

5G OPEN ROAD

# CORE MODEL

LOT 3 – INTERSECTION INTELLIGENTE

Capgemini  
31/08/2024

# Table des matières

<a href="#">Executive Summary</a> .....	4
<a href="#">Introduction</a> .....	5
<a href="#">5G Open Road et la mobilité connectée</a> .....	5
<a href="#">Pourquoi se concentrer sur les intersections intelligentes ?</a> .....	7
<a href="#">Qu'est-ce qu'un Core model ?</a> .....	10
<a href="#">Structure du Core Model</a> .....	12
<a href="#">Modèle opérationnel</a> .....	12
<a href="#">Modèle technique</a> .....	13
<a href="#">Modèle réglementaire</a> .....	13
<a href="#">Modèle économique</a> .....	14
<a href="#">1.Modèle opérationnel</a> .....	15
<a href="#">1.1 Identifier les principaux stakeholders</a> .....	15
<a href="#">1.1.1 Quels sont les principaux acteurs dans le développement et le déploiement d'une intersection intelligente ?</a> .....	15
<a href="#">1.1.2 Quelle est la chaîne de valeur de l'intersection intelligente ?</a> .....	18
<a href="#">1.1.3 Quel est le rôle et la responsabilité de chacun des acteurs du projet ?</a> .....	21
<a href="#">1.2. Planifier la phase de déploiement</a> .....	22
<a href="#">1.2.1 Quels sont les activités de bout en bout du déploiement d'une intersection intelligente ?</a> ....	22
<a href="#">1.2.2 Quelles difficultés ont été rencontrées lors de la phase de déploiement ?</a> .....	27
<a href="#">1.3. Conduire la phase de test</a> .....	29
<a href="#">1.3.1 Quelle est la stratégie de test ?</a> .....	29
<a href="#">1.3.2 Comment les résultats des tests ont-ils été documentés et analysés ?</a> .....	32
<a href="#">1.3.3 Comment les difficultés et les incidents sont-ils escaladés aux parties prenantes appropriées ? Quel est le processus d'escalade des problèmes ?</a> .....	33
<a href="#">1.4. Que faudrait-il considérer dans la phase d'opération et maintenance d'une intersection intelligente ?</a> .....	35
<a href="#">1.4.1 Quels sont les Indicateurs clés de performance ?</a> .....	35
<a href="#">1.4.2. Quel serait le modèle de maintenance ?</a> .....	36
<a href="#">1.5. Mettre en place une gestion de projet adaptée</a> .....	37
<a href="#">1.5.1 Quelle est la méthodologie de gestion de projet la plus adaptée ?</a> .....	37
<a href="#">1.5.2 Comment s'articule la comitologie du projet ?</a> .....	38
<a href="#">1.5.3 Comment capitaliser sur les succès (communication) ?</a> .....	42
<a href="#">1.5.4 Quel est le modèle de gouvernance de la donnée ?</a> .....	43

2. <a href="#">Modèle technique</a> .....	46
2.1. <a href="#">Définir le périmètre du modèle technique</a> .....	46
2.1.1 <a href="#">Quels sont les besoins spécifiques d’une intersection intelligente ?</a> .....	46
2.1.2 <a href="#">Quels sont les verrous techniques à identifier et à résoudre ?</a> .....	47
2.1.3 <a href="#">Quelles sont les synergies d’un point de vue technique pour résoudre les verrous techniques entre les différentes parties prenantes ?</a> .....	49
2.2. <a href="#">Définir l’architecture technique globale</a> .....	51
2.2.1 <a href="#">Quelle est l’architecture fonctionnelle globale de l’intersection intelligente ?</a> .....	51
2.2.2 <a href="#">Quelles sont les différentes technologies utilisées par les équipements pour communiquer ?</a> .....	53
2.3. <a href="#">Définir les interfaces</a> .....	55
2.3.1 <a href="#">Quelles sont les interactions au sein de l’infrastructure entre les différents composants ?</a> ....	55
2.3.2 <a href="#">Quels services le modèle technique pourra-t-il exploiter ?</a> .....	56
2.3.3 <a href="#">Quels sont les formats de données et les protocoles qui seront utilisés ?</a> .....	57
2.4. <a href="#">Définir un plan de sécurité et de confidentialité</a> .....	59
2.4.1 <a href="#">Comment les éléments seront protégés contre l'accès non autorisé ?</a> .....	59
2.4.2 <a href="#">Comment la confidentialité des données sera-t-elle protégée ?</a> .....	59
2.4.3 <a href="#">Quelles sont les principales mesures de sécurité à mettre en place pour protéger les systèmes des cyberattaques ?</a> .....	60
2.4.4 <a href="#">Quels sont les plans d’actions identifiées pour la continuité et reprise d’activité en cas d’arrêt ?</a> .....	62
3. <a href="#">Modèle Réglementaire</a> .....	64
3.1. <a href="#">Définir le périmètre réglementaire</a> .....	64
3.1.1 <a href="#">Quels sont les impacts du cadre réglementaire sur les véhicules et le développement d’une perception débarquée ?</a> .....	64
3.1.2 <a href="#">Quelles sont les conditions réglementaires pour l’exploitation des données personnelles récoltées ?</a> .....	64
3.1.3 <a href="#">Quelles sont les organismes ainsi que les normes/standards qui ont modelé la solution technique ?</a> .....	66
3.2. <a href="#">Autorisations</a> .....	70
3.2.1 <a href="#">Quels sont les autorisations nécessaires pour les activités lors du déploiement d’une intersection intelligente ?</a> .....	70
4. <a href="#">Modèle Economique</a> .....	73
4.1 <a href="#">Coûts</a> .....	74
4.1.1. <a href="#">Qu’est-ce que 5G OR nous a permis de chiffrer ?</a> .....	74

4.1.2 Quelles ont été les limites auquel nous avons fait face au sein de 5G Open Road ? .....	75
4.1.3 Quel est le ROM (Rough Order of magnitude) de la phase de déploiement d'une intersection intelligente ? .....	79
4.2 Financement .....	82
4.2.1. Quelles ont été les sources de financements sur 5G Open Road? .....	82
4.3 Bénéfices .....	84
4.3.1 Bénéfices non économiques .....	84
4.3.2 Opportunité en milieu fermé .....	84
Conclusion .....	87

## Executive Summary

Le programme 5G Open Road, lancé en 2021, vise à révolutionner la mobilité connectée et particulièrement la sécurité routière, en exploitant la technologie 5G qui facilite communication entre les véhicules et leur environnement.

Il rassemble des acteurs clés des secteurs de la mobilité, des télécommunications et des secteurs publics pour créer un système pilote 5G sur les routes ouvertes à Paris Saclay et Versailles Grand Parc.

Le programme se concentre sur le développement de services innovants basés sur la 5G, de modèles économiques viables grâce à des tests en conditions réelles.

Le modèle opérationnel décrit les rôles, les responsabilités et les processus impliqués dans le déploiement d'un projet d'intersection intelligente. Les parties prenantes clés comprennent les autorités locales, les acteurs automobile (fournisseurs et constructeurs), les opérateurs de télécommunications, les équipementiers bord de route et les fournisseurs de services numériques.

Le modèle technique spécifie les exigences pour la connectivité, les véhicules intelligents et l'architecture des plateformes de données et de services. Il aborde également les défis de la cybersécurité. Le modèle décrit la nécessité d'une vue détaillée de la composition et du fonctionnement des différentes interfaces et de leur interaction avec d'autres systèmes.

Le modèle réglementaire donne une vision globale des attentes en termes de conformité réglementaire, à travers la présentation des autorisations, normes et lois en lien avec la mise en place d'une intersection intelligente.

Enfin, le modèle économique a pour ambition d'estimer le coût de déploiement d'une intersection intelligente, basé sur ce qui a été effectué au sein de 5G Open Road. Le modèle explore également les possibilités de financement d'un tel projet et s'intéresse aux acteurs publics à solliciter.

Ce document se veut aussi un guide qui capitalise les apprentissages du projet pour faciliter les déploiements ultérieurs dans des agglomérations.

## Introduction

### 5G Open Road et la mobilité connectée

Lancé en 2021, le programme 5G Open Road réunit **un consortium d'acteurs clés de la mobilité**, des télécoms et du secteur public. Leur objectif : créer un dispositif de pilote **5G** pour **explorer les potentialités de cette technologie dans le domaine de l'automobile et des nouvelles mobilités, sur route ouverte**.

Au cœur de ce projet ambitieux : la définition de services innovants fondés sur la 5G, ainsi que la construction de **modèles économiques et opérationnels viables**. Pour ce faire, des tests grandeur nature sur route ouverte sont menés sur **deux territoires pilotes : Paris Saclay et Versailles Grand Parc**.

Le programme **5G Open Road** vise à **fournir à la filière automobile française un espace d'expérimentation unique en son genre** : des routes ouvertes équipées de la technologie 5G et une plateforme de données et de services (aide à la conduite, jumeau numérique d'intersections) dédiée. Cette infrastructure permettra d'accélérer l'industrialisation des services et produits de mobilité connectée, tout en **éclairant les conditions de déploiement à grande échelle de la 5G**.

En somme, **5G Open Road** se pose comme un véritable **laboratoire d'innovation**, à la pointe de la révolution de la mobilité connectée. Son ambition : transformer durablement les modes de déplacement actuels, en offrant des solutions plus sûres, plus fluides et plus respectueuses de l'environnement.

#### Quels sont les objectifs techniques du programme ?

Le programme 5G Open Road s'appuie sur un socle de technologies existantes en cours d'industrialisation, telles que la 5G, les **véhicules autonomes de niveau 2 et 4**, les **robots logistiques**, les **solutions de micromobilité** et **l'EDGE computing** afin d'explorer et exploiter le potentiel de ces technologies pour révolutionner la mobilité connectée.

Le volet Recherche & Développement du programme se focalise sur les besoins spécifiques de l'industrie automobile en matière de **communication V2X** (Véhicule-to-Everything) et d'utilisation de la **5G**. Les chercheurs examinent notamment le mode et la fréquence optimale d'échange d'informations digitales, le rôle de l'EDGE computing dans la gestion des situations d'urgence, la fiabilité des données transmises aux véhicules, les défis liés à la connectivité et aux échanges de données, et l'intégration des cas d'usage dans la plateforme 5G et l'infrastructure du territoire.

En s'attaquant à ces questions cruciales, **5G Open Road** vise à **créer un environnement de mobilité connectée sûr, fluide et performant**, ouvrant la voie à de nouveaux services et applications innovantes.

#### Comment la mobilité connectée va modifier les équilibres économiques ?

L'avènement de la **5G** bouleverse l'**industrie automobile** et les **acteurs** des nouvelles mobilités. Ses capacités techniques **ouvrent la voie à une multitude d'usages inédits**, mais **son adoption soulève également des défis économiques majeurs**.

**Equiper les véhicules** et implanter des infrastructures de télécommunication, numériques et des unités bord de route des mobiles de la **5G** **représente un coût non négligeable**. Pour justifier cet investissement,

**il est crucial de définir des services concrets et utiles** pour les industriels, les territoires et les consommateurs.

Ces services doivent non seulement répondre aux besoins des populations, mais aussi démontrer la viabilité économique de l'offre associée pour les collectivités.

Si **les constructeurs automobiles** commencent à se positionner sur ce marché, ils **peinent** encore à **dégager des bénéfices tangibles** pour leurs clients. La chaîne de valeur de la 5G dans le domaine de la mobilité connectée reste à construire.

Le programme est divisé en plusieurs lots, nous traitons principalement les problématiques en lien avec le l'intersection intelligente, cependant il est important de présenter les autres cas d'usages :

1. Logistique autonome : Ce cas d'utilisation vise à mettre en œuvre des services de livraison autonome à Paris Saclay, en particulier une logistique autonome sur route à Palaiseau et en zone piétonne à Centrale Supélec. Des pilotes de services logistiques innovants ont été identifiés et définis, comprenant des points relais mobiles, la livraison de plateaux repas et le transport de marchandises pour la logistique interne. Une première version de la plateforme de supervision de service Goggo Network a été utilisée, avec des APIs créées pour connecter la flotte de véhicules autonomes des partenaires à la plateforme Goggo. Deux navettes, Milla Delivery et Valeo eDeliver4U, ont été intégrées à cette plateforme pour assurer les services de livraison autonomes.

2. Livraison du dernier kilomètre : L'objectif des opérations des services de navette Milla Delivery est de mettre en place et d'assurer les opérations des services de logistique autonome du dernier kilomètre pour les opérateurs traditionnels, les entreprises (B2B) ou les résidents. L'idée est de proposer une alternative à la livraison du "dernier kilomètre" traditionnelle, qui est la plus coûteuse et la plus polluante. Le "défi du dernier kilomètre" est un problème majeur pour de nombreux logisticiens et leurs clients e-commerçants.

3. Geofencing : Dans ce contexte, les premières étapes de la régulation de l'espace urbain ont été mises en place avec l'instauration d'un géofencing statique (vitesse limite définie par zone). Un service d'abonnement de géofencing a été développé, permettant aux objets de mobilité de recevoir des consignes de conduite ou des messages d'alerte en temps réel. Un système de perception augmentée du suivi en temps réel des usagers et un superviseur de la mobilité ont été mis en place, capables d'anticiper les mouvements de tout type de véhicule, d'analyser les risques d'incidents associés et d'envoyer des consignes aux véhicules et aux usagers.

4. Intersection intelligente : La solution repose sur une interaction entre différentes plateformes et l'exécution de divers algorithmes développés par les partenaires du projet. Ces plateformes et les véhicules échangent des messages V2X de différents types (CAM, CPM, DENM) pour sécuriser le trafic à l'intersection. Une plateforme de données et de services permet d'exploiter les données remontées et de développer de nouveaux services. L'intersection doit être équipée d'infrastructures 5G, de caméras et/ou de LIDAR. Les autres éléments sont soit à l'EDGE, soit dans le cloud.

**Comment la mobilité connectée va modifier les équilibres sociétaux ?**

Le programme 5G Open Road s'attaque à un défi crucial : **la création de quartiers apaisés**, débarrassés des trafics inefficients et polluants. Pour ce faire, il s'appuie sur le **déploiement de services connectés offrant des avantages concrets aux populations locales**.

En étroite collaboration avec les territoires, **5G Open Road sélectionne des cas d'usage** pertinents et **répondant aux besoins spécifiques des habitants**. Cette approche participative permet **d'identifier les freins sociétaux liés à la connectivité 5G**, tels que les inquiétudes concernant le sujet « ondes et santé », la cybersécurité et la protection des données personnelles.

Le programme s'engage également à respecter scrupuleusement les règles de sécurité routière et à rassurer les citoyens sur ce point. En effet, la **5G ouvre la voie à de nouvelles technologies de conduite autonome, qui fonctionnent même sans connectivité avec le monde extérieur, qui doivent être intégrées de manière sûre** et responsable dans l'environnement urbain.

### **Quels sont les objectifs environnementaux du programme ?**

Le programme **5G Open Road** s'inscrit résolument dans une **démarche écoresponsable** en s'attaquant aux défis de la mobilité de demain. Pour ce faire, il s'appuie sur quatre axes :

- Une **éco-conception des solutions** implémentées
- Une **identification des cas d'usages environnementaux** permettant d'accélérer la transition vers une **mobilité plus durable**
- La récolte et **l'exploitation de données** pour **évaluer les impacts**
- **La réduction de la consommation d'énergie** du système de transport en diminuant les bouchons et en optimisant les itinéraires.

### Pourquoi se concentrer sur les intersections intelligentes ?

#### **Qu'est-ce qu'une intersection intelligente ?**

L'intersection intelligente vise à **révolutionner la circulation urbaine grâce à l'intégration de nouvelles technologies** de pointe lui permettant **d'analyser en temps réel les données de son environnement et de communiquer des informations aux utilisateurs de celui-ci**.

Grâce à **une multitude de capteurs avancés (LiDARs, caméras, unité bord de route, ...)**, l'intersection intelligente est notamment capable de percevoir et de **comprendre le trafic en temps réel** et de **communiquer avec les usagers de la route**. Cela permet de **prévenir les utilisateurs, via leurs outils de mobilité, en cas de situation dangereuse, d'influer sur les comportements des usagers en fonction de la situation, et d'optimiser la gestion des feux de circulation et de fluidifier la circulation**.

#### **Pourquoi a-t-on besoin d'une intersection intelligente ?**

L'intersection intelligente se positionne comme **un outil crucial pour lutter contre les accidents routiers urbain et peri urbain** qui impliquent des vulnérables (piétons, cyclistes,...), survenant majoritairement à



ces points névralgiques du réseau routier. En France, avec plus de 30 000 intersections signalées (avec un feu tricolore), **son déploiement prend une importance particulière.**

**Améliorer la visibilité des usagers vulnérables**, en particulier dans des conditions météorologiques défavorables, constitue l'un des **objectifs majeurs de l'intersection intelligente**. Cela permettra de **réduire considérablement le nombre d'accidents, environ 13 000**, impliquant des cyclistes, des piétons et d'autres **usagers fragilisés.**

Son développement s'inscrit également dans l'essor des villes connectées. En effet, l'intersection intelligente s'intègre parfaitement à ce concept en collectant et en analysant en temps réel les données de trafic. Cela permet d'optimiser la gestion des flux de circulation et de fluidifier la circulation urbaine. Par exemple, une ville comme Paris, avait un taux d'embouteillages de 36% en 2021, ce qui signifie qu'un trajet de 30 minutes dans des conditions optimales voit allonger sa durée à 48 minutes. Les automobilistes ont ainsi perdu plus de 144 heures dans les embouteillages.

Cependant, **un défi important demeure : le dimensionnement de ce cas d'usage**. Il est crucial de **trouver un équilibre entre les coûts d'installation et d'exploitation** de ces technologies et les avantages tangibles qu'elles apportent en termes de sécurité, de fluidité et de durabilité.

Pour donner un exemple, voici des informations sur la mise en place d'intersections intelligentes aux États-Unis et en Chine.

## USA

L'état soutient fortement le développement de l'écosystème C-V2X (Cellular Vehicle to Everything). Une stratégie sur 10 ans et en cours de déploiement avoisinant un coût total d'environ **6,5 milliards de dollars**. Les USA souhaitent améliorer la sécurité sur leurs routes, notamment à travers le déploiement de V2X qu'ils qualifient de ceinture de sécurité numérique nécessaire à chaque voiture. A travers ce plan de financement, **la volonté des Américains et de réduire les accidents de 13% et sauver plus de 1 000 vies/an grâce à la mise en œuvre d'applications de sécurité V2X**. Sur le long terme, cela permettrait aux USA d'économiser entre 55 et 74 milliards de dollars.

- Pour un déploiement dans une "**grande communauté**", représentant environ **1700** intersections, le coût initial estimé du déploiement se situe entre **25 et 45 millions de dollars**.
- - Pour un déploiement, dans une "**communauté rurale**" représentant environ **100** intersections, le coût initial estimé du déploiement se situe entre **1,5 et 2,7 millions de dollars**.

## Chine

La Chine entend accélérer le développement des infrastructures connectés afin de servir l'ambition nationale d'avant-garde des technologies IA et 5G/positionnement satellitaire. Elle se positionne fortement sur les technologies et cas d'usages V2X.

Les **investissements** dans les technologies V2X à court terme sont motivés par un bénéfice immédiat mesuré par la réduction d'accidents et de délais dans les trajets :

- **80K€** par intersection pour connectivité et perception

- **100M€** pour toute la zone de Shangai (27M d'habitants)

Source : DGITM

## Qu'est-ce qu'un Core model ?

Généralement, la construction d'un Core Model vise à faire émerger des standards et processus au sein d'une entreprise/projet. Il entend également harmoniser les flux d'informations, les méthodes de travail ainsi que les systèmes de gestion informatisés. En outre, la standardisation proposée par le Core Model doit permettre un **déploiement plus véloce et efficace** des technologies ou cas d'usages ciblés.

### **Pourquoi construire le Core Model pour l'intersection intelligente dans le cadre de 5G Open Road ?**

Le programme 5G Open Road a exploré pendant plus de trois ans les potentialités de la 5G pour la mobilité connectée. S'appuyant sur deux sites complémentaires, Paris-Saclay et Versailles Grand Parc, il a permis de tester et d'éprouver plusieurs cas d'usages, notamment autour des intersections intelligentes.

Le programme a abouti à la création d'une plateforme de données et au développement d'une chaîne complète d'acquisition, à la fois centrés sur les cas d'usages et sur les processus de déploiement.

Ces atouts incluent :

- Des données et des analyses sur les performances de la 5G dans le contexte de la mobilité connectée.
- Des outils et des méthodes pour le déploiement et la gestion de solutions de mobilité connectée.
- Des briques technologiques réutilisables pour de futurs projets.

Le programme 5G Open Road a permis de lever un certain nombre de verrous technico-économiques de la 5G pour la mobilité connectée. Il est maintenant crucial de capitaliser sur ces acquis pour accélérer le développement et le déploiement de solutions concrètes à grande échelle.

C'est dans cette démarche ambitieuse, que le Core Model pour les intersections intelligentes de 5G Open Road s'inscrit.

Celui-ci doit répondre à plusieurs objectifs :

- **Capitaliser sur les réalisations du programme** en s'appuyant sur les résultats concrets obtenus. Il en synthétise les bonnes pratiques et les leçons tirées, afin de faciliter la mise en œuvre de solutions similaires dans d'autres contextes.
- Instruire les **processus** de mise en œuvre **opérationnelle**, en détaillant les étapes clés ; depuis la planification jusqu'à la maintenance, en passant par la phase d'installation.
- **Décrire les architectures** et processus techniques mis en œuvre pour lever les verrous technologiques pour les différents cas d'usages déployés
- Détailler les différents **processus réglementaires**, normes et législation autour de la mobilité connectée impactant directement ou indirectement le déploiement des cas d'usages (enjeux de protection des données, cadres réglementaires...)
- Explorer la **viabilité économique** d'un tel programme et les opportunités offertes par le marché

Le présent document entend répondre à ces différents objectifs.

À terme, l'exercice du core model pourra être généralisé à l'ensemble des cas d'usages du programme.

### **Comment le Core Model de 5G Open Road a-t-il été construit ?**

Dans le cadre du programme 5G Open Road, le besoin de capitalisation sur l'existant a été identifié et traité. C'est pourquoi, ce dernier peut se concentrer autour de 4 principaux axes : **Opérationnel, Technique, Réglementaire et Economique**. Il entend répondre aux interrogations généralement soulevées lors de la mise en place de cas d'usage relatifs à la mobilité connectée.

