⁵⁴ Deux classes de trafic considérés sur le RRN : scénario bas on considère un déploiement d'équipement uniquement sur les sections présentant trafic moyen journalier annuel (TMJA) supérieur à 10 000 véhicule/jour et par voie. Le scénario haut considère un déploiement d'équipement uniquement sur les sections présentant un trafic moyen journalier annuel (TMJA) supérieur à 15 000 véhicule/jour et par voie.

Approche Filières⁵⁵ Scénario 6.1 (coûts unitaires issus des travaux filières)		
Points isolés critiques routes départementales		50 M€
Réseau structurant (dont autoroutes)		297 M€
Urbain (routes urbaines et carrefours à feux)		783 M€
Total		1 130 M€
Approche Filières Scénario 6.2 (coûts unitaires issus des de l'étude d'impact directive ITS)		
Points isolés critiques routes départementales		127 M€
Réseau structurant (dont autoroutes)		760 M€
Urbain (routes urbaines et carrefours à feux)		1710 M€
Total		2597 M€
Scénario	Bas	Haut
Approche		

Exploitation maintenance

Scénario	Bas	Haut
Intersections RRN et carrefours à feux urbains Scénario 1.1		
Carrefours à feux	68 M€	
Points singuliers-NC	1 M€	
Points singulier-C	7 M€	
Carrefours-NC	92 M€	
Carrefours-C	8 M€	
Total	176 M€	
Zones et points critiques accidentali�. Scénario 2		
Autoroutes	0.5 M€	2 M€
Routes nationales	0.1 M€	1 M€
Carrefours à feux	60 M€	180 M€
Autres réseaux	7 M€	50 M€
Total	68 M€	233 M€
Points singuliers sur RRN. Scénario 3		
RRN-NC	92 M€	
RRN-C	15 M€	
Total	107 M€	
Classes de trafic. Scénario 4		
RRN-NC	10 M€	16 M€
RRN-C	37 M€	55 M€
Total	47 M€	71 M€
Itinéraire RTE-T. Scénario 5		
Maillage principal (RTE-T central)	43 M€	
Maillage complet (RTE-T global)	96 M€	
Approche filiales Scénario 6.1.		
Points isolés critiques routes départementales	3 M€	
Réseau structurant (dont autoroutes)	18 M€	
Urbain (routes urbaines et carrefours à feux)	57 M€	
Total	78 M€	

⁵⁵ Approche PFA : déploiement sur 30% des 5 000 points isolés critiques identifiés sur le réseau départemental ; déploiement sur 100% du réseau structurant (9 200 km autoroutes concédés et 35 800 km axe structurants non concédés) ; déploiement sur 30% des routes urbaines (300 000 km) et 30% des carrefours à feux (35 000 carrefours à feux identifiés).

B. Véhicules d'intervention et de travaux

Investissement

Scénario ⁵⁶	Bas	Moyen	Haut
Périmètre réseau routier			
DIR	1 M€	2 M€	3 M€
SCA	1 M€	1,5 M€	2 M€
Département	31 M€	60 M€	90 M€

Exploitation-maintenance

Scénario	Bas	Moyen	Haut
Périmètre réseau routier			
DIR	0,1 M€	0,3 M€	0,4 M€
SCA	0,1 M€	0,2 M€	0,3 M€
Département	5 M€	9 M€	14 M€

C. Hypothèse coûts des équipements de connectivité

Type d'équipement	Sources	Prix unitaire en €	Maintenance annuelle en €	Commentaires
Equipement véhicule neuf	Etude d'impact Commission EU	288 €	5 % des coûts	Comprend l'achat et l'installation
Equipement véhicule existant	Projet InDiD	5 000 €	10% des coûts	Fourchette comprise en 2 500 € et 10 000 € Comprend l'achat et l'installation
Equipement bord de voie type UBR	Etude d'impact Commission EU Projet InDiD	14 500 €	10% des coûts	Comprend l'achat et l'installation
Equipement de la route autres UBR (Caméras, capteurs, PMV, etc.)	Etude d'impact Commission EU	70 000 €	10% des coûts	Comprend l'achat et l'installation
Modernisation équipement autres UBR	Etude d'impact Commission EU	18 151 €	10% des coûts	Uniquement au niveau des carrefours à feux
Modernisation Centre de gestion de trafic (TMC)	Etude d'impact Commission EU	175 000 €	-	Par centre de gestion de trafic (TMC)
Point d'Accès National (PAN)	Etude d'impact Commission EU	10 000 000 €	-	Hypothèse d'un seul PAN par pays

Tableau : hypothèses sur les coûts unitaires des scénarios illustratifs stratégie de connectivité routière

⁵⁶ Les trois scénarios présentés ici permettent de chiffrer différents niveaux de déploiement d'équipement de connectivité dans les flottes des différents gestionnaires routiers considérés. Le scénario bas considère un équipement de 30% des flottes, le scénario moyen considère un équipement de 60% des flottes et enfin le scénario haut considère un équipement de 90% des flottes.

Démarche Plate-Forme Automobile, syndicat des équipements de la route, fédération française des télécoms

Les trois filières automobile, équipements de la route et télécom ont mis au point un scénario de déploiement d'équipements de connectivité.

Les équipements et prix unitaires considérés sont ceux apparaissant dans le tableau ci-dessous.

Equipement	Prix unitaires en €	
Perception par l'infrastructure et échanges via réseaux cellulaires.	CAPEX	28 000
	OPEX	2000
Perception par l'infrastructure et échanges via réseau privé 5G pour les cas d'usage VA	CAPEX	100 000
	OPEX	24 000
Perception par l'infrastructure et communication courte portée	CAPEX	33 000
	OPEX	2000
Perception par l'infrastructure et communication courte portée sur installation existante.	CAPEX	18 000
	OPEX	2000

Hypothèses de déploiement.

Le tableau ci-dessous donne le nombre de points pouvant être équipés.

Type d'équipement	Réseau structurant		Urbain		Rural	
	Autoroutes concédées 9200 km 1 point / 5km	Autres axes structurants 35 800 km 1 point / 5km	Routes urbaines. 30 % du réseau RD/communal 300 000 km, 1 point / 5 km	Carrefours à feux	Zones peu denses 70 % du réseau RD/communal 700 000 km	Points isolés critiques (RD)
Perception par l'infrastructure et échanges via réseaux cellulaires.	1840	7160	60 000			5000
Perception par l'infrastructure et communication courte portée	1840	7160	60 000			5000
Perception par l'infrastructure et communication courte portée sur installation existante.				35 000		

Le scénario retient finalement :

- L'équipement en perception par l'infrastructure et communication courte portée (y compris cas d'installation sur infrastructure existante)
- 100 % des points identifiés pour le réseau structurant, et 30 % des points identifiés pour le réseau urbain et rural.

Le scénario aboutit ainsi aux coûts suivants, en millions d'euros :

	Réseau autoroutier concédé	Autres axes structurants	Routes urbaines	Carrefours à feux	Rural points isolés.	Total
CAPEX	61	236	594	189	50	1130
OPEX	4	14	36	21	3	81

Annexe VI : Éléments d'évaluation socio-économique des cas d'usage C-ITS courte distance

1. Nature des déploiements à effectuer en fonction des cas d'usage visés

Le déploiement de cas d'usage C-ITS renvoie à différents types de coût, en fonction du cas d'usage visé et de ses besoins de connectivité et de remontée d'information. L'annexe 1 précise ces différents types de coût par cas d'usage.

En résumé il est considéré que :

- Les cas d'usage d'information du conducteur sur la réglementation, l'état du réseau routier, les parkings et interfaces multimodales, ainsi que sur les événements de sécurité (prise de conscience du conducteur) nécessitent essentiellement la connectivité des véhicules longue portée (cellulaire), permettant de recevoir des informations de l'extérieur (point d'accès national aux données, prestataires de services...) et aussi de remonter depuis les véhicules des données sur les événements liés à la sécurité, les trafics... La production des données est supposée ici issue des cadres posés par le règlement 2022/670 sur l'information routière temps réel et l'article 32 de la loi d'orientation des mobilités sur l'accès aux données des véhicules. Il n'est pas pris en compte de déploiement d'équipements particuliers de détection pour ces cas d'usage.
- Les cas d'usage d'alerte (supposant une transmission d'information au conducteur à faible latence) nécessitent des équipements de connectivité courte portée de bord de route (appelés UBR pour unité bord de route dans la suite du texte), des équipements de détection ainsi que l'équipement des véhicules en stations ITS permettant de recevoir les messages transmis en courte portée et de s'assurer de leur authenticité. L'hypothèse de déploiement d'équipements de détection est retenue car tant que la pénétration des véhicules équipés de stations ITS est faible, la mise en œuvre des cas d'usage de transmission d'information directement de véhicule à véhicule restera marginale ; ainsi la transmission d'information repose largement sur la détection par l'infrastructure de la présence d'autres véhicules, usagers vulnérables... La détection reste utile lorsque la pénétration dans le parc des véhicules équipés courte portée est importante, par exemple pour détecter les usagers vulnérables non connectés.
- Les cas d'usage mettant en œuvre les feux connectés (priorité aux feux, alertes aux feux ...) supposent également l'équipement des feux en UBR et équipement de détection (notamment pour les cas d'usage de perception augmentée de l'environnement), et des véhicules.
- Les cas d'usage en lien avec l'automatisation, ou la préfigurant (vision et manœuvres coopératives, intervention à distance, interaction des primo-intervenants avec les véhicules automatisés) nécessitent pour leur part UBR et véhicules équipés de stations ITS, ainsi que des équipements de détection. Ces cas d'usage sont potentiellement plus exigeants en débit, fiabilité des réseaux que les cas d'usage précédemment examinés. A ce stade il est cependant considéré que les coûts de ces équipements sont équivalents à ceux déployés pour les autres cas d'usage.

Scénarios de déploiement des UBR et équipements de détection considérés.

Les scénarios de déploiement considérés sont issus de différentes considérations :

- Le principal objectif est la mise en œuvre de cas d'usage C-ITS de sécurité routière ; les enjeux de sécurité routière se concentrent aux intersections, comme mis en évidence par le projet SECUR, ainsi que dans les zones de concentrations d'accidents ;
- Les grands réseaux de transit (comme le réseau transeuropéen de transport) doivent faire l'objet d'un niveau de service minimal identifiable par les usagers.
- Les sections à fort trafic des grands réseaux de transit concentrent les risques liés aux interactions entre véhicules (insertions, remontées de file, changement de voies...)
- Les points singuliers (insertions, intersections mais aussi passages à niveau, tunnels, péages...) sont également des lieux générateurs de risques spécifiques pour le trafic.

