



Le numérique au service de la mobilité durable

Projet 5G OPEN ROAD





Sommaire

Introduction

1 | La mobilité, un sujet au cœur des enjeux de durabilité

- Le secteur des transports : la première source d'émission de GES en France
- Le secteur des transports : un secteur essentiel dans le tissu économique national
- L'accessibilité du secteur des transports : un enjeu sociétal majeur

2 | Les grands leviers pour une mobilité durable

- Les technologies numériques, levier clé pour une mobilité durable

3 | Présentation du projet 5G Open Road

4 | Les méthodes d'évaluation du potentiel environnemental d'un cas d'usage

5 | Points de vue des membres du consortium

Conclusions

Annexes

Glossaire

Bibliographie

Introduction

Le transport routier est aujourd'hui au carrefour de nombreuses préoccupations environnementales et sociales telles que les émissions de gaz à effet de serre, la pollution atmosphérique, la congestion des tissus urbains et l'accidentologie.

La trajectoire vers une mobilité plus durable compatible avec les accords de Paris et accessible à tous implique la mise en place d'une approche systémique embarquant une multitude d'acteurs tels que les autorités publiques, les industriels et les utilisateurs pour déployer un panel de leviers combinant technologie, organisation et innovation.

Co-voiturage, autopartage, régulation du trafic, transport multimodal, logistique urbaine douce, électrification du parc : l'essor et l'innovation continue des technologies digitales ouvrent la voie à de nouvelles fonctionnalités et de nouvelles perspectives d'accélération vers des mobilités plus durables.

Cependant, la mise à disposition de services de mobilité connectée implique le déploiement d'équipements et d'infrastructures de communication ainsi que des capacités de calcul et de stockage pour collecter et analyser les données venant des réseaux routiers et de ses usagers.

L'installation et l'utilisation de ces nouvelles infrastructures sont aussi à l'origine d'impacts environnementaux liés à la fabrication, l'utilisation et la gestion de la fin de vie de l'ensemble des équipements qui sont principalement issus de l'industrie électronique (capteurs, équipements réseaux, serveurs...).

A l'échelle nationale, le numérique représente 2,5% des émissions de gaz à effet de serre et 10% des consommations d'énergies avec des perspectives de multiplication par 3 d'ici 2050.

A ce titre, la question se pose de savoir si les nouvelles technologies numériques peuvent être un accélérateur au service d'une mobilité durable.

Ce livre blanc a pour ambition d'apporter un éclairage sur les enjeux de la mobilité et d'évaluer le potentiel de la digitalisation comme levier pour réduire l'impact environnemental des transports.

Il détaille des éléments de contexte vis-à-vis de la mobilité, son impact environnemental, économique et sociétal illustrés sous le prisme du projet 5G Open Road (5GOR) et des témoignages des membres du consortium.



OPEN ROAD

Lancé en avril 2022 et pour une durée de 3 ans, le programme 5G OPEN ROAD est l'un des plus grands programmes d'assistance à la conduite de véhicules automatisés connectés sur route ouverte en Europe. Il réunit 17 acteurs majeurs de la mobilité, des services, des télécoms et du numérique et mobilise près de 90 millions d'euros cofinancés par les membres du consortium dans le cadre du Programme d'investissement d'avenir (PIA) et BPI France.



Les travaux menés par les acteurs du consortium visent à évaluer les bénéfices et enjeux de la mobilité connectée s'appuyant sur un réseau 5G au travers de cas d'usages exploratoires sur le territoire de Paris- Saclay et Vélizy.

Ce projet apporte des retours d'expériences pour les filières numérique, automobile et de la mobilité connectée sur le développement de technologies au service de la mobilité.

Le programme vise notamment à explorer plusieurs cas d'usage sur la mobilité durable tels que :

- La régulation dynamique du trafic
- Le développement d'intersections intelligentes pour renforcer la protection des vulnérables et fluidifier le trafic
- Le développement de la logistique urbaine autonome
- Le développement de navettes autonomes en transport à la demande
- La recherche collaborative de stationnement

La mobilité, un sujet au cœur des enjeux de durabilité

**28% des
émissions du GES**

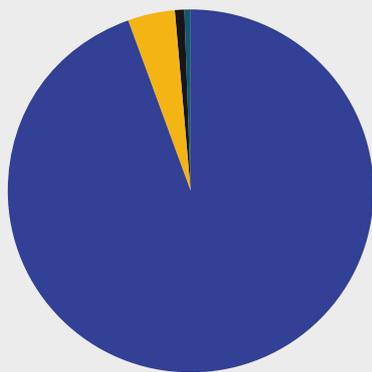
132Mt CO2 eq

**1ère source
d'émission
de GES**

**2ème cause
de décès**

A égalité avec l'alcool

**Des émissions majoritairement
liées aux transports routiers**



94% Routier*

4% Aérien

1% Maritime

0.3% Autre

Le secteur des transports : la première source d'émission de GES en France.

Depuis 1998, le secteur des transports est celui qui émet le plus de gaz à effet de serre (GES) en France. En 2021, il a contribué à hauteur de 30% aux émissions nationales de GES.

En 2021, avec 119 Mt CO2eq, le transport routier, à lui seul, est à l'origine de 95 % des émissions du secteur des transports (hors transports internationaux aériens et maritimes)¹.

La majorité des émissions de GES du transport proviennent des voitures particulières qui représentent 53 % de ces émissions, soit près de 66 Mt CO2eq en 2021.

Viennent ensuite les véhicules lourds, incluant les bus et car avec 27% puis les véhicules utilitaires légers avec 15% des émissions du secteur.

Outre les émissions de gaz à effet de serre, le secteur des transports est également responsable de la libération d'oxyde d'azote et de particules fines, contribuant ainsi à la pollution atmosphérique. Ces polluants sont associés à des conséquences graves pour la santé, entraînant chaque année en France 48 000 décès prématurés².

*dont 53% est généré par les voitures particulières

Le secteur des transports : un secteur essentiel dans le tissu économique national

Le secteur des transports et de la mobilité occupe une place significative dans le tissu économique en France avec l'emploi de plus de 1,5 million de personnes soit plus de 14% de l'emploi dans le secteur marchand et des dépenses s'élevant à 387 milliards d'euros en 2020 (valeur de 450 milliards d'euros en 2019).

De son côté, le secteur de l'automobile représentait en 2021 plus de 211 000 emplois.

Les transports s'inscrivent dans le quotidien des français qui parcourent en moyenne 10 000 km par an. La plupart de ces déplacements (22%) correspondent à des migrations pendulaires et sont encore réalisés majoritairement en véhicule individuel, la voiture couvrant 80% des distances parcourues contre 11% pour les transports en commun et moins de 1% pour le vélo.

Selon l'INSEE, en 2017, 74% des actifs en emploi déclarant se déplacer pour rejoindre leur lieu de travail utilisaient leur voiture, 16 % prenaient les transports en commun et 8 % avaient recours aux modes de transport doux. Pour des distances inférieures à 5 kilomètres, la voiture représentait 60 % des déplacements domicile-travail. Selon la même étude, 42% des personnes dont le lieu de travail était situé à moins d'un kilomètre de chez eux prenaient le plus souvent leur voiture pour s'y rendre³.

1. Commissariat général au développement durable, (2021), *Les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports*

2. Ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, (2023), *Pollution de l'air : origines, situation et impacts*

3. INSEE, (2021), *La voiture reste majoritaire pour les déplacements domicile-travail, même pour de courtes distances*

4. Cerema, *Mobilité Solidaire*

L'accessibilité du secteur des transports : un enjeu sociétal majeur

La question de l'accessibilité à des moyens de transport adaptés revêt un enjeu sociétal de premier plan. En France, 7 millions de personnes en âge de travailler sont confrontées à des problèmes de mobilité. Lorsque nous considérons qu'environ 12 millions de personnes de plus de 16 ans sont en situation de handicap et que près de 30 % de la population aura plus de 60 ans en 2030, cette problématique sera demain incontournable. Les problématiques de mobilité rencontrées par ces publics dits vulnérables, sont liées à l'accessibilité géographique, physique ou sociale⁴.