Pour cela le Core Model repose sur des **études** autour de la mobilité connectée (cf. *Bibliographie*), des différentes **architectures** déployées pour les cas d'usage identifiés et **d'entretiens** des différents acteurs du programme. Enfin, pour la partie réglementaire, le Core Model s'appuie sur les études de référence et les retours des acteurs publics mobilisés dans le cadre des déploiements.

## Structure du Core Model

Nous avons découpé le document en 4 parties correspondantes aux différents modèles du Core Model 5G Open Road.

### Modèle opérationnel

Etablir le modèle de **responsabilité opérationnelle des différents acteurs** de l'écosystème et définir un **modèle opérationnel cible**

#### **1. Identifier les principaux stakeholders**

1.1.1 Quels sont les principaux acteurs dans le développement et le déploiement d'une intersection intelligente ?

1.1.2 Quelle est la chaîne de valeur de l'intersection intelligente ?

1.1.3 Quel est le rôle et la responsabilité de chacun des acteurs du projet ?

#### **1.2 Planifier la phase de déploiement**

1.2.1 Quelles sont les activités lors du déploiement d'une intersection intelligente ?

1.2.2 Quelles difficultés ont été rencontrées lors de la phase de déploiement ?

#### **1.3 Conduire la phase de test**

1.3.1 Quelle est la stratégie de test ?

1.3.2 Comment les résultats des tests ont-ils été documentés et analysés ?

1.3.3 Comment les difficultés et les incidents sont-ils escaladés aux parties prenantes appropriées ?

#### **1.4. Que faudrait-il considérer dans la phase d'opération et maintenance d'une intersection intelligente ?**

1.4.1 Quels sont les Indicateurs Clé de Performance ?

1.4.2. Quel serait le modèle de maintenance ?

#### **1.5 Mettre en place une gestion de projet adaptée**

1.5.1 Quelle est la méthodologie de gestion de projet la plus adaptée ?

1.5.2 Comment s'articule la comitologie du projet ?

1.5.3 Comment capitaliser sur les succès (communication) ?

1.5.4 Quel est le modèle de gouvernance de la donnée ?

1.6 ?

## Modèle technique

Établir un bilan de **l'infrastructure technique** existante et de **l'intégration des technologies proposées**. Cette analyse couvrira le hardware (*l'intégration des caméras, capteurs, LiDAR, etc.*) et le software (*l'intégration du système de supervision, la plateforme de donnée, la gestion de la sécurité, etc.*)

### 2.1 Définir le périmètre du modèle technique

1. Quels sont les besoins techniques spécifiques d'une intersection intelligente ?
2. Quels sont les verrous techniques à identifier et à résoudre ?
3. Quelles sont les synergies d'un point de vue technique pour résoudre les verrous techniques entre les différentes parties prenantes ?

### 2.2 Définir l'architecture technique globale

1. Quelle est l'architecture globale de l'infrastructure ?
2. Quelles sont les différentes technologies utilisées par les équipements pour communiquer ?

### 2.3 Définir les interfaces

1. Quelles sont les interactions au sein de l'infrastructure entre les différents composants ?
2. Quels services le modèle technique pourra-t-il exploiter ?
3. Quels sont les formats de données et les protocoles qui seront utilisés ?

### 2.4 Définir un plan de sécurité et de confidentialité

1. Comment les éléments seront protégés contre l'accès non autorisé ?
2. Comment la confidentialité des données sera-t-elle protégée ?
3. Quelles sont les principales mesures de sécurité à mettre en place pour protéger les systèmes des cyberattaques ?
4. Quels sont les plans d'actions identifiées pour la continuité et reprise d'activité en cas d'arrêt ?

## Modèle réglementaire

Etablir une **liste des exigences et des autorisations** nécessaires dans le cadre du projet pour opérer le service en intégrant également **les règles de sécurité**.

### 3.1 Définir le périmètre réglementaire

1. Quels sont les impacts du cadre réglementaire sur les véhicules et le développement d'une perception débarquée ?
2. Quelles sont les conditions réglementaires pour l'exploitation des données personnelles récoltées ?

### 3.2 Autorisations

1. Quels sont les autorisations nécessaires pour les activités lors du déploiement d'une intersection intelligente ?

#### Modèle économique

Etablir et construire le **modèle de financement** du projet dans son ensemble ainsi que la construction d'un **modèle économique pour étudier la viabilité des pilotes de services.**

#### Financement

1. Quelles sont les sources potentielles de financements ? (Européens, français)

#### Coûts

1. Quels sont les facteurs de coût de l'intersection intelligente ?

# 1. Modèle opérationnel

Le modèle opérationnel a pour vocation de concevoir un modèle de fonctionnement optimal pour l'écosystème, en tenant compte des rôles et des responsabilités de l'ensemble des acteurs impliqués dans l'implémentation d'une intersection intelligente.

## 1.1 Identifier les principaux stakeholders

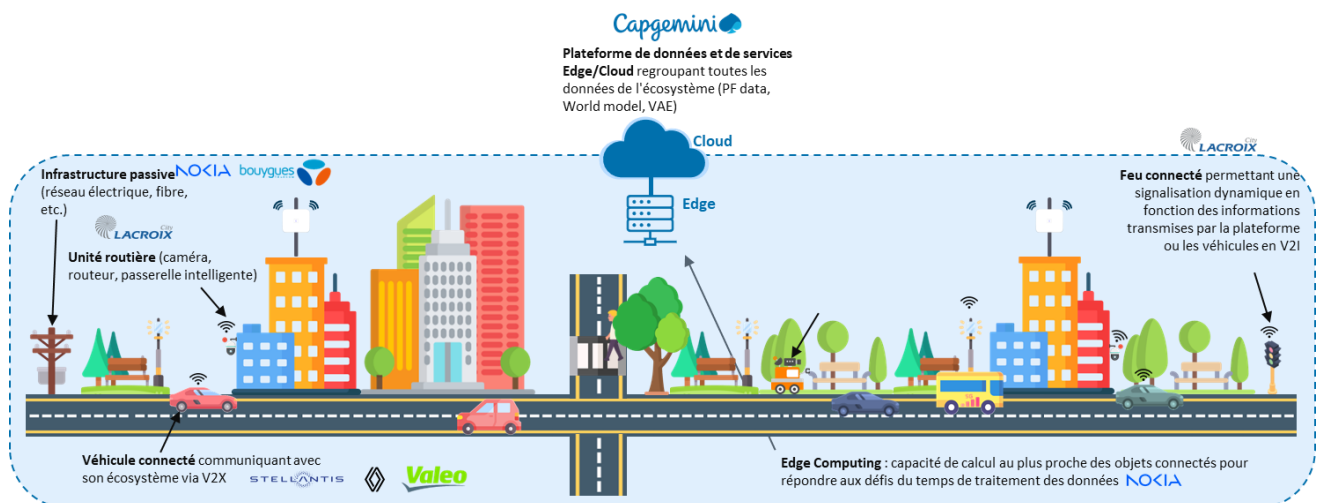
1.1.1 Quels sont les principaux acteurs dans le développement et le déploiement d'une intersection intelligente ?

Le projet 5G Open Road, regroupant plus de 15 partenaires, a permis d'identifier les acteurs clés du déploiement d'une intersection intelligente. La collaboration entre les acteurs de la connectivité, les constructeurs automobiles, les équipementiers de bord de route et les intégrateurs de systèmes est essentielle au succès de ce type de projet. Elle permet de tirer parti des synergies entre les partenaires et de répondre aux besoins spécifiques de chacun.

Le projet 5G Open Road s'est inspiré de la méthode agile pour faciliter les échanges et la collaboration entre les partenaires pour l'implémentation des pilotes de services.

Le rôle et les responsabilités des différents acteurs du projet 5G Open Road seront présentés ci-après. L'analyse des systèmes de communication et des interactions sera abordés plus en détails dans la partie technique.

*Illustration d'une intersection intelligente représentant graphiquement les membres du projet 5G Open Road permettant d'identifier les acteurs et leur périmètre d'action sur l'intersection intelligente.*





Le projet 5G Open Road est découpé en plusieurs lots. Dans ce Core Model, nous allons nous concentrer sur le lot 3 « Intersection Intelligente ». Au sein du lot 3, les divers acteurs, s'attaquent aux défis de la sécurité routière en concevant des solutions innovantes pour les carrefours urbains particulièrement accidentogènes. En exploitant les technologies de pointe, ils construisent des infrastructures intelligentes et adaptables, ainsi que des services novateurs pour informer et accompagner les usagers. Leur ambition commune est de faire des carrefours urbains des espaces plus sûrs et plus agréables pour tous.

**Valeo** en tant que coordinateur du lot intersection intelligente, pilote l'organisation du lot. De plus, Valeo équipe les véhicules partenaires ainsi que leur propre véhicule de boîtier télématique facilitant la communication avec les infrastructures. Ainsi, les véhicules exploitent les données de l'infrastructure et les fusionnent avec leurs propres données embarquées.

**Capgemini**, en tant qu'intégrateur de systèmes, développe une plateforme pour la perception débarquée. La plateforme fusionne les données des unités de bord de route pour créer un jumeau numérique de l'intersection. Un modèle d'IA évalue les situations à risque et communique des alertes à travers le VAE (Vehicule Application Enabler), la brique technologie de la solution permettant de traduire les messages entre la plateforme et les véhicules. Une partie des données récoltés par la plateforme est également stockés dans le Cloud pour le traitement à froid de celles-ci. La plateforme data permet la remontée dynamique des « situations dangereuses en cours » dans une zone, à l'instant T dans des intervalles de temps assez courts, et les communique aux véhicules. Cette plateforme pourra également envoyer des alertes signalant des « intersections dangereuses » où s'est déjà produits des accidents lors de l'approche du véhicule de cette intersection.

**Renault** s'implique de façon profonde et multidimensionnelle. Renault étudie l'apport des infrastructures débarquées au-delà de la perception et de l'intelligence intégrée au véhicule. Ils contribuent à l'avancement de la recherche et du développement des véhicules autonomes de niveau L2 et L4. De plus, Renault assure la qualité des services proposés sur le projet à travers sa participation aux tests sur routes fermées et ouvertes.

**Stellantis** en tant que constructeur automobile atteste la qualité du service en validant l'apport des informations fournies par une infrastructure débarquée, au travers d'un réseau 5G et améliore la sécurité autour du véhicule L2 et la gestion du trafic aux intersections.

**Le Groupe Lacroix** assure la signalisation dynamique des véhicules, des vulnérables et implémente la régulation connectée V2I du trafic et de l'éclairage en fournissant des unités de bord de route. De plus, un partage de leur expertise des standards de communication C-V2X et ITS est essentiel dans l'implémentation de l'intersection intelligente, notamment durant les phases de tests.

**Nokia** en tant que fournisseur de connectivité assure le déploiement des infrastructures réseaux (5G privé et plateforme d'edge computing) et garantie une connectivité fiable et à haut débit entre les différents composants de l'intersection.

**Bouygues** en tant qu'opérateur de connectivité s'occupe de la partie réseau public au sein du projet à travers la supervision et le déploiement d'infrastructures réseaux public aux niveaux des intersections.

**Vedecom** en tant qu'institut de recherche aide au développement des chaînes de perception avec la mise à disposition de leurs infrastructures débarquées (caméras)

**UTAC** en tant qu'organisme veillant à la mise en conformité des véhicules travaille sur la préparation du déploiement des services et de la confiance numérique en lien avec ces derniers. L'UTAC accueille les partenaires du projet et les accompagne dans le déroulement des phases de tests sur routes fermées.

**Cerema** en tant que centre d'études et d'expertise sur les risques liés à l'environnement et à la mobilité a collecté des données issues de la mise en place des cas d'usage lors des phases de tests sur routes fermées et également sur routes ouvertes. Ainsi, une étude complète décrivant l'impact socio-écologique de la mise en place d'une intersection intelligente est menée durant le projet.

Les deux **collectivités** que sont Vélizy et Saclay, accueillent les membres de 5G OR et les accompagnent dans l'implémentation d'intersections intelligentes. Elles soutiennent les acteurs dans les démarches administratives, notamment sur le volet autorisations (exploitation des flux des caméras de la ville, installation d'équipements, etc.). Ainsi qu'à la compréhension des besoins des usagers de la route et des attentes en termes d'impact environnemental et sociétal.

Points à retenir :

Avec une dizaine d'acteurs collaborant pour la mise en place d'une intersection intelligente, 5G Open Road démontre l'importance de la collaboration pour améliorer la sécurité routière.

Valeo, en plus de son rôle d'équipementier se charge d'orchestrer le projet. Capgemini développe l'intelligence artificielle, Renault, Stellantis fournissent les véhicules. Lacroix, Nokia, Bouygues, répondent aux besoins en termes de connectivité et d'infrastructure bord de route, enfin Vedecom, UTAC et Cerema apportent leurs expertises spécifiques.

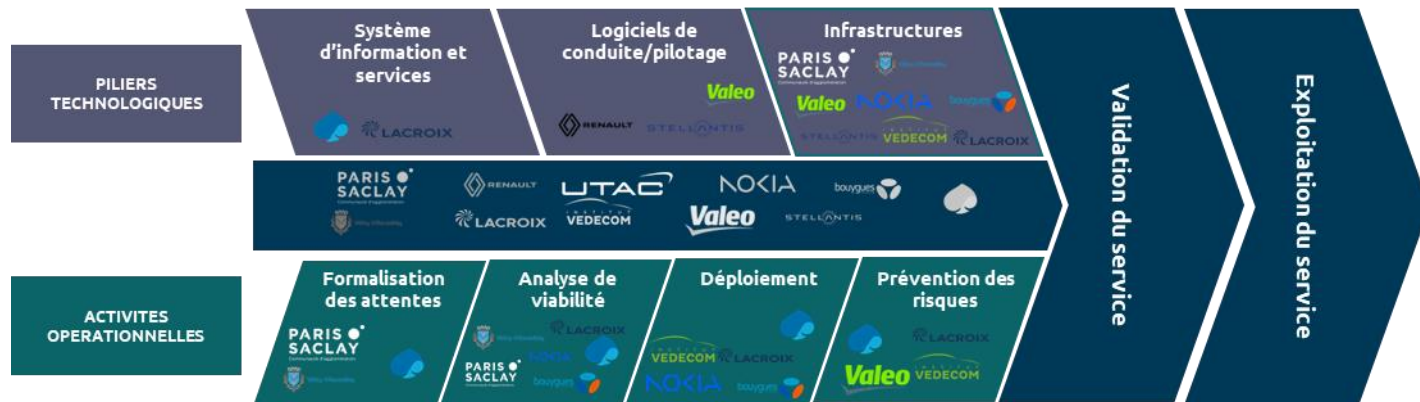
## Modèle opérationnel (1/5)

### 1. Identifier les principaux stakeholders

#### 1.1.2 Quelle est la chaîne de valeur de l'intersection intelligente ?

Pour implémenter une intersection intelligente, il faut regrouper et animer un écosystème complexe de bout en bout. A travers la représentation de la chaîne de valeur ci-dessous, nous allons comprendre comment s'implémente une intersection intelligente et quelles sont les responsabilités des acteurs tout au long de ce processus.

Illustration de la chaîne de valeur



### Piliers technologiques

#### Système d'information et services (dans 5G OR)

- Capgemini développe une plateforme de services et de données pour compléter la perception débarquée et agir de bout en bout sur l'intersection intelligente. Le but étant de partager des informations et remonter des alertes concernant l'environnement non perceptible par le conducteur vers le véhicule, notamment dans le cadre du cas d'usage protection des vulnérables.
- Lacroix propose également une solution exploitant les données des infrastructures pour le projet à travers sa smart Gateway ainsi que son module d'IA qui sert de passerelle entre les infrastructures débarquées, les unités bord de route et les véhicules.

#### Système d'information et services (hors 5G OR)

- Le fournisseur de services numériques se charge de développer/adapter/intégrer la plateforme qui centralisera les données de l'intersection intelligente. Cette plateforme pourra alors envoyer des alertes/notifications à destination des véhicules pour améliorer la perception de l'environnement.

#### Logiciel de conduite/pilotage (dans 5G OR)

- Valeo, Renault et Stellantis participent au développement de logiciels de conduite embarqués au sein des véhicules, qui permettront aux véhicules de recevoir les messages des infrastructures et d'adapter leur comportement en conséquence.

### **Logiciel de conduite/pilotage (hors 5G OR)**

- En dehors du projet, nous estimons que l'ensemble des constructeurs travaillent au développement de logiciel de conduite/pilotage plus optimisé dans le cadre de la « softwarization » des véhicules.

### **Infrastructures (dans 5G OR)**

- La collectivité accompagne les acteurs du projet dans l'analyse des infrastructures existantes et des possibilités d'implantation, des conditions de voiries (travaux, passage fibres) et règles locales de gestions de la voirie.
- Lacroix est garant des infrastructures embarquées en bord de route (caméras, etc.). Lacroix est responsable de l'installation des caméras et peut également fournir le(s) LiDAR(s) nécessaires.
- Nokia est responsable des infrastructures réseaux privées en lien avec la 5G et l'EDGE.
- Bouygues est en charge des infrastructures réseaux publiques en lien avec la 5G et l'EDGE.
- Valeo, Renault et Stellantis fournissent les véhicule L2 à L4 et embarquent les capteurs et modems de communication.

### **Infrastructures (hors 5G OR)**

- La collectivité présente les infrastructures existantes aux partenaires lors de la phase d'analyse de l'existant.
- L'équipementier bord de route se charge de l'installation des perceptions débarqués (Caméras, LiDAR)
- Les fournisseurs de connectivité sont responsables de la mise en place des infrastructures réseaux (publiques et/ou privées).
- Les opérateurs d'infrastructure tel que Vinci pour les autoroutes, ou des acteurs couvrant les villes, ont une place à jouer dans ce nouvel écosystème en cours de création et de développement fort de leur expérience en matière de déploiement et de maintien d'infrastructures routières,

### **Activités opérationnelles**

#### **Formalisation des attentes (dans 5G OR)**

- Capgemini s'est basé sur la description des cas d'usages réalisés en début de projet pour déterminer les exigences nécessaires. Les exigences sont ensuite ajustées de façon itérative en fonction des retours des partenaires.

#### **Formalisation des attentes (hors 5G OR)**

- La collectivité décrit ses besoins pour le projet (zone à exploiter, contraintes à respecter, etc.).
- L'intégrateur, conjointement avec la collectivité, établira la définition du cahier des charges et rassemblera les besoins spécifiques de la plateforme en incluant les autres acteurs de la chaîne de valeur.

#### **Analyse de viabilité (dans 5G OR)**

- La collectivité est responsable de fournir les informations nécessaires à l'analyse des infrastructures existantes. La collectivité décrit ses besoins pour le projet (zone à exploiter, contraintes à respecter, etc.).
- Capgemini se charge de définir les exigences et spécifications de la plateforme avec le support des autres acteurs de la chaîne de valeur.
- Lacroix doit identifier l'emplacement des mats pour l'installation des caméras avec l'aide des acteurs de l'automobile et des fournisseurs de solutions numériques pour valider la pertinence des informations transmises par les caméras
- Nokia et Vedecom analysent les installations existantes et listent les travaux complémentaires à réaliser en termes de connectivité privée (antennes, raccordement de la fibre, etc.) en lien avec les demandes des utilisateurs (quels sont les besoins en termes de connectivité, bande passante, latence, etc.)
- Bouygues examine les infrastructures existantes et liste les travaux complémentaires à effectuer en termes de connectivité publique (antennes, raccordement de la fibre, etc.).  
Prérequis : Un minimum de véhicule connectés (équipé d'un boîtier télématique pour recevoir et exploiter les messages)

#### **Analyse de viabilité (hors 5G OR)**

- La collectivité partage ses besoins et ses contraintes (travaux, financement, sécurité, ...) pour le projet et s'assure que les acteurs peuvent procéder à la récolte de toutes les informations dont ils ont besoin pour les ajustements/travaux complémentaires à réaliser

#### **Déploiement (dans 5G OR)**

- Capgemini prend en compte les caractéristiques des infrastructures débarquées pour optimiser les performances et la sécurité de sa plateforme dans le but de répondre aux besoins du cas d'usage « protection des vulnérables » en tenant compte des exigences des autres acteurs...
- Lacroix coordonne l'installation des unités en bord de route (caméras, etc.) à l'aide de ses sous-traitants (EGIS, TRANSAMO) et répond au cahier des charges de la collectivité en adaptant l'installation aux prérequis du cas d'usage « protection des vulnérables ». Autrement dit, en optimisant la configuration des unités bord de route pour avoir une vue exhaustive de l'intersection.
- Vedecom partage l'accès aux flux vidéo remontés par les caméras aux différents acteurs nécessitant ces données, notamment à Capgemini qui utilise ces informations pour traitement et remonté d'alertes aux véhicules.
- Nokia et Bouygues effectuent le déploiement des réseaux de connectivité (privée et publique) de l'intersection en tenant compte des exigences en termes de latence des partenaires pour le bon déroulé du cas d'usage.
- Pour le réseau privé Vedecom s'occupe des infrastructures passives (fibre,...) tandis que Nokia gère les infrastructures actives (5G/EDGE)

#### **Déploiement (hors 5G OR)**

- La collectivité pilote la mise en place du projet (suivi des avancées, demandes d'autorisations).

- L'intégrateur conjointement avec les autres acteurs déploieront l'architecture cible sous la direction de la collectivité.
- L'utilisation du réseau public disponible est à prioriser, en fonction de la taille de la ville, la question de la viabilité d'un réseau privée se pose.

### Prévention des risques

- Valeo, en tant que chef de lot, veille au bon déroulé des phases de tests. Valeo travaille sur la planification des tests conjointement avec les autres partenaires de l'écosystème, en définissant les tâches/actions à tester lors des séances. Lacroix, Capgemini et Vedecom s'assurent d'avoir les autorisations nécessaires pour mener à bien les opérations.

Points à retenir :

Les piliers technologiques et les activités opérationnelles identifiés dans la chaîne de valeur diffèrent dans le cadre d'un déploiement hors 5G Open Road. Il est crucial que les acteurs concernés collaborent sur les différentes tâches tout du long du projet, en tenant compte des besoins identifiés par les acteurs industriels et les futurs opérateurs tout en respectant les attentes des autorités compétentes.