Ainsi six scénarios de déploiement d'équipements permettant la mise en œuvre de cas d'usage nécessitant de faibles latence ont été examinés :

- 1) **Scénario 1 (approche de référence)** : déploiement d'équipements sur les points singuliers du réseau routier national (RRN) et sur les carrefours à feux (1000 point singuliers, 12 600 intersections ou insertions à équiper sur le réseau routier national et 22 500 carrefours à feux sur l'ensemble du réseau routier)
- 2) **Scénario 2** : déploiement sur les zones d'accumulation d'accidents et points critiques/singuliers sur l'ensemble du réseau routier (8 500 zones à équiper en hypothèse basse, 29 400 en hypothèse haute sur l'ensemble du réseau routier)
- 3) **Scénario 3** : Déploiement sur les points singuliers du RRN (intersection, échangeurs, tunnels, péages) (13 700 points à équiper sur le RRN dont 12 600 intersections)
- 4) **Scénario 4** : Déploiement sur les sections de routes à fort trafic du RRN (3 500 km de réseau à équiper si un seuil de 15 000 véhicule/jour dans les deux sens est retenu ; 5 400 km si un seuil de 10 000 véhicules par jour dans les deux sens est retenu)
- 5) **Scénario 5** : Déploiement sur itinéraire européen, avec une distinction RTE-T réseau principal / réseau global (6 117 km pour le réseau central et 18 854 km pour le réseau global).
- 6) **Scénario 6** : Déploiement d'équipement de perception courte distance ou cellulaire sur le réseau routier structurant (45 000 km, 9000 points), points isolés critiques sur routes départementales (milieu rural), sur 30% des routes urbaines et des carrefours à feux (30 000 points)

Les hypothèses de densité d'équipements sont les suivantes :

- Pour les scénarios 1, 2 et 3 une unité bord de route et un équipement de détection est pris en compte par point singulier ou zone d'accumulation d'accident. Pour les intersections, il a été considéré que deux intersection distantes de plus de 50 m devaient disposer de leur propre équipement de détection et connectivité.
- Pour les scénarios 4 et 5, basés sur l'équipement de linéaires de réseau, une hypothèse d'une UBR tous les 3 km pour ces deux scénarios est retenu. Concernant les équipements de détection, les hypothèses d'un équipement tous les 0,5 km pour le scénario 4 et tous les 1 km pour le scénario 5 sont retenues.
- Pour le scénario 6, un équipement de détection et de connectivité par point a été retenu.

2. Coûts de déploiement des différents scénarios

Les coûts unitaires pris en compte sont les suivants (les chiffres retenus dans les estimations sont en gras) :

Type d'équipement	Sources	Prix unitaire en €	Maintenance annuelle en €	Commentaires
Equipement véhicule neuf	Etude d'impact Commission EU	288 €	5 % des coûts	Comprend l'achat et l'installation
Equipement véhicule existant	Projet InDiD	5 000 €	10% des coûts	Fourchette comprise en 2 500 € et 10 000 € Comprend l'achat et l'installation
Equipement bord de voie type UBR	Etude d'impact Commission EU Projet InDiD	14 500 €	10% des coûts	Comprend l'achat et l'installation
Equipement de la route autres UBR (Caméras, capteurs, PMV, etc.)	Etude d'impact Commission EU	70 000 €	10% des coûts	Comprend l'achat et l'installation
Modernisation équipement autres UBR	Etude d'impact Commission EU	18 151 €	10% des coûts	Uniquement au niveau des carrefours à feux

Modernisation Centre de gestion de trafic (TMC)	Etude d'impact Commission EU	175 000 €	-	Par centre de gestion de trafic (TMC)
Point d'Accès National (PAN)	Etude d'impact Commission EU	10 000 000 €	-	Hypothèse d'un seul PAN par pays

Tableau : hypothèses sur les coûts unitaires scénarios illustratifs stratégie de connectivité routière

Ces approches aboutissent aux coûts précisés dans l'annexe V.

NB 1 : les coûts d'exploitation sont de l'ordre de 9-10% des coûts d'investissement pour les équipements de bord de voie.

NB 2 : les coûts d'investissement du scénario 1 sont calculés sur la base d'un nombre de points pour lesquels le déploiement d'équipement de connectivité courte distance serait pertinent. Ces points comprennent 75% des carrefours à feux (environ 22 500 carrefours à feux) et les intersections et points singulier (gare de péage, passage à niveau, tunnels/tranchées couvertes) du RRN (environ 13 600 points). Chaque point nécessite au moins une unité bord de route (UBR) et un équipement bord de route autres UBR (caméra, capteurs, PMV, etc.). Au niveau des carrefours à feux, il est considéré qu'une UBR et une modernisation des feux de signalisation est nécessaire, ce qui se traduit par un coût d'investissement d'UBR (14 500 €) et de modernisation des feux (18 100 €). Pour les autres points du RNN, il est considéré qu'une UBR et un équipement bord de route (équipement de détection notamment) est nécessaire, ce qui se traduit par un coût d'investissement d'une UBR (14 500 €) et d'un équipement bord de voie (70 000 €).

3. Scénario de déploiement pris en compte dans l'étude d'impact de la directive ITS et évaluation socio-économique

L'étude d'impact de la directive ITS a évalué les bénéfices liés au déploiement de différents groupes de cas d'usage. Les cas d'usage considérés dans cette évaluation se regroupent selon les catégories suivantes :

- 1a - Information multimodale
- 1b - Information routière (trafic, état du réseau temps réel, parking, recharge, interfaces multimodales)
- 2 - services à la mobilité (gestion des incidents...)
- 3 - Informations de sécurité (événements de sécurité, parking sécurisé, e-call)
- 4 - cas d'usage V2V d'alertes de sécurité
- 5 - cas d'usage I2V de réglementation, alertes
- 6 - services C-ITS futurs de perception et automatisation augmentés.

Les principales hypothèses de déploiement sont :

- L'équipement de l'ensemble des réseaux routiers (RTE-T, autres autoroutes, urbain), sous différentes hypothèses rappelées en annexe 2, et aboutissant à l'équipement de 155 000 intersections/insertion au niveau européen, soit environ 39 000 intersections/insertion pour la France.
- Equipement de chaque intersection /insertion par une UBR
- Ratio global de 1,25 équipement de détection/modernisation de l'infrastructure pour une UBR.

Le coût global⁵⁷ actualisé sur 20 ans (par rapport au scénario de référence EU) obtenu est ainsi de 5,3 Mrd € (unités bord de route, équipements bord de route hors UBR, centres de gestion de trafic et PAN) au niveau EU27. Ce qui correspond à environ 1,3 Mrd € pour la France en coût supplémentaire par rapport au scénario de référence, et à 3.3 Mrd € lorsque la totalité des coûts est prise en compte

⁵⁷ Ces coûts d'équipement de bord de voie comprennent les coûts de déploiement d'UBR, d'équipement de détection et les coûts des points d'accès nationaux (PAN) et les coûts des centres de gestion de trafic/traitement des données trafics.

Par ailleurs, les hypothèses d'équipement des véhicules en équipement de connectivité courte portée aboutissent à un taux d'environ 70% des véhicules particuliers équipés dans le parc de véhicule à la fin de la période d'évaluation (2040).

L'évaluation menée du déploiement de ce scénario aboutit au bilan suivant :

	Coûts et bénéfices, en Mds€ (UE 27)
Unités bord de route	1.1
Equipements bord de route hors UBR (feux de circulation connectés, caméras, capteurs, PMV)	3.3
Point d'accès National (PAN)	0.4
Centre de gestion de trafic	0.5
Equipement à bord des véhicules neufs	15.4
Smartphone	0.0
Total Coûts	20.8
Réduction coûts externes accidentalité	29.5
Temps gagné	144.5
Réduction coûts externes émissions CO2	2.4
Réduction coûts externes émissions polluants atmosphériques	0.3
Economie de carburant	2.4
Total Bénéfices	179.1
Total Net Bénéfices	158.3
Ratio Bénéfices/Coûts	8.6

Tableau : Coûts et bénéfices de l'option de projet 3 par rapport au scénario de référence (EU 27), exprimés en coûts actualisés sur la période 2021-2040 (en Mrd €) ; Source : Etude d'impact directive ITS

Il convient de souligner que les chiffres retenus ici sont ceux de l'option de politique publique n°3 de l'étude, comprenant notamment l'obligation de mise à disposition de différents types de données (données sur la circulation temps réel, données multimodales, données de parking) et de fourniture de certains services comme celui relatif aux événements liés à la sécurité et aux cas d'usage « day 1 » (voir annexe 2 – présentation évaluation socio-économique cas d'usage C-ITS Ricardo pour la liste détaillée des cas d'usage « day 1 »).

L'hypothèse est faite que les coûts de déploiement d'équipement de connectivité courte distance sont proportionnels aux longueurs de linéaire routiers (et au nombre de points équipés). Compte tenu des données disponibles sur Eurostat, il est considéré les coûts du périmètre France sont égaux au quart des coûts sur le périmètre UE 27. Le tableau suivant présente ces coûts sous cette hypothèse pour le périmètre France :

	Coûts en M€ pour le périmètre France
Unités bord de route	275 M€
Equipements bord de route hors connectivité (feux de circulation connectés, caméras, capteurs, PMV)	825 M€
Point d'accès National (PAN)	100 M€
Centre de gestion de trafic	125 M€
Equipement à bord des véhicules neufs	3 900 M€
Smartphone	0 M€
Total Coûts	5 200 M€

Tableau : Coûts de l'option de projet 3 par rapport au scénario de référence (périmètre France), exprimés en coûts actualisés sur la période 2021-2040.

4. Exploitation des résultats de l'étude d'impact de la directive ITS en vue de premiers ordre de grandeur d'évaluation du ratio bénéfice/coût pour le déploiement des cas d'usage C-ITS requérant la courte portée

Le tableau des coûts et bénéfices issu de l'étude d'impact « directive ITS » vu plus haut fait apparaître que la majeure partie des bénéfices correspond aux gains de temps (81% des bénéfices) et à la réduction des coûts externes des accidents (16.5 % des bénéfices).

Les gains de temps sont essentiellement liés aux cas d'usage d'information (information routière sur les trafics et l'état du réseau, information multimodale, information sur la réglementation). Ces cas d'usage d'information peuvent se satisfaire de temps de latence de transmission de l'information de quelques secondes et sont ainsi compatibles avec un déploiement des cas d'usage en longue portée, via les réseaux cellulaires.

Les gains de sécurité sont liés à des cas d'usage permettant la prise de conscience du conducteur des dangers en amont (informations sur les événements liés à la sécurité), ainsi qu'aux alertes sur des risques ou dangers immédiats. La première catégorie, qui relève de l'information, peut se satisfaire de latences de quelques secondes permises par les réseaux cellulaires. La deuxième catégorie nécessite pour sa part des latences inférieures à la seconde et le déploiement d'équipements de connectivité. L'hypothèse est faite ici que la quasi-totalité des gains de sécurité routière sont réalisés par la deuxième catégorie de cas d'usage, permettant l'alerte du conducteur sur les risques immédiats (présence d'usagers vulnérables, présence de véhicule à une intersection hors de champ de vision...).

La suite de l'analyse portera donc sur les bénéfices de sécurité qui sont considérés comme les bénéfices du déploiement d'UBR, d'équipements de détection, et de stations ITS à bord des véhicules.

La stratégie de connectivité routière considère un déploiement selon différents scénarios de déploiement. Le scénario 1 suppose un déploiement au niveau des carrefours à feux et au niveau des intersections/insertions sur le RRN. Ce scénario permet en effet de combiner une approche par itinéraires, suivant le principe que le réseau routier national doit bénéficier de déploiement permettant un niveau de service minimal (en l'occurrence, équipement de toutes les intersections/insertions et points singuliers en UBR et équipements de détection) et une approche visant les autres intersections à feux du réseau en dehors du RRN.