Les grands leviers pour une mobilité durable

Face à ces enjeux, de nombreuses propositions ont été exprimées par l'écosystème des parties prenantes du secteur de la mobilité.

Les propositions reprises dans la Loi d'Orientation des Mobilités (loi LOM) publiée au Journal officiel en décembre 2019 s'articulent autour de 3 piliers :

- **L'investissement dans le développement de l'offre de transports en commun**
- **La facilitation et l'encouragement de nouvelles solutions de mobilité pour tous (transport à la demande, navettes autonomes, facilitation du transport des personnes en situation de handicap...)**
- **La transition vers des mobilités plus propres (évolution de la motorisation des véhicules, vélo, covoiturage)**

L'opinion publique semble favorable à cette transition : en 2020, plus de 82% des français se déclaraient prêts à changer leurs habitudes de mobilité pour améliorer la qualité de l'air et lutter contre le changement climatique.

Les technologies numériques, levier clé pour une mobilité durable

En cohérence avec la loi LOM, la démarche France Mobilité⁵ vise à soutenir dans les territoires l'expérimentation, le développement et la diffusion de solutions innovantes pour une mobilité améliorée, accessible à tous et plus respectueuse de l'environnement.

La démarche France Mobilité a inscrit 8 champs d'actions prioritaires pour favoriser une mobilité durable :

- 1.** L'information voyageur et la billettique multimodale
- 2.** Les transports collectifs et l'optimisation des trafics routiers
- 3.** La mobilité partagée
- 4.** La logistique urbaine
- 5.** La mobilité pour tous
- 6.** La connaissance de la mobilité
- 7.** L'aménagement de l'espace public et les modes actifs
- 8.** La limitation des déplacements

Parmi ces solutions innovantes, France Mobilité met en exergue le rôle de la connectivité cellulaire, celui des capacités de calcul en périphérie (edge computing), ou encore la digitalisation des véhicules. Ces solutions soutiennent en effet le développement de cas d'usage en rupture permettant d'accélérer la transition vers une mobilité plus durable.

5. <https://www.francemobilites.fr/demarche>

Au deuxième trimestre 2022, les ventes de voitures connectées ont dépassé pour la première fois les voitures non connectées. En 2023, le nombre de connexions 5G mondiales a dépassé 2 milliards, avec un cinquième du parc automobile mondial connecté aux réseaux cellulaires. La 4G domine 90% du marché des voitures connectées. Cette adoption massive de la voiture connectée constitue un tournant majeur de la digitalisation de la mobilité routière.



Parmi les cas d'usage, nous pouvons citer les exemples suivants :

- 1. Détection des risques en temps réel et prévention des accidents :** utiliser les données recueillies sur l'environnement du véhicule pour anticiper les dangers et réduire l'accidentologie.
- 2. Régulation du trafic :** fournir des informations en temps réel du trafic routier pour réguler le trafic et optimiser les itinéraires.
- 3. Amélioration de l'offre de service liée aux transports en commun et aux modes de mobilité douce :** utiliser des données d'activité pour optimiser les transports en commun (temps de trajets, consommations, ponctualité) et prioriser leur utilisation du réseau routier.
- 4. Optimisation du fonctionnement des véhicules :** utiliser les données des véhicules pour gagner en efficacité (calcul d'itinéraire, gestion de la consommation, diagnostic de fonctionnement).
- 5. Optimisation de l'utilisation des véhicules :** développer des plateformes et infrastructures dédiées au développement de nouvelles mobilités telles que l'autopartage et le covoiturage.
- 6. Réduction des nuisances liées à la logistique urbaine :** développer des solutions de livraison urbaine "douce" pour le dernier kilomètre
- 7. Développement de services "Mobility as a Service" (Maas) :** offrir aux utilisateurs des solutions complètes de mobilité multimodale facilitées via une application et un canal de paiement unique.
- 8. Mobilité autonome**

Le programme 5G Open Road vise à expérimenter en conditions réelles, sur route ouverte, certains de ces cas d'usage.

Présentation du projet 5G Open Road

Le projet 5G Open Road réunit un consortium de 17 acteurs majeurs des secteurs de la mobilité, de la technologie et du déploiement de services pour les villes et territoires.

Mobilité	Déploiement de services	Télécom & Numérique
		

Avec le soutien de :



Sur plusieurs lieux d'expérimentations :



Ce programme nourrit trois ambitions :

- Explorer l'apport de la 5G pour la sécurité routière et l'émergence de nouveaux services de mobilité connectée,
- Définir le cadre de déploiement de ces services,
- Tester les services sur deux sites complémentaires (Paris-Saclay / Versailles Grand Parc).

Parmi les cas d'usage expérimentés dans le cadre du projet 5G Open Road :

Les intersections intelligentes : augmenter la protection des piétons et autres usagers vulnérables dans des zones accidentogènes en ville, fluidifier les zones de congestion et éviter les collisions.

La recherche de places de parking collaborative : collecter des informations à partir de capteurs de véhicules en circulation pour repérer en continu et en temps réel le nombre de places libres et informer les automobilistes en recherche de place.

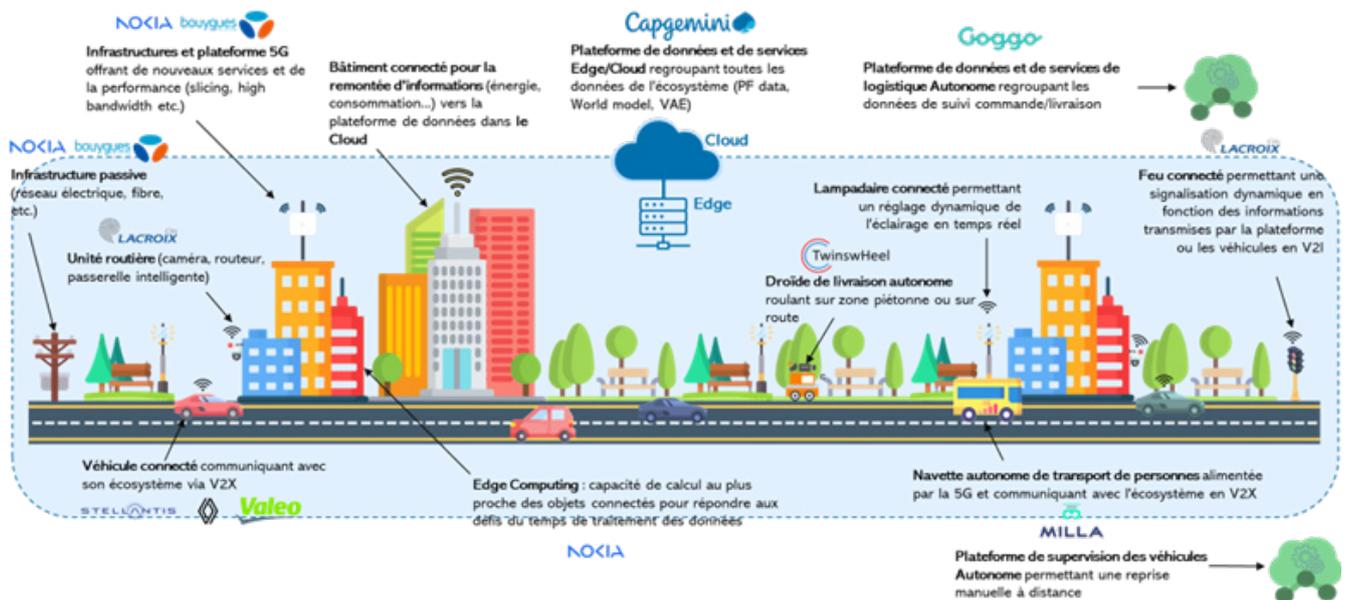
La logistique urbaine automatisée : développer des services de logistique urbaine automatisée en B2B ou B2C. Cela concerne la logistique du dernier kilomètre (livraison via drone automatisé), les points relais mobile automatisés et les foodtrucks automatisés.