### 1. Identifier les principaux stakeholders

#### 1.1.3 Quel est le rôle et la responsabilité de chacun des acteurs du projet ?

Au sein d'un écosystème aussi complexe que celui de la mobilité connectée, il est crucial d'établir une matrice RACI afin d'obtenir une vision claire et précise des responsabilités de chaque acteur impliqué.

La matrice RACI se présente sous forme de tableau et se compose de quatre axes :

- Réalisateur (R) : identifie les personnes ou les équipes chargées de l'exécution d'une tâche donnée.
- Approbateur (A) : désigne les individus qui réalisent effectivement la tâche.
- Consulté (C) : mentionne les parties prenantes qui doivent être consultées avant la prise de décision ou l'exécution de la tâche.
- Informé (I) : liste les personnes qui doivent être informées de l'avancement et des résultats de la tâche.

Acteurs	Bases technologiques			Activités opérationnelles			
	Plateforme de données et services	Logiciels de conduite / Pilotage	Infrastructures (incluant composants et capteurs)	Formalisation des attentes	Analyse de viabilité	Déploiement	Prévention des risques
Collectivité	I	I	C	A	A	C	A

Capgemini	A	C	C/R	R	I	A	R
Lacroix	I	I	A/R	R	R	R	R
Valeo	C	A/R	C	I	C	I	I
Renault	I	A/R	C	C	I	I	I
Stellantis	I	A/R	C	C	I	I	I
Nokia	I	I	A/R	R	R	R	R
Bouygues	I	I	A/R	R	R	R	R
Vedecom	I	I	C	I	I	R	R

Points clés à retenir :

- La matrice RACI est un outil précieux pour la gestion de projets complexes comme celui de la mobilité connectée. En définissant clairement les rôles et les responsabilités de chaque acteur, elle permet d'améliorer la communication, la collaboration et la prise de décision, ce qui contribue au succès du projet.

## 1.2. Planifier la phase de déploiement

### 1.2.1 Quels sont les activités de bout en bout du déploiement d'une intersection intelligente ?

**Le déploiement d'une intersection intelligente s'effectue en cinq phases :**

#### 1. Analyse préliminaire (Site survey)

L'analyse préliminaire vise à collecter des informations exhaustives sur les infrastructures existantes et les zones d'exploitation du projet d'intersection intelligente. Cette étape permet de définir les étapes nécessaires pour atteindre l'environnement cible requis pour le déploiement et l'exploitation de l'intersection. Elle permet notamment d'identifier les travaux complémentaires à réaliser (ajout d'armoires électriques, raccordement à la fibre optique, etc.) et de dimensionner correctement l'ensemble du système.

#### Acteurs clés et responsabilités

- **La collectivité** apporte des précisions sur les infrastructures existantes, les travaux réalisables et les zones accidentogènes.
- **Les équipementiers bord de route** définissent l'emplacement des mâts et des armoires électriques pour l'installation des équipements.
- **Les opérateurs de connectivité** s'assurent de la couverture réseau adéquate et diagnostiquent les travaux nécessaires pour y parvenir.

#### Pilotage de la phase d'analyse préliminaire

- **Dans le cadre du projet**, le chef de file (Valeo) assurait le pilotage du lot « Intersection Intelligente ».
- **Lors d'un déploiement en dehors de 5G Open Road**, il est recommandé que la phase d'analyse préliminaire soit pilotée par la collectivité accompagné d'un acteur ayant déjà pris part à la mise

en place d'une intersection intelligente tel que Capgemini. En effet, celle-ci joue un rôle crucial à cette étape et se doit de garantir la faisabilité et l'optimisation du ratio coût/bénéfice en termes de sécurité. De plus, la collectivité est mieux placée pour gérer les aspects d'autorisations administratives

## 2. Dimensionnement de l'intersection intelligente

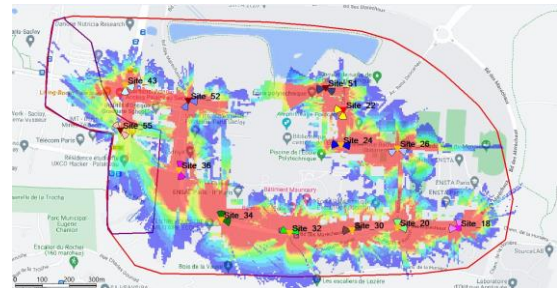
Le dimensionnement de l'intersection intelligente répond à trois objectifs :

1. **Identifier l'ensemble des équipements nécessaires** au déploiement du projet.
2. **Déterminer les performances de connectivité requises** pour garantir le bon fonctionnement de la perception embarquée.
3. **Dimensionner le réseau et les équipements nécessaires.**

### Exemple de dimensionnement de l'intersection du site de Saclay

CARACTÉRISTIQUES DES UNITES BORDS DE ROUTES POUR QUE LE JUMEAU NUMÉRIQUE SOIT OPÉRATIONNEL				
CAMÉRA	LIDAR	ANTENNES 5G	CABINET ELECTRIQUE	SERVEUR EDGE
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Champ de perception : 60°</li> <li>• Couverture : 30 à 50 mètres</li> <li>• Performant pour identifier les piétons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portée maximale en ville = 60 mètres</li> <li>• Performant pour capter les véhicules en déplacement</li> </ul>	Le nombre de cellule est fonction de la couverture souhaitée de l'intersection (plusieurs centaines de mètres)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum 1 armoire répondant à l'ensemble des exigences en termes électriques et connectivité pour les infrastructures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum 1 caméra pour utiliser le jumeau numérique</li> <li>• Communique en UU</li> <li>• Capable d'ajouter des nouveaux canaux de communication</li> </ul>
<b>4 caméras :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x caméras Lacroix directionnelles positionnés à 5,4 mètres de hauteur</li> <li>• 2x caméras Lacroix directionnelles positionnés à 5 mètres</li> </ul>	1 Lidar Velodyne mobile à 5 mètres 4 de hauteur	13 Small cells Nokia distante de 300m	<i>L'utilisation de cette armoire nécessite :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un lien physique avec l'armoire contrôleur :</li> <li>• Raccordement électrique</li> <li>• Raccordement au contrôleur Un lien physique avec les mâts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1x cluster kubernetes:</li> <li>1 master : 2vCPU/8GB</li> <li>2 workers : 4vCPU/16GB</li> <li>Disk : 250GB</li> </ul>

Exemple sur le site de Saclay



### Méthodologie

Pour mener à bien cette phase, il est essentiel de capitaliser sur l'analyse de l'existant réalisée lors du site survey. De plus, l'utilisation d'outils de simulation (tels que jvsg) est nécessaire pour déterminer l'orientation, l'angle et la hauteur optimale de chaque équipement. Cela permet également de garantir une couverture complète de l'intersection et d'obtenir les meilleures performances de perception embarquée.

### Étapes clés

1. **Définition et acquisition des équipements** : après analyse et simulation, les équipements adéquats au projet sont définis et acquis.



2. **Identification des besoins de connectivité** : les besoins en connectivité sont ensuite identifiés et communiqués aux opérateurs de connectivité.

#### **Acteurs clés**

- **Les équipementiers bord de route** se chargent de fournir les équipements nécessaires.
- **Les opérateurs de connectivité** assurent la connectivité et la couverture réseau.
- **Les acteurs du numérique** se doivent de fournir une plateforme de données consolidant l'ensemble des éléments de la chaîne opérationnelle, assurant une performance et une cybersécurité sans faille de bout en bout

### **3. Planification de l'installation**

Le plan de déploiement global, ou stratégie de déploiement sur le territoire cible, est un document crucial qui centralise les informations clés du projet. Il définit le responsable de l'activité, la durée et le coût du déploiement, ainsi que les indicateurs de suivi (retards, budget, etc.). Ce plan permet de piloter le projet de manière efficace et transparente.

#### **Élaboration du plan de déploiement :**

1. **Définir l'équipe d'installation** : Identifier les métiers nécessaires (techniciens, ingénieurs) et les tâches à sous-traiter à des prestataires externes (installation des caméras sur les mats électriques).
2. **Gérer les aspects administratifs** : Obtenir les autorisations nécessaires et rédiger les contrats et devis d'installation.
3. **Anticiper les points bloquants** : Identifier les points d'attention potentiels, comme les demandes d'autorisations et le partage de données entre partenaires à travers la mise en place d'une contractualisation entre les acteurs. .

#### **Leçons apprises du projet 5G Open Road :**

Le projet 5G Open Road a mis en lumière l'importance de bien gérer les demandes pour les 4 types d'autorisations :

**Roulage** : Auprès de la DGITM, de la Police ou des agglomérations pour les expérimentations

**Fréquences** : Auprès de l'ARCEP pour l'utilisation des bandes de fréquences

**Exploitation des données personnelles** : Auprès des villes, sites privées, CNIL pour respecter la RGPD

**Implantation d'infrastructures** : Auprès des villes concernant les travaux de voirie et de réseaux

Ces aspects chronophages peuvent retarder le projet s'ils ne sont pas anticipés.

Un plan de déploiement global bien conçu est essentiel pour garantir le succès du projet. Il doit être clair, précis et complet, et prendre en compte tous les aspects du déploiement, y compris les points d'attention potentiels.

#### 4. Installation

L'installation et la configuration des différents éléments constituent une étape cruciale pour garantir le bon fonctionnement de l'intersection intelligente. Cette phase permet de garantir la collecte et l'exploitation des données de manière optimale, en vue d'améliorer la sécurité et l'efficacité du trafic routier.

##### Mise en service des équipements

1. **Formalisation et validation** : Après la signature des accords d'installation par toutes les parties prenantes, la phase d'installation débute par la mise en service des caméras et des lidars.
2. **Acquisition et installation du matériel** : En parallèle, les équipements de connectivité sont installés après identification des fournisseurs, obtention des devis et passation des commandes.
3. **Alimentation et sécurité** : Les armoires électriques sont équipées de boîtiers pour alimenter le serveur EDGE, l'infrastructure réseau et tous les éléments nécessaires au déploiement de l'intersection intelligente.

##### Intégration et interfaçage

1. **Intégration du Modem 5G** : Le Modem 5G est intégré au démonstrateur de la smart gateway.
2. **Interconnexion des systèmes** : La smart gateway est ensuite interfacée avec les différents éléments du système, tels que les UBR et les caméras.
3. **Déploiement de la plateforme** : Les briques de la plateforme de données et de services sont déployées sur le serveur EDGE et dans l'environnement 5G.

#### 5. Déploiement du site

Une fois tous les équipements installés et les briques technologiques déployées, il est crucial de s'assurer de la conformité des installations avant de procéder à la phase de tests. Cette vérification garantit la sécurité et le bon fonctionnement du système.

##### Vérification de la conformité

- **Contrôle des installations** : Les équipements sont inspectés pour garantir leur conformité aux normes et réglementations en vigueur.

**Validation des configurations** : Les configurations des différents éléments du système sont vérifiées pour garantir leur compatibilité et leur interopérabilité.

**Dans le cadre de 5G Open Road, puisqu'il s'agit d'un projet de R&D, nous avons pu effectuer cette vérification nous-même. Cependant, dans le cadre d'un déploiement à l'échelle il sera nécessaire de recourir à un acteur assermenté (ex. Bureau Veritas) pour effectuer ces validations.**

Points clés à retenir :

**Planification rigoureuse :** La réussite du projet dépend d'une planification minutieuse dès le départ. Cela implique une analyse approfondie du site (anticiper les travaux), une définition claire des besoins en équipements et en connectivité, et l'élaboration d'un plan d'installation détaillé qui tient compte de toutes les autorisations et exigences réglementaires.

**Dimensionnement et intégration :** L'intersection intelligente est un écosystème complexe composé de divers éléments, tels que des caméras, des capteurs, des logiciels et des plateformes de données. Une intégration transparente de ces éléments est essentielle pour garantir une collecte et une exploitation efficaces des données, ainsi que pour optimiser la sécurité et la fluidité du trafic.

**Tests et validation :** Avant de mettre l'intersection intelligente en service, il est crucial de procéder à des tests et à une validation rigoureuse pour s'assurer que tous les systèmes fonctionnent comme prévu et répondent aux exigences de performance et de sécurité. Cela implique des vérifications de conformité, des validations de configuration et des tests de scénarios réalistes.

### 1.2.2 Quelles difficultés ont été rencontrées lors de la phase de déploiement ?

La phase de déploiement sur 5G Open Road s'est accompagnée de plusieurs défis, principalement d'ordre réglementaire, opérationnel et technique.

#### Difficultés réglementaires

La principale difficulté rencontrée a été l'acquisition des autorisations nécessaires. Pour mener à bien le projet, les autorisations suivantes sont indispensables :

- **Autorisations de roulage** : Elles permettent la circulation des véhicules (L4+) sur les voies publiques. Malgré la loi LOM sur les véhicules automatisés, les expérimentations R&D nécessitent toujours des points spécifiques.
- **Autorisations d'installation de matériels** : Elles couvrent l'installation d'équipements tels que des caméras, des LiDAR et des infrastructures de connectivité (réseau).
- **Accord de partage de données** : Cet accord garantit le partage sécurisé des données collectées entre les différents partenaires du projet. La mise en place de contrats entre les acteurs est essentiel pour utiliser les données capturées par les autres dans le en formalisant la responsabilité en cas de sous traitement de données personnelles.
- **Autorisation d'enregistrer la voie publique et d'exploiter les flux vidéo** : Une demande doit être effectuée auprès des autorités compétentes (Mairie, CNIL) pour obtenir le droit d'enregistrer la voie publique et ensuite utiliser ses flux vidéo au sein de la plateforme de données et de services.
- **Autorisations de l'ARCEP** : Elles permettent l'exploitation des bandes de fréquences 5G.

Le modèle réglementaire approfondira les délais et les processus associés à chaque type d'autorisation.

#### Difficultés opérationnelles

Plusieurs défis opérationnels ont été rencontrés lors du déploiement, dont les principaux concernent le prêt de matériel, la contractualisation entre partenaires et les aléas climatiques, **ces défis sont propres au projet 5G Open Road.**

#### Prêt de matériel

- **Formalisation des contrats** : Des contrats précisant la propriété intellectuelle et l'utilisation des données doivent être rédigés lors du transfert de matériel entre partenaires.

#### Impact de la météo

- **Installation fixe non prévue** : L'absence d'installation fixe pour le LiDAR a nécessité une solution mobile, soumise aux aléas climatiques et susceptible de perturber les tests sur routes ouvertes.

**Intempéries défavorables** : Les conditions météorologiques, comme le vent et la pluie, peuvent empêcher le bon déroulement des tests.

#### Contractualisation entre partenaires

- **Création d'une entité juridique** : La mise en place d'une structure juridique est nécessaire pour la contractualisation entre partenaires.

Lors du prêt d'un LiDAR par Renault au lot 3, Capgemini a dû prendre la responsabilité malgré un besoin commun de l'ensemble du lot.

### Difficultés techniques

Le déploiement s'est heurté à plusieurs défis techniques, notamment liés à la configuration du site, à la communication entre partenaires et à l'intégration des spécificités des constructeurs automobiles. Ces défis sont propres au projet 5G Open Road.

### Configuration du site

- **Installation non optimale** : L'installation non-cible à Vélizy et à l'UTAC a entravé le bon déroulement des cas d'usage, la latence ne permettant pas d'atteindre les performances requises. Nous avons dû modifier notre architecture initiale et adopter une solution alternative qui intègre une partie du système dans le Cloud. La chaîne bout en bout est fonctionnelle, cependant elle présente des limites de performance en ajoutant des délais de la brique « World Model » (jumeau numérique) vers la brique « VAE » (V2X Application Enabler ; fait le lien entre la plateforme et l'environnement) et accès flux caméra en VPN. Le plein potentiel du système ne peut être atteint qu'avec une architecture cible car l'écart de performance entre les architectures non-cibles et les architectures cibles est important
- **Serveur EDGE indispensable** : La configuration cible nécessitant un serveur EDGE, la réalisation des cas d'usage s'est avérée plus complexe que prévu. L'absence de site EDGE lors de cette phase de test nous a contraint à intégrer le VAE directement dans le Cloud (Azure France Central) et le WM sur PC.

### Communication entre partenaires

- **Envoi et réception de messages** : L'envoi de messages DENM de la plateforme vers les constructeurs a posé des défis techniques, nécessitant de nombreux ajustements et retardant la phase de tests.

### Intégration des spécificités des constructeurs

- **Personnalisation du TCU** : Des éléments supplémentaires ont dû être ajoutés aux TCU pour répondre aux besoins spécifiques de chaque constructeur.
- **Différences d'identification des véhicules** : La difficulté d'identifier la bonne adresse d'identification (Station ID) côté véhicule a créé des complications.
- **Synchronisation des versions ITS** : La désynchronisation des versions des messages et le manque de précision sur les champs optionnels à inclure ont nécessité des ajustements.
- **Architecture réseau** : Des changements d'architecture réseau ont été imposés par des imprévus liés aux routeurs, à la communication TCU et à la solution cloud.

Points clés à retenir :

#### 1. Difficultés réglementaires:

- Obtenir les autorisations nécessaires s'est avéré complexe et chronophage, en particulier pour les expérimentations R&D sur la voie publique.
- Plusieurs types d'autorisations étaient nécessaires, couvrant le roulage, l'installation de matériel, le partage de données, l'enregistrement vidéo et l'utilisation des fréquences 5G.
- Le modèle réglementaire actuel peut ralentir considérablement les projets de déploiement.

## 2. Difficultés opérationnelles:

- Le prêt de matériel entre partenaires a nécessité des contrats précis et une gestion de la propriété intellectuelle et des données.
- Les aléas climatiques, tels que les conditions météorologiques défavorables, ont perturbé les tests sur routes ouvertes.
- La contractualisation entre partenaires a été compliquée par la nécessité de créer une structure juridique adéquate.

## 3. Difficultés techniques:

- Des problèmes de configuration du site, notamment l'installation non optimale des équipements, ont affecté les performances.
- La communication entre les partenaires et l'intégration des spécificités des constructeurs automobiles ont nécessité des ajustements et des développements supplémentaires.
- L'absence de serveur EDGE sur le site a contraint à des solutions alternatives moins performantes.

## 1.3. Conduire la phase de test

### 1.3.1 Quelle est la stratégie de test ?

#### Stratégie de test

La stratégie de test utilisée dans le projet 5G Open Road regroupe l'ensemble des acteurs et se décompose en plusieurs phases :

- **Préparation des tests**
- **Tests sur tables**
- **Tests sur routes fermées**
- **Tests sur routes ouvertes**

#### 1. Préparation des tests

Cette phase consiste à:

- Établir le planning des tests

- Demander les autorisations nécessaires (roulages, installation de caméras, arrêté municipal, etc.)
- Définir les objectifs de chaque test grâce à la mise en place de cahier de tests décrivant les scénarios à réaliser et les résultats que l'on souhaite obtenir à la fin de ces tests.

## 2. Tests sur table

Les tests sur table visent à valider certains paramètres avant la phase de roulage. Deux types de tests sont programmés:

- **Tests d'interopérabilité** : valident les spécificités techniques sur une partie de la chaîne.
- **Tests end-to-end** : s'assurent du bon fonctionnement de la chaîne de bout en bout.

Ainsi, les différents partenaires se réunissent ponctuellement en cas de besoin spécifique pour tester une partie ou l'ensemble de la chaîne de communication.

### Exemple

Test de l'envoi et de la réception de messages DENM entre la plateforme (Capgemini) et les constructeurs (Valeo).

- Capgemini envoie un fichier regroupant des messages de type DENM vers Valeo.
- Valeo confirme ou infirme la réception du fichier.
- En cas de non-réception, Capgemini retravaille le besoin jusqu'à réception positive de Valeo.

### 3. Tests sur routes fermées

#### Objectifs

- Valider l'ensemble des technologies impliquées dans les intersections intelligentes.
- Assurer la viabilité et la sécurité des essais sur route ouverte.
- Tester, en environnement contrôlé, des scénarios jugés trop risqués pour être testés sur routes ouvertes.
- Valider les briques fonctionnelles de la plateforme et l'interaction avec les véhicules

#### Déroulement des tests

- **Lieu** : UTAC (expert technique auprès des autorités françaises).
- **Planification** : Les plans de tests sont partagés par les partenaires en amont.
- **Préparation** : L'UTAC prépare les équipements nécessaires.

#### Étapes des tests

1. **Définition des objectifs** : *Exemple : échange de messages (CPM, DENM, CAM) via différents canaux (PC5, UU).*
2. **Configuration des équipements** : caméras, Lidar, etc.
3. **Préparation du terrain** : Disposition des mannequins, etc.
4. **Déroulement des actions à tester.**
5. **Analyse des résultats obtenus vs attendus.**

#### Tests sur site cible

En dehors du projet 5G Open Road, il est pertinent d'effectuer les tests directement sur le site cible et de fermer l'accès aux routes aux autres usagers. Cela permet de tester l'architecture cible en conditions quasi réelles.



#### 4. Tests sur routes ouvertes

Les tests sur routes ouvertes ont pour vocation de valider le fonctionnement de la chaîne de bout en bout en testant des cas d'usages en condition réelles.

Il est nécessaire d'effectuer les demandes d'autorisations (installations, roulages) en amont de cette phase. De plus, il faut donner de la visibilité à la mairie en partageant une description des cas d'usages qui vont être effectués pour que la zone de test puisse être considéré comme une zone d'expérimentation. En effet, étant sur route ouvertes, les partenaires se doivent de prendre des précautions pour éviter toutes sortes d'incidents avec les usagers lambdas.

Avant d'effectuer les phases de roulages, la première étape est d'effectuer des tests de connectivité pour s'assurer que les roulages pourront avoir lieu dans les conditions souhaitées.

Malgré la réalisation de tests sur table auparavant pour la connectivité, certaines variables peuvent entraver la connexion (différent opérateur, différentes antennes, etc.).

Les tests sur routes ouvertes durent environ une semaine lorsque les conditions sont réunies (autorisations, connectivité, etc.). La surveillance de l'implémentation de la solution sur route ouverte peut prolonger cette durée d'environ 1 semaine pour s'assurer que tout se déroule de manière optimale.

Points clés à retenir :

- La stratégie de test se déroule en plusieurs phases distinctes, allant de la préparation minutieuse des tests sur table à l'expérimentation sur le terrain en conditions réelles.
- Une communication claire et efficace est essentielle pour partager les informations, coordonner les efforts et résoudre les problèmes rencontrés.
- La stratégie de test a été adaptée aux besoins spécifiques du projet 5G Open Road, qui était un projet de R&D.