Celle-ci étant proche des hypothèses de l'étude d'impact directive ITS (39 000 zones équipées pour l'étude directive ITS et 36 000 zones équipées dans le cadre du scénario 1), l'hypothèse est faite que les bénéfices de ce scénario seront similaires à ceux calculés par l'étude directive ITS dans l'hypothèse où le taux d'équipement des véhicules est le même.

Impact du taux d'équipement des véhicules

Cependant, les bénéfices dépendent directement du taux de véhicules équipés de stations ITS permettant la connectivité courte portée. Ainsi, l'activation d'un cas d'usage de véhicule à véhicule suppose l'équipement des deux véhicules considérés en station ITS. La probabilité d'activation du cas d'usage équivaut au taux de pénétration de véhicule équipés de stations ITS dans le parc automobile au carré.

L'étude d'impact directive ITS a pris pour hypothèse un taux de $n=70\%$ de véhicules équipés en 2040, ce taux croissant entre 2020 et 2040. Dans le scénario « stratégie connectivité », il est considéré qu'un taux p est atteint, p étant inférieur à n , et que la croissance entre 2020 et 2040 est homothétique de celle prise en compte par l'étude directive ITS. Il est en effet considéré que, en l'absence d'obligation d'équipement des véhicules neufs, le taux d'équipement des véhicules n'est pas de 100 % à partir de 2030 (hypothèse de l'étude d'impact directive ITS) mais de 50% à partir de 2030 (taux constant après 2030).

L'hypothèse est faite que les bénéfices du scénario « Stratégie connectivité » peuvent être obtenus à l'aide de cette formule :

$$\text{Bénéfices}_{\text{réaliste}} = \text{Bénéfices}_{\text{étude}} * \left(\frac{p}{n}\right)^2$$

avec $\text{Bénéfices}_{\text{étude}}$: bénéfice de l'étude en question

p : taux de pénétration réaliste (2040 ou 2035), fixé à 27%

n : taux de pénétration de l'étude (2040 ou 2035)

Cette formule traduit la part de réduction des bénéfices attribués à plus faible pénétration de véhicules short range dans le parc automobile. La fraction $\left(\frac{p}{n}\right)^2$ représente la réduction de bénéfices des cas d'usage V2V qui est majorante car tous les cas d'usage ne relèvent pas des transmissions V2V.

Les résultats sont les suivants pour différentes valeurs de p :

	p = 0.30	p = 0.40	p = 0.50	p = 0.60
Bénéfices (réduction accidentalité) périmètre UE	4.4 Mds€	9.6 Mds€	15 Mds€	21 Mds€
Ratio bénéfices/ coûts équipements bord de route	1	1.8	2.8	4
Ratio bénéfices/coûts équipement bord de route et véhicules	0.2	0.5	0.8	1.06

Ces premiers résultats indiquent que le taux minimal pour atteindre un équilibre des bénéfices et des coûts d'équipements bord de route se situe entre 30% et 40% de véhicules connectés courte portée dans le parc automobile français (véhicule particulier). Ce chiffre monte à 60 % lorsque le coût d'équipement des véhicules est pris en compte.

Test sensibilité coûts

Coûts actualisés scénario 1 FR

Après avoir réalisé des tests de sensibilité sur les bénéfices en fonction du taux de pénétration réel de véhicules connectés short range dans le parc automobile, il est maintenant utile de réaliser des tests de sensibilité sur les coûts afin d'estimer les bénéfices nets en fonction plusieurs hypothèses.

Les coûts présentés estimés dans l'étude d'impact de la directive ITS sont actualisés sur la période 2021-2040 (par rapport au projet de référence). Afin de comparer les coûts estimés dans les différents scénarios illustratifs présentés dans la stratégie de connectivité routière, les coûts d'investissement et de maintenance actualisés sur une période de 20 ans sont calculés :

$$\text{Somme des coûts actualisés}_n = \sum_n \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

- avec n le nombre de période
- avec C_n les couts de déploiement de l'année n
- avec i le taux d'actualisation

Un taux d'actualisation de 4% est retenu dans cette note.

Les coûts d'investissement estimés pour le scénario 1, correspondant au déploiement d'équipement de connectivité sur environ 36 000 points sont lissés sur une période de 10 ans. Il est considéré que le déploiement sera progressif sur les 10 prochaines années, c'est-à-dire que le nombre total d'équipement de connectivité nécessaire pour la couverture de ces 36 000 points sera déployé sur la base d'un dixième d'équipement par ans sur 10 ans (3 600 point couvert chaque année). Pour rappel, une UBR et un équipement de bord hors UBR est nécessaire pour chaque point. Les points au niveau des carrefours à feux sont distingués des autres points (intersections et points singuliers) compte tenu du fait qu'une simple modernisation des feux est nécessaire (d'un montant de 18 150 €) tandis que pour les autres points un équipement bord de voie (caméra, capteurs, PMV, etc.) complet est nécessaire (d'un montant de 70 000 €) (et déploiement d'une UBR dans tous les cas).

De plus, il est considéré que la durée de vie des équipements de bord de voie est de 10 ans (hypothèse étude d'impact/étude Ricardo). Une modernisation des équipements est donc nécessaire au bout de 10 ans et le coût de cette modernisation est estimé à 4 500 € (par équipement).

Pour le scénario 1 (approche de référence) de la stratégie de connectivité, les coûts d'investissement et de maintenance actualisés sur 20 ans sont les suivants :

	Scenario 1
Unités bord de route (UBR)	553 M€
Modernisation carrefours à feux	416 M€
Equipements bord de voie hors UBR (caméra, capteur, PMV, etc.)	880 M€
Modernisation centre de gestion Trafic	10,5 M€
Point d'Accès National (PAN)	10 M€
Total coûts équipement infrastructure routière	1 870 M€
Equipement à bord des véhicules neufs	4 270 M€
Total des coûts actualisés sur 20 ans.	6 140 M€

Ce tableau présente les coûts actualisés sur 20 ans du scénario de déploiement numéro 1 (intersections + points singuliers sur RRN et carrefours à feux) d'un montant de **6 140 M€**. Cela comprend 1 870 M€ d'équipement de bord de voie et de modernisation des centres de gestion trafic, et environ 4 270 M€ d'équipement à bord des véhicules neufs particuliers.

Ces chiffres sont à mettre en regard avec les coûts actualisés estimés dans l'étude d'impact de la directive ITS. Pour rappel, pour le périmètre France, les coûts actualisés sur 20 ans estimés dans l'étude d'impact sont d'environ **5 200 M€**, comprenant 1 325 M€ d'équipement bord de voie et 3 850 M€ d'équipement à bord des véhicules neufs particuliers.

Test sensibilité coûts unitaires filière :

Cette partie vise à illustrer un scénario alternatif dans lequel les hypothèses sur les prix unitaires rejoignent les estimations menées par la filière automobile (PFA). Les coûts unitaires pris en compte par la filière sont les suivants :

Type d'équipement	Sources	Prix unitaire (par point)	Maintenance annuelle en €	Commentaires
Echanges via réseau cellulaire sans perception de l'infrastructure	Estimation filière	0 €	0 €	Comprend l'achat et l'installation
Perception par l'infrastructure et échanges via réseaux cellulaires	Estimation filière	28 000 €	2 000 €	Comprend l'achat et l'installation

Perception par l'infrastructure et communication via courte distance	Estimation filière	33 000 €	2 000 €	Comprend l'achat et l'installation
Perception par l'infrastructure et communication via courte distance sur installation existante	Estimation filière	18 000 €	2 000 €	Uniquement au niveau des carrefours à feux
Evolution Centre de gestion de trafic (TMC)	Estimation filière	2 000 000 €	250 000 €	
Point d'Accès National (PAN)	Estimation PFA	10 000 000 €	500 000 €	

Pour le scénario 1 (approche de référence) de la stratégie de connectivité, les coûts actualisés d'investissement et maintenance/exploitation, prenant en compte les coûts unitaires de la filière sont les suivants :

	Scenario 1
Modernisation carrefours à feux	416 M€
Equipements bord de voie détection et connectivité (caméra, capteur, PMV, etc.)	432 M€
Modernisation centre de gestion Trafic	10,5 M€
Point d'Accès National (PAN)	10 M€
Total coûts équipement infrastructure routière	870 M€
Equipement à bord des véhicules neufs	4 270 M€
Total des coûts actualisés sur 20 ans.	5 140 M€

Ce tableau présente les coûts actualisés sur 20 ans du scénario de déploiement sur les bases des coûts unitaires de la filière automobile. Un montant total de 5 140 M€ est estimé, dont un total de 848 M€ pour le déploiement des équipements de connectivité et de détection à comparer aux 1849 M€ précédemment calculés. Cette différence est liée aux coûts unitaires nettement inférieurs pris en compte par les travaux de la filière : 33 000 € pour l'équipement de détection et connectivité, contre un total de 84500 € pris en compte précédemment (70 000 € pour l'équipement de détection et 14 500 € pour l'équipement de connectivité).

Ces chiffres sont à mettre en regard avec les coûts actualisés estimés dans l'étude d'impact de la directive ITS. Pour rappel, pour le périmètre France les coûts actualisés sur 20 ans estimés dans l'étude d'impact sont d'environ **5 200 M€**, cela comprend 1 325 M€ d'équipement bord de voie et 3 850 M€ d'équipement à bord des véhicules neufs particuliers.

Test sensibilité rapport équipement bord de route et UBR:

Ce test de sensibilité vise à estimer les coûts supplémentaires de déploiement d'équipement de bord avec de nouvelles hypothèses de densité d'équipement. L'étude d'impact de la directive ITS envisage un nombre d'équipement bord autres que les UBR (appelé Roadside Infrastructure – RSI) environ 25% supérieur au nombre d'unité bord de route (rapport d'environ de 1.25).

Le tableau suivant présente les coûts actualisés sous cette hypothèse :

	Scenario 1
Unités bord de route (UBR)	553 M€
Modernisation carrefours à feux	520 M€
Equipements bord de voie hors UBR (caméra, capteur, PMV, etc.)	1 100 M€
Modernisation centre de gestion Trafic	10,5 M€
Point d'Accès National (PAN)	10 M€

Total coûts équipement infrastructure routière	2 193 M€
Équipement à bord des véhicules neufs	4 270 M€
Total des coûts actualisés sur 20 ans.	6 463 M€

Ce tableau présente les coûts actualisés sur 20 ans du scénario de déploiement sur les bases des coûts unitaires de la filière automobile. Un montant total de **6 463 €** est estimé, cela comprend 2 193 M€ d'équipement de bord de voie et de modernisation des centres de gestion trafic, et environ 4 270 M€ d'équipement à bord des véhicules neufs particuliers.

Ces chiffres sont à mettre en regard avec les coûts actualisés estimés dans l'étude d'impact de la directive ITS. Pour rappel, pour le périmètre France les coûts actualisés sur 20 ans estimés dans l'étude d'impact sont d'environ **5 200 M€**, cela comprend 1 325 M€ d'équipement bord de voie et 3 850 M€ d'équipement à bord des véhicules neufs particuliers.