Transport automatisé à la demande : Proposer un service de navette autonome à la demande, s'adaptant en permanence à la vitesse du trafic, réduisant au minimum les ralentissements dans les zones complexes, tout en éliminant la nécessité d'un opérateur de sécurité à bord. La 5G renforce les moyens de supervision et téléopération en cas de situation de blocage. Combinée à l'installation de capteurs le long des routes, facilite la navigation des navettes dans les intersections et les ronds-points complexes.

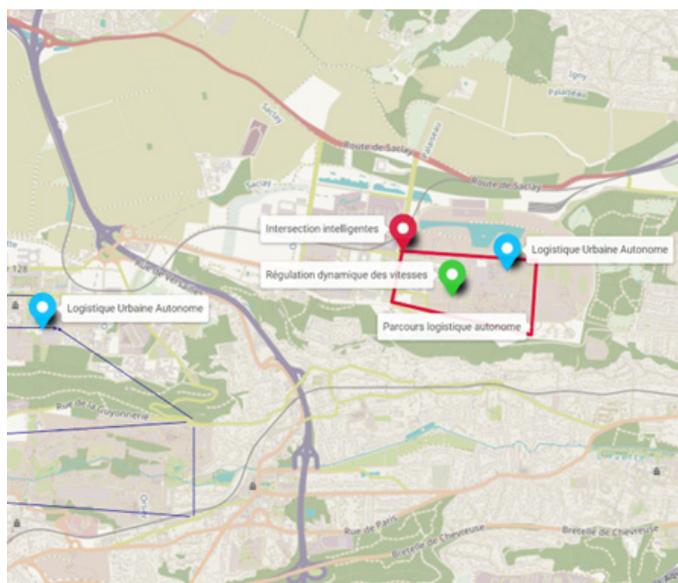
Le corridor de données : proposer une solution de téléchargement et de déchargement massif et ultrarapide de données.

Geofencing dynamique : Equiper les territoires d'un levier de régulation dynamique de la vitesse de certains véhicules - trottinettes, droïdes - en multimodalité sur route ouverte. Et de façon similaire, proposer ce type de service de régulation dynamique localisée pour des véhicules sur route fermée (eg. Hub de logistique, campus, etc.)

L'écosystème du projet 5G Open Road sous l'angle des cas d'usage étudié



Les territoires d'expérimentation se situent sur les communes de Paris-Saclay et Vélizy et utilisent à la fois un réseau 5G public et un réseau 5G privé.



Vélizy

Vélizy, couverture en 5G Publique Bouygues Télécom

- Navettes autonomes
- Recherche de place de parking et intersection intelligente
- Corridor de données très haut débit

Paris-Saclay

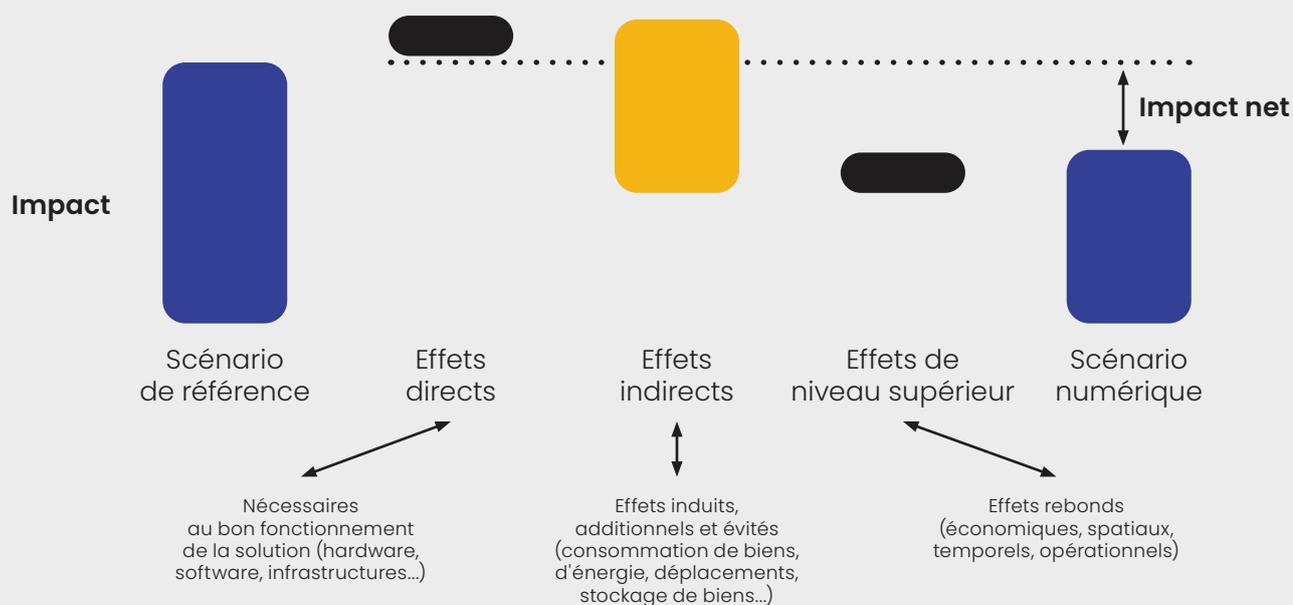
Paris-Saclay connecté en 5G Privée Nokia sur le campus et 5G publique Bouygues Telecom sur le parcours depuis Palaiseau

- Intersections intelligentes
- Logistique urbaine autonome
- Hub multimodal et de service de véhicules

Les méthodes d'évaluation du potentiel environnemental d'un cas d'usage

Pour s'assurer que les cas d'usages du projet 5G Open Road contribuent effectivement à réduire les impacts environnementaux du transport, il est essentiel de mettre en place une méthodologie robuste d'évaluation environnementale. Cette méthode repose sur les recommandations issues de standards basés sur l'analyse du cycle de vie (ITU 1480, EGDC en cours de publication).

Pour chaque cas d'usage, il convient ainsi de faire la balance entre les impacts directs et indirects d'une solution sur un système décrit dans un scénario de référence. L'analyse doit intégrer plusieurs critères environnementaux afin d'identifier et quantifier les transferts d'impact ainsi que des scénarios d'utilisation dans le temps permettant de modéliser les risques liés à l'effet rebond.