#### 1.3.2 Comment les résultats des tests ont-ils été documentés et analysés ?

Les résultats des tests sont partagés avec l'ensemble des partenaires à l'issue de chaque session. Ils sont ensuite stockés sur le SharePoint commun au lot 3.

La phase d'analyse vise à mettre en perspective les résultats obtenus par rapport aux résultats attendus. L'ensemble des métriques est alors pris en compte pour déterminer si les résultats sont favorables ou défavorables.

L'analyse de ces résultats permet de mieux appréhender les différents scénarios testés et de comprendre comment optimiser la chaîne.

La notion de performance est un élément clé dans l'interprétation des résultats. Elle permet d'évaluer l'efficacité du système et d'identifier les points d'amélioration potentiels.

Dans le cadre d'un déploiement hors 5G Open Road, il est bon de rappeler qu'avoir un plan de test commun aidera au bon déroulé du projet.

Exemple :

Lors de la session de test du 27/02 à l'UTAC (test sur routes fermées). Le cahier de test a été formalisé sur un fichier Excel, on y retrouve une synthèse des différentes tâches que l'on souhaite tester. On y indique également une liste d'actions « à faire », autrement dit quels sont les actions que l'on souhaite vérifier durant la session.

Pour cet exemple, nous allons analyser la tâche suivante : Vérifier l'envoi et la bonne réception de CPMs contenant plusieurs objets.

Le statut d'envoi et de réception pouvait être classifié en 4 catégories : « OK », « OK mais à modifier », « Non traité » ou « TBD ».

Ces échanges de messages avaient lieu entre la plateforme et plus précisément le VAE vers les véhicules. Il y a eu deux types de configurations différentes, la première sans multithreading et la seconde avec multithreading.

Dans le premier cas, il y avait un envoi de CPM/frame et la fréquence de la vidéo était de 10-15 fps.

Tandis que dans le deuxième cas, le nombre de messages envoyés a été augmenté mais la fréquence de la vidéo était toujours la même.

Globalement, les résultats de cette session de test ont été concluants. En effet, les statuts des différentes étapes ont été considéré comme « OK ».

Points clés à retenir :

- Un plan de test bien défini est crucial pour le bon déroulement des tests et la collecte de données cohérentes. Ce plan doit documenter clairement les objectifs de test, les cas de test à exécuter, les métriques à mesurer et les critères de réussite. Il est important de le partager avec l'ensemble des acteurs pour garantir son efficacité.
- La communication continue entre les parties prenantes est essentielle pour partager les résultats des tests, discuter des conclusions et prendre des décisions éclairées concernant les étapes suivantes.

1.3.3 Comment les difficultés et les incidents sont-ils escaladés aux parties prenantes appropriées ? Quel est le processus d'escalade des problèmes ?

Les évènements inattendus sont remontés au chef de lot puis traités lors des instances réunissant l'ensemble des partenaires, notamment **les PI Planning**, **les Weekly du lot** et **les mails directs** à

**destination du responsable de lot.** Des **actions pour palier** ses inattendus sont déterminés lors de ces instances. Elles sont **tracées dans le compte rendu** rédigé par le chef de lot et partagé à l'ensemble des acteurs.

En dehors du projet 5G Open Road, la mise en place d'un fichier de suivi des actions est primordiale pour assurer plus facilement le suivi des actions et s'assurer qu'elles sont réalisées dans le temps imparti.

Ces sujets sont ensuite **suivis par le chef de lot** jusqu'à la résolution de l'incident.

*Illustration :*

*Lors d'une session de tests à l'UTAC, les partenaires ne recevaient pas l'ensemble des messages*

- Les prochaines sessions de tests sur table étaient donc dédiées à la résolution de ce problème de réception.
- Prévoir un débriefing à la suite de l'identification (pour identifier les prochaines étapes/résoudre le problème)
- Le chef de lot est notifié une fois le problème élucidé.

Points clés à retenir :

- L'identification précise des causes profondes des problèmes permet de mettre en place des solutions durables et d'éviter que les mêmes problèmes ne se reproduisent.
- La communication proactive et transparente entre les parties prenantes est cruciale pour maintenir la confiance et la collaboration au sein de l'équipe du projet.
- Divers canaux de communication peuvent être utilisés, tels que les réunions PI Planning, les réunions hebdomadaires du lot, les courriels directs au chef de lot ou tout autre moyen approprié.

## 1.4. Que faudrait-il considérer dans la phase d'opération et maintenance d'une intersection intelligente ?

### 1.4.1 Quels sont les Indicateurs clés de performance ?

Les **indicateurs clé de performance** du programme 5G open Road visent à éclairer les choix et la décision de déploiement des services. Ils se concentrent sur les aspects **techniques**, sur **la sobriété numérique** mais également autour **viabilité économique** du projet.

L'intersection connectée est fortement dépendante d'une connectivité avancée offrant de forts débits et une faible latence. Certains équipements comme les LIDAR nécessitent des débits supérieurs à **100Mbps** (upload) et d'autres comme les caméras une latence inférieure à **40ms** (upload). Ces besoins sont largement couverts par la 5G qui propose des débits à près de 1.5GBs et une latence inférieure à 1ms (débit théorique source : Thales).

En se basant sur les tests effectués sur routes fermés pendant le projet ainsi qu'à travers les différents échanges entre les partenaires, **la latence globale pour traiter le cas d'usage protection des vulnérables a été établi à 65ms.**

Le standard C-V2X (cellular to everything) est celui privilégié sur le projet. Le projet a pour objectif d'expérimenter le standard C-V2X dans la mise en œuvre de ces cas d'usages. Il est d'autant plus intéressant de tester la communication cellulaire étant donné que des acteurs télécoms sont présents au sein du projet. De plus, l'implication d'équipementiers bord de route comme Lacroix permet d'appréhender la communication unités bord de route/véhicules. Enfin, il est important de noter que certains tests s'effectuent tout de même via le protocole de communication ITS G5. Avec les infrastructures de Lacroix, il est possible de passer du standard C-V2X à ITS-G5 très rapidement. Cette fonctionnalité est surtout utilisée lors des premiers tests car les partenaires ont tendance à démarrer en ITS G5 pour valider la solution avant de basculer en 5G C-V2X.

Les technologies numériques constituent un puissant accélérateur pour la **transition écologique du secteur de la mobilité**. L'intersection intelligente s'inscrit pleinement dans cette dynamique en répondant principalement à cet enjeu :

- La sécurisation des flux de trafic : L'intelligence artificielle et les capteurs permettent d'améliorer la perception de l'environnement et de prévenir les accidents

En s'attaquant à ce défi majeur, l'intersection intelligente contribue à la construction d'une ville plus sûre, plus fluide et plus respectueuse de l'environnement.

Ainsi, sur le projet plusieurs critères ont été mesurés par le Cerema et Capgemini :

- Le bilan énergétique
- Le calcul de l'impact carbone de la plateforme de données et services

Le programme 5G Open road a pour objectif d'appréhender la viabilité économique pour les futurs opérateurs du service. Ainsi, déterminer les métriques précises de mise en place d'une intersection intelligente sur les zones pilotes de Saclay et Vélizy permet d'avoir une base pour le déploiement à l'échelle. L'objectif étant d'obtenir des KPI d'investissements en fonction du dimensionnement des

équipements bord de routes et de la connectivité sur ces sites. Le modèle économique a vocation de fournir des éléments de coûts en lien avec le dimensionnement.

Points clés à retenir :

En mesurant les performances techniques, la sobriété numérique et la viabilité économique de l'intersection intelligente, les acteurs du projet peuvent s'assurer qu'elle répond aux objectifs fixés et qu'elle peut être déployée à grande échelle de manière durable.

#### 1.4.2. Quel serait le modèle de maintenance ?

Dans 5G Open Road, le projet n'a pas atteint la phase de « Run ». Nous n'avons pas pu appréhender la phase d'opération/maintenance.

La phase de maintenance dans un contexte hors 5G Open Road devra aborder différents éléments tel que le plan de maintenance, la maintenance préventive, le respect des normes de sécurité, la gestion des ressources, réduction des temps d'arrêt et plan de continuité.

Plan de maintenance : Une stratégie structurée destinée à prévenir les pannes avant qu'elles ne se produisent. La planification détermine quelles installations doivent être entretenues, quelle devrait être la fréquence des travaux et quelles pièces, quels matériaux et outils seront nécessaires.

Maintenance préventive : L'objectif d'une maintenance préventive consiste à prévenir d'éventuelles pannes sur des équipements ou des composants, en mobilisant des techniciens de maintenance bas » sur le plan de maintenance.

Respect des normes de sécurité et des exigences légales : Cette étape cruciale garantit que tous les équipements et procédures respectent non seulement les normes de sécurité mais également les exigences légales spécifiques.

Réduction des temps d'arrêt : Il est essentiel d'effectuer une intervention de maintenance rapide et efficace pour minimiser les temps d'arrêt et maximiser la productivité basée sur un plan de continuité

Enfin, il est crucial d'obtenir une certification délivrée par un organisme tier avant le début de l'exploitation puis s'assurer d'une vérification régulière par la suite.

Points clés à retenir :

Bien que le projet 5G Open Road n'ait pas atteint la phase d'exploitation, il fournit des indications précieuses pour le développement d'un modèle de maintenance adapté aux intersections intelligentes. Les leçons tirées de ce projet soulignent l'importance d'une planification proactive de la maintenance dès les premières phases du projet, en intégrant des considérations de maintenance dans la conception du système, la sélection des équipements et les procédures opérationnelles.

## 1.5. Mettre en place une gestion de projet adaptée

### 1.5.1 Quelle est la méthodologie de gestion de projet la plus adaptée ?

Le projet 5G Open Road, nécessite un alignement des méthodes de travail pour garantir une bonne coordination car il s'agit d'un projet d'innovation composé de nombreux lots et regroupant différents participants. Donc il est important d'avoir un pilotage efficace pour permettre la synchronisation entre les acteurs pour répondre aux attentes du projet.

**Le choix de la méthodologie de gestion de projet s'est alors porté sur l'application de la méthode agile et de ses principes au sein du projet 5G Open Road.**

**Compte tenu de la complexité du projet**, due à son nombre important d'intervenants issus de différentes organisations, au positionnement variable des membres vis-à-vis de ce projet d'innovation, à la difficulté de stabiliser des objectifs finaux clairs, et aux évolutions fréquentes des orientations induites par des raisons exogènes, **cette méthodologie doit être adaptée pour démontrer toute sa valeur.**

**L'approche agile, étant itérative et collaborative, correspond aux besoins du projet.** Elle permet de définir une dynamique commune et facilite les interactions entre tous les membres. De plus, l'agilité permet de piloter les projets par la valeur apportée et de démontrer rapidement les bénéfices concrets des réalisations. Cela s'avère pertinent pour prendre des décisions rapides sur les besoins de réorientation.

**Dans une démarche d'amélioration continue, nous cherchons à faire évoluer la méthodologie pour répondre aux besoins spécifiques du contexte 5G Open Road et identifier les facteurs de succès à sa bonne mise en œuvre.**

**Nous nous concentrons sur l'application des quatre grands principes de l'Agilité (extraits du manifeste Agile) :**

- **Prioriser les individus et leurs interactions avant les processus et les outils**
- **Privilégier un produit opérationnel plutôt qu'une documentation exhaustive**
- **Collaborer avec le client plutôt que de contractualiser les relations** (ici, il s'agit plutôt de mettre les potentiels utilisateurs au centre du processus de création et donc les besoins du marché)
- **Accepter le changement plutôt qu'un strict suivi des plans**

L'organisation du programme repose sur la méthode agile mise en place dès le lancement du projet.

Points clés :

Reconnaissant la complexité unique du projet 5G Open Road, l'équipe a entrepris d'adapter les principes agiles fondamentaux pour mieux répondre aux besoins spécifiques du contexte. Cette démarche d'amélioration continue vise à identifier les facteurs clés de succès pour une mise en œuvre efficace de l'agilité dans ce projet innovant.

### 1.5.2 Comment s'articule la comitologie du projet ?

L'objectif étant d'apporter de la souplesse tout en conservant un haut niveau de performance. Des instances de gouvernance précises sont définies au lancement du projet.

La méthode agile apporte la notion de « trains », en effet au sein d'un projet comme 5G Open Road qui se décompose en plusieurs lots, aussi appelé trains, l'intersection intelligente (Lot 3) représente un « train ».

Ainsi, les membres du lot 3 participe aux instances du projet mais ont également des réunions propres à leur train.

La comitologie est donc organisée comme suit :

- **PI planning (tous les 3 mois)** – Définir les activités pour le prochain incrément afin d'assurer l'alignement entre les membres, gérer les adhésions et définir les objectifs de la démonstration.
- Participants : 1 représentant en physique de chaque acteur du lot
- Format : Réunion physique chez un des partenaires avec un maximum de personnes en présentiel et une partie à distance
- Ordre du jour : Planification des activités du lot.
- Validation des prises de décision : Mise à jour du support Mural pour formaliser le nouveau planning

En termes d'outils utilisé pour l'organisation du « PI Planning » et la formalisation du contenu, nous utilisons Mural, un outil de visualisation collaboratif, permettant à tout le monde d'interagir facilement et met en valeur le fruit de nos réflexions.

Illustration du support Mural utilisé lors des instances de PI Planning

**1** **AGENDA DU PI PLANNING**

ORDRE	PROJET	DESCRIPTION	DATE
1	PROJET A	Description du projet A	2023-10-01
2	PROJET B	Description du projet B	2023-10-05
3	PROJET C	Description du projet C	2023-10-10
4	PROJET D	Description du projet D	2023-10-15
5	PROJET E	Description du projet E	2023-10-20

**2** **RETROSPECTIVE INCREMENT**

Partenaires	CONSTATS		PROPOSITIONS
	Ce qui a fonctionné	Ce qui n'a pas fonctionné	Ce que l'on pourrait modifier / améliorer pour le PI n°5



- **Mi-planning (tous les 3 mois)** – Revue des différentes activités de l’incrément afin de s’assurer de la bonne complétion des objectifs
  - Participants : 1 représentant de chaque acteur du lot
  - Ordre du jour : Présentation de l’avancement, des risques et des ajustements majeurs de chaque lot pour l’incrément avant formalisation du planning
  - Format : Réunion à distance via Microsoft Teams
  - Validation des prises de décision : Comme pour les instances de PI Planning, une mise à jour du support Mural est effectuée pour ajuster le planning en fonction des développements et retards de l’incrément.
- **Weekly (toutes les semaines)** – Revue hebdomadaires des actions en cours afin d’identifier les points bloquants et prochaines étapes du programme
  - Participants : 1 représentant de chaque acteur du lot
  - Ordre du jour : Actualité du lot, discussion autour de la phase de test ou présentation d’un élément de la solution par un partenaire

Validation des prises de décision : Récapitulatif en fin de séance suivi d’un compte rendu très détaillé

En ce qui concerne les instances dont les membres du Lot 3 participe mais qui sont propre aux programmes, il en existe 4 : Les Bureaux, les COTECH, les CODIR et les COMEX.

- **Bureau (tous les mois)** – Examen de l’état d’avancement et de l’engagement contractuel / Approfondissement d’un projet spécifique pour partager les orientations
  - Participants : 1 représentant de chaque acteur du lot
  - Ordre du jour : Planning prévisionnel, Derniers avancements des lots, Suivi des livrables BPI, autres actualités projet importantes
  - Format : Réunion à distance via Microsoft Teams
  - Validation des prises de décision : Récapitulatif en fin de séance suivi d’un compte rendu très détaillé
- **COTECH (tous les 3 mois)** – Approfondissement d’un sujet connectivité 5G ou d’un sujet technique avec des experts afin de définir une stratégie et d’engager des partenaires
  - Participants : 1 représentant de chaque acteur du lot
  - Ordre du jour : Présentation d’un sujet connectivité ou technique
  - Validation des prises de décision : Récapitulatif en fin de séance suivi d’un compte rendu très détaillé
  - **COFIL (tous les 3 mois)** – Le Comité de pilotage suit l’avancement du projet (CORAM, Plateforme 5G, Infrastructures Bord de route) et s’assure de la bonne exécution des parts du projet afin que les objectifs du projet soient atteints
  - Participants : Coordonnateur, responsable par partenaires, responsable par pôle, IRT et territoires , BPI (jalons semestriels), DGE (jalons semestriels)

- Ordre du jour : Pilotage des KPIs du projet (Q, C, D, P), Validation des orientations du projet, des évolutions de périmètres partenaires, Gestion des interfaces avec le sous-projet plateforme et les acteurs territoires, Garantir l'atteinte des jalons projets, Pilotage des risques et opportunités, Validation des communications externes et des projets de publications scientifiques et relatives au Bien Commun
  - COMEX (2 à 3 fois par an) – Le comité exécutif est l'organe décisionnel entre les parties en cas de difficulté ou de litige persistant.
- Participants : Responsable exécutif par partenaires et médiateur si nécessaire
- Ordre du jour : Gestion et arbitrage entre partenaires, résolution de litige

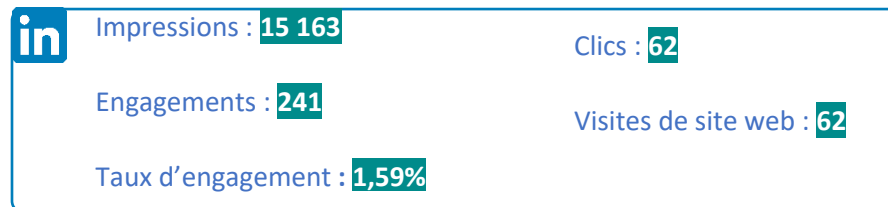
Points clés :

- La structure flexible et les instances de gouvernance régulières permettent de s'adapter aux changements, de gérer les risques et de maintenir le projet sur la bonne voie.
- Les outils et supports utilisés facilitent la communication, la documentation et le suivi des décisions.

### 1.5.3 Comment capitaliser sur les succès (communication) ?

La communication du programme repose en grande partie sur la réalisation d'évènements de démonstrations et de vidéo des postes LinkedIn mais également sur la participation a de nombreux évènements (comités ministériels des filières) et salons.

A titre d'exemple voici les statistiques issues du compte LinkedIn du programme :



Le programme 5G Open Road a mis en place un dispositif complet de valorisation des résultats de l'expérimentation.

Ce dispositif s'articule autour de trois axes principaux :

- **Diffusion des publications** : Capgemini a été mandaté pour rédiger et diffuser des publications capitalisant sur les acquis du programme.
- **Plateforme web dédiée** : Un site web, 5gopenroad.com, a été créé pour centraliser l'ensemble des avancées et initiatives du programme.
- **Enrichissement des connaissances de la DGITM** : Les données et les retours d'expérience du programme permettront d'alimenter les réflexions de la DGITM sur le déploiement d'infrastructures pour la mobilité connectée et les standards à implémenter.

Une grande partie de l'effort de communication a été tournée vers les autorités, les financeurs ainsi que les opérateurs pour les sensibiliser sur l'apport de ces nouvelles technologies, leur expliquer les enjeux, les former sur leur rôle prépondérant au sein d'un tel écosystème. Cette compréhension des enjeux, des impacts par l'ensemble des acteurs est fondamentale et leurs investissements incontournables.

Points clés à retenir :

En valorisant les connaissances acquises et en sensibilisant les parties prenantes clés, les acteurs impliqués dans le projet ont pu diffuser les résultats de leurs travaux à un large public, susciter l'intérêt et le soutien nécessaires, et contribuer à faire progresser le domaine de la mobilité connectée.

#### 1.5.4 Quel est le modèle de gouvernance de la donnée ?

Dès le début du projet 5G Open Road, un plan de gestion de donnée a été établi. Il décrit la façon dont les données seront produites ou obtenues, (ré)utilisées, traitées, organisées, stockées, sécurisées, préservées, documentées, partagées, au cours et à l'issue d'un projet, explicitant notamment leur mise à disposition. Il contribue à la mise en place de bonnes pratiques de gestion entre les partenaires du projet à toutes les étapes du cycle de vie des données, en les détaillant et en assurant la traçabilité pour faciliter leur mise en commun.

Il précise la manière par laquelle est garantie l'intégrité et la sécurité des données échangées, transmises ou conservées tant pour les partenaires du projet qu'à l'égard de la CNIL en cas de contrôle.

Un document de plan de sécurisation pour les données du projet est associé à ce plan de gouvernance avec notamment :

La description des données collectées et/ou créées ;

- Les standards, formats et méthodologies appliqués sur le paquet des données ;
- Les questions d'ordre éthiques, de propriétés intellectuelles et de restrictions (les éventuelles périodes d'embargo) ;
- Les prévisions pour le partage et l'ouverture des données ;
- La stratégie de la préservation à long terme (archivage).

Quatre réglementations sont en vigueur ou seront possiblement applicables à l'issue de notre projet lors du déploiement de nos services.

- Règlementation sur la protection des données personnelles (RGPD) ;
- Règlementation sur les standards de sécurité ETSI pour le protocole V2X ;
- Les réflexions en cours sur le Data Governance Act (applicable en septembre 2023) pour le partage des données personnelles et non personnelles ;
- Les réflexions en cours sur Le Data Act pour le partage de données entre entreprises (B2B) et consommateurs (B2C).

Par ailleurs, la captation de données vidéo de la voie publique est soumise à des lois, qui n'autorise pas une société privée d'installer des caméras dans un espace public. Il est donc nécessaire aux membres entreprise privée du consortium 5G Open Road souhaitant installer des caméras de se mettre en règles vis-à-vis de la loi. Afin de respecter les contraintes réglementaires de traitement de données à caractère personnel, des autorisations auprès des préfetures, et la mise en place des recommandations de la CNIL sont nécessaires. Il s'avère nécessaire de présenter aux autorités la finalité d'utilisation des données à caractère privé et des moyens de protection mis en place dans le cadre de leur utilisation. Un retour doit être fait par les autorités sur le besoin ou pas d'une Analyse d'Impact sur la Protection de la Donnée (AIPD). Le retour des autorités est présenté par les partenaires pour la finalité d'utilisation des données qu'elles entendent réaliser dans leur section en cas d'utilisation de la donnée à caractère personnel. Il conviendra à l'utilisateur des données de la voie publique à caractère personnelle de mettre en place le cadre juridique d'utilisation des données pour sa finalité auprès du fournisseur de données.