Comparaison des tests de sensibilité portant sur les coûts :

Les différents tests de sensibilité permettent d'estimer une fourchette haute et basse des coûts d'équipement de connectivité bord de voie par rapport aux coûts estimés dans l'étude d'impact directive ITS. Le tableau suivant présente le bilan des coûts :

	Coûts directive ITS (par rapport au scénario de référence EU)	Scénario 1 FR	Scénario 1 FR avec prise en compte coûts unitaires filière	Scénario 1 FR avec densification des équipements de détection
Unités bord de route (UBR)		553 M€	<i>UBR pris en compte dans les équipements de détection</i>	553 M€
Modernisation carrefours à feux		416 M€	416 M€	520 M€
Équipements bord de voie hors UBR (caméra, capteur, PMV, etc.)		880 M€	432 M€ (comprend ici les UBR)	1 100 M€
Modernisation centre de gestion Trafic		10,5 M€	10,5 M€	10,5 M€
Point d'Accès National (PAN)		10 M€	10 M€	10 M€
Total coûts équipement infrastructure routière	3300 M€	1 870 M€	870 M€	2 193 M€
Ratio Coûts scénario/ Coûts Directive ITS	-	0.5	0.25	0.7
Équipement à bord des véhicules neufs	3 900 M€	4 270 M€	4 270 M€	4 270 M€
Total des coûts actualisés sur 20 ans.	5 200 M€	6 140 M€	5 140 M€	6 463 M€

Tableau : Bilan coûts actualisés 20 ans sous plusieurs tests de sensibilité

Ces différents tests de sensibilité permettent d'identifier des fourchettes hautes et basses de déploiement d'équipement de connectivité. La variabilité des résultats est ainsi liée à plusieurs facteurs :

- les prix unitaires, inférieurs de plus d'un facteur 2 entre les hypothèses retenues par les travaux des filières, et les hypothèses retenues par l'étude d'impact de la directive ITS.
- la distinction entre installation d'équipements de connectivité/détection et mise à niveau d'infrastructure existante, sur les carrefours en particulier, dont les coûts unitaires varient d'un facteur 4 dans les hypothèses de l'étude d'impact directive ITS, et l'incertitude sur la comptabilisation de ces différents équipements.
- L'incertitude sur la densité des équipements de détection liée aux configurations physiques des lieux couverts.

5. Détails

Cartographie des cas d'usage et besoins fonctionnels

<i>Catégories de cas d'usage</i>	<i>Finalités principales</i>	<i>Besoins d'équipements issus des besoins fonctionnels des cas d'usage.</i>
11. Information réglementation routière et état du réseau routier	Planification des trajets Respect de la réglementation.	Connexion longue portée des véhicules
12. Informations parking et interfaces multimodales (IRVE, P+R..)	Aide à l'intermodalité, à l'électromobilité	Connexion longue portée des véhicules
13. Informations stationnement PL et aires de livraison	Planification des trajets Réduction des nuisances	Connexion longue portée des véhicules
14. Alertes événements de sécurité	Sécurité routière	Équipement de détection, équipement de connectivité bord de route, équipement des véhicules courte portée pour les alertes à faible latence.
15. Alertes interventions des gestionnaires routiers	Sécurité routière	Équipement de détection, équipement de connectivité bord de route, équipement des véhicules courte portée pour les alertes à faible latence.
16. Feux connectés	Efficacité des transports publics Appui à l'automatisation	Équipement des feux en connectivité et équipement de détection. Équipement des véhicules courte portée pour les alertes à faible latence
17. Alertes aux intersections	Sécurité routière (dont usagers vulnérables) Appui à l'automatisation	Équipement de détection, équipement de connectivité bord de route, équipement des véhicules courte portée pour les alertes à faible latence.
18. Vision et manœuvres coopératives	Sécurité routière (dont usagers vulnérables) Appui à l'automatisation	Équipement de détection, équipement de connectivité bord de route, équipement des véhicules courte portée pour les alertes à faible latence.
19. Intervention à distance pour le transport routier automatisé	Sécurité routière et sécurité publique Appui à l'automatisation	Équipement de détection, équipement de connectivité bord de route, équipement des véhicules courte portée pour les alertes à faible latence.
20. Interaction de véhicules automatisés avec les primo-intervenants (forces de l'ordre, véhicules prioritaires, contrôles)	Sécurité routière et sécurité publique Appui à l'automatisation	Équipement de détection, équipement de connectivité bord de route, équipement des véhicules courte portée pour les alertes à faible latence.

Annexe VI bis : Evaluations socio-économiques : présentation des études européennes

1) Etude d'impact directive ITS Commission Européenne

L'étude d'impact de la Commission Européenne a estimé et monétarisé les coûts et bénéfices du déploiement des services ITS et C-ITS sur le territoire de l'union européenne (EU27) permettant de répondre aux exigences énoncées dans la révision de la directive ITS. Les coûts sont calculés pour différents postes de dépense permettant de couvrir à la fois un déploiement d'équipement de connectivité bord de route (unité bord de route, équipement au niveau de l'infrastructure routière permettant de remonter des données sur l'état, etc.) et d'un équipement à bord des véhicules. Les bénéfices sont quant eux estimés en fonction des impacts théoriques de service ITS et cas d'usage C-ITS sur différentes catégories (réduction d'accidentalité, réduction pollution) par rapport à un scénario de référence (scénario dans lequel aucune politique favorable au déploiement de service ITS/C-ITS est mise en place).

Les bénéfices et coûts sont calculés sur la base de trois scénarios projet :

- **PO1 : Renforcement des principes de coordination et de déploiement**
 - Coordination renforcée des services MDM (multi modal management)
 - Exigences d'accès aux données des véhicules pour les services d'exploitation routière
 - Spécification des cas d'usage day 1 C-ITS
 - Mise en place d'une gouvernance et facilitation des coordinations opérationnelles des PAN
- **PO2 : Obligation de collecte et de mise à disposition de données cruciales**
 - Mesures du scénario projet 1 (PO1)
 - Rendre obligatoire la collecte et le partage de données cruciales pour les services essentiels afin de stimuler le déploiement de ces services
 - Obligation de mise à disposition des données RTTI (Real Time Traffic Information : données sur l'infrastructure, la réglementation, l'état du réseau et le trafic)
 - Obligation de mise à disposition des données MMTIS (MultiModal Transport Information Services)
 - Obligation de mise à disposition des données de parking
- **PO3 : Obligation de fourniture de services essentiels**
 - Mesures des scénarios projet 1 et 2 (PO1 et PO3)
 - Normes relatives aux données générées à bord des véhicules pour l'exploitation routière (gestion du patrimoine et du trafic)
 - Obligation de fourniture de service SRTI (Safety related traffic information)
 - Obligation de fourniture des cas d'usage day 1 C-ITS

Les coûts et bénéfices des scénarios projets par rapport au scénario de référence sont estimés en fonction des impacts théoriques d'une liste de paquet de services ITS et cas d'usage C-ITS. Cette liste est la suivante :

No.	Service bundle	ITS service type	Intended impacts on transport
1a	Information & booking services for travellers	<ul style="list-style-type: none">● Multimodal travel information service● Multimodal booking / re-selling service (including mobility as a service)	Improved trip planning choices (time/route/modal) ⁵⁸ leading to: <ul style="list-style-type: none">● Congestion reduction / trip time

⁵⁸ Provided alternatives to car / truck transport are available.

No.	Service bundle	ITS service type	Intended impacts on transport
1b	Information and booking services for drivers	<ul style="list-style-type: none"> Road traffic & navigation service Real-time traffic information service Parking (and pricing) information Re-charging/re-fuelling information Intermodal interfaces 	<ul style="list-style-type: none"> Reduction in fuel consumption / emissions Modal shift Reduction of transport costs (incl. external cost of transport to society)
2	Travel management services	<ul style="list-style-type: none"> Traffic incident management systems Mobility management services 	<ul style="list-style-type: none"> Improvement in resilience and quality of service
3	Road safety and security applications	<ul style="list-style-type: none"> Road safety-related traffic information S&S truck parking eCall 	Improved transport safety <ul style="list-style-type: none"> Reduction of accidents (fatalities and injuries) Reduction of external costs (caused by accidents)
4	Vehicle-to-vehicle (V2V)	<ul style="list-style-type: none"> C-ITS services such as electronic brake light & hazardous location 	
5	Vehicle-to-Infrastructure (V2I)	<ul style="list-style-type: none"> C-ITS services such as shockwave damping, in-vehicle speed limits, green light optimal speed advice and Signal violation 	
6	Future C-ITS services	<ul style="list-style-type: none"> C-ITS cooperative perception services (day 2) and automation support services (day 3) – e.g. platooning 	<ul style="list-style-type: none"> Congestion reduction / trip time Reduction in fuel consumption / emissions
			<ul style="list-style-type: none"> Significant (longer term) impacts in transport safety and mobility

Tableau : ITS service bundles.

Source: Etude d'impact directive ITS

Les cas d'usage C-ITS listés dans les six catégories couvrent à la fois des communications de l'infrastructure au véhicule (I2V ou V2I) et des communications de véhicules à véhicules (V2V). Pour les communications V2I, celles-ci peuvent être assurées à l'aide d'une communication cellulaire ou d'une communication courte portée.

Pour chacun de ces paquets de services ITS et cas d'usage C-ITS, une estimation des bénéfices a été réalisée sur une période d'étude de 20 ans (2021-2040) en fonction de plusieurs hypothèses de déploiement d'équipement de connectivité bord de voie et du taux de pénétration d'équipement à bord des véhicules neufs.

2) Evaluation socio-économique cas d'usage C-ITS – Ricardo 2019

Le bureau d'étude Ricardo a réalisé en 2019 une évaluation socio-économique de l'impact d'un déploiement de systèmes de transport intelligents coopératifs. Cette étude est une étude support mandaté par la Commission Européenne en vue de la réalisation de l'étude d'impact de la révision de la directive ITS.

Cette évaluation a estimé et monétarisé les coûts et bénéfices du déploiement des services C-ITS sur le territoire de l'union européenne (EU27). Les avantages des C-ITS couvrent différents domaines, notamment l'amélioration de la sécurité routière, la réduction des temps de trajet, la réduction de la consommation d'énergie, réduction d'émissions de polluants et de CO2 et l'amélioration globale de la mobilité. Cette étude se concentre sur les services C-ITS matures qui devraient être déployés à court et moyen terme (période d'étude allant de 2019 à 2035).