Zoom sur l'analyse des impacts potentiels (méthode ACV)

- 1. Définir la solution étudiée, sa fonction et une unité fonctionnelle :** il est important de définir la ou les fonctions proposées par le service ainsi qu'une unité de référence permettant de rendre tangible les impacts environnementaux. L'unité fonctionnelle pourra être décrite via des critères de qualité ou de volumétrie (livrer un colis de 15 kg sur une distance de 5km...).
- 2. Définir le périmètre et ses frontières :** lister l'ensemble des sous-systèmes mobilisés pour délivrer le service en intégrant les terminaux et objets communicants (smartphones, caméra, lidars, boîtiers embarqués), les réseaux (5G privée et 5G publique), la partie centralisée (dans le edge ou le cloud), des équipements spécifiques (droïde).
- 3. Définir plusieurs scénarios d'usage** actuels et à venir afin de modéliser l'évolution de l'impact environnemental dans le temps et considérer des scénarios avec une intensification de l'usage (effet rebond).
- 4. Collecter les données** permettant de caractériser les ressources mobilisées à toutes les étapes de leur cycle de vie et ramenées à l'unité fonctionnelle (capacité, durée de vie, consommation, poids de déchets) et valider les hypothèses de chaque scénario étudié.
- 5. Modéliser les impacts environnementaux générés** par la solution à l'aide de bases de données d'impact environnemental, de données constructeurs et d'outils.
- 6. Collecter les données** permettant de **modéliser les impacts évités**. La plupart du temps il s'agit de l'écart entre la situation de référence et la situation avec le cas d'usage étudié (par exemple la livraison d'un colis de 15kg sur une distance de 5km en voiture thermique ou en droïde autonome).
- 7. Comparer les impacts évités** (multi indicateurs) et générés selon plusieurs scénarios et évaluer le retour sur environnement.
- 8. Analyser les résultats et conclure** sur les hypothèses et **points d'attention à considérer** pour qu'il y ait effectivement **une réduction des impacts environnementaux sur la globalité** des systèmes et sous-systèmes.
- 9. Identifier des leviers d'écoconception** permettant de réduire les impacts environnementaux des solutions initiales et digitales.

Cette analyse holistique mais plutôt théorique doit être complétée de **mesures réelles réalisées sur le périmètre** telles que le suivi des consommations d'énergie et l'évolution de la pollution atmosphérique, selon l'approche suivante :

1. Définition de la solution étudiée, détail des systèmes mobilisés
2. Formalisation du protocole de mesure : définition des outils à utiliser, positionnement, période de mesure et fréquence des relevés, paramètres d'activités internes au système et des paramètres externes risquant d'influencer les résultats
3. Déploiement des équipements de mesure
4. Mesure des paramètres étudiés pendant la période de mesure
5. Collecte des données d'activités pouvant avoir un impact sur les résultats (météo, utilisation des services...)
6. Analyse et interprétation des résultats

Cette approche permet de confirmer les tendances identifiées lors de l'analyse du cycle de vie avec des données de terrain.

Une attention particulière doit être portée sur le protocole de test qui doit être documenté et qui comporte un certain nombre d'incertitude.

Le projet 5G Open Road intègre ces problématiques environnementales avec des études relatives à l'environnement, la congestion des tissus urbains et la sécurité des déplacements menées par le consortium sous l'impulsion du Cerema qui feront l'objet d'une publication et retour d'expérience détaillé en fin de programme.

Ces études environnementales portent sur 2 thématiques :

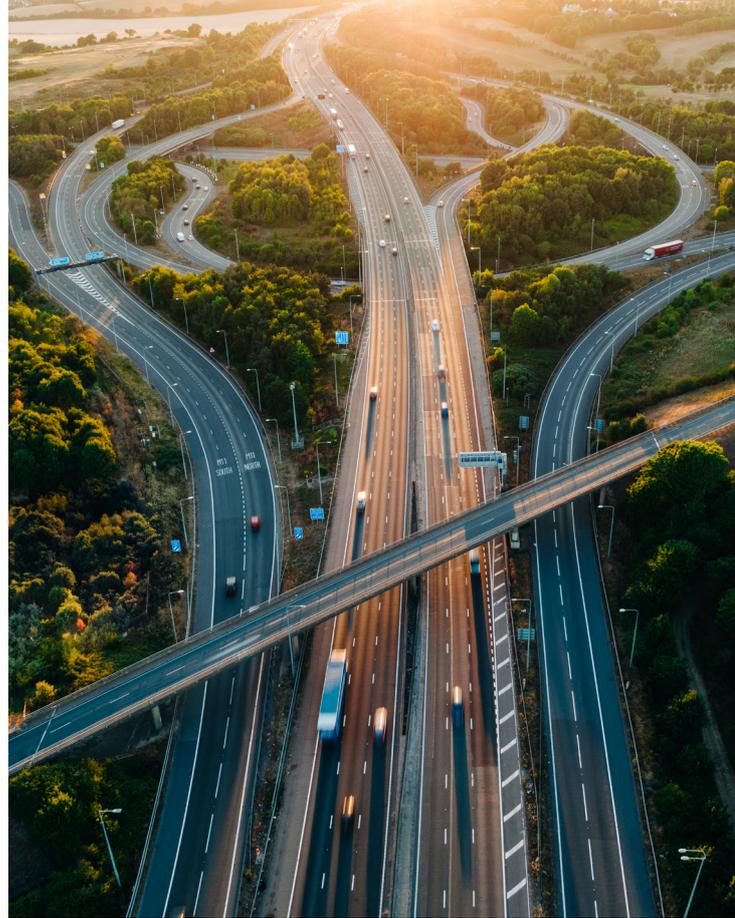
- **Le bilan énergétique des systèmes impliqués dans les intersections intelligentes et logistique automatisée.** Le calcul du coût énergétique est analysé sur les phases de fabrication et d'utilisation du cycle de vie du service déployé. Les sous-systèmes étudiés sont les droïdes de livraison, les infrastructures de bord de route et la plateforme de données. Plus théorique, cet aspect vise à évaluer la quantité d'électricité consommée par les sous-systèmes.
- **Le suivi de la qualité de l'air.** Plus pratique, il vise à évaluer la non-augmentation de la quantité de dioxyde d'azote, particules fines et Black carbon à l'aide de capteurs placés en bord de route lors du passage des services de mobilité connectés et automatisés. Ces mesures concernent les systèmes : intersections intelligentes, navettes de transport automatisées à la demande et Hub multimodal et de services aux véhicules.

Certains membres du consortium ont également mené des évaluations environnementales sur des périmètres particuliers. Capgemini a notamment mené une analyse de cycle de vie relative à l'impact de la plateforme numérique mise à disposition sur le projet.



Les grands leviers pour une mobilité durable

Les membres du consortium 5G Open Road se sont prêtés à l'exercice de l'interview afin de détailler leur implication dans le projet et de présenter leurs convictions sur la mobilité durable.



Laurent Roulet,

Responsable du département de recherche
Entreprise Infrastructure & Platforms
Nokia Bell Labs

■ Dans le cadre du projet 5G Open Road, Nokia déploie sur le périmètre de l'expérimentation, un réseau 5G privé standalone et à terme deux sites dits d'Edge Computing. Ces infrastructures sont mises à disposition des cas d'usage pour permettre de collecter, analyser et transférer les données venant de l'ensemble des équipements communicants avec une faible latence.

Nokia participe également à un cas d'usage sur la supervision pour réguler le trafic avec l'envoi d'informations aux usagers sur des limitations de vitesse et des événements survenant sur le réseau routier (geofencing).

Nokia s'est engagé sur l'amélioration de la performance énergétique des réseaux en travaillant à plusieurs niveaux - depuis la consommation intrinsèque des équipements qui s'évalue via la réduction

de la consommation par bit/seconde jusqu'au niveau des infrastructures avec le développement de solutions utilisant des technologies d'automatisation, de machine learning et d'intelligence artificielle.

Par exemple la solution AVA collecte et analyse les données des réseaux pour du pilotage énergétique et l'extinction d'équipement non utilisés, les gains pouvant se porter selon les cas jusqu'à 30% de réduction des consommations d'énergie sur les réseaux fixes et mobiles.

La mobilité durable doit s'appuyer sur une analyse à plusieurs niveaux : macro (à l'échelle d'un territoire), méso (à l'échelle de plusieurs sites) et micro (à l'échelle d'un site), le projet 5G Open Road permet de tester des systèmes à l'échelle micro et le retour d'expérience permettra d'alimenter les projections au niveau méso et macro.