Il est rappelé que les traitements de données à caractère personnel collectées dans l'espace public à l'aide d'une caméra dite intelligente ou augmentée nécessitent la réalisation d'une AIPD en raison du caractère innovant de la technologie utilisée, du traitement de données à grande échelle et de son caractère systémique pendant la durée de l'expérimentation.

Pour assurer la sécurité des données en restreignant l'accès aux données uniquement aux membres du projet 5G Open Road, différents droits d'accès à la GED (Sharepoint et Teams) ont été instaurés de façon à garantir une sécurité pendant l'ensemble du projet

*Exemple:*

*Pour le Sharepoint 5G : 3 accès ont été mis en place : Administrateur ; Ecriture, Lecture (tous les membres du projet)*

Points clés à retenir :

- Établir un plan dès le début du projet pour définir la production, la collecte, le traitement, l'organisation, le stockage, la sécurisation, la conservation, la documentation et le partage des données.
- Faciliter la collaboration et la mise en commun des données entre les partenaires tout au long du cycle de vie des données.
- Garantir l'intégrité, la sécurité et la traçabilité des données pour tous les partenaires et en conformité avec les réglementations en vigueur.
- Respecter les réglementations pertinentes telles que le RGPD, les normes de sécurité ETSI pour V2X, le Data Governance Act et le Data Act.
- Obtenir les autorisations nécessaires auprès des autorités compétentes pour la collecte et l'utilisation des données, en particulier pour les données vidéo de la voie publique et les données à caractère personnel.

## 2. Modèle technique

Le modèle technique de l'intersection intelligente spécifie les principaux prérequis en ce qui concerne la connectivité, la constitution des véhicules intelligents et l'architecture des plateformes de données et de services. Il décrit également les principes de fonctionnement techniques du cas d'usage.

De plus, il vise à fournir une vue détaillée de la composition et du fonctionnement des différentes interfaces utilisées, ainsi que de leur interaction avec d'autres systèmes, qu'ils soient débarqués ou embarqués. Enfin, le modèle technique évalue les risques associés au déploiement d'une intersection intelligente. Il adresse également les enjeux et problématiques liés à la cybersécurité.

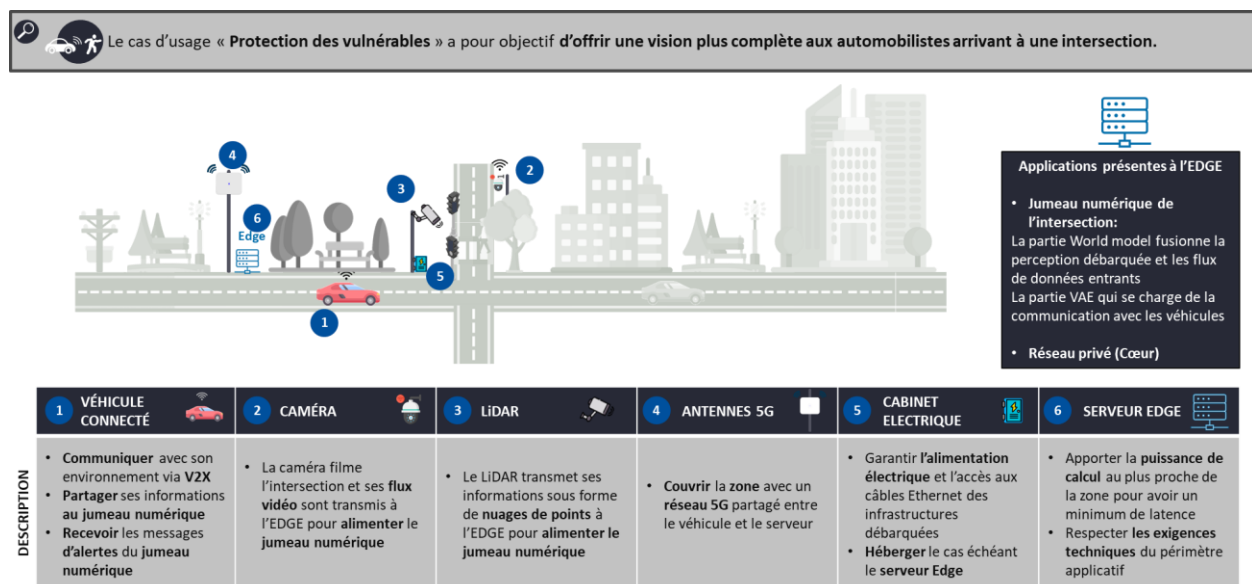
### 2.1. Définir le périmètre du modèle technique

#### 2.1.1 Quels sont les besoins spécifiques d'une intersection intelligente ?

L'intersection intelligente vise à apporter une réponse technologique aux enjeux de la protection des vulnérables.

Pour se faire, le développement d'une perception débarquée est indispensable afin de permettre d'identifier les événements à risque, de les traiter à l'aide d'une plateforme de services et de données dans le but d'alerter le(s) véhicule(s) concerné(s).

L'architecture envisagée doit englober un ensemble de dispositifs en terme d'hardware et de software ainsi qu'en matière de connectivité. Cette architecture permet de se baser sur les données collectées pour ensuite les traiter et faciliter le développement des briques d'intelligence artificielle nécessaires pour la perception débarquée. Ceux-ci sont détaillés ci-dessous :



Points clés à retenir :

En utilisant des technologies de pointe pour améliorer la perception, la communication et la connectivité, les intersections intelligentes peuvent rendre les routes plus sûres, plus efficaces et plus accessibles pour tous.

**Perception débarquée :** Pour développer une perception débarquée efficace, il est nécessaire d'utiliser une combinaison de capteurs, tels que des caméras, des lidars et des radars.

**Plateforme de services et de données :** Une plateforme de services et de données est nécessaire pour collecter, traiter et stocker les données provenant des capteurs de l'intersection intelligente. Cette plateforme doit également être capable de communiquer avec les véhicules afin de leur fournir des alertes et d'autres informations pertinentes.

**Connectivité :** L'intersection intelligente doit être connectée à Internet afin de pouvoir communiquer avec les véhicules et la plateforme de services et de données. La connexion doit être fiable et à faible latence afin de garantir un fonctionnement en temps réel.

### 2.1.2 Quels sont les verrous techniques à identifier et à résoudre ?

Après une première étape d'étude de l'existant des difficultés techniques ont été identifiées à travers plusieurs aspects :

- **Design & Infrastructure :** Le **dimensionnement des réseaux 5G** doit apporter des performances de latence répondant aux exigences du projet. L'enjeu d'identifier et notifier les véhicules d'un incident doit être réalisé en temps réel soit un délai maximum de 100 ms. De plus, la plateforme doit être modulable et facilement s'interfacer avec une large variété d'équipements et de plateformes tierces. Elle se doit également d'accueillir le déploiement et l'intégration de nouveaux services. En complément, la plateforme doit être capable de gérer une multitude de données et de services provenant de plusieurs zones géographiques. Enfin, l'optimisation de la consommation énergétique s'inscrit dans la volonté d'avoir une solution basée sur la sobriété numérique, un critère essentiel pour l'acceptabilité des collectivités et assurer une consommation électrique contrôlée et maîtrisée.
- **Connectivité :** Un des verrous à lever concerne les besoins de connectivité pour le déroulé du cas d'usage protection des vulnérables. La détermination d'une valeur de latence (temps réel) est un premier facteur clé de réussite. D'autre part, le choix du standard de communication, à savoir ITS G5 ou C-V2X est également un verrou majeur à lever. Dans 5G Open Road, le but est de comprendre ce que le C-V2X et la perception débarquée peuvent apporter aux véhicules automatisés L2 à L4 pour répondre aux réglementations de sécurité en vigueur et ainsi garantir une fluidification du trafic en zone urbaine. Le projet a également pour vocation de déterminer le bon niveau d'approche entre les informations embarquée et débarquée dans la prise de décision du véhicule connecté.





*Zone de couverture Bouygues Telecom sur la zone de Vélizy*

Points clés à retenir :

**Verrous techniques à identifier et à résoudre:**

- Latence et temps de réponse ultra-faibles pour les véhicules autonomes.
- Infrastructure évolutive et modulaire pour une intégration fluide.
- Gestion efficace des données massives en temps réel.
- Choix du bon standard de communication (ITS G5 ou C-V2X).
- Mise en place d'un modèle économique viable.
- Protection rigoureuse des données et respect des réglementations.

- Gestion des données et du modèle économique : La construction d'une **chaîne de valeur**, de services, et de responsabilités entre les acteurs en mode agile est déterminant. Les véhicules autonomes ou connectés diffuseront des **volumes inédits de données** qu'il faudra stocker, traiter et analyser dans des temps contraints. La politique optimisée de collecte de données est un défi pour permettre les prises de décisions en temps réel. Les volumes de données provenant de différentes sources sont porteurs d'informations nécessaires pour des décisions coopératives rationnelles et robustes. Il conviendra donc d'étudier les techniques de **fusion de données** qui permettront de les analyser très rapidement et de prendre une décision rapide, proportionnée et incisive. De gros volumes de données seront créés et partagés afin de construire, au-delà du service de la mobilité, des **espaces de partage de données** (« shared data spaces ») qui serviront comme base afin d'apporter de la valeur ajoutée pour la création de services innovants.
- Sécurité & Confidentialité : Ce sont deux enjeux indispensables pour **sécuriser les échanges** de flux de données, les interactions entre véhicules ainsi que les infrastructures bords de route et plateformes.

Le modèle technique d'appuie sur des standards de conformité tels que 3GPP, ISO21434, ISO26262, SOTIF et RGPD au sein des développements du projet pour garantir un niveau élevé d'interopérabilité. Un des leviers pour surmonter ce verrou est la mise en œuvre de contrôles d'accès stricts et de mécanismes de chiffrement pour protéger les données en transit et au repos.

Les principales normes et certifications respectées :

- 3GPP : Protocoles de communication pour les réseaux mobiles
- ISO21434 : Cybersécurité des véhicules routiers
- ISO26262 : Sécurité fonctionnelle des véhicules routiers
- SOTIF : Sécurité des technologies de l'information pour les transports
- RGPD : Règlement général sur la protection des données

### 2.1.3 Quelles sont les synergies d'un point de vue technique pour résoudre les verrous techniques entre les différentes parties prenantes ?

Au sein de 5G Open Road, la richesse de l'écosystème permet d'aborder les verrous techniques sous différents angles et favorise la synergie entre les parties prenantes pour les résoudre. Cette collaboration pluridisciplinaire s'illustre par plusieurs exemples concrets.

**Durabilité** : L'implication d'un acteur comme le Cerema a permis d'évaluer de manière précise les impacts sociétaux et environnementaux de la plateforme, garantissant son développement durable.

**Connectivité** : Les exigences de la plateforme en matière de connectivité pour les cas d'usage de protection des personnes vulnérables ont été définies et atteintes de manière itérative grâce à des tests sur routes ouvertes et fermées ainsi qu'à la collaboration entre constructeurs et fournisseurs de services de connectivité. La plateforme de services et de données a été conçue pour être interopérable et s'interfacer avec une large gamme d'équipements, facilitant l'intégration des différents systèmes.

**Standards** : La capacité de Lacroix à basculer entre ITS G5 et C-V2X sur ses équipements a permis d'effectuer des tests d'abord en ITS puis en C-V2X, permettant ainsi de comparer les deux standards et de

mieux comprendre les caractéristiques du C-V2X. La capacité de Capgemini de remonter les alertes DENM en standard ITS avec des informations de la Sécurité Routière en standard DATEX 2.

**Partage des données :** Le partage des données est un verrou majeur dans le projet, nécessitant une collaboration étroite entre les partenaires. Des problèmes de messages incomplets ou erronés ont été rencontrés lors des tests. La synergie entre les partenaires a permis de résoudre ces problèmes techniques, améliorant la réception des messages par les TCU des constructeurs et la précision de la plateforme.

## 2.2. Définir l'architecture technique globale

### 2.2.1 Quelle est l'architecture fonctionnelle globale de l'intersection intelligente ?

L'architecture globale doit être conçue pour répondre efficacement aux défis de protection des personnes vulnérables. Ceci est possible en intégrant des dispositifs positionnés aux intersections qui s'appuient sur une analyse intelligente en temps réel des déplacements des véhicules et des situations dangereuses.

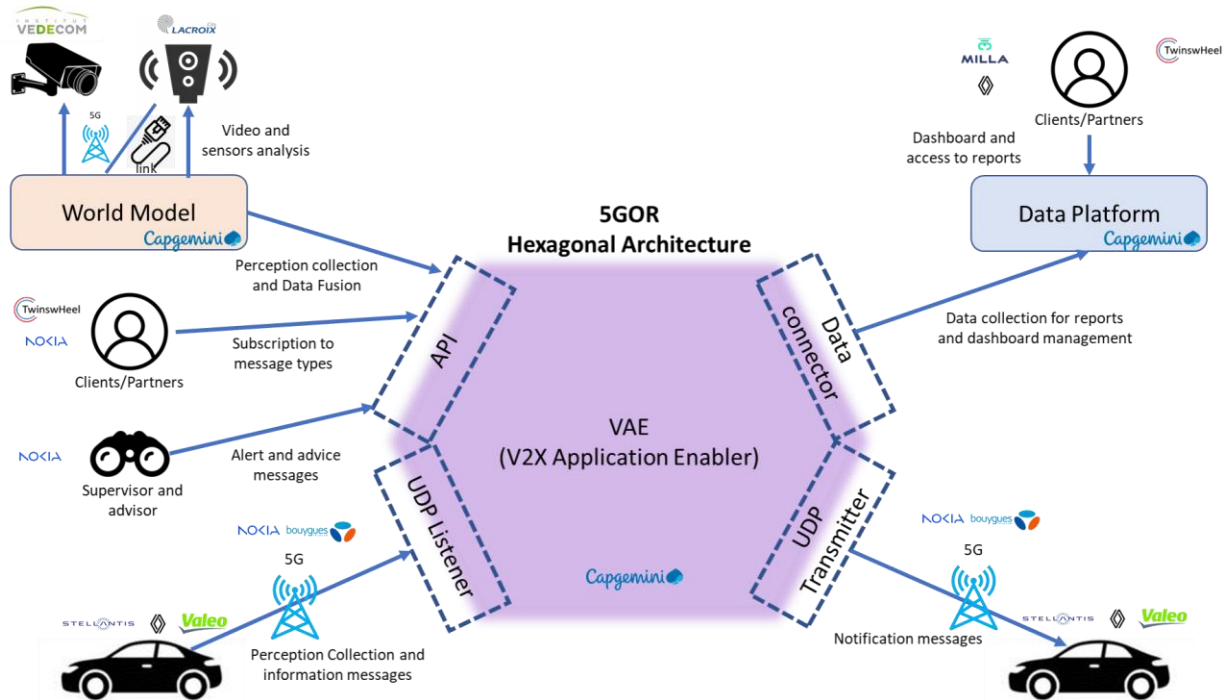
Cette architecture établit des liens entre le domaine physique et numérique afin d'intervenir par l'émission d'alertes ou de notifications qui permettent aux conducteurs ou aux véhicules (L4+) d'anticiper un événement non détecté par les systèmes embarqués.

Les fonctionnalités découlant de cette architecture se concentrent autour de trois axes principaux :

1. La réception et le traitement par la plateforme des messages provenant des véhicules
2. L'analyse visuelle de l'environnement par les infrastructures débarquées
3. La communication aux véhicules d'informations et d'alertes nécessitant une prise de décision par les conducteurs ou les systèmes embarqués

Pour garantir le bon fonctionnement de l'architecture, la phase d'analyse de l'existant et la détermination des besoins spécifiques à chaque intersection sont des étapes indispensables dans le succès de la mise en œuvre d'une architecture globale de bout en bout.

De nombreuses étapes de préparation en lien avec le modèle opérationnel sont à prévoir afin de définir une architecture idéale et adaptée. Des étapes techniques, telles que la calibration des caméras, le positionnement, l'hébergement des infrastructures, le dimensionnement des ressources, l'analyse de la performance des réseaux et l'évaluation de multiples scénarios possibles, seront nécessaires pour la définition de cette architecture.



L'architecture « hexagonale » a été choisie pour sa capacité à rendre les systèmes logiciels plus modulaires, évolutifs et testables. Elle se concentre sur une séparation des domaines techniques pour faciliter les différentes interactions entre les éléments extérieurs.

En optant pour une architecture hexagonale basée uniquement sur 4 fonctions principales, la dépendance technique est réduite avec une capacité d'adaptation élevée pour conserver une grande flexibilité lors de futures évolutions et des changements par une approche technologique agnostique.

L'adoption d'une architecture hexagonale vise à améliorer la maintenabilité, la scalabilité et la robustesse des systèmes logiciels.

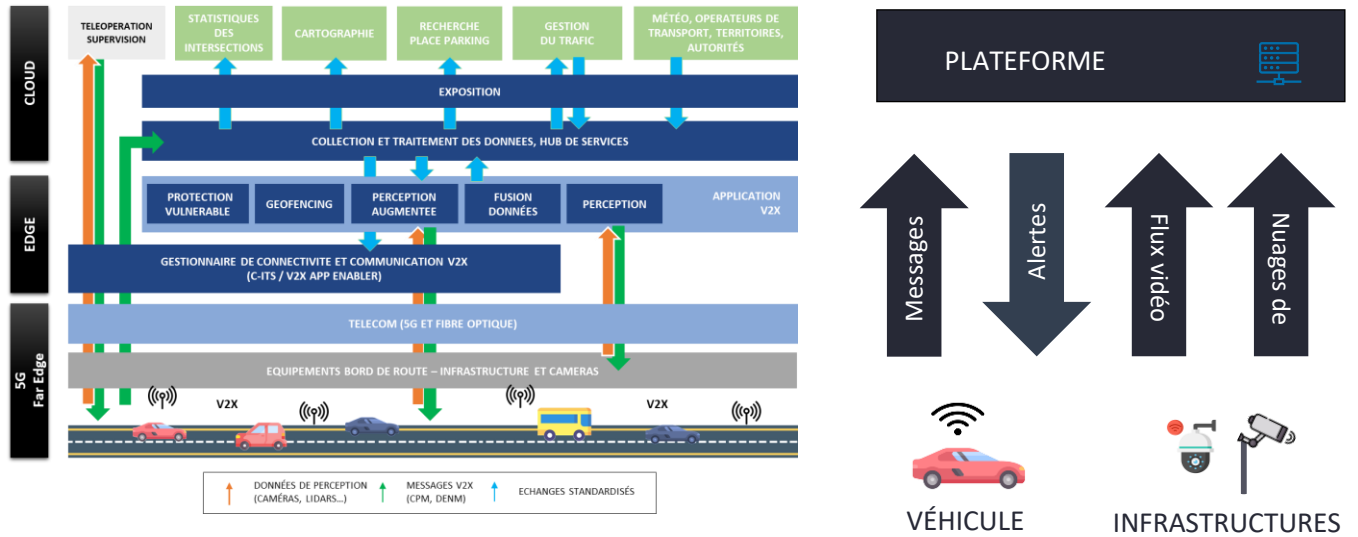
Point clés à retenir :

- L'architecture doit recevoir et traiter les messages provenant des véhicules, tels que leur position, leur vitesse et leur direction.
- Des caméras et d'autres capteurs installés à l'intersection doivent analyser l'environnement en temps réel pour détecter les piétons, les cyclistes et autres usagers vulnérables.
- L'architecture doit être conforme aux normes et réglementations en vigueur en matière de sécurité et de confidentialité des données.
- Les données collectées doivent être analysées en temps réel pour identifier les situations dangereuses et potentiels accidents.
- Sur la base de cette analyse, l'architecture doit prendre des décisions et générer des alertes ou des notifications.
- Les alertes et notifications doivent être communiquées aux conducteurs ou aux systèmes embarqués des véhicules (L4+) en temps réel.

## 2.2.2 Quelles sont les différentes technologies utilisées par les équipements pour communiquer ?

Les équipements communiquent principalement à travers ces technologies :

1. La **5G** a pour ambition de répondre aux enjeux de fiabilité et de latence en comparaison avec la technologie 4G existante. D'après ses spécificités, elle améliore la sécurité et facilite les échanges. Elle permet la réception et la transmission des données collectées de la voie publique (enregistrées par les unités bords de routes) pour fusion et traitement mais aussi pour notifier/alerte en temps réel les véhicules. Cependant, il faut garder en tête que la 5G sur une intersection intelligente permet la réalisation d'un plus grand nombre de cas d'usages (notamment autour de la sécurité qui requiert une faible latence). Mais, il est également possible de réaliser certains cas d'usage sans l'utilisation de la 5G pour la communication V2X, hormis pour les cas d'usages autour de la sécurité qui nécessitent une faible latence.
2. Le **C-V2X** (Cellular Vehicle to everything) est le moyen de communication des véhicules connectés. Il regroupe deux protocoles de communication le PC5 et le UU. Le PC5 permet la communication directe à courte portée entre véhicule, tandis que le UU passe par le réseau cellulaire et permet la communication longue portée.
3. **L'EDGE** est nécessaire pour fournir une capacité de calcul et de traitement au plus près des situations critiques et des véhicules. L'utilisation de l'EDGE comme solution de proximité dépendra de plusieurs critères comme les infrastructures disponibles, de la latence acceptable ou encore l'accessibilité des capteurs. Dans certaines situations, il pourra être envisagé une utilisation dans le Cloud notamment pour le traitement des messages V2X. L'EDGE contribue à la mise en place du jumeau numérique de l'intersection.
4. Le **Cloud** est au cœur de la plateforme de données et de services. Il permet de stocker l'ensemble des données remontant des véhicules et des Infrastructures débarquées. Une fois stockée, les données peuvent ensuite être analysées, traités et enrichies pour les besoins de cas d'usage identifiés et mettre en œuvre de nouveaux. Une plateforme Cloud assure la **centralisation**, la **sécurisation** et l'**administration** des données pour **délivrer les services de mobilité connectée. Il peut remonter certaines informations pour alerter des « intersections dangereuses » ou « situations dangereuses dans une zone » vers l'EDGE.**
5. Le **boitier télématique** présent à bord des véhicules permet à ces derniers d'interpréter/échanger des données en lien avec leur environnement. Les constructeurs automobiles du projet travaillent sur le développement de logiciel de conduite/pilotage.
6. **Standard ETSI** : Les équipements profitent du standard ETSI et des messages ITS (DENM, CAM, CPM) pour communiquer entre eux. Les messages ITS contiennent des champs obligatoires et optionnels communiquant des informations tels que la vitesse, l'orientation du véhicule, etc.
7. **IHM** : L'Interface Humain Machine (IHM) permet au véhicule d'afficher au conducteur les données qui ont été interprétés par le boitier télématique.