Les services C-ITS évalués sont les suivants :

	Service C-ITS	V2V / V2I / « Day »
Bundle 1	- Emergency electronic brake light (EBL)	- V2V / Day 1

	- Emergency vehicle approaching (EVA) - Hazardous location notification (HLN) - Slow or stationary vehicle(s) (SSV) - Traffic jam ahead warning (TJW)	- V2V / Day 1 - V2V / Day 1 - V2V / Day 1 - V2V / Day 1
Bundle 2	- In-vehicle signage (VSGN) - In-vehicle speed limits (VSPD) - Probe vehicle data (PVD) - Road works warning (RWW) - Shockwave Damping (SWD) - Weather conditions (WTC)	- V2I / Day 1 - V2I / Day 1 - V2I / Day 1 - V2I / Day 1 - V2I / Day 1 - V2I – V2V / Day 1
Bundle 3	- GLOSA / TTG - Signal violation / Intersection Safety (SigV) - Traffic signal priority request by designated vehicles (TSP)	- V2I / Day 1 - V2I / Day 1 - V2I / Day 1
Bundle 4	- Information on fuelling & charging stations for alternative fuel vehicles (iFuel) - Off street parking information (Pinfo) - On street parking management and information (PMang) - Park & Ride information (P&Ride)	- V2I / Day 1.5 - V2I / Day 1.5 - V2I / Day 1.5 - V2I / Day 1.5 - V2I / Day 1.5
Bundle 5	- Traffic information & Smart routing (SmartR)	- V2I – V2V / Day 1.5
Bundle 7	- Vulnerable Road user protection (VrU)	- V2x / Day 1.5

Tableau : ITS service bundles.

Source: Etude Ricardo 2019

Les cas d'usage C-ITS listés dans les six catégories couvrent à la fois des communications de l'infrastructure au véhicule (I2V ou V2I) et des communications de véhicules à véhicules (V2V). Pour les communications V2I, celles-ci peuvent être assurées à l'aide d'une communication cellulaire ou d'une communication courte portée.

Les bénéfices et coûts sont calculés par rapport à scénario de référence sur la base de trois scénarios projets :

- **PO1 : Mesures non contraignantes entre les parties prenant en vue d'un déploiement des cas d'usage C-ITS**
 - Lignes directrices pour soutenir la provision de cas d'usage « day 1 »
 - Spécification des normes d'interopérabilité à l'échelle de l'UE. Standardisation des cas d'usage « day 1 »
 - Financement pour le déploiement de services au-delà des cas d'usage « day 1 »
 - Simple recommandation d'évaluation de la conformité des services C-ITS avec les lignes directrices aux Etats Membres
- **PO2 : Acte délégué juridique contraignant précisant les définitions pour les services C-ITS, les profils de services communs et la conformité avec les politiques liées aux services C-ITS.**
 - Mesures du scénario projet 1 (PO1)
 - Définition des services/cas d'usage C-ITS « day 1 » dans les spécifications
 - Les stations C-ITS devront être compatibles avec tous les services/cas d'usage C-ITS « day 1 »
 - Mandat de conformité avec les normes existantes sur l'interopérabilité au niveau EU
 - Définition des critères d'évaluation de conformité des services C-ITS « day 1 »
 - Coordination supplémentaire au niveau du réseau routier européen (RTE-T)
- **PO3 : Obligation de déploiement des cas d'usage C-ITS « day 1 » V2V**
 - Mesures des scénarios projet 1 et 2 (PO1 et PO2)
 - Obligation de déploiement des cas d'usage C-ITS « day 1 » V2V sur les véhicules particuliers

- Les rôles d'évaluation de la sécurité et de la conformité des services C-ITS attribués à des organismes juridiques

Les coûts et bénéfices sont calculés, pour chacun des scénarios projets, par rapport au scénario de référence (scénario constitué de l'ensemble des hypothèses d'évolution les plus plausibles sans mesures politiques favorables).

Méthodologie et hypothèses

Comparaisons des hypothèses : stratégie de connectivité, étude d'impact directive ITS, étude d'impact cas d'usage C-ITS.

Plusieurs hypothèses sont formulées dans le but d'évaluer les coûts et bénéfices de ces services ITS et cas d'usage C-ITS par rapport au scénario de référence. Ces hypothèses sont organisées en deux thèmes :

- Hypothèses sur les stations C-ITS embarquées à bord des véhicules neufs
- Hypothèses sur le déploiement d'équipement de connectivité sur les infrastructures routières.

Pour les études, les hypothèses sont présentées pour trois groupes de pays : « Front Runner », « Planned Adopter », « Follower ». La France fait partie des pays « Front Runner » compte tenu de son implication dans les différents projets C-ITS européens ou nationaux.

Ces hypothèses sont distinguées par scénario (scénario de référence ou scénarios projets) et par catégorie de cas d'usage. Les différentes hypothèses seront analysées et comparées les unes aux autres. Seules les hypothèses des scénarios projets retenus au cours de l'évaluation seront confrontées, c'est-à-dire le scénario projet 3 pour l'étude d'impact et le scénario projet 2 pour l'évaluation socio-économique Ricardo.

Le tableau ci-dessous présente les hypothèses des deux études évoquées plus haut, et des différents scénarios de la stratégie connectivité :

Etude d'impact directive ITS - 2021			Evaluation socio-économique cas d'usage C-ITS Ricardo - 2019			Stratégie connectivité routière FR - 2023		
Période d'évaluation	2021-2040		Période d'évaluation	2019-2035		Période d'évaluation	Horizon 2030	
Cas d'usage	6 groupes de services ITS et cas d'usage C-ITS	Groupe 1 : Services ITS d'information au voyageurs et conducteurs	Cas d'usage	6 groupes de cas d'usage C-ITS	Groupe 1 : Cas d'usage V2V day 1	Cas d'usage	10 famille de cas d'usage C-ITS couvrant plus d'une centaine de cas d'usage	Une centaine de cas d'usage C-ITS et quelques services ITS.
		Groupe 2 : Services ITS multi modalité / gestion de trajet			Groupe 2 : Cas d'usage V2I day 1			
		Groupe 3 : Services ITS basés sur de la remontée de données RTTI, notamment sécurité			Groupe 3 : Cas d'usage V2I day 1 (traffic management)			
		Groupe 4 : Cas d'usage C-ITS V2V			Groupe 4 : Cas d'usage V2I day 1.5			
		Groupe 5 : Cas d'usage C-ITS V2I			Groupe 5 : Cas d'usage V2I - V2V day 1.5			
		Groupe 6 : Cas d'usage C-ITS coopérative et d'automatisation			Groupe 6 : Cas d'usage V2X day 1.5			
Réseau routier	RTE-T Central	Groupe 3 : couverture des données 100% RTE-T et autres routes en 2030 Groupe 5 : 0% à 25% entre 2015 et 2023. A partir 2023, 150% du taux de	Réseau routier	RTE-T Central	Couverture UBR à 25% en 2020 (basée sur données disponibles). Après 2020, taux de déploiement suivant la même trajectoire que celle entre 2015 et 2020 ; Couverture cellulaire de 84%	Réseau routier	<u>Approche 1</u> : zones et points critiques accidentalité	Points critiques accidentalité sur autoroute, route nationale, route départemental + carrefours à feux et passage à niveau. <u>Scénario bas</u> : 8 518 points/carrefours à équiper

		déploiement que celui appliqué entre 2015 et 2023 (62.5% 2031 et 100% 2040).						Scénario haut : 29 405 point à équiper
	RTE-T Global		RTE-T Global	UBR couverture à 25% en 2020 (basée sur données disponibles). Après 2020, 50% du taux appliqué au RTE-T Central ; Couverture cellulaire de 84%		Approche 2 : Points singuliers sur RRN	Passage à niveau, tunnels, péages, carrefours sur RNN, échangeurs. Un total de 13 668 points singuliers (dont environ 12 600 intersections).	
	Autres autoroutes interurbaines	Groupe 3 : augmentation annuel de couverture de 3% Groupe 5 : A partir de 2023, 50% du taux de déploiement appliqué au RTE-T central.	Autres autoroutes interurbaines	UBR couverture à 25% en 2020 (basée sur données disponibles). Après 2020, 25% du taux appliqué au RTE-T Central ; Couverture cellulaire de 84%		Approche 3 : Classes de trafic	2 scénario sur RRN : fort trafic (> 10 000 véh/j) et très fort trafic (> 15 000 véh/j) <u>Scénario bas</u> : 3 507 km à équiper <u>Scénario haut</u> : 5 409 km à équiper	
	Urbain		Urbain	Taux de remplacement des feux de circulation 8% par an à partir de 2020, aboutissant à un plafond de 75 % de feux connectés.		Approche 4 : Itinéraire RTE-T	2 scénarios : RTE-T Central (6 117 km) et RTE-T global (18 854)	
						Approche de référence : Intersections RRN + Carrefour à feux	Déploiement d'UBR/RSU au niveau des intersections et des carrefours à feux (22 500 carrefours à feux moderniser + 12 000 intersections à équiper)	

Parc de véhicules neufs		Groupe 3 : services pouvant être pris en charge par les smartphones et les véhicules connectés (cellulaire). 100% de conversion de service sur RTE-T et 90% pour les autres routes	Parc de véhicules neufs		Pour tous les groupes : 100% des véhicules en 16 ans à partir de 2019 (38% en 2025, 69% en 2030, 100% en 2035)	Parc de véhicules neufs	<u>Scénario bas</u>	20% des véhicules neufs en 2030 puis stagnation
		<u>Scénario haut</u>					50% des véhicules neufs en 2030 puis stagnation	
Densité	UBR	UBR uniquement au niveau des intersections et "hot spot". Stock de 180k intersections identifiés EU27 (donc 180k UBR au maximum)	Densité	UBR	1 UBR tous les 1 km	Densité	UBR	Linéaire : 1 UBR tous les 3km pour les scénarios pour les scénario 4 et 5 (trafic et itinéraires RTE-T) Point singulier : Pour les scénarios 1 2 et 3, 1 UBR par points critiques/singuliers

	RSI (Road side infrastructure) (traffic lights, variable message signs, sensors and cameras)	<ul style="list-style-type: none"> • 10% des feux de circulation existants doivent être déployés, et 100% des autres RSI existants doivent être déployés. • 70% des feux de circulation existants nécessitent une modernisation, et 25% des autres RSI existent mais nécessite une modernisation (Ricardo Energy & Environment, 2020) 		RSI (traffic lights, variable message signs, sensors and cameras)			RSI (traffic lights, variable message signs, sensors and cameras)	<p>Linéaire : pour le scénario 4 (trafic) un équipement tous les 500 m et pour le scénario 5 (itinéraire RTE-T) un équipement tous les 1 km.</p> <p>Point singulier : pour les scénarios 1, 2 et 3, un équipement de détection par points critiques/singuliers</p>
	Ratio RSI/UBR (en nombre d'équipements)	1,26						
Coûts unitaires investissement	UBR	14 117 €	Coûts unitaires investissement	UBR	14 117 €	Coûts unitaires investissement	UBR	14 500 €
	New Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	68 105 €		New Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	-		New Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	70 000 €
	Upgrade Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	18 151 € (25%)		Upgrade Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	4 500 € (uniquement de la modernisation de feux de circulation et UBR)		Upgrade Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	18 151 €