Christophe Fouillé,

*Responsable de la 5G industrielle,
Bouygues Telecom*

En tant qu'opérateur d'infrastructures de télécommunications, Bouygues Telecom agit au quotidien pour améliorer l'efficacité énergétique des services connectés. Le déploiement de la technologie 5G permet le développement de nouveaux cas d'usage pour une mobilité durable comme la régulation du trafic et l'optimisation des déplacements.

La sensibilisation de nos parties prenantes sur les sujets environnementaux augmente clairement. Pour répondre aux demandes de transparence sur l'impact environnemental de nos projets, nous avons développé une calculatrice carbone et intégré des conditions environnementales dans nos contrats.

- *Bouygues Telecom fournit au projet une infrastructure de communication qui combine un très haut débit, une faible latence et une puissance de calcul déportée. Cette infrastructure repose sur un réseau 5G public millimétrique de 26 GHz et des centres de calcul Edge situés en périphérie du réseau. Cette 5G permettra de comprendre comment déployer à court terme des services, de travailler sur les apports du slicing (découpage du réseau physique en plusieurs réseaux logiques pouvant être utilisés à des fins différentes) et de tester des transferts de données à très haut débit entre véhicules et cloud. Cette fonction sera testée sur une navette Milla⁶.*



Oyunchimeg Shagdar,

*Cheffe de projet innovation connectivité,
Renault*

La mobilité durable reposera entre autres sur des véhicules moins polluants et ayant des durées de vie plus longue.

- *L'électrification de la flotte, la réparabilité et circularité des composants associées à la digitalisation des véhicules sont des leviers permettant d'atteindre ces objectifs.*

C'est l'ambition que nourrit Renault à travers le SDV ou Software Defined Vehicle⁷. Le SDV répond à ces enjeux en utilisant une série de logiciels embarqués, qui font du véhicule un objet en communication avec son environnement (des autres véhicules aux infrastructures routières). L'objectif est d'améliorer la sécurité et de fluidifier le trafic.

Les technologies d'intelligence artificielle permettent d'analyser et d'optimiser le fonctionnement des véhicules et ainsi d'en allonger la durée de vie.

Ces transformations amènent de nouveaux défis à relever, notamment sur la cybersécurité, la disponibilité des matériaux nécessaires à la fabrication des composants électroniques, mais également sur la répartition des responsabilités entre les différents acteurs.

Dans le cadre du projet 5G Open Road, Renault souhaite évaluer l'apport de la 5G et du MEC (mobile edge computing) sur deux cas d'usages : la recherche de places collaboratives et l'intersection intelligente. Renault souhaite explorer les potentiels liés à la communication entre les véhicules et leur environnement afin d'améliorer la sécurité routière.



Pierre Mulin,

Responsable du développement durable du plan CAP50,
Valeo

La mobilité durable englobe un panel très large de thématiques et de solutions. Elle est influencée par 3 principaux facteurs :

- la réglementation qui est aujourd'hui axée sur la réduction des consommations et l'électrification des véhicules mais ira de plus en plus vers la prise en compte de l'impact global des moyens de transport,
- les exigences des constructeurs qui quasi systématiquement demandent des données d'impact environnemental des équipements,
- l'évolution du marché de l'énergie avec le développement des énergies décarbonées.

■ *Valeo en tant qu'équipementier automobile se positionne aujourd'hui sur l'électrification des véhicules en proposant des solutions d'hybridation et des moteurs électriques haute tension.*

La digitalisation est une source d'innovation pour Valeo qui développe de nouveaux services basés sur le cloud tels que la clé digitalisée (déverrouillage du véhicule avec un smartphone) ou le valet de parking (positionnement automatique du véhicule dans une place de stationnement).

6. 5G Open Road, (2023),
La 5G pour une mobilité automatisée et connectée sur route ouverte

7. Renault (2023),
Renault Group et Valeo signent un partenariat dans le développement du Software Defined Vehicle

Dans le projet 5G Open Road, Valeo participe à 2 lots :

- L'intersection intelligente qui vise à sécuriser la circulation au niveau des intersections pour protéger les usagers vulnérables, réguler le trafic et éviter les collisions. Valeo fournit aux partenaires du Consortium des boîtiers télématiques à intégrer aux véhicules pour leur permettre de communiquer avec les infrastructures de bord de route et la plateforme.
- La logistique autonome qui a pour objectif de développer des solutions de livraison avec des droïdes autonomes. Valeo fournit les briques technologiques permettant de déployer les services de livraison et les droïdes autonomes.





Guillaume Grolleau,

*Directeur général du pôle V2X et
président de la section régulation de trafic,
Lacroix City*

Lacroix City, branche mobilité du Groupe Lacroix propose des solutions digitales responsables pour améliorer la mobilité et participer à la transformation du cœur de ville à travers le développement des transports en commun et d'une mobilité douce et sécurisée.

■ ■ *Le niveau de maturité des solutions digitales au service de la mobilité est hétérogène, les technologies V2X commencent à être bien déployées tandis que l'utilisation de l'IA via des cas d'usages pour capitaliser sur les données représente un panel d'opportunités à explorer sur lequel nous travaillons.*

Un des principaux défis à relever de la mobilité durable sera l'acceptation par les parties prenantes de ces nouveaux modèles, une évolution de l'ensemble de l'écosystème est nécessaire pour accélérer ces transformations. Par ailleurs, la crise énergétique a hautement impacté les dépenses des collectivités. Le sujet du retour sur investissement est devenu clé pour les villes et les solutions digitales doivent permettre de contribuer à la réduction des consommations et des coûts associés.

Dans le cadre du projet 5G Open Road, Lacroix City travaille sur la détection des vulnérables au niveau des intersections afin de les prioriser dans la régulation du trafic et réduire l'accidentologie.

La technologie Smart Perception intègre les technologies de l'edge, de la 5G et de l'IA pour envoyer des commandes aux feux de circulation basées sur l'analyse des données venant des caméras. Les données collectées pourront être mutualisées sur d'autres cas d'usage.

Des plateformes numériques performantes pour soutenir les usages de la mobilité durable

Le groupe Capgemini a un engagement fort sur la transition écologique et vise en complément de sa trajectoire Net Zéro d'accompagner ses clients pour réduire de 10 millions de tonnes les émissions de gaz à effet de serre.



Lucile Ramackers,
Senior Manager en charge de la mobilité durable
Capgemini

Pour Lucile Ramackers, Senior Manager en charge de la mobilité durable, un des enjeux clés est de réduire l'autosolisme (déplacement d'une seule personne par véhicule). Le territoire du Plateau de Saclay, sur lequel s'opère le projet 5G Open Road, est un bon cas d'école car il s'agit d'une zone peu accessible en transport en commun et qui nécessite de trouver des solutions « souples » adaptées aux besoins des voyageurs. En effet, la mobilité partagée n'est plébiscitée que si elle est plus efficace et/ou plus confortable que la conduite individuelle. Pour faciliter cette transition et favoriser la multimodalité, les offres de transport collectif doivent ainsi renforcer leur attractivité et fiabilité, éventuellement en complémentarité d'autres modes de mobilité partagée (vélos en libre-service, covoiturage, autopartage...).

Dans ce sens, les solutions digitales représentent un levier fort pour faire évoluer les comportements et faciliter l'accès aux mobilités plus durables. Leur rapidité de déploiement est un accélérateur qui permet un passage de l'expérimentation à des échelles territoriales.

Capgemini est engagé sur le sujet de la mobilité durable au travers de nombreux projets de décarbonation des véhicules, de développement du transport ferroviaire, mais aussi à travers des plateformes de services comme « Mon Compte Mobilité » qui agit comme intermédiaire de confiance entre les collectivités, les entreprises et les citoyens pour accéder aux aides de mobilité et bénéficier notamment du plan covoiturage.