Les équipements de communication sont conçus pour opérer de manière fluide et efficace grâce à l'utilisation de protocoles standardisés. Ces protocoles garantissent une interopérabilité parfaite entre les diverses fonctions permettant ainsi une intégration harmonieuse dans des environnements complexes. Qu'il s'agisse de réseaux informatiques, de systèmes de télécommunications ou d'applications, l'adoption de ces normes de communication favorise une connectivité sans heurts et une collaboration transparente entre les différents composants.

Points clés à retenir :

- La 5G offre une fiabilité et une latence améliorées par rapport à la 4G, ce qui est crucial pour les applications de sécurité routière à faible latence.
- Le C-V2X utilise les protocoles PC5 (courte portée) et UU (longue portée) pour la communication directe entre les véhicules et le réseau cellulaire, respectivement.
- Le choix de la technologie dépend des cas d'utilisation spécifiques et des exigences de latence.
- Le Cloud fournit un stockage centralisé et sécurisé pour les données des véhicules et des infrastructures.
- L'EDGE (informatique en périphérie) offre un traitement local des données à faible latence pour les applications critiques.

## 2.3. Définir les interfaces

### 2.3.1 Quelles sont les interactions au sein de l'infrastructure entre les différents composants ?

Les principales interactions structurantes sont :

#### - Réception de messages des véhicules connectés

Un véhicule communiquant avec la technologie V2X est capable d'envoyer plusieurs messages par secondes contenant une multitude d'information comme sa position GPS et sa vitesse. La capacité de l'architecture devra répondre à la réception de ces messages, au traitement et à l'interprétation afin de prendre des décisions.

#### - Equipements de bord de route

L'architecture doit être capable de s'adapter à différentes technologies potentielles pour les équipements en bordure de route, qu'ils soient centralisés sur un serveur ou accessibles via une passerelle en local ou dans un système d'information distant, ainsi qu'à différents protocoles de lecture vidéo (HTTP, RTSP) et formats d'encodage ou de représentation spatiale.

#### - Perception externe

Des sources de perception externe peuvent interagir afin d'apporter ou non des compléments d'informations pour l'aide à la précision ou à la décision. Il convient de pouvoir interpréter correctement cette perception avec la capacité de fusionner des données à des fins de complétude et d'enrichissement.

Une compréhension approfondie de l'écosystème et des parties prenantes permettront d'identifier toutes les interactions que le modèle technique doit intégrer pour répondre aux besoins des différentes fonctionnalités de la plateforme.

#### - Traitement et Transmission de messages

L'EDGE reçoit des informations en provenance de différents systèmes, depuis des véhicules ou des perceptions externes mais également en provenance de la plateforme Cloud, les traite puis les transmet sous formes de messages.



### 2.3.2 Quels services le modèle technique pourra-t-il exploiter ?

Le modèle technique pourrait exploiter une variété de services pour répondre à divers besoins. Ces services incluent les services de perception, qui soutiennent la détection de l'environnement dans un large spectre, comprenant l'acquisition de signaux, le traitement élémentaire et le stockage.

**Les services de perception** permettent d'identifier, classifier et tracker les objets du trafic à partir de données issues de différentes technologies (LiDAR et caméras) et de différents algorithmes (Deep Learning, motion detection, *nuages de points*, etc.). Ils s'appuient sur des technologies de l'IA et l'apprentissage profond pour extraire en temps réel des informations précises sur le trafic et détecter différentes classes d'objets dans une scène urbaine, telles que les piétons, les véhicules, les cyclistes. En analysant différents flux de données reçus de différents capteurs (lidar, caméra, etc.) pour détecter les objets (localisation), les reconnaître (piéton, voiture, cycliste...) et les suivre dans le temps (tracking), générant ainsi un message CPM de perception.

**Les services d'interprétation** utilisent les services de perception pour enrichir la connaissance des événements actuels et futurs. Le service d'interprétation analyse les objets perçus pour générer un message DENM en cas de risque de collision ou de congestion. Un système d'alerte de collision est conçu pour avertir les usagers de la route d'un risque de collision. Il offre également un service de détection de congestion qui analyse en temps réel les données des véhicules et des piétons pour identifier les situations de congestion potentielles.

Les services de perception débarqués, associés à des services d'interprétation, visent à fournir des informations relatives à l'environnement, et à assurer un service d'anticipation des situations à risque au niveau des intersections. Ils contribueront à accroître la sécurité des systèmes de mobilité autonome. **Les services de supervision** utilisent les services de perception et d'interprétation pour fournir une supervision avancée des objets et des personnes, nécessitant généralement un canal de retour pour transmettre des informations aux véhicules concernés dans une zone.

**Les services de télécommunication** assurent une connectivité de base, qu'elle soit sans fil comme la 5G ou filaire.

**Les services Edge** prennent en charge les opérations et l'infrastructure au plus proche de la scène avec une distinction entre les services de télécommunication et non télécommunication.

**Les services C-V2X** ont fournis par le VAE assurant une interopérabilité entre les véhicules et les systèmes.

**Les services de données** incluent la collecte de données, les cas d'utilisation, les statistiques, l'historique et les tableaux de bord. Mais également la mise à disposition des données de manière plus interactive via des service API et autres transformations des données en messages DENM automatisées, grâce à leurs données historiques d'intersections dangereuses et leurs données vivantes de la sécurité routière.

Les services Pop facilitent le cycle de vie du système et sont partagés à travers les plateformes et les domaines.

Enfin, **les services externes** comprennent la gestion des clés (PKI), les données officielles de météorologie, les données territoires et la signalisation entre autres.

En utilisant ces services de manière intégrée, le modèle technique peut offrir une gamme complète de fonctionnalités répondant aux besoins variés autour des enjeux 5G Open Road.

#### Points clés à retenir :

### 2.3.3 Quels sont les formats de données et les protocoles qui seront utilisés ?

Il est essentiel d'opter pour des formats reconnus et des protocoles éprouvés afin de faciliter l'échange et la manipulation des données entre différents systèmes. Toutefois, dans un environnement en constante évolution et intégration, le modèle technique doit également être conçu de manière à être agnostique vis-à-vis des types de données spécifiques et capable de s'adapter à de nouveaux formats ou protocoles émergents. Cette adaptabilité garantit la pérennité du modèle et sa capacité à rester pertinent dans un paysage technologique en perpétuelle mutation, offrant ainsi une flexibilité nécessaire pour répondre aux besoins changeants des utilisateurs et des systèmes. En intégrant cette approche d'agnosticisme et de flexibilité, le modèle technique peut assurer une compatibilité future et une évolutivité sans compromettre sa fonctionnalité et son efficacité opérationnelle.

#### **VAE <-> Véhicules (V2I)**

Les messages émis et reçus par le véhicule sont au format ASN1 UPER en utilisant le protocole UDPIP sous le standard de communication ITS-V2X.

Ces données permettent de comprendre l'évolution d'un véhicule dans l'espace en connaissance de sa location GPS qu'il transmet, sa vitesse ou encore des données de perception embarquée.

#### **Véhicule A <-> Véhicule B (V2V)**

Ces messages utilisent la même normalisation qu'avec le VAE mais il s'agit d'une communication de type message V2V (Vehicule to Vehicule) permettant ainsi de prévenir par messages des véhicules en amont d'une détection d'incident par une perception embarquée d'un véhicule en aval par exemple.

#### **VAE <-> Plateforme de données (Cloud)**

La plateforme de données réceptionne l'ensemble des messages du VAE dans un but d'analyse de l'historique et pour répondre à des cas d'usage nécessitant un enrichissement des données brutes avec des données externes ou des « Open Data ».

L'interface ne nécessite pas une synchronisation en temps réel. L'objectif est l'analyse de données brutes afin d'établir des rapports de situation, des prises de décision et par exemple la construction de nouveaux messages à transmettre aux véhicules sur des incidents récurrents dans une zone dans un but préventif.

Les messages sont concaténés et stockés temporairement dans le VAE en fichiers JSON. A la demande ou de façon planifiée, les fichiers sont envoyés vers le Cloud via le protocole SFTP dans un Datalake.

La plateforme de données peut également remonter les informations de protection des vulnérables comme des « intersections dangereuses » où des accidents ont été produits ou des « situations dangereuses » vers la VAE qui les traite et envoie des messages DENM vers les véhicules qui se trouvent dans la zone.

#### **VAE <-> World Model**

La communication entre la perception débarquée (World Model) et le VAE est établie via API (Standard ETSI/3GPP). Le World Model s'abonne aux messages perçus par le VAE afin de fusionner les données visuelles qu'il perçoit par les caméras ou autre dispositif et les données numériques (CAM/CPM). Le World Model détecte par algorithme des situations dangereuses et peut transmettre des messages type DENM (Decentralized Environmental Notification Message) au VAE afin de les acheminer directement vers les véhicules ou un superviseur.

#### **VAE <-> Superviseur**

Le superviseur s'abonne par souscription API (HTTPS/JSON) aux messages du VAE afin de connaître l'environnement (Véhicules, données de perception débarquée, ...). Sur indication de la perception débarquée par un message type DENM, le superviseur va pouvoir alerter les véhicules concernés et indiquer une instruction à suivre comme une réduction de vitesse ou un changement d'itinéraire.

#### **World Model <-> Caméras**

Les caméras sont exploitées par la perception débarquée (World Model) afin d'analyser l'ensemble visible de la scène par captation des formats vidéo classique des caméras (H264/H265) par les protocoles HTTP ou RTSP (HTTPS / SRTSP pour les flux sécurisés)

#### **World Model <-> LIDAR**

Le World Model utilise le LIDAR pour capter des nuages de points définissant la scène afin d'apporter des précisions non captées par des caméras vidéo. Ces images sont des fichiers RGB au format LAS ou LAZ.

## 2.4. Définir un plan de sécurité et de confidentialité

### 2.4.1 Comment les éléments seront protégés contre l'accès non autorisé ?

Une stratégie de gouvernance cyber a été établie dès le début du projet pour donner suite à une analyse des risques approfondie. Les instances de comitologie ont été définies avec précision, détaillant leurs fréquences de réunion, les participants impliqués et les sujets traités. Parallèlement, des indicateurs de performance ont été élaborés pour surveiller efficacement les risques en matière de cybersécurité.

Ensuite, une attention particulière a été portée à la gestion des identités et des accès. Le principe de hiérarchisation des droits d'accès aux informations en fonction du rôle de chaque utilisateur a été mis en place. Nous avons privilégié une authentification forte, exigeant l'utilisation de mots de passe robustes et régulièrement renouvelés pour accéder aux données sensibles.

Une vigilance constante est nécessaire à l'égard des nouveaux arrivants ainsi que des anciens collaborateurs du projet. Il est primordial d'assurer un accès approprié aux informations pour les nouveaux entrants et retirer l'accès aux anciens pour respecter notre éthique en matière de cybersécurité. À cette fin, un système d'automatisation pour la gestion des mouvements a été développé.

Enfin, l'élaboration d'une échelle de classification pour les données en fonction de leur degré de sensibilité renforce la protection contre les accès non autorisés. Pour maintenir un niveau élevé de sécurité, il est impératif de disposer des meilleurs outils disponibles pour faciliter la gestion des données. En ce qui concerne les données de la Plateforme Cloud, l'accès à celles-ci sont gérées à deux niveaux. Le premier niveau est l'accès aux services logicielles autorisées par profil d'utilisateurs définis selon les cas d'usage, le second est l'accès aux données proprement dit dont certaines peuvent être non partageables (données partenaires par exemple ou données techniques de la plateforme elle-même)

### 2.4.2 Comment la confidentialité des données sera-t-elle protégée ?

Pour assurer la protection de la confidentialité des données, plusieurs mesures ont été prises. Tout d'abord, une sensibilisation des parties prenantes du projet aux risques de cybersécurité a été entreprise à travers la conception d'un programme de formation adapté à différents profils impliqués dans le projet.

Une architecture de référence a été définie et déployée afin de sécuriser le système d'information. Cette démarche opérationnelle implique la déclinaison des risques de haut niveau identifiés, accompagnés de solutions de sécurité appropriées comme dans un contexte classique d'un SI. Une méthodologie de gestion des risques a été élaborée, incluant des responsables désignés, une évaluation des niveaux de risque, une typologie des menaces, ainsi qu'une revue régulière des risques. Des analyses périodiques des risques et des vulnérabilités sont effectuées, tant au niveau des différentes composantes de la plateforme que des logiciels Opensource utilisés.

Par la suite, une stratégie de gestion des vulnérabilités a été mise en place, impliquant la formalisation et l'automatisation des procédures de scan de vulnérabilité. La fréquence des scans est déterminée en fonction des évolutions du projet et de la criticité des actifs, comprenant les briques de la plateforme et les logiciels Opensource.

Un processus de gestion des informations et des événements de sécurité a été établi, incluant la désignation d'un analyste de sécurité SIEM (Security Information and Event Management). Une politique de sauvegarde adaptée au contexte du projet a été développée, ainsi qu'une stratégie de journalisation spécifiant le type de logs, leur fréquence et leur périmètre. Les logs sont collectés et consolidés à des fins de supervision.

Enfin, une stratégie de tests des composants et des exercices de gestion de crise cyber sur la plateforme ont été définis et mis en œuvre pour garantir la résilience du système face aux menaces émergentes.

### 2.4.3 Quelles sont les principales mesures de sécurité à mettre en place pour protéger les systèmes des cyberattaques ?

Lors de l'évaluation initiale des risques, plusieurs scénarios critiques ont été identifiés, avec des mesures de sécurité correspondantes pour atténuer ces risques.

Ci-dessous, les 5 principaux risques et les mesures de sécurité associées à appliquer :

Le premier risque concerne **la transmission de messages erronés** depuis la plateforme vers les véhicules, pour palier à ce risque plusieurs mesures sont à mettre en place. Tout d'abord il faut **protéger la plateforme** contre les intrusions avec l'utilisation de Firewall, de WAF (web application Firewall) ou encore de VPN (virtual private network). Par la suite, il faut **contrôler l'intégrité de la plateforme** en utilisant un outil de monitoring de fichier (Tripwire) qui permet de se prémunir contre l'altération de fichier. De plus, la **détection de comportement anormal** est à surveiller, pour cette raison **le contrôle des droits d'accès** est une priorité. En complément, la **gestion des identités** via les IAM (Identity and Access management) permet d'identifier efficacement la mauvaise conduite. Enfin, la **protection des clés de signature** supporter par les HSM (Hardware Security Module) couplé à l'utilisation de PKI (Public Key infrastructure) permet de réduire le risque lié à un détournement de clé.

- Impact du risque : Ces mesures permettent de s'assurer que la plateforme n'envoie pas de messages erronés à destination des véhicules et permet d'assurer le bon déroulé du cas d'usage « protection des vulnérables ».

Le second risque concerne **la transmission de messages erronés des véhicules vers la plateforme**. Pour pallier ce risque, il est primordial de **contrôler l'intégrité des capteurs embarqués** au sein des véhicules. En complément, il faut **s'assurer que l'accès à ces systèmes embarqués est protégé**, notamment à l'aide d'IAM et de PKI. Ensuite, il est important de **détecter les messages considérés comme anormaux** qui sont reçus par la plateforme. Enfin, la **signature et la vérification des messages** au travers l'utilisation de PKI renforce la sécurité des échanges.

- Impact du risque : Ces mesures permettent de certifier la véracité du message reçu par la plateforme et garantir un service de bonne qualité pour traiter le cas d'usage « protection des vulnérables ».

Le troisième risque à considérer est le **détournement du flux vers une plateforme de données malveillante**.

Pour se protéger de cette menace, plusieurs mesures de sécurité doivent être mises en œuvre. Tout d'abord, il est essentiel **d'adopter une approche de développement sécurisé avec du code compilé** afin de réduire les vulnérabilités potentielles. Ensuite, une **gestion active des vulnérabilités** est nécessaire pour détecter et corriger rapidement les failles de sécurité. Des **protocoles de communication sécurisés doivent être établis** pour garantir l'intégrité des données échangées entre les différents composants de l'intersection en prenant en compte notamment les recommandations de l'ANSSI (Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information) et ou du CIS (Center of Internet Security). Le contrôle de l'intégrité des passerelles, à l'aide d'outils tel que Tripwire, est crucial pour détecter toute tentative d'intrusion ou de compromission. Enfin, une supervision efficace de la cybersécurité, assurée par un Centre Opérationnel de Sécurité (SOC), permettra une surveillance constante des activités suspectes et une réponse rapide en cas d'incident. En combinant ces mesures, il est possible de renforcer la sécurité de l'intersection intelligente et de prévenir efficacement le reroutage du flux vers des plateformes de données malveillantes.

Impact du risque : Ces mesures permettent de diminuer la possibilité de vol de données pouvant être utilisés à des fins malveillantes.

Le quatrième risque à considérer est le spoofing des signaux GPS.

Dans le cadre de la cybersécurité, le **spoofing représente l'usurpation d'identité numérique**. Pour contrer cette menace, plusieurs mesures doivent être mises en place. Tout d'abord, il est essentiel de **détecter tout brouillage en cours** afin de prévenir toute manipulation des signaux GPS. Ensuite, il est nécessaire de **mettre en place des mécanismes de détection d'incohérence des données reçues**, ce qui permettra d'identifier rapidement toute tentative de spoofing. De plus, l'utilisation de **GPS équipés de technologies de détection de distorsion** peut contribuer à renforcer la fiabilité des données de localisation et à réduire les risques de spoofing. En combinant ces mesures, il est possible de mieux sécuriser l'infrastructure d'une intersection intelligente contre les attaques de spoofing des signaux GPS.

Impact du risque : Si un attaquant réussit à usurper l'identité numérique d'un véhicule ou d'un piéton, il pourrait **manipuler les informations de localisation et de mouvement**, ce qui pourrait entraîner des accidents.

**L'indisponibilité d'équipements en bord de route** peut compromettre gravement les performances et la sécurité d'une intersection intelligente. Pour atténuer ce risque, plusieurs mesures doivent être mises en place. Tout d'abord, il est nécessaire de **mettre en œuvre une détection locale d'incidents** afin d'identifier rapidement tout dysfonctionnement ou panne au niveau des équipements. Ensuite, une **supervision continue des systèmes** est essentielle pour permettre une intervention rapide et minimiser les perturbations. La détection d'ouverture de châssis peut également contribuer à la sécurité en **signalant toute tentative d'accès non autorisé** aux équipements en bord de route. Le démarrage sécurisé des équipements, associé à l'utilisation de firmwares signés, renforce la protection contre les attaques visant à compromettre l'intégrité du système. Enfin, le contrôle d'accès en bord de route, permet de limiter l'accès aux équipements uniquement aux utilisateurs autorisés, réduisant ainsi les risques de manipulation ou de sabotage. En combinant ces mesures, il est possible d'améliorer la disponibilité et la sécurité des équipements en bord de route au sein d'une intersection intelligente.

Des risques additionnels ont été identifiés mais non détaillés dans ce modèle, tels que le rançongiciel sur la plateforme de données, l'indisponibilité d'un data center ou la corruption de la base de données d'une collectivité territoriale, etc..

## **Glossaire**

WAF : Web Application Firewall

VPN : Virtual Private Network

Tripwire : Outil de monitoring de fichier (prévention contre les altérations de fichier)

EDR : Endpoint Detection and Response

SOC : Security Operations Center

IAM : Identity and Access Management

PKI : Public Key Infrastructure

HSM : Hardware Security Module (Boîte noire transactionnelle)

NAC : Network Access Control (IEEE 802.1x)

### 2.4.4 Quels sont les plans d'actions identifiées pour la continuité et reprise d'activité en cas d'arrêt ?

Pour assurer la continuité des activités et la reprise en cas d'arrêt, des plans de reprise (PRA) ou de continuité d'activité (PCA) ont été élaborés.

Tout d'abord, il est essentiel d'identifier et de classer les actifs et les données en fonction de leur criticité. Ces informations sont cruciales pour déterminer les priorités lors de la mise en œuvre des plans de reprise.

Les scénarios de risques de haut niveau, identifiés lors de l'étude cybernétique, sont également intégrés dans les PRA/PCA. Ces scénarios permettent de prévoir et de se préparer aux éventualités les plus critiques.

Pour compléter le PCA, il est indispensable d'établir un plan de communication de crise, à la fois interne et externe. Ce plan garantit une gestion efficace des communications pendant une période de crise, assurant ainsi la transparence et la coordination au sein de l'organisation ainsi qu'avec les parties prenantes externes.

Une estimation précise du délai de remise en route (RTO - Recovery Time Objective) et de la période acceptable durant laquelle les données peuvent être perdues (RPO - Recovery Point Objective) est

également réalisée. Ces paramètres sont déterminants pour évaluer l'impact et la faisabilité des plans de reprise.

Enfin, il est impératif de tester régulièrement les PCA/PRA pour s'assurer de leur efficacité et de leur fiabilité. Les tests permettent d'identifier les éventuelles lacunes et de les corriger, assurant ainsi que l'organisation est prête à faire face à toute situation d'urgence.



## 3.Modèle Réglementaire

Cette partie a pour ambition d'identifier un plan d'actions pour se conformer aux règles en vigueur ainsi qu'obtenir les approbations nécessaires à tous les acteurs impliqués dans le projet pour garantir la mise en place et l'exploitation de l'intersection intelligente en toute conformité. Pour ce faire, une analyse du cadre réglementaire a été menée en identifiant les réglementations applicables au projet ainsi que la consolidation des exigences et des autorisations nécessaires, de la conception à la mise en exploitation.