	Station ITS véhicules	288 € (véhicules neufs)		Station ITS véhicules	290 € (véhicules neufs)		Station ITS véhicules	<ul style="list-style-type: none"> • 5 000 € (montage sur véhicules existants) • 300 € pour les véhicules neufs
Coûts unitaires exploitation	UBR	5%	Coûts unitaires exploitation	UBR	5%	Coûts unitaires exploitation	UBR	10%
	Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	10%		Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	5%		Roadside Infrastructure (feux de circulations, PMV, cameras et capteurs)	10%
	Station ITS véhicules	5%		Station ITS véhicules	5%		Station ITS véhicules	10%
	Data	100 € par an (UBR et RSI)		Data	200 € par an (UBR et RSI)		Data	20 € par mois par an
Nombre d'équipement ITS/C-ITS (PO3)	UBR	EU27 : 155 552 France (représente environ 25% du réseau routier européen) : 38 888	Nombre d'équipement ITS/C-ITS (PO2)	UBR	?	Nombre d'équipement ITS/C-ITS par scenario	UBR	<u>Scénario 1 (approche de référence)</u> : 36 168 UBR <u>Scenario 2</u> : Haut : 29 405 UBR Bas : 8 518 UBR <u>Scenario 3</u> : Bas : 13 668 UBR <u>Scenario 4</u> : Bas : 1 169 UBR Haut : 1 803 UBR <u>Scenario 5</u> : RTE-T principal : 2 039 UBR RTE-T complet : 4 618 UBR
	Roadside Infrastructure (feux de circulations,	EU27 : 196 344 France (25%) : 49 086		Roadside Infrastructure (feux de circulations,	?		Roadside Infrastructure (feux de circulations, cameras et capteurs)	<u>Scénario 1 (approche de référence)</u> : 36 168 RSI <u>Scenario 2</u> :

	PMV, cameras et capteurs)			PMV, cameras et capteurs)				Haut :29 405 RSI Bas : 8 518 RSI <u>Scenario 3 :</u> 13 668 RSI <u>Scenario 4 :</u> Bas : 7 014 RSI Haut : 10 818 RSI <u>Scenario 5 :</u> Bas : 6 117 RSI Haut : 13 854 RSI
	Ratio RSI/UBR	1.25		Ratio RSI/UBR	?		Ratio RSI/UBR	Variant entre 0.5 et 3 selon les scenarios
Bénéfices (par rapport au scénario de référence) PO3 EU27	Reduction in external costs of accidents	29,5 Mrd €	Bénéfices (par rapport au scénario de référence) PO2 France	Reduction in external costs of accidents	1 184 M€			
	Time saved	144,5 Mrd €		Time saved	272 M€			
	Reduction in external costs of CO2 emission	2,4 Mrd €		Reduction in external costs of CO2 emission	104 M€			
	Reduction in external costs of air pollutants	0,3 Mrd €		Reduction in external costs of air pollutants	9 M€			
	Others benefits (traffic efficiency, fuel consumption, etc.) Reconstruction	2,4 Mrd €		Others benefits (traffic efficiency, fuel consumption, etc.) Reconstruction	?			
	Total Benefits	179,1 Mrd €		Total Benefits	1 941 M€			
	Roadside units	1,1 Mrd €		Roadside units	?			
	Roadside infrastructure	3,3 Mrd €		Roadside infrastructure				
	National acces point	0,4 Mrd €		National acces point				

	Central ITS sub-systems	0,6 Mrd €		Central ITS sub-systems			
	In-vehicle systems	15,4 Mrd €		In-vehicle systems			
	Smartphone and applications	0,0		Smartphone and applications			
	RSU/RSI ratio	3,0		RSU/RSI ratio	?		
	Total Costs	20,8 Mrd €		Total Costs	437 M€		<u>Scenario 1 (référence) :</u> 1 890 M€ <u>Scenario 2 :</u> Haut : 1 318 M€ Bas : 330 M€ <u>Scenario 3 :</u> 1 155 M€ <u>Scenario 4 :</u> Haut : 780 M€ Bas : 500 M€ <u>Scenario 5 :</u> Bas : 457 M€ Haut : 1 036 M€
	Total Net Benefits	158,3 Mrd €		Total Net Benefits	1503 M€		
	Benefit/Cost ratio	8,6		Benefit/Cost ratio	4,4		
	Benefit (reduction accidents)/Cost ratio	5,5		Benefit (reduction accidents)/Cost ratio	2,7		

Tableau: Comparaison des hypothèses principales

Hypothèses taux pénétration véhicule short range dans le parc automobile (véhicule particulier) en France (reconstruction à partir des hypothèses d'équipement des véhicules neufs) :

	Etude d'impact directive ITS – 2021 (PO3)	Evaluation socio-économique cas d'usage C-ITS Ricardo – 2019 (PO2)	Stratégie connectivité routière FR – 2023 (scénario haut)
2020	0%	0%	0%
2025	5%	7%	3%
2030	30%	22%	13%
2035	55%	42%	20%
2040	70%	60%	27%

NB : Pour comparer les bénéfices et les coûts estimés sur le territoire EU 27, un rapport de 4 est appliqué, rapport représentant le rapport du linéaire de réseau routier français et du linéaire routier européen (rapport linéaire routier EU27/linéaire routier FR = 4) .

Annexe VII : Identification des zones à enjeux critiques de sécurité routière

Dans le cadre des travaux de priorisation des cas d'usage et des réseaux de déploiement, il est apparu pertinent de s'intéresser aux cas d'usage visant à prévenir les collisions sur les zones critiques, i.e. particulièrement génératrices d'accidents, et sur lesquelles des déploiements de connectivité pourraient, en développant l'alerte sur la présence de véhicules approchant, d'améliorer la sécurité routière.

Dans ce contexte, cette annexe présente les résultats d'une étude exploratoire visant à identifier et caractériser sur l'infrastructure du réseau routier du territoire métropolitain français, les points particuliers ou les tronçons de routes (de l'ordre du mètre ou du kilomètre) présentant un niveau d'accidentalité significativement supérieur à la moyenne.

Synthèse

L'approche exploratoire de traitement des données d'accidentalité nationales a visé à identifier des zones (intersections ou sections du réseau) caractérisées par une accumulation d'accidents corporels. La base de données est constituée de la base ONISR des accidents corporels enregistrés dans les bulletins d'accidents (BAAC) entre 2017 et 2021.

La méthode de regroupement des localisations d'accidents en zones d'accumulation (ou « clustering ») repose sur un regroupement des accidents (au minimum 2) en fonction de la distance deux à deux. Le calcul de la distance se base sur l'utilisation des coordonnées GPS (avec un taux de fiabilité avoisinant les 98 % sur les années 2017 – 2021). Le pas choisi a été fixé à 50 m de rayon autour du point de calcul.

Les clusters ainsi repérés sur les intersections représentent :

- 50 % des accidents corporels (26 % des tués, 45 % des blessés) en intersections (qui représentent par ailleurs plus de 40 % des accidents totaux)
- 36 % des accidents corporels (14 % des tués, 30 % des blessés) sur les réseaux autoroutier, national et départemental hors intersection (qui représentent par ailleurs près de 30 % des accidents totaux)

La hiérarchisation des enjeux apparaît notamment pouvoir s'appuyer sur le nombre d'accidents :

Nombre d'accidents au point d'accumulation	Nombre de points d'accumulation
Intersections	
≥ 8 accidents	Environ 800
≥ 5 accidents	Environ 2000
≥ 3 accidents	Environ 5000
Sections ⁴ hors intersection du réseau autoroutier, national et départemental	
≥ 8 accidents	Environ 800
≥ 5 accidents	Environ 2000
≥ 3 accidents	Environ 5000

La cartographie des clusters respectifs pour la typologie de réseau ou en intersections fait émerger deux types d'éléments :

- à l'échelle de la France, des regroupements de clusters concentrés autour des grandes agglomérations
- à l'échelle locale, des linéaires ou tronçons de clusters apparaissent en zones périphériques type rocades, contournements, boulevards extérieurs ou axes majeurs urbains)

La méthode présentée ci-dessus confirme la possibilité d'identifier des zones particulièrement accidentogènes par l'analyse de l'accidentalité routière sur le territoire métropolitain et de les prioriser, ce qui n'épuise pas la possibilité d'appliquer d'autres critères, en fonction d'analyses plus locales.

Présentation détaillée de la méthode

- Contexte : historique des approches d'évaluation de la sécurité des infrastructures

Concernant l'évaluation du niveau de sécurité des routes existantes, plusieurs démarches existent :

- audit de sécurité routière ;
- inspection de sécurité routière des itinéraires (ISRI) qui a pour objectif de relever les défauts du réseau en service ;
- sécurité des usages sur les routes existantes (SURE) par l'identification des enjeux et réalisation d'aménagement de sécurité).

Ces démarches reposent principalement sur une remontée d'incidents/accidents suites à des inspections et des patrouillages réalisés par les gestionnaires routiers à l'exception de la démarche qui repose elle sur une analyse de l'accidentalité.

La démarche SURE, qui a été révisée en 2020, vise à améliorer la sécurité d'un réseau routier en identifiant puis en traitant les itinéraires/sections présentant les gains potentiels de sécurité les plus importants. Cette identification des itinéraires repose sur une évaluation de l'accidentalité sur le réseau d'un gestionnaire routier hors milieu urbain (routes à chaussées séparées et routes à chaussée unique du réseau routier national et des réseaux structurants des collectivités locales). La première étape correspond à la réalisation d'un état des lieux de l'accidentalité sur l'ensemble du réseau du gestionnaire, cela comprend notamment une hiérarchisation des sections selon leur densité d'accidents graves ou mortels. Cet état des lieux se fait à l'échelle du réseau routier d'étude (réseau routier d'un département, réseau routier d'une DIR) et a pour objectif d'identifier des tronçons ayant des indicateurs d'accidentalité élevés.

Les principaux indicateurs utilisés sont les suivants :

- le nombre d'accidents corporels, les personnes tués, les personnes blessées,
- la densité d'accidents et la densité d'accidents graves ou mortels,
- le taux d'accidents et le taux d'accidents graves ou mortels,
- les vitesses pratiquées (notamment lorsqu'elles sont supérieures à la vitesse maximale autorisée (VMA) ou VMA+20km/h,
- les ZAAC (zones d'accumulation d'accidents corporels)
 - les zones d'accumulation d'accidents corporels sont quant à elle d'une longueur d'au moins 850 m.
 - le seuil d'accident est fixé à 5

La plupart de ces indicateurs sont directement liés aux données de l'accidentalité elles-mêmes (nombre d'accidents, de victimes et taux associés) tandis que certaines sont liées à la caractérisation de certains comportements usagers comme la vitesse circulée.