Nous détaillons notamment les stratégies pour réduire l'impact de la mobilité des salariés dans notre publication « Sustainable Corporate mobility of tomorrow ». La transition vers une mobilité durable représente un enjeu clé dans l'atteinte de nos objectifs environnementaux mais devra relever plusieurs challenges liés notamment aux habitudes des usagers, aux limites technologiques et à l'état des infrastructures. Les modèles de mobilité durable et connectée qui se dessinent pourront s'intégrer dans le cadre de l'approche décrite dans notre étude Capgemini Cars Online et présentée ci-après.



Partagée

34%

des consommateurs interrogés considèrent les services de mobilité comme une alternative à la possession d'une voiture.



Intelligente

36%

des consommateurs interrogés aimeraient que leur prochaine voiture soit équipée de services de voiture connectée.



Multimodale

21%

des consommateurs interrogés effectuent des trajets multimodaux plusieurs fois par "semaine" (2).



Eco-efficente

47%

des consommateurs interrogés s'attendent à ce que les voitures électriques aient une meilleure performance environnementale au cours des cinq prochaines années.



Circulaire

7 à 8

tonnes de déchets sont générées chaque année dans l'Union européenne par les véhicules en fin de vie (VHU)(3).



Frugale

Réduction des mobilités non désirées (télétravail, réduction des trajets domicile-travail). Réduction de la mobilité des marchandises (mobilité urbaine, cochargement)

(2) <https://fr.statista.com/statistiques/995925/frequence-trajets-plusieurs-moyens-transports/>, Statista, 2019

(3) Source: ACEA, 2020



Yvan Beucher,

Directeur du programme 5G Open Road
Capgemini

Dans le cadre de 5GOR, Capgemini fournit la plateforme de données et les Application Programming Interface (API) pour construire les services. Cette plateforme consolide les données des cas d'usage et applique des fonctions de protection des données personnelles, souveraineté, cybersécurité, gestion et conservation des données. Capgemini réalise aussi de l'ingénierie de perception débarquée⁸. Yvan Beucher, directeur du programme 5G Open Road et responsable de sa mise en œuvre côté Capgemini, met en avant l'utilisation de l'existant. Dans un souci de réduction de l'impact environnemental du projet,

■ ■ *Il faut, tant que possible, utiliser les infrastructures existantes afin de ne pas engendrer de coûts environnementaux supplémentaires par la mise en place de nouveaux équipements.*

Dans le cadre du projet 5G Open Road, comme dans nos projets digitaux, nous avons réalisé une analyse du cycle de vie de notre plateforme et notre objectif est de piloter ses impacts tout au long du projet.

Nous avons développé un outil interne pour évaluer les business cases environnementaux qui permet de comparer les impacts et bénéfices environnementaux d'un projet et d'évaluer son ROE (retour sur environnement).



Octave Labbé,

Directeur,
Goggo Network France

La mobilité durable repose principalement sur deux principes, le verdissement de la flotte de véhicules par l'électrification et l'hydrogène et l'optimisation des taux de remplissage. Goggo Network, une startup européenne lancée en 2018, est un opérateur de services de logistique autonome et électrique présent en France, Espagne, Royaume-Uni et Allemagne. Nous proposons des solutions de livraison sur les derniers kilomètres pour des repas, courses alimentaires, paquets et colis avec une flotte autonome. Le déploiement de véhicules autonomes nécessite la combinaison d'une multitude de technologies dont certaines sont encore en cours de maturation.

Goggo network pilote les travaux de logistique automatisée pour définir les services du dernier kilomètre et du dernier mètre du projet 5GOR. Goggo Network a le rôle et le business modèle d'un opérateur multi-constructeur de logistique automatisée à différentes échelles (sur un quartier, une ville...)¹. Octave Labbé qui est à la direction de Goggo en France imagine le futur comme l'Autonomous mobility network :

■ ■ *Un véhicule intégralement partagé, automatisé, électrique et modulaire. Ce serait une navette capable de se mettre en platooning (circulation de véhicules en peloton) en heures de pointes pour satisfaire le transport de personnes et en heures creuses le transport de colis.*



Vincent Talon,
Cofondateur,
Twinswheel

Réduire l'impact de l'Homme sur la ville par la logistique urbaine

La vision de Twinswheel, comme le témoigne son cofondateur Vincent Talon, est que la mobilité durable passe par l'apaisement et le verdissement de la logistique urbaine. L'enjeu est de réduire le nombre de livraisons dites «classiques» en proposant des alternatives réalisées comme des vélos cargo et des droïdes de livraison.

Aujourd'hui 30% des émissions et 24% de la congestion urbaine sont dues aux livraisons. Aujourd'hui les clients demandent à avoir des solutions de livraison de plus en plus «vertes» et les métropoles exercent une pression pour plus de frugalité au niveau des points de connectivités.

Pour Twinswheel, dans un climat de Greenwashing, il est important de valider la performance environnementale de ces solutions, c'est pourquoi nous avons mené en collaboration avec des universitaires une analyse du cycle de vie (ACV) de notre projet SAM (Sécurité Acceptabilité Mobilité Autonome). Le projet SAM est une expérimentation d'un véhicule automatisé de fret en zone urbaine. Les résultats ont permis de mettre en évidence une économie de 5 Tonnes de CO2 équivalent et de 80% des consommations d'énergies en utilisant notre solution par rapport à une camionnette électrique.

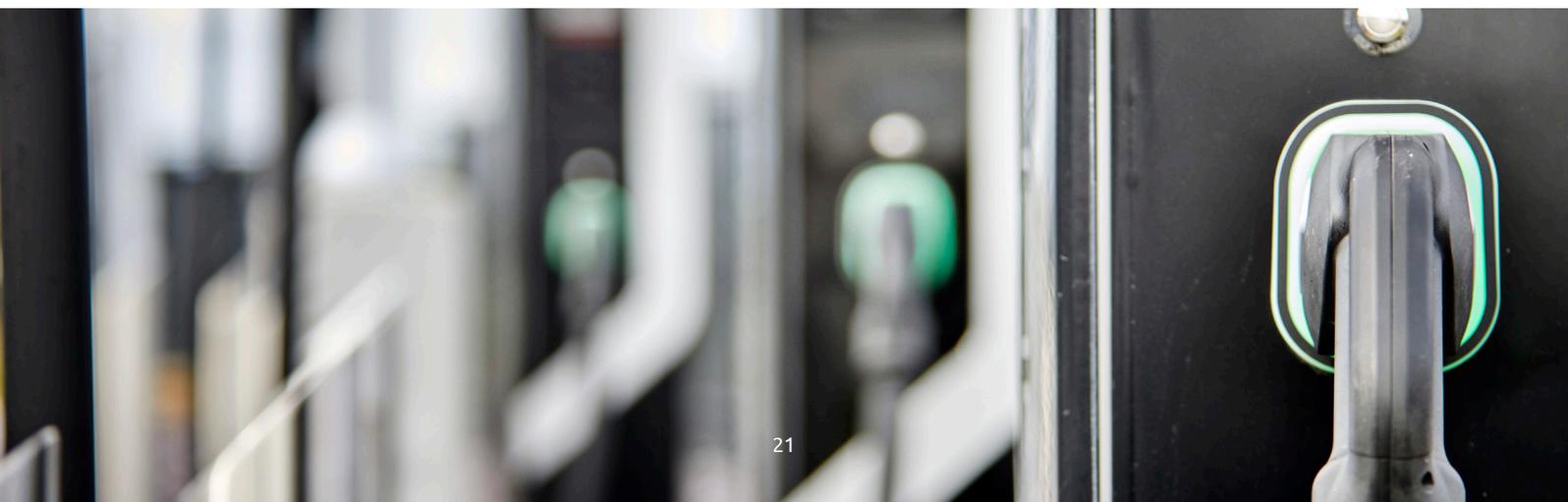
Ces gains s'expliquent par une réduction du poids des moyens de transports et une optimisation du trajet. Nos travaux sont en recherche d'amélioration continue, nous avons également réduit l'impact de la production de nos robots avec nos fournisseurs qui se situent à moins de 400km de notre siège et nous avons optimisé la circularité par recyclabilité de nos produits.