### 3.1. Définir le périmètre réglementaire

3.1.1 Quels sont les impacts du cadre réglementaire sur les véhicules et le développement d'une perception débarquée ?

- Le cadre réglementaire a un impact significatif sur les véhicules et le développement d'une perception débarquée. Il définit les normes de sûreté de fonctionnement qui englobent la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité. Ces normes visent à minimiser trois grandes familles de risques en termes de sécurité : les risques dus à une défaillance fonctionnelle (matérielle ou logicielle) d'un système End to End, les risques dus aux limitations, faiblesses ou usages inadaptés du système, en l'absence de défaillance mais présence d'un événement extérieur déclencheur, et les risques liés à des attaques extérieures sur le système (cyber-attaques).
- Les systèmes électroniques complexes sont soumis à des exigences spécifiques qui permettent de démontrer que le "système" satisfait les prescriptions d'efficacité spécifiées dans le règlement concerné pour fonctionner de manière à n'entraîner aucun risque critique pour la sécurité.
- Au niveau de l'Union Européenne, la réglementation EC 2022/1426 (ADS Act) de la Commission Européenne (CE) s'applique aux systèmes ADS, aux véhicules de transport de personnes ou de marchandises entièrement automatisés sur une zone prédéfinie ou une aire de stationnement (petites séries uniquement à ce jour).
- En France, le décret n°2021-873 du 29 juin 2021 s'applique pour les véhicules à délégation de conduite ou équipés d'un système de conduite automatisé, destinés à être déployés dans un service de transport routier automatisé. Ces réglementations ont un impact direct sur la conception, le développement et le déploiement des véhicules et des systèmes de perception débarquée. Ils définissent les normes de sécurité et d'efficacité que ces systèmes doivent respecter, ce qui peut influencer les choix technologiques et stratégiques des entreprises dans ce domaine.
- La perception débarquée s'appuie sur la présence de caméras de vidéosurveillance, la voie publique est ainsi filmée et les flux vidéo sont analysés et traités dans le processus de génération des messages à l'intention des véhicules. Le projet devra donc respecter un ensemble de contraintes règlementaires concernant la protection des données.

3.1.2 Quelles sont les conditions réglementaires pour l'exploitation des données personnelles récoltées ?

Dans le cadre du projet 5G Open Road, la mise en place d'analyse vidéo sur la voie publique et l'exploitation des données personnelles (mesures RGPD) ont nécessité un travail conséquent dans la préparation des dossiers pour obtenir les autorisations.

### **L'enregistrement vidéo de la voie publique**

Concernant l'enregistrement il est crucial de prendre en compte le respect des droits individuels. Chaque personne a le droit d'accéder à ses informations et de les supprimer. Il est donc nécessaire d'instaurer des mesures pour assurer que ces enregistrements vidéo ne portent pas atteinte à la confidentialité des personnes. Cela peut inclure des techniques de floutage des visages ou de cryptage des données. De plus, il est important de définir clairement qui a accès aux enregistrements et dans quelles circonstances.

Malgré un contexte juridique évolutif autour de l'intelligence artificielle exploitée dans les vidéos de surveillance, nous verrons que les exploitants de ces flux vidéo au sein du projet ont pris les mesures nécessaires pour exploiter ces données de façon responsable.

### **L'exploitation des données personnelles récoltées**

Capgemini, avec le support des partenaires du consortium, a fait l'exercice de lister et répondre aux mesures de sécurité en lien avec le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). Ces mesures couvrent un ensemble de sujets tel que la sensibilisation, l'authentification des utilisateurs, la gestion des habilitations, le traçage des opérations, la gestion des incidents, etc. Pour chacun de ces domaines, plusieurs mesures entrent en compte :

- Dans le but de **sensibiliser les personnes manipulant les données**, des séances d'information ont été organisées. Cette démarche a été accompagnée par l'envoi régulier de mises à jour des procédures en lien avec les fonctions des individus, ou encore des rappels par message électronique.
- Un **document d'exploitation des données personnelles** a été rédigé dans un langage clair et adapté à chaque catégorie d'utilisateurs pour faciliter la compréhension des enjeux.
- Pour ce qui concerne le volet **authentification des utilisateurs**, un identifiant unique a été assigné à chaque utilisateur en complément de mesures recommandés par la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés) et l'ANSSI (Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information) concernant les mots de passes. En effet, ces organismes préconisent de stocker les mots de passes de façon sécurisé sur Linux, d'appliquer des renouvellements de mot de passe pour les administrateurs et de limiter le nombre de tentatives d'accès à un compte.
- La **gestion des habilitations** insiste sur la définition de profils utilisateurs avec des accès et droits différents en fonction des besoins. Ainsi, toute demande d'habilitation doit être traitée par un responsable. De plus, il faut veiller à une actualisation de ces droits, la suppression des permissions d'accès est primordiale dès lors qu'un collaborateur quitte le projet.
- Le **traçage des opérations et des incidents** quant à lui met l'accent sur le système de journalisation. Les logs doivent être conservés à minima 6 mois. De plus, toute opération de création, consultation, modification ou suppression de donnée exige une trace de l'auteur, la date, l'heure ainsi que la nature de l'opération effectuée. De plus, des procédures de gestion des incidents doivent être mises en place pour pallier les imprévus.

En complément des normes RGPD que nous verrons plus en détails, ces mesures ont pour objectif de se conformer à la réglementation lors de l'usage du World Model et du VAE.

### 3.1.3 Quelles sont les organismes ainsi que les normes/standards qui ont modelé la solution technique ?

Afin de délimiter un cadre légal pour la sécurité des données, des briques technologiques, des véhicules, des organismes/instances ont défini un ensemble de standards/normes, tels que 5GAA, 3GPP ou encore l'ETSI.

#### **5GAA**

La 5G Automotive Association (5GAA) est une organisation mondiale, intersectorielle, composée d'entreprises des industries de l'automobile, de la technologie et des télécommunications. Elles travaillent ensemble pour développer des solutions de bout en bout pour les futurs services de mobilité et de transport. La 5GAA joue un rôle important dans la promotion des communications véhiculaires ou communications V2X.

#### **3GPP**

3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP) est une coopération entre organismes de normalisation en télécommunications tels que : l'UIT (Union Internationale des Télécommunications), l'ETSI (Europe), l'ARIB/TTC (Japon), le CCSA (Chine), l'ATIS (Amérique du Nord) et le TTA (Corée du Sud). Il produit et publie les spécifications techniques pour les réseaux mobiles de 3e (3G), 4e (4G) et 5e (5G) générations.

#### **ETSI**

L'Institut européen des normes de télécommunications (en anglais European Telecommunications Standards Institute, ETSI) est un organisme de normalisation indépendant et à but non lucratif, qui produit des normes pour l'industrie des technologies de l'information et de la communication. L'ETSI est responsable du développement et des tests des normes techniques applicables aux systèmes, aux applications et aux services ICT (Information and Communication Technologies) du monde entier.

#### **DATEX**

La mise en œuvre d'une politique européenne des transports conforme au Livre blanc publié par la Commission européenne nécessite une coordination de la gestion du trafic et le développement de services paneuropéens fluides. Dans le but de soutenir la mobilité durable en Europe, la Commission européenne soutient depuis plusieurs années le développement de l'échange d'informations principalement entre les acteurs du domaine de la gestion du trafic routier. Dans le secteur routier, le standard DATEX a été développé pour l'échange d'informations entre centres de gestion du trafic et constitue la référence pour les applications développées au cours des 10 dernières années avec DATEX II. Il est à noter que certaines informations routières dans le standard DATEX II ont leur équivalence en ITS.

Les standards de conformité tels que ISO21434, ISO26262, SOTIF (ISO/PAS 21448), ISO/AWI PAS 8800, RGPD, Data Governance Act et Data Act sont essentiels à considérer lors du déploiement d'un tel projet.

## **ISO26262 & ISO21434**

La norme ISO/SAE 21434 est une norme de sécurité pour les voitures connectées : prévention des attaques malveillantes qui pourraient compromettre la sécurité du système.

La norme ISO 26262 est une norme internationale pour la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques et électroniques dans les véhicules routiers : la prévention des accidents dus à des défaillances du système.

Il faut notamment considérer les points suivants :

- Sécurité par conception
- Gestion des processus de haut niveau
- Évaluation et calcul des risques

## **SOTIF (ISO/PAS 21448)**

La norme SOTIF reprend et complète l'ISO 26262. Elle définit les moyens de prévenir, contrôler et/ou atténuer au mieux les risques pour la sécurité qui peuvent survenir sans qu'une défaillance du système ne se produise. La SOTIF s'applique aux systèmes tels que les systèmes avancés d'aide à la conduite, qui peuvent être confrontés à des dangers de sécurité sans connaître de défaillance eux-mêmes.

## **ISO/AWI PAS 8800 - Safety and artificial intelligence**

La norme ISO/AWI PAS 8800, intitulée "Road Vehicles — Safety and artificial intelligence", est en cours de développement. Cette norme définit les propriétés liées à la sécurité et les facteurs de risque qui impactent les performances insuffisantes et le comportement défectueux de l'Intelligence Artificielle (IA) dans le contexte des véhicules routiers.

Elle décrit un cadre qui couvre toutes les phases du cycle de vie du développement et du déploiement. Cela inclut la dérivation d'exigences de sécurité appropriées sur la fonction, les considérations liées à la qualité et à l'exhaustivité des données, les mesures architecturales pour le contrôle et l'atténuation des défaillances, les outils utilisés pour soutenir l'IA, les techniques de vérification et de validation ainsi que les preuves requises pour soutenir un argument d'assurance pour la sécurité globale du système.

Cette norme est destinée à standardiser le développement, les tests et, le cas échéant, la réglementation des futurs systèmes d'IA qui sont utilisés dans le véhicule. Elle joue donc un rôle crucial dans la mise en place d'un cadre réglementaire pour les véhicules et le développement d'une perception débarquée

## **Impact des normes RGPD sur le modèle technique**

Cependant, le respect de ces normes a impacté le modèle technique, certains éléments ont dû être adaptés pour répondre aux enjeux RGPD. Prenons l'exemple le sujet de la localisation des véhicules.

L'utilisation des plaques d'immatriculation pour identifier un véhicule est un exemple clé de la manière dont le RGPD peut affecter le modèle technique d'une intersection intelligente.

Les plaques d'immatriculation sont considérées comme des données personnelles car elles peuvent être utilisées pour identifier directement un individu. Par conséquent, selon le RGPD, l'utilisation de ces informations nécessite le consentement explicite de l'individu concerné et ne peuvent donc pas être exploités.

## **Data Governance Act et Data Act**

En effet, en plus du RGPD, il est essentiel de prendre en compte d'autres réglementations importantes tels que le Data Governance Act et le Data Act.

**Le Data Governance Act** est une proposition de réglementation de l'Union européenne qui vise à faciliter le partage des données entre les organisations et à garantir que les données sont gérées de manière éthique et respectueuse de la vie privée. Il met l'accent sur la transparence, la responsabilité et la garantie que les données sont utilisées de manière bénéfique pour la société.

**Le Data Act**, quant à lui, est une proposition de loi qui vise à réguler l'accès aux données et leur utilisation dans l'Union européenne. Il a pour objectif de créer un marché unique des données, où les données peuvent circuler librement à travers les frontières, tout en garantissant un haut niveau de protection des données personnelles.

**Le Data Governance Act et le Data Act** sont à considérer dans le développement d'intersections intelligentes. Notamment sur les points suivants :

- **Sécuriser les échanges de données** en garantissant un cadre juridique clair pour la collecte, le stockage et l'utilisation des données provenant des capteurs installés dans les intersections.
- **Assurer un meilleur respect de la vie privée** en définissant les conditions d'accès et d'utilisation des données personnelles, conformément au RGPD.

**Le Data Act facilite l'accès aux données** pour les différents acteurs impliqués dans les intersections intelligentes :

- **Autorités locales** : Elles peuvent utiliser les données pour améliorer la gestion du trafic, la sécurité routière et la planification urbaine.
- **Entreprises de l'écosystème** : Elles peuvent développer de nouveaux services innovants basés sur les données, tels que des systèmes de navigation intelligents ou des solutions de gestion de la voirie.
- **Fournisseurs de services de maintenance et de réparation** : Ils peuvent accéder aux données pour diagnostiquer les pannes et effectuer les réparations nécessaires.

**Le Data Act garantit une utilisation responsable et éthique des données** en précisant qui peut créer de la valeur à partir des données et dans quelles conditions. Il encourage la transparence et l'équité dans le partage des données, tout en préservant la confidentialité des données personnelles.

Ces deux actes sont particulièrement pertinents pour le projet 5G Open Road, car ils fournissent un cadre pour la gestion et l'utilisation des données dans le contexte de l'intelligence artificielle et de la 5G. Ils soulignent l'importance de la gouvernance des données et de la protection des données personnelles, qui sont des éléments clés du projet.

En tenant compte de ces réglementations, nous pouvons nous assurer que le projet respecte non seulement les droits des individus, mais aussi les normes éthiques et juridiques les plus élevées. Cela

renforce la confiance dans le projet et garantit que les avantages de l'intersection intelligente peuvent être pleinement réalisés tout en minimisant les risques.

### **Conformité à l'AI Act:**

Le World Model utilise l'intelligence artificielle dans son fonctionnement et doit se conformer aux attentes de l'AI Act.

L'AI Act impose des obligations spécifiques aux fournisseurs de GPAI (Global Partnership on Artificial Intelligence), qui sont des systèmes d'IA susceptibles de présenter un risque élevé pour la sécurité, la santé, les droits fondamentaux ou les libertés des personnes. Ces obligations incluent :

- Fournir une documentation technique complète et des instructions d'utilisation claires
- Assurer la gouvernance des données en garantissant la qualité des ensembles de données utilisés pour l'entraînement des modèles
- Concevoir leur système d'IA à haut risque pour atteindre les niveaux appropriés de précision, de robustesse et de cybersécurité
- Publier un résumé du contenu utilisé pour la formation des modèles.
- La constitution de bases de données de reconnaissance faciale à partir d'images extraites de l'internet ou de vidéosurveillance doit être effectuée de manière ciblée et conforme aux réglementations en vigueur.

### **Documentation et transparence:**

- Une documentation technique détaillée doit être établie pour démontrer la conformité du système d'IA aux exigences de l'AI Act. Cette documentation doit fournir aux autorités compétentes les informations nécessaires pour évaluer la conformité du système.

En addition des standards, la France a promulgué en 2019, 2 lois, PACTE et LOM.

### **La loi PACTE 2019-48612**

Elle permet aux entreprises de mieux prendre en compte les enjeux sociaux et environnementaux dans leur stratégie. Cela favorise le développement de technologies intelligentes pour les intersections, en encourageant l'innovation et la croissance dans ce domaine.

La loi PACTE, bien qu'elle vise à lever les obstacles à la croissance des entreprises, pourrait poser des problèmes en termes de réglementation et de conformité. Par exemple, les entreprises pourraient être tenues de se conformer à des normes environnementales et sociales strictes dans le cadre de leur stratégie. Cela pourrait ralentir le processus de déploiement d'une intersection intelligente si les technologies ou les méthodes utilisées ne sont pas conformes à ces normes.

Par exemple, elle pourrait exiger que les entreprises respectent des normes environnementales et sociales strictes. Si une intersection intelligente utilise des technologies ou des méthodes qui ne sont pas conformes à ces normes, elle pourrait se heurter à des obstacles réglementaires. Dans 5G Open Road, cela

se traduit par un dossier à fournir à la collectivité avec la description détaillée des équipements, et cas d'usages souhaitant être déployés. Ces dossiers ont été communiqués respectivement aux villes de Velizy et de Saclay lors de nos essais sur routes ouvertes.

### **La loi LOM 2019-142834**

La loi LOM transforme en profondeur la politique des mobilités. Elle pourrait faciliter la mise en place d'intersections intelligentes en favorisant le développement de solutions de mobilité plus durables et en tirant parti de la révolution numérique pour proposer de nouveaux services aux usagers.

D'autre part, la loi LOM, bien qu'elle vise à transformer la politique des mobilités, pourrait également présenter des défis. Par exemple, elle pourrait imposer des exigences strictes en matière de protection des données et de confidentialité pour les services numériques de mobilité. Cela pourrait compliquer le déploiement d'intersections intelligentes si les technologies utilisées ne sont pas en mesure de garantir un niveau de protection des données adéquat.

- ➔ Par exemple, si une intersection intelligente collecte des données sur le trafic ou les comportements des conducteurs, ces données devront être protégées conformément à la loi LOM. Dans le cadre de 5G Open Road, de nombreuses demandes d'autorisations ont été effectuées en plus de la création d'un Data Sharing Agreement pour définir les responsabilités de chaque acteur vis-à-vis des données récoltées.

Il est donc essentiel pour les entreprises et les autorités de bien comprendre ces lois et de travailler en étroite collaboration avec les régulateurs pour s'assurer que le déploiement d'intersections intelligentes est conforme à toutes les exigences légales et réglementaires.

En conclusion, le projet 5G Open Road a mis en évidence l'importance de la prise en compte des aspects éthiques et réglementaires lors du déploiement d'une intersection intelligente. Le respect du droit à la vie privée et la conformité au RGPD ont été au cœur des préoccupations, avec des mesures concrètes mises en place pour assurer la protection des données personnelles. Malgré les défis posés par le cadre juridique évolutif autour de l'intelligence artificielle dans la vidéosurveillance, les exploitants ont fait preuve de responsabilité dans l'exploitation des données.

## **3.2. Autorisations**

### **3.2.1 Quels sont les autorisations nécessaires pour les activités lors du déploiement d'une intersection intelligente ?**

Dans le cadre de 5G Open Road, voici les autorisations qui ont été demandées avec leur description, les personnes en charge d'effectuer la demande ainsi qu'une durée approximative d'obtention :

- **Autorisation de filmer la voie publique**

- *Exemple* : Dans le cadre de l'utilisation du jumeau numérique sur le site de Velizy
- *Démarche* : Demande effectuée par la personne en charge au sein du fournisseur de solutions numériques auprès de la préfecture : documentation technique, stockage de données et définition du projet.
- *Décision* : La préfecture délivre un arrêté exceptionnel autorisant l'enregistrement et l'exploitation des données.
- *Durée approximative d'obtention* : 3 mois
- **Autorisation d'exploitation des flux vidéo des caméras de la ville**
  - *Demande d'autorisation* : Nécessaire pour exploiter les données d'une caméra de la ville.
  - *Contractualisation* : La ville autorise l'exploitation et reste responsable de la bonne utilisation des données.
  - *Encadrement des expérimentations* : Coordination avec la ville pour définir les zones d'expérimentation.
  - *Durée approximative d'obtention* : 1 mois
- **Accord de roulage :**
  - *Démarche* : Explication des scénarios à la mairie avec un dossier contenant les scénarios à tester et les éléments mobilisés (caméras, véhicules, etc.). Dans certains cas, il est également nécessaire de consulter la DGITM et/ou la police.
  - **Décision : Obtention d'un arrêté exceptionnel en fonction des scénarios et de la définition des zones d'expérimentation**
  - *Durée approximative d'obtention* : 1 mois

#### **Partenaires et contractualisation :**

- **Exemple sur le site de Saclay** : Fourniture des caméras pour l'expérimentation.
- **Contractualisation** : Rédaction d'un Data Sharing Agreement entre les partenaires pour exploiter les données et définir les responsabilités

#### **Autorisations ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Electroniques, des Postes et de la distribution de la Presse)**

Dans le cadre de 5G Open Road, Bouygues Telecom l'opérateur en charge du réseau public utilise sa bande dans les 3,5GHz pour proposer de la 5G avec un slice dédié pour les usages critiques du projet. Nokia, l'opérateur en charge du réseau privée, a effectué une demande auprès de l'ARCEP pour bénéficier d'une autorisation sur les bandes 2,6 GHz et 3,8 GHz. Cette demande se fait via un formulaire en ligne sur le site de l'ARCEP.

Comment se passe la demande d'autorisation auprès de l'ARCEP ?



### **Processus de demande d'autorisation**

1. Formulaire en ligne: La demande se fait via un formulaire en ligne sur le site de l'ARCEP.
2. Informations à fournir:
  - Description du cas d'usage
  - Informations techniques
  - Radio Planning pour les zones de grande taille
3. Délais:
  - 6 mois pour le projet 5GOR (sans impératif de date)
  - Possible de réduire le délai à 2 semaines s'il y a un impératif de date
4. Coût:
  - Environ 5 000 €/an (variable selon le type de réseau)
  - Environ 100 € de frais de dossier

### **Autorisation de la CNIL**

Dans le cadre du projet, plusieurs partenaires ont dû demander à la CNIL d'émettre un avis, ce dernier fait office d'autorisation. La CNIL définit un certain nombre de critères basé sur les recommandations de la préfecture. Il est fortement conseillé de fournir un tableau de bord permettant de donner de la visibilité sur le traitement de la donnée dans le cadre de l'expérimentation. La CNIL émet donc son avis à la suite de l'analyse de l'impact.

Analyse d'impact : Déterminer le traitement de la data, sa finalité, son stockage et sa durée (traitement complet de la data).

Avis de la CNIL : Évaluation du dossier et avis plus ou moins favorable selon le risque.

### **Les autorisations nécessaires pour les OpenData**

Les principales caractéristiques de l'utilisation des opendata sont les suivantes :

- L'utilisation des données publiques s'appuie sur la « Licence ouverte » v2.0
- La durée de l'utilisation est variable et renouvelable par tacite reconduction
- Le droit de la «Réutilisation» de l'«Information» des administrations est régi par le code des relations entre le public et l'administration (CRPA), droit français.

## 4.Modèle Economique

### Introduction

Le modèle économique envisagé pour ce projet s'appuie sur les éléments collectés lors de la phase d'expérimentation conduite dans le cadre du projet 5G Open Road.

L'objectif premier de ce projet réside dans l'identification de l'apport de la technologie 5G en matière de communication pour les véhicules connectés. Plus précisément, le lot 3 du projet vise à concrétiser l'échange d'informations en temps réel entre les véhicules, les infrastructures routières et les piétons.

Le second est de tester **l'aspect fonctionnel** de l'architecture déployé.

Pour rappel, le modèle économique présent décrit les coûts associés au **déploiement** d'une intersection intelligente dans le but de répondre au cas d'usage : « **Protection des vulnérables** ».

Ce modèle est fondé sur une estimation globale des coûts à l'aide des données recueillies tout au long du projet.

Il vise à établir une **estimation préliminaire** du coût de déploiement d'une intersection intelligente. Il est important de noter que ce coût est susceptible de varier lors d'un déploiement réel en fonction de la **complexité de l'intersection**, de sa **taille** et des **technologies spécifiques qui seront implémentées**.

## 4.1 Coûts

### 4.1.1. Qu'est-ce que 5G OR nous a permis de chiffrer ?

#### *Nos données d'entrées*

Le projet a bénéficié de l'écosystème riche et collaboratif de 5G Open Road, permettant de recueillir des **informations haut niveau** auprès de **l'ensemble des acteurs impliqués dans le lot 3**. Ces éléments ont été obtenues **à travers des ateliers** avec les différentes parties prenantes.