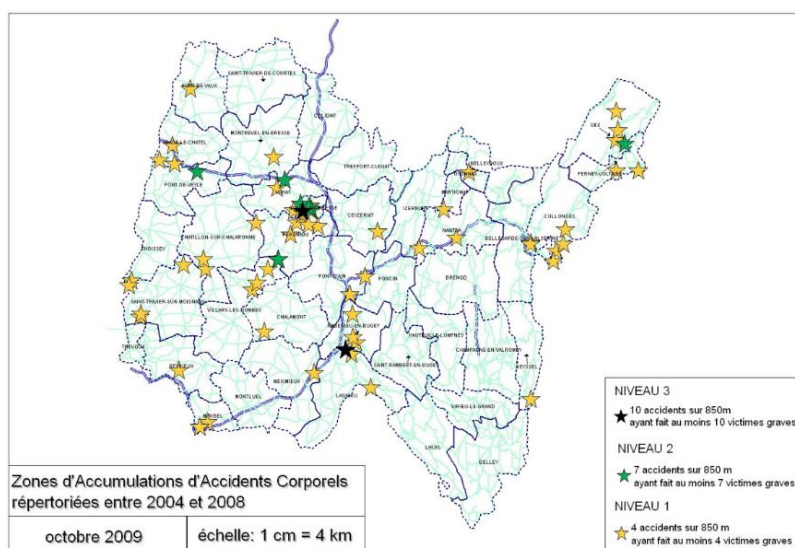


Figure 1 : Exemple d'une cartographie d'une analyse des ZAAC dans le cadre d'une démarche SURE réalisée sur le département de l'Ain –
 Source : département de l'Ain <http://www.securite-routiere.org/docacrobat/zaac2009ain.pdf>

A priori, la démarche SURE (comprenant le calcul des différents indicateurs énoncés plus haut), ainsi que les ISRI, ont été appliquées sur les réseaux routiers nationaux, autoroutiers et transeuropéens et font l'objet d'inspections/évaluations régulières permettant d'évaluer l'évolution du niveau de sécurité des routes étudiées. L'hypothèse que la grande majorité des « points noirs » identifiés sur les zones étudiées (hors agglomération, routes à chaussées séparées et sur les routes à chaussée unique du réseau routier national et des réseaux structurants des collectivités locales) a été traitée et est suivie par les gestionnaires routiers.

Néanmoins, un travail d'identification des « points noirs » et des zones d'accumulation d'accident « en agglomération » ou en entrée d'agglomération, notamment au niveau des intersections semble toujours présenter un intérêt. C'est l'objet des travaux présentés ci-après, qui visent à une première l'identification de certaines zones « critiques » sur lesquelles le déploiement d'équipement de connectivité pourrait être priorisé.

Analyse des besoins de déploiement de connectivité par une basée sur les données de trafic

En 2018, une étude menée dans le cadre d'un groupe de travail sur les systèmes de communication coopératifs piloté par la DGITM et la DGE, a tenté d'apporter des éclairages sur les besoins de couverture et le degré de hiérarchisation nécessaire du réseau routier, en fonction des différentes technologies utilisées de connectivité.

L'analyse s'intéressait en particulier à la couverture du réseau national, après avoir justifié de la pertinence socio-économique d'un déploiement de solutions de connectivité en bord de route⁵⁹. Le rapport propose une analyse stratégique sur les besoins de couverture du réseau routier à partir de différents scénarios, qui sont pris en fonction des performances des deux technologies, de leur complémentarité, de l'évolutivité ou de la disponibilité de la technologie.

L'analyse avait retenu sur la base de deux technologies principales de connectivité :

- L'ITS-G5, une technologie wifi, standardisée qui opère dans la bande 5.9 GHz et s'appuie sur des unités de bord de route déployées par le gestionnaire routier ;

⁵⁹ L'étude socio-économique réalisée en dans le rapport montre que les gains socio-économiques d'un déploiement sur le réseau routier national sans attendre la 5G sont largement supérieurs au coût du déploiement des unités bord de route, que ce soit en ITS-G5 ou en LTE-V2X. Elle permet également de prioriser les sections à équiper.

- Le LTE-V2X ou C-V2X, une technologie alternative dérivée des réseaux cellulaires 4G, standardisée, dont les communications V2V, V2I et V2P se font dans la même bande 5.9 GHz.

Le déploiement de la technologie, qu'il s'agisse de l'ITS-G5 ou LTE-V2X, nécessite l'installation par le gestionnaire routier d'unités de bord de route (UBR) le long du réseau routier national, en considérant un déploiement tous les deux kilomètres et couvrant les deux sens de circulation.

L'analyse de 2018 se basait sur l'utilisation des données de trafic disponibles sur le réseau routier national français, comprenant 11600 km d'autoroutes et 9600 km de routes nationales, périmètre restreint à 17250 km de routes pour lesquelles des données de trafic ont été disponibles et récoltées à partir de la base ISIDOR. Des projections de trafic ont été réalisées à partir d'hypothèses d'évolution de trafic pour les véhicules légers et les poids lourds (1 % pour les VL et 1.3 % par an pour les PL) entre 2019 et 2023.

Le déploiement des infrastructures d'unités de bord de route a été supposé s'effectuer sur cinq années. Afin de maximiser les bénéfices en termes de sécurité routière, il a été supposé dans la modélisation, que les routes à plus fort trafic étaient aussi les routes les plus accidentogènes. Le déploiement proposé est donc dit prioritaire sur les tronçons du réseau routier national accueillant les plus forts trafics.

La carte ci-dessous donne pour chaque tronçon l'année de déploiement optimale de l'infrastructure de connectivité (basée sur un scénario ITS-G5, le scénario LTE-V2X étant très similaire) compte tenu des données trafic récoltées via la base ISIDOR.

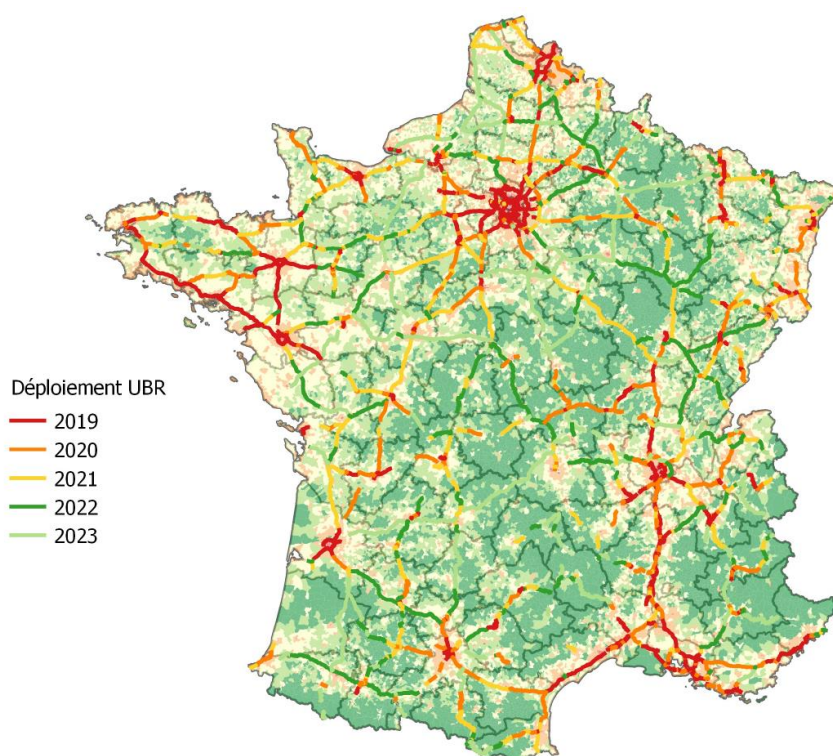


FIGURE 2 : CARTE PRESENTANT LE PHASAGE OPTIMAL POUR LE DEPLOIEMENT DES UNITES DE BORD DE ROUTE POUR LE SCENARIO DE DEPLOIEMENT DE L'ITS-G5 SUR CINQ ANNEES

Ces travaux réalisés en 2018 ont permis de proposer une première cartographie possible de zones d'intérêt prioritaire pour le déploiement de la connectivité ou unités de bord de route, à partir des données de trafic.

L'hypothèse de ce travail a été de considérer un déploiement uniquement à partir de la fusion des données trafic en supposant que l'accidentalité était uniquement facteur du trafic routier. Ce travail n'avait ainsi pas intégré l'accidentalité routière. La prise en compte des données de l'accidentalité routière a paru être un complément pertinent à ces premiers travaux.

- ***Approche par les données d'accidentalité***

L'approche à partir des données d'accidentalité routière peut être vue comme complémentaire de l'approche à partir des données trafic réalisé en 2018 dans la mesure où il est question d'équiper uniquement les tronçons du réseau routier particulièrement accidentogènes. L'analyse ne se cantonne dans ce cas pas uniquement au réseau routier national mais intègre l'intégralité des réseaux routiers nationaux, départementaux et autoroutiers, que ces réseaux soient concédés ou non.

Cependant, il convient de ne pas opposer les deux approches, dans la mesure où trafic et accidentalité sont significativement corrélés. L'approche par l'accidentalité permet cependant une identification plus fine des points critiques.

Dans la suite du document, différentes extractions sont présentées ; chacune se présentant comme complémentaire aux autres extractions soit car elle fournit une donnée supplémentaire, soit car elle précise les résultats obtenus auparavant.

Les données d'accident traitées dans ce rapport sont issues de bases de données extraites du fichier du Bulletin d'analyse des accidents corporels de la circulation routière (BAAC), qui répertorie l'intégralité des accidents corporels de la circulation, survenus sur le territoire métropolitain en France.

Les données présentées dans cette partie sont issues de l'analyse d'une extraction de données disponibles dans le système d'information de l'Observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR) de 2012 à 2021. Les tableaux présentent des statistiques générales de l'accidentalité au cours des dix dernières années (de 2012⁶⁰ à 2021), tandis que des statistiques plus fines permettent de faire émerger des cas d'usage pertinents d'un point de vue de la connectivité.

L'analyse sur un nombre d'années consécutives important permet de faire émerger des tendances statistiques lissées et de ne pas baser les cas d'usage sur une année particulière et/ou singulière. Plus la période d'analyse est importante, plus la quantité de données sera a priori fiable.

Les analyses d'accidentalité se basent généralement sur au moins cinq années ; travailler sur une période plus grande peut-être recommandé lorsque les indicateurs relevés sont trop faibles sur cinq années (ça peut être le cas lors de la mise en œuvre des ISRI). Par ailleurs, la période doit être justifiée par la qualité des données qu'elle intègre et l'ancienneté des données se révèlent parfois un frein à leur prise en compte dans l'analyse de l'accidentalité.

Le tableau suivant présente les nombres d'accidents, de tués, de blessés graves et légers pour chacune des infrastructures majeures pour lesquelles la connectivité pourrait avoir un impact (type de route et intersections). L'accidentalité a été relevée pour tous les types d'usagers.

Globalement, les résultats ci-dessous mettent en avant les éléments suivants :

- Les tués représentent moins de 5 % des victimes impliqués (l'ordre de grandeur est le même concernant le nombre d'accidents mortels par rapport au nombre d'accidents total).
- Sur le total des accidents, 66 % surviennent en agglomération, 40 % sur le réseau national ou départemental (globalement des routes bidirectionnelles à fort trafic).

⁶⁰ En 2012, les champs du BAAC ont été modifiés, ce qui exclut une analyse sur une plus grande période.

- 40 % des accidents surviennent sur les réseaux routiers national et départemental, ce qui représente environ 70 % des tués et 45 % des blessés.
- 28 % des accidents surviennent en intersection, ce qui correspond à 14 % des tués et 28 % des blessés totaux (60 % des blessés légers).

Tableau 1 : Statistiques générales de l'accidentalité au cours des années 2012 à 2021 selon le type d'infrastructure et le type de victimes. Les pourcentages sont exprimés par rapport au total des accidents ou victimes considérées par catégories (ex : les accidents hors agglomération impliquant des piétons représentent 1 % du total des accidents et les tués en agglomération représentent 30 % des tués sur les dix années observées).