Dans le cadre de 5G Open Road, Twinswheel contribue aux travaux de logistique automatisée pour définir les services du dernier kilomètre.

Pour être durable, la logistique urbaine devra intégrer des véhicules autonomes, électriques, de faible poids et partagés. L'efficacité dans le temps devra être évaluée par des méthodes holistiques et multicritères comme l'analyse du cycle de vie.

Cette transition devra être poussée par un changement des modes de consommation pour basculer d'une «livraison instantanée» à une «livraison étalée» qui permet d'optimiser les trajets et taux de remplissage.

8. 5G Open Road, (2023), La 5G pour une mobilité automatisée et connectée sur route ouverte.



La mobilité connectée et durable doit s'inscrire dans une approche systémique et garantir l'équité sociale et territoriale



Stéphane Chanut,

Directeur du département Mobilités, espace public, sécurité de la direction technique Territoires et ville du Cerema, Coordinateur du volet mobilité à l'échelle du Cerema.

La mobilité durable s'incarne principalement par la décarbonation du secteur des transports.

L'enjeu est crucial, et pour atteindre les objectifs de transition écologique, il est nécessaire d'actionner plusieurs leviers, tant sur le plan technique et technologique que sur celui de l'évolution des usages.

Le numérique joue un rôle essentiel sur ce dernier point via sa capacité à rendre les citoyens acteurs de leur mobilité mais aussi en rendant les offres de mobilité durable plus accessibles.

Il faut néanmoins être vigilant car inversement, la digitalisation de l'offre de transport peut accentuer les fractures géographiques par l'hétérogénéité de couverture des territoires et sociétales par l'agilité des personnes à manipuler les outils numériques.

Le versant de la transition écologique de la mobilité est en parallèle de renforcer la dimension d'équité territoriale et sociétale.

Quand on parle innovation pour la mobilité durable, on pense beaucoup aux innovations techniques et technologiques : nouveaux services, nouveaux véhicules, mais l'innovation c'est aussi les usages, les comportements ainsi que la façon de construire des systèmes de mobilité nativement sobres qui doivent intégrer des stratégies d'aménagement du territoire.

Il faut apporter des solutions innovantes d'un point de vue technologique et organisationnel sur tous les types de territoires (urbain, péri-urbain, rural).

Aujourd'hui, la prise de conscience des enjeux environnementaux s'est accentuée mais l'écosystème doit continuer de prendre la mesure de la révolution nécessaire pour atteindre les objectifs.

En effet, si certaines innovations comme l'électrification des véhicules et le développement de nouveaux services permettent d'avoir des résultats rapidement, l'objectif de neutralité carbone à horizon 2050 implique un changement de paradigme fort sur les pratiques de mobilités.

Il est nécessaire d'avoir une vision systémique de la mobilité qui permette aux citoyens d'avoir facilement accès à une offre sobre multimodale. Cela nécessite une coopération d'acteurs du territoire et une co-construction collective. Cette approche doit se mettre en place pas à pas via des démonstrateurs, des expérimentations, la duplication et adaptation d'initiatives à d'autres territoires.

Nous assistons à une évolution du secteur de la mobilité qui est loin d'être terminée. Historiquement, les utilisateurs devaient s'adapter à l'offre de transport disponible. Aujourd'hui avec la digitalisation des usages et la multiplication des offres, ce sont les usagers qui vont façonner de manière individuelle leur mobilité selon leur trajet et leur temps (télétravail, nomadisme). C'est un réel changement de rapport de force entre les opérateurs de transport et les usagers.

L'organisation de la mobilité se recompose avec le développement d'offres de transport non maîtrisées par les pouvoirs publics (covoiturage, trottinette, VTC). Après une phase de concurrence avec les nouveaux acteurs de la mobilité, les autorités publiques ont repris le rôle d'animation et de coordination des offres de transport sur les territoires.

Les smartphones associés à la géolocalisation et les offres MaaS (Mobility-As-a-Service) ont permis de mettre dans la poche des usagers, des outils pour se repérer, se déplacer, avoir facilement accès aux informations de trafic, réserver des billets. Il reste encore de nombreux enjeux à adresser notamment sur le monitoring en temps réel, l'optimisation des réseaux de transports en commun et le développement d'offres collaboratives (autopartage, covoiturage).

Le projet 5G Open Road est naturellement aligné avec les objectifs du Cerema qui vise à participer aux projets innovants intégrant des technologies émergentes en phase d'expérimentation pour apporter aux acteurs technologiques et industriels des orientations au regard des enjeux de politique publique.

Pour être réellement durable, la mobilité de demain devra être décarbonée, intégrer l'accessibilité pour tous et faciliter la prise de conscience sur la sobriété et modération de nos pratiques quotidiennes.

L'alignement avec les accords de Paris pour le secteur de la mobilité impliquera sobriété, efficacité et partage !

Conclusion

Le secteur de la mobilité concentre d'importantes tensions environnementales et sociales.

Afin de répondre aux objectifs des accords de Paris, il est impératif de rendre le transport de passagers et de marchandises plus efficace et moins dépendant des combustibles fossiles.

La transition vers des modèles plus durables doit embarquer un panel de solutions à la fois technologiques, organisationnelles et le développement de nouveaux services et usages.

Pour être pérenne, cette transition devra s'appuyer sur une vision systémique et impliquer l'ensemble des parties prenantes, acteurs industriels, technologiques, acteurs publics et usagers.

Les technologies numériques font partie du bouquet des solutions et représentent un accélérateur dans l'évolution de la mobilité, à la fois via le développement de nouvelles offres de services de mobilité accessibles et durables mais aussi via l'optimisation des systèmes et la prévention des risques.

Néanmoins, afin de s'assurer de la performance globale sans transfert de pollution, ces technologies doivent embarquer en amont les enjeux environnementaux et piloter les bénéfices dans le temps et anticiper les risques d'effet rebond.

Une approche par cas d'usage est nécessaire afin de pouvoir appréhender une approche coûts/bénéfices et d'évaluer l'impact net des solutions proposées. Ces projets devront également s'intégrer dans une démarche d'amélioration continue et faire l'objet de re-modélisation pour améliorer les performances environnementales en maximisant les bénéfices et minimisant les coûts.

Glossaire

La mobilité⁹ peut être définie comme le rapport social au changement de lieu, c'est-à-dire comme l'ensemble des actions qui concourent au déplacement des personnes et des objets matériels. Dans ce cadre très large, les transports sont les systèmes techniques directement dédiés à ces déplacements.

Le management de la mobilité¹⁰ consiste à promouvoir des transports durables et à gérer la demande de transport en voiture, en modifiant les attitudes et les comportements des individus et des entreprises. Le management de la mobilité est fondé sur les mesures dites « douces » telles que l'information et la communication, l'organisation des services et la coordination des actions des différents partenaires.

Le véhicule connecté¹¹ (V2X) intègre des systèmes embarqués ainsi que des réseaux de télécommunications sans fil qui lui permettent de collecter des informations qu'il pourra enregistrer, traiter, exploiter et relayer vers d'autres véhicules, ou envoyer vers l'infrastructure routière.