#### *L'objectif du chiffrage*

Ce modèle économique a pour objectif de fournir une **estimation des coûts associés au déploiement d'une intersection intelligente** en se basant sur le projet. Il prend en compte l'ensemble des étapes de déploiement, depuis l'installation initiale d'une partie de la perception embarquée jusqu'à la finalisation des tests fonctionnels de la solution et l'obtention des résultats concluants.

#### *Exemple sur le site de Saclay :*

*Niveau de complexité de l'intersection : Complexe, composée de plusieurs voies pour les voitures et d'une voie dédiée au bus et avec peu de visibilité.*



Les coûts de déploiement dans ce projet ont été différenciés en 3 catégories : **le hardware, le software et les services**.

Ils couvrent les coûts en lien avec **l'aménagement du territoire, le déploiement des services et le pilotage des activités de déploiement**.

**Aménagement du territoire**

- Autorisations
- Installation des équipements
- Intégration, test, validation
- Audit technique des équipements

**Déploiement des services**

- Conception, développement, intégration, test et validation d'applications

**Pilotage de l'écosystème**

- Pilotage & gouvernance du déploiement

## 4.1.2 Quelles ont été les limites auxquels nous avons fait face au sein de 5G Open Road ?

### Le dimensionnement

Le coût d'une intersection intelligente est directement corrélé à son dimensionnement. En effet, la sélection optimale des équipements et leur configuration jouent un rôle crucial dans l'optimisation des coûts. Un dimensionnement adéquat est indispensable pour garantir le niveau de performance requis.

### Illustration avec le site de Saclay :



CARACTÉRISTIQUES DES UNITES BORDS DE ROUTES POUR QUE LE JUMEAU NUMÉRIQUE SOIT OPÉRATIONNEL				
CAMÉRA	LiDAR	ANTENNES 5G	CABINET ELECTRIQUE	SERVEUR EDGE
<ul style="list-style-type: none"> <li>Champ de perception : 60°</li> <li>Couverture : 30 à 50 mètres</li> <li>Performant pour identifier les piétons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portée maximale en ville = 60 mètres</li> <li>Performant pour capter les véhicules en déplacement</li> </ul>	Le nombre de cellule est fonction de la couverture souhaitée de l'intersection (plusieurs centaines de mètres)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimum 1 armoire répondant à l'ensemble des exigences en termes électriques et connectivité pour les infrastructures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimum 1 caméra pour utiliser le jumeau numérique</li> <li>Communique en UU</li> <li>Capable d'ajouter des nouveaux canaux de communication</li> </ul>
<p><b>4 caméras :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2x caméras Lacroix directionnelles positionnés à 5,4 mètres de hauteur</li> <li>2x caméras Lacroix directionnelles positionnés à 5 mètres</li> </ul>	1 Lidar Velodyne mobile à 5 mètres 4 de hauteur	13 Small cells Nokia distante de 300m	<p><i>L'utilisation de cette armoire nécessite :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Un lien physique avec l'armoire contrôleur :</li> <li>Raccordement électrique</li> <li>Raccordement au contrôleur Un lien physique avec les mâts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1x cluster kubernetes: 1 master : 2vCPU/8GB 2 workers : 4vCPU/16GB Disk : 250GB</li> </ul>

Exemple sur le site de Saclay

### *Les limites*

Il est important de souligner que le projet 5G Open Road n'a pas permis de recueillir de données économiques détaillées concernant les phases de « Conception » et d' « Opération » des intersections intelligentes.

Cette absence de données limite la portée de l'analyse économique et ne permet pas d'établir une estimation complète des coûts sur l'ensemble du cycle de vie d'une intersection intelligente.

### *Détails de la phase « Conception » :*

Etude du besoin mobilité connectée et automatisée

- *Etude de l'existant, Zone impactée*
- *Définition des cas d'usage*

Structuration d'un écosystème

- *Etude d'un écosystème multi-acteurs*
- *Identification et évaluation des freins au déploiement de ces services*
- *Proposition de modèle de financement*

Préparation du déploiement

- *Structuration des cas d'usage*
- *Définition de la zone à couvrir & cadre technique*
- *Objectifs du déploiement (technique, métier, ...),*
- *Construction du budget & et identification des ressources (internes / externes)*
- *Obtention des autorisations nécessaires (CNIL, Préfecture )*
- *Structuration de l'organisation & gouvernance*

***Avec comme acteurs : La collectivité, les fournisseurs de services numériques, les opérateurs télécoms, les équipementiers bord de route...***

### *Détails de la phase « Opération » :*

#### **Maintenance**

- *Maintien en conditions opérationnelle du hardware (ex. plan de maintenance)*
- *Renouvellement des licences pour le software*
- *Service support pour la plateforme 5G (ex. réduction des temps d'arrêt)*

## Supervision

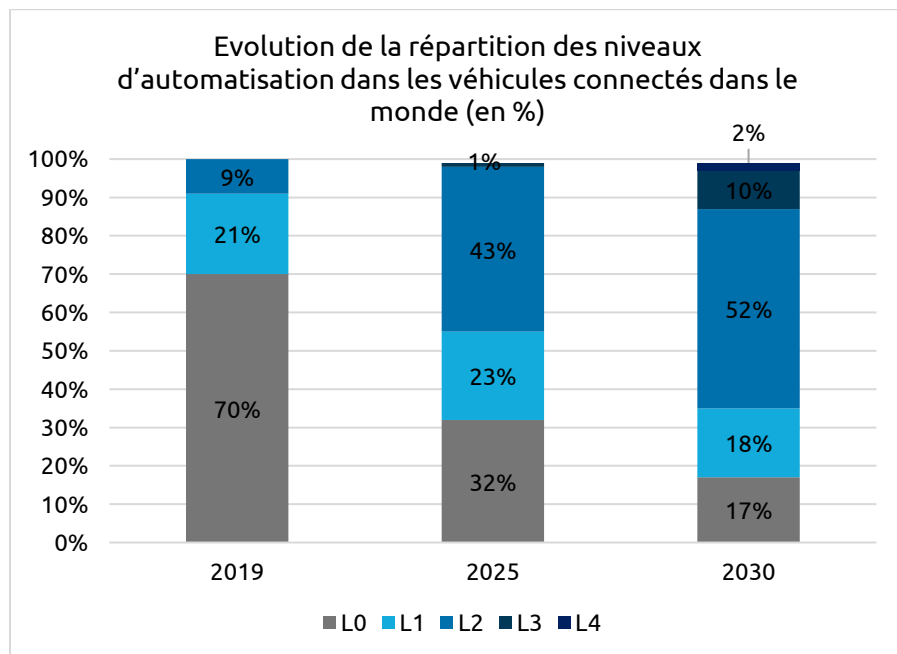
- Surveillance du système de bout en bout (Software, hardware, réseaux...)
- Gestion des alertes
- Suivi et analyse des indicateurs en temps réel

**Avec comme acteurs : La collectivité, les fournisseurs de services numériques, les opérateurs télécoms, les équipementiers bord de route...**

Il est à noter que certaines données essentielles n'ont pas pu être obtenues auprès des partenaires du projet (ex. le coût des TCU pour les constructeurs...).

Il est important de souligner que les coûts de déploiement d'une intersection intelligente s'avèrent élevés en raison de la nature du projet (R&D). *En se basant sur d'autres projets de R&D, on peut constater que les coûts associés à un projet en phase d'expérimentation sont généralement plus élevés que lors d'un déploiement à grande échelle.*

Enfin, pour rappel, dans le cadre du projet, nous avons pu utiliser des véhicules L2 et L4. Or, il est important de noter que le taux de véhicules dans le parc roulant pouvant actuellement exploiter pleinement la solution (L2) reste limitée. Le pourcentage de véhicules L2 (niveau minimum) reste actuellement trop faible (environ 40%) même d'ici à 2025. (cf : graphe).



Source : McKinsey

**Certaines hypothèses ont été suivies dans le cadre de ce modèle économique :**

**Opérateur Télécoms :**

- Le déploiement de la fibre n'a pas été nécessaire puisque la ville disposait déjà des infrastructures nécessaires
- Le projet a bénéficié d'une licence expérimentale ARCEP pour exploiter les bandes 2.6 GHz et 3.8 GHz, représentant quelques milliers d'euros.
- Les coûts en lien avec la phase de conception (préparation au déploiement) et d'opération (maintenance) ne sont pas indiqués dans ce modèle.

**Constructeurs**

- Les coûts de mise à jour des logiciels
- Les coûts des TCU

**Opérateurs Télécom**

- Le coût du réseau 5G public (déjà existant sur la zone considérée)
- La connectivité existante ne nécessite pas de faire de gros travaux de raccordement (entre l'armoire électrique et la perception débarquée)
- Le cœur de réseau est mutualisé, il n'est donc pas utilisé uniquement pour cette intersection intelligente

*Nous estimons le nombre d'utilisateurs à une dizaine de véhicules*

**Fournisseurs de solutions numériques**

- Le coût de développement et test de la plateforme de services et de données (développée par Capgemini dans le cadre de 5G OR) n'est pas inclus
- Les coûts en lien avec la phase de conception (préparation au déploiement) et d'opération (maintenance) ne sont pas indiqués dans ce modèle.

**Equipementiers bord de route :**

- Les postes de coûts sont fonction du dimensionnement de l'intersection intelligente.



4.1.3 Quel est le ROM (Rough Order of magnitude) de la phase de déploiement d'une intersection intelligente ?

*Vue haut-niveau des coûts*

<b>ACTEURS</b>	<b>COÛTS ASSOCIÉS AUX SERVICES</b>	<b>COÛTS ASSOCIÉS AU HARDWARE</b>	<b>COÛTS ASSOCIÉS AU SOFTWARE</b>	<b>TOTAL</b>
OPÉRATEURS TÉLÉCOM	0 k€	300 k€	250 k€	<b>550 k€</b>
FOURNISSEURS DE SOLUTION NUMERIQUES	200 k€	0 k€	10 k€	<b>210 k€</b>
EQUIPEMENTIER BORD DE ROUTE	2 k€	13 k€	0 k€	<b>15 k€</b>
<b>TOTAL</b>	202 k€	313 k€	250 k€	<b>765 k€</b>

Présentation et interprétation des postes de coûts des opérateurs télécoms

ACTEUR	EQUIPEMENTS	COÛTS ASSOCIÉS AUX SERVICES	COÛTS ASSOCIÉS AU HARDWARE	COÛTS ASSOCIÉS AU SOFTWARE	TOTAL
OPÉRATEURS TÉLÉCOM	<i>Serveurs &amp; Small Cells</i>	0* k€	50 k€	0 k€	50 k€
	<i>Coeur de réseau</i>	0* k€	500 k€		500 k€
	<b>TOTAL</b>	0* k€	550 k€		550 k€

Explication

- Serveurs & Small Cells : Coût du hardware permettant le déploiement de la plateforme de données et de services (World model et VAE).
- Coeur de réseau : Le cœur de réseau représente 500 000€, avec une partie associée au hardware et une autre au software

Interprétation

- Cœur de réseau : Il faut considérer qu'il s'agit d'un cœur de réseau pouvant avoir 100K utilisateurs en simultané. Cependant, l'intersection intelligente ne représente qu'une dizaine d'utilisateurs. On pourrait donc considérer uniquement 10% du prix du cœur de réseau.
- \*Des coûts d'intégration sont à prévoir, mais les détails de ceux-ci n'ont pas été fournis

## Présentation et interprétation des postes de coûts des fournisseurs de solutions numériques

ACTEUR	EQUIPEMENTS	COÛTS ASSOCIÉS AUX SERVICES	COÛTS ASSOCIÉS AU HARDWARE	COÛTS ASSOCIÉS AU SOFTWARE	TOTAL
FOURNISSEURS DE SOLUTIONS NUMERIQUES	Intégration	200 k€	0 k€	10 k€	<b>210 k€</b>
	<b>TOTAL</b>	200 k€	0 k€	10 k€	<b>210 k€</b>

### Explication :

- Intégration :  
Adaptation et intégration de la plateforme de services et de données. Le déploiement de la plateforme nécessite environ 250 jours/homme.

Le coût actuel au sein du projet n'est pas représentatif d'un déploiement lors d'une phase commerciale

### Interprétation

- Intégration :  
Le coût d'intégration lors d'un passage à l'échelle sera plus faible, car les phases d'expérimentation sont toujours plus onéreuses (besoin de valider l'efficacité avec des tests) que les phases d'industrialisation (solution testés et validés).

## Présentation et interprétation des scénarios de coûts des équipementiers bord de route

<b>ACTEUR</b>	<b>EQUIPEMENTS</b>	<b>COÛTS ASSOCIÉS AUX SERVICES</b>	<b>COÛTS ASSOCIÉS AU HARDWARE</b>	<b>COÛTS ASSOCIÉS AU SOFTWARE</b>	<b>TOTAL</b>
EQUIPEMENTIERS BORD DE ROUTE	Caméras	2 k€	3 k€	0 k€	5 k€
	LiDAR	0 k€	10 k€	0 k€	10 k€
	<b>TOTAL</b>	2 k€	13 k€	0 k€	15 k€

### Les principaux coûts associés à la phase de déploiement pour les fournisseurs d'équipementiers bord de route

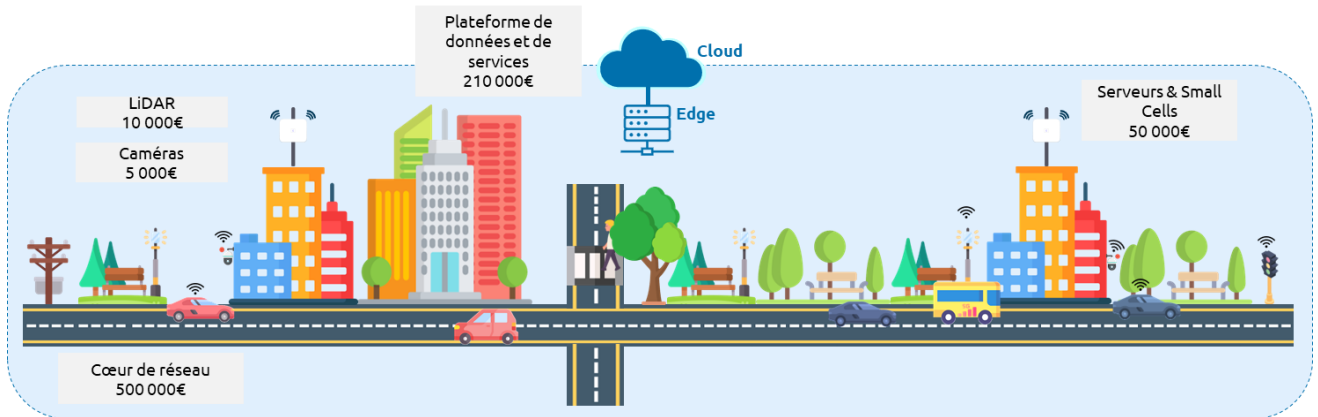
#### Explication

- Caméras : Approvisionnement et installation
- LiDAR : Approvisionnement

#### Interprétation

- Caméras : Achat de 4 caméras assez performantes pour s'implémenter dans l'architecture et frais d'installations
- LiDAR : Achat du LiDAR mobile et des équipements complémentaires (batterie, trépied)
- Le prix unitaire des caméras est beaucoup plus faible qu'un LiDAR. Pourtant, il est essentiel d'avoir un LiDAR pour compléter la perception des caméras, notamment pour capter les véhicules en déplacement.

## La représentation de l'intersection intelligente avec le prix des éléments



## 4.2 Financement

### 4.2.1. Quelles ont été les sources de financements sur 5G Open Road?

Dans le cadre de 5G Open Road, le financement est basé sur un mode de financement public/investissement privée, avec **notamment 2 parties représentant** l'aide publique.

- La Banque Publique d'Investissement (Le plan de relance France 2030)
- La région Ile de France

La BPI France soutient particulièrement les projets de recherche et développement au sein de la filière infrastructure numérique, 5G OR entre dans les critères. De plus, la plateforme développée au sein du projet répond à des besoins automobiles génériques fournis par le site de test de la PFA (Plateforme Automobile).

La région a subventionné le financement prévu pour les les infrastructures passives (tout ce qui reste sur le territoire) équipements 5G, les unités bord de route et la plateforme de données ainsi que les prérequis indispensables au déploiement de la 5G privée (fibre, électricité, génie civil).

BPI via France 2030 a subventionné les infrastructures 5G et bords de routes, les infrastructures numériques ainsi que les cas d'usages. Ainsi la BPI couvre le financement des cas d'usage, leur intégration à la plateforme de service et de données et au territoire et leurs conditions de déploiement et d'acceptabilité .

En ce qui concerne une recherche de financement en dehors de 5G Open Road, les acteurs ayant soutenu 5G OR sont les interlocuteurs à privilégier. En effet, il faut se rapprocher des organismes de financement public : les collectivités, les régions , l'état les initiatives européennes dans le but d'obtenir un financement. En tenant des comptes des externalités positives dont nous parlerons plus en détails dans la partie bénéfice, Il faut également s'intéresser aux sources de financements pour une croissance durable (l'ADEME, pacte vert pour l'Europe, ...).

## 4.3 Bénéfices

Le projet 5G Open Road a permis de consolider des éléments financiers en phase de R&D, mais a surtout apporté des connaissances techniques et opérationnelles précieuses pour optimiser les déploiements futurs et préparer le modèle de revenu d'une intersection intelligente.

Nous avons pu percevoir certains bénéfices non économiques provenant du déploiement d'une intersection intelligente.

### 4.3.1 Bénéfices non économiques

Si le projet 5G Open Road ne s'est pas concentré sur les avantages économiques des intersections intelligentes, un livre blanc dédié aux "externalités positives" a été rédigé. Ces externalités incluent:

- Réduction des impacts environnementaux (particules fines, gaz à effet de serre, consommation d'énergie)
- Décongestionnement du trafic routier (territoire apaisé)
- Potentiel réduction du taux d'accidentologie
- Développement de nouveaux cas d'usages (innovation, réflexion)
- Réflexion globale sur la mobilité durable (vue globale sur l'impact de la mobilité)
- Réflexion globale multi partenaires embarquant l'ensemble de la chaîne de valeur

Ces avantages non économiques, mais à valeur certaine, permettent aux collectivités d'améliorer l'attractivité de leur territoire en matière de sécurité et d'environnement.

### 4.3.2 Opportunité en milieu fermé

L'exploration du déploiement en milieu fermé offre une opportunité intéressante pour accélérer le test et le raffinement de la technologie appliquée aux intersections intelligentes. En effet, travailler dans un environnement ouvert peut présenter des défis en raison de la nécessité de mobiliser un grand nombre d'acteurs, à la fois publics et privés. Cela peut donc entraîner une certaine complexité dans le processus de décision et de mise en œuvre. Un environnement fermé, où il n'y a qu'un seul décideur (l'entreprise propriétaire), peut permettre une prise de décision plus rapide et plus efficace, ainsi qu'une mise en œuvre plus fluide.

A travers nos études sur le projet et la veille effectuée autour des véhicules connectés à travers le monde, nous avons identifié des opportunités d'exploiter des cas d'usages (protection des vulnérables, fluidification du trafic) au sein de grands sites industriels ou encore de ports et d'aéroports.

L'exploration du déploiement en milieu fermé présente des avantages :

- Souplesse réglementaire
- Possibilité d'utiliser la 5G privée

## Illustration du cas d'usage en milieu fermé





## Conclusion

**Le projet 5G Open Road a constitué une étape majeure dans le développement de la mobilité connectée en France.** Il a permis d'approfondir significativement notre expertise dans ce domaine en matière de technologies et de solutions innovantes. De plus, le projet a généré des données précieuses qui étayent l'adoption du standard C-V2X, un élément clé pour la compétitivité de la France dans le domaine de la mobilité intelligente.

**Les tests réalisés sur routes fermées et sur routes ouvertes ont permis de confirmer avec succès la viabilité technique de l'architecture développée pour les intersections intelligentes et la protection des vulnérables.** Ces résultats positifs valident l'efficacité opérationnelle de la solution et pavent la voie à un déploiement à grande échelle. En ce sens, il est pertinent de s'inspirer des modèles de déploiement déjà mis en œuvre dans des pays tels que les USA ou la Chine, qui présentent des exemples concrets de mise en œuvre réussie de solutions similaires.

**La collaboration pluridisciplinaire qui a caractérisé le projet 5G Open Road est un exemple de modèle devant être impérativement répliqué pour** assurer la réussite du déploiement à grande échelle des intersections intelligentes. Cette synergie entre acteurs publics et privés s'avère essentielle pour relever les défis d'ordre technique, financier, organisationnel, contractuels mais également réglementaires inhérents à un tel projet.

Le projet 5G Open Road a permis d'établir un modèle opérationnel cible précieux pour guider les déploiements à grande échelle. Ce modèle clarifie les rôles et responsabilités de chaque acteur tout au long de la chaîne de valeur, depuis la conception et le développement jusqu'à l'exploitation et la maintenance des intersections intelligentes. Cette répartition claire des tâches et des responsabilités est indispensable pour garantir une mise en œuvre efficace et cohérente du projet.

Le modèle technique a permis d'appréhender le niveau de performance nécessaire pour la réalisation du cas d'usage "Protection des vulnérables". La 5G permet d'atteindre des niveaux de latence et de fiabilité supérieur à la 4G. Cette connectivité permet l'analyse en temps réel des données partagées par les véhicules connectés et la perception débarquée. Tout en reconnaissant l'importance des avancées techniques permises par la 5G, il est tout aussi essentiel de considérer les implications réglementaires qui accompagnent ces progrès.

**Ainsi, il est crucial de poursuivre les travaux autour de l'évolution du cadre réglementaire afin de le simplifier davantage pour les acteurs concernés, notamment sur le traitement des données régi par le RGPD.** Cette simplification permettra de clarifier les responsabilités, d'établir des procédures d'autorisation simplifiées et de fluidifier le déploiement des technologies de mobilité connectée.

**En complément des points précédents, il serait intéressant d'envisager l'accompagnement ciblé des collectivités dans la phase d'exploitation des futures infrastructures de mobilité connectée.** Cette démarche permettra d'assurer une appropriation optimale de ces technologies par les citoyens et de maximiser leurs bénéfices pour la société dans son ensemble.

**En conclusion, le projet 5G Open Road s'achève sur un bilan résolument positif, marquant une étape majeure dans la concrétisation de la mobilité connectée en France. Les enseignements tirés de ces**

**expérimentations, conjugués aux défis identifiés, ouvrent la voie à une nouvelle phase de développement ambitieuse.**