	10 ans	5 ans
Nombre d'accidents	558603	269042
Nombre de tués (1)	32668	15425
Nombre de blessés (2)	935129	438658
Statistiques à partir des valeurs des nombres d'accidents et de victimes		
Intersections	28 %	29 %
(1)	14 %	16 %
(2)	27 %	28 %
Type de réseau		
Autoroutes	9%	10 %
(1)	8 %	8 %
(2)	9 %	10 %
RN/RD	39 %	40 %
(1)	71 %	68 %
(2)	45 %	45 %
En agglomération	66 %	64 %
(1)	30 %	31 %
(2)	60 %	58 %

La méthode a ensuite consisté à identifier les clusters d'accidents localisés dans un voisinage choisi, à partir de la distance maximale séparant les points d'un cluster (autrement dit tous les points du cluster doivent se situer à une distance inférieure à la valeur choisie). Le calcul de la distance géodésique est réalisé à partir des coordonnées GPS des accidents (latitude, longitude). La distance maximale retenue a été de 50 m et la taille minimale des clusters de deux accidents.

L'étude distingue différentes configurations du réseau routier, selon deux paramètres majeurs :

- la catégorie de route qui consiste à intégrer différents types de routes (réseau autoroutier, réseau national et réseau départemental),
- les caractéristiques de la voirie routière, notamment au niveau des intersections.

Le choix de travailler sur ces deux paramètres est respectivement dû :

- aux premiers travaux réalisés en 2018 qui ont été réalisés sur le réseau routier national non concédé (étendu dans cette analyse à l'intégralité des réseaux autoroutier, national et départemental, concédés ou non) et qui concentre 50 % des accidents de la circulation,
- à l'état de l'art hérité des démarches conventionnelles d'évaluation du niveau de sécurité des infrastructures routières qui traduit un manque d'analyses ciblées au niveau des intersections qui concentrent près de 30 % des accidents de la circulation.

En complément de ces premières analyses complémentaires à l'état de l'art, la méthode a été appliquée à l'ensemble des intersections, tous réseaux confondus, à l'intérieur des limites administratives de certaines régions.

Annexe VIII : Hypothèses de pénétration dans le parc des véhicules connectés.

L'élaboration et l'évaluation de scénarios de déploiement d'équipements de connectivité en bord de voie suppose de se fonder sur des hypothèses de déploiement de la connectivité dans le parc automobile. Cette annexe présente le modèle de comportement de renouvellement de parc utilisé pour construire, à partir d'hypothèses sur les gammes de véhicules neufs équipés, l'évolution dans le temps de la part des véhicules connectés dans le parc automobile roulant. Ces scénarios portent sur les véhicules particuliers. Ils ne traitent pas du lien éventuel entre intensité d'utilisation du véhicule (km annuels) et connectivité.

Dans cette annexe, un « véhicule connecté » désigne un véhicule équipé d'une unité embarquée capable d'émettre et recevoir des messages.

Méthodologie et hypothèses

a. Structure du modèle de parc

- Nombre de véhicules connectés entrants pour l'année n :
- $N_{VC\ entrant\ n} = F_{entrant\ n} * Ventes_{véhicules\ neufs}$
- Nombre de véhicules connectés sortants pour l'année n :
- $N_{véhicules\ sortants\ n} = Parc_{VP\ n-1} - Parc_{VP\ n} + Ventes_{véhicules\ neufs}$
- $N_{VC\ sortant\ n} = F_{sortant\ n} * N_{véhicules\ sortants\ n}$
- Part de véhicules connectés pour l'année n :

$$Part_{VC\ n} = \frac{Part_{VC\ n-1} * Parc_{VP\ n-1} + F_{entrant\ n} * Ventes_{véhicules\ neufs} - (F_{sortant\ n} * N_{véhicules\ sortants\ n})}{Parc_{VP\ n}}$$

$$Part_{VC\ n} = \frac{Part_{VC\ n-1} * Parc_{VP\ n-1} + N_{VC\ entrant\ n} - N_{VC\ sortant\ n}}{Parc_{VP\ n}}$$

b. Hypothèses d'évolution de la gamme de véhicules neufs

- Flux entrant de véhicules connectés en cellulaire
 - Scénario bas : 50 % en 2022 → 80 % en 2030
 - Scénario haut : 50 % en 2022 → 100 % en 2030
- Flux entrant de véhicules connectés en short range
 - Scénario bas : 0 % en 2022 → 30 % en 2030
 - Scénario haut : 0 % en 2022 → 50 % en 2030

Résultats

- Flux entrant de véhicules connectés en cellulaire
 - Scénario bas : 50 % en 2022 → 80 % en 2030

Année	Part de véhicules connectés dans le parc automobile
2022	13%
2030	45%
2035	60%

2040	65%
2050	68%

Tableau 1 : Part de véhicules connectés cellulaire dans le parc VP

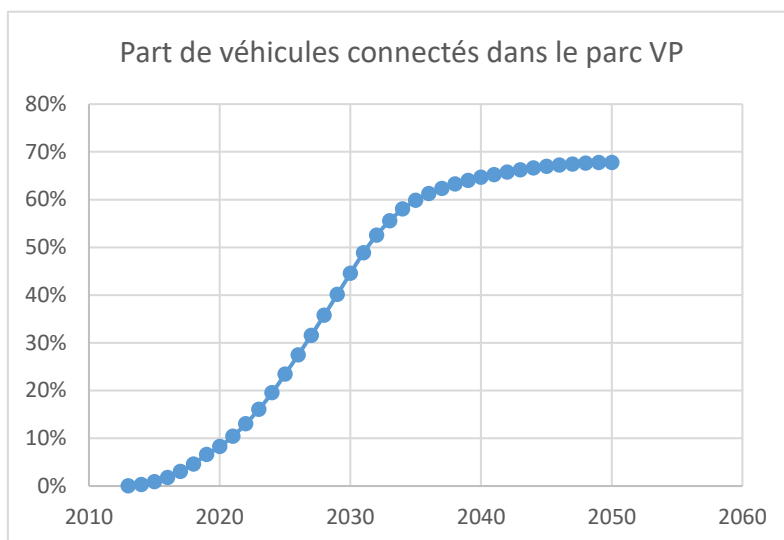


Figure 1 : Part de véhicules connectés cellulaire dans le parc VP

- Scénario haut : 50 % en 2022 → 100 % en 2030

Année	Part de véhicules connectés dans le parc automobile
2022	13%
2030	50%
2035	72%
2040	82%
2050	87%

Tableau 2 : Part de véhicules connectés cellulaire dans le parc VP

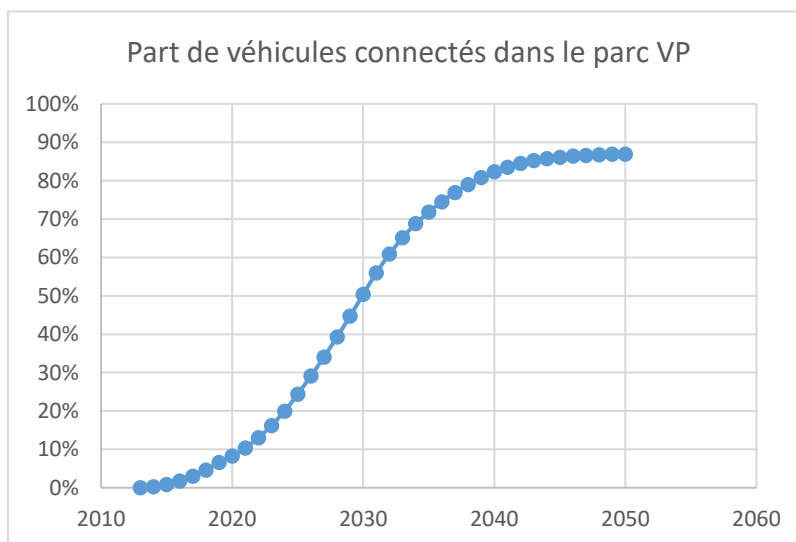


Figure 2 : Part de véhicules connectés cellulaire dans le parc VP

- Flux entrant de véhicules connectés en short range

- Scénario bas : 0 % en 2022 → 20 % en 2030

Année	Part de véhicules connectés dans le parc automobile
2022	0%
2030	4%
2035	8%
2040	10%
2050	12%

Tableau 3 : Part de véhicules connectés short range dans le parc automobile

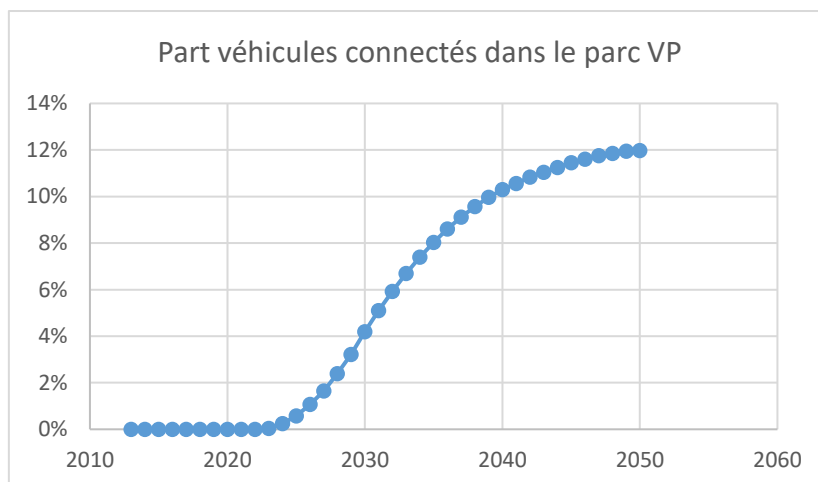


Figure 3 : Part de véhicules connectés short range dans le parc automobile

- Scénario haut : 0 % en 2022 → 50 % en 2030

Année	Part de véhicules connectés dans le parc automobile
2022	0%
2030	12%
2035	22%
2040	26%
2050	28%

Tableau 4 : Part de véhicules connectés short range dans le parc automobile

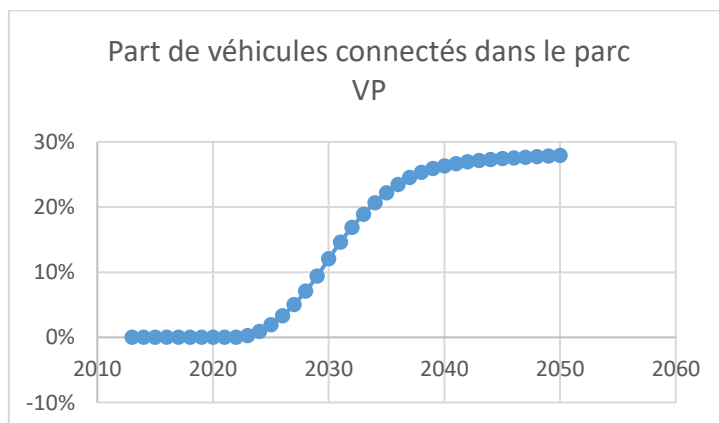


Figure 4 : Part de véhicules connectés short range dans le parc automobile