Systèmes automatisés et niveaux d'automatisation¹²

Les niveaux d'automatisation du cadre réglementaire français distinguent les capacités d'un système de délégation de conduite à mener à leur terme, en toute sécurité, des manœuvres engagées en mode automatisé.

- Système de conduite automatisé : système exerçant le contrôle dynamique du véhicule de façon prolongée
- Véhicule partiellement automatisé : le système de conduite automatisé doit effectuer une demande de reprise en main pour répondre à certains aléas de circulation ou défaillances pendant une manœuvre effectuée dans son domaine de conception fonctionnelle.

- Véhicule hautement automatisé : le système de conduite automatisé peut répondre à tout aléa de circulation ou défaillance, sans exercer de demande de reprise en main pendant une manœuvre effectuée dans son domaine de conception fonctionnelle.
- Véhicule totalement automatisé : le système de conduite automatisé peut répondre à tout aléa de circulation ou défaillance, sans exercer de demande de reprise en main pendant une manœuvre effectuée dans son domaine de conception fonctionnelle, et est intégré à un système de transport routier automatisé

La logistique urbaine¹³ peut être définie comme un ensemble d'opérations articulant stockages-déstockages, gestion des flux entrants/sortants de transport et livraison à destination et en provenance des clients urbains.

Le concept **d'impact environnemental¹⁴** désigne l'ensemble des modifications qualitatives, quantitatives et fonctionnelles de l'environnement (négatives ou positives) engendrées par un projet, un processus, un procédé, un ou des organismes et un ou des produits, de sa conception à sa « fin de vie ». L'évaluation d'un impact environnemental est quantifiée grâce à la mesure d'indicateurs de flux et d'indicateurs d'impact potentiels. Ces derniers intègrent notamment les émissions de gaz à effet de serre, l'écotoxicité aquatique ou l'épuisement des ressources non renouvelables. Les indicateurs de flux sont eux relatifs à des consommations telles que les consommations d'eau ou d'énergies.

Les particules fines¹⁵ sont un type de polluant atmosphérique. Parce qu'elles sont très petites (PM₁₀<10µm, PM_{2.5}<2.5µm et PM₁<1µm), ces particules peuvent pénétrer profondément dans les poumons et entrer dans le sang.

Le Black Carbon, ou Carbone-suie, est un type de polluant nommé en référence à ses propriétés optiques. Il absorbe la lumière et apparaît noir, et il est composé essentiellement de carbone. Il représente environ 10% des particules fines.

Le bilan énergétique¹⁶ d'une opération ou d'une technologie est le rapport entre l'énergie disponible à la fin de l'opération et l'énergie dépensée pour la réaliser.

L'effet rebond¹⁷ est le paradoxe selon lequel les économies liées à une évolution ou une optimisation des procédés sont partiellement ou totalement perdues par une augmentation des usages, rendus plus faciles et moins directement impactant.

La « 5G » est la cinquième génération de réseaux mobiles, qui succède aux technologies 2G, 3G et 4G. Les réseaux 5G¹⁸ devront permettre d'atteindre des débits jusqu'à dix fois plus grands qu'en 4G. La latence sera divisée par 10 pour permettre le développement de nouveaux usages. La densité de la 5G permettra d'embarquer l'internet des objets (IoT pour Internet of Things). La 5G s'opère sur trois bandes de fréquences :

- Les fréquences de la 2G, 3G, 4G (700 Mhz, 800 Mhz, 900 Mhz, 1,8 Ghz, 2,1 Ghz, 2,6 Ghz), que les opérateurs peuvent basculer en 5G.
- La bande des 3,5 GHz
- La bande des 26 GHz

L'API (Application Programming Interface) est une interface qui connecte des logiciels, des services et des applications aux environnements différents afin qu'ils puissent connecter leurs données¹⁹.

9. Jacques LEVY, (2000), *Les nouveaux espaces de la mobilité*
10. European Platform on Mobility Management (EPOMM)
11. INRIA, (2019), *Véhicules automatisés et connectés*
12. DGITM, (2023), *Centre de ressources mobilité routière automatisée et connectée*
13. Mission LUD, (2021), *Logistique urbaine durable*
14. ADEME, (2021), *Les impacts environnementaux*
15. Institut de recherche pour le développement, (2023), *Black carbon : la face sombre de l'activité humaine*
16. Cerema
17. Cerema, *Sobriété numérique : la voie du numérique durable pour la smart city*
18. ANFR, (2019), *Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G*
19. Salesforce, *Qu'est-ce qu'un API : définition, enjeux*

Bibliographie

- 5G Open Road, (2023),
La 5G pour une mobilité automatisée et connectée sur route ouverte
- 5GAA, (2023),
Accelerating 5G Adoption for Connected and Autonomous Mobility Services
- ADEME, (2021),
Les impacts environnementaux
- ADEME, (2023),
Impact CO2
- ANFR, (2019),
Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G
- Annual, Reviews, (2021),
The Environmental and Resource Dimensions of Automated Transport: A Nexus for Enabling Vehicle Automation to Support Sustainable Urban Mobility
- Carbone4, (2019),
Trajet domicile-travail : développer le co-voiturage et les mobilités douces
- Centre d'analyse stratégique
Note 274, (2012),
Pour un renouveau de la logistique urbaine
- Cerema, (2023),
Mobilité intelligente : congrès ATEC-ITS
- Cerema,
Mobilité Solidaire
- Cerema,
Sobriété numérique : la voie du numérique durable pour la smart city
- Commissariat général
au développement durable, (2021),
Les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports
- Construction 21, Le Cerema,
Le lab recherche environnement
VINCI ParisTech, (2022),
Mobilités décarbonées Un défi Global
- David Hunkeler & Gautam Biswas, (2000),
The International Journal of Life Cycle Assessment
- DGITM, (2023),
Centre de ressources – mobilité routière automatisée et connectée
- Eric BEZIAT, (2022),
Une mobilité plus sobre le défi du siècle
- ETSI, (2014),
Norme 203 199
- European Platform On Mobility
Management (EPOMM)
- Freenow, (2022),
Mobility as a Service
- Futuribles International / IFSTTAR, (2011),
Prospective de la mobilité dans les villes moyennes
- Gro Harlem Brundtland,
Premier Ministre norvégien (1987)
- INRIA, (2019),
Véhicules automatisés et connectés
- INSEE, (2021),
La voiture reste majoritaire pour les déplacements domicile-travail, même pour de courtes distances
- Institut de recherche
pour le développement, (2023),
Black carbon : la face sombre de l'activité humaine
- Institute for climate economics SDES,
Statistique publique, Ministère de la
transition écologique, (2021),
Chiffres clés du climat France, Europe et Monde
- ISO : Normes 14 040 ; ISO 14050 ; ISO 14080
- Jacques LEVY, (2000),
Les nouveaux espaces de la mobilité
- JRC-IES, (2010),
International Life Cycle Data System Handbook
- Ministère de la Transition écologique
et de la cohésion des territoires, (2023)
Pollution de l'air : origines, situation et impacts

- Mission LUD, (2021),
Logistique urbaine durable
- Nokia (2018)
Nokia porte la capacité des réseaux optiques à leur limite théorique
- Présidence du Sénat, (2021),
Rapport d'information fait au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable par la mission d'information relative au transport de marchandises face aux impératifs environnementaux
- Renault, (2023),
Renault Group et Valeo signent un partenariat dans le développement du Software Defined Vehicle
- Salesforce,
Qu'est-ce qu'un API : définition, enjeux
- SDES, Statistique publique, Ministère de la transition écologique, (2022),
Chiffres clés des transports
- Statista, (2019),
Passenger car market in Europe statistics & facts
- Statista, (2019),
Automotive industry worldwide statistics & facts
- Statista, (2020),
Distribution of carbon dioxide emissions produced by the transportation sector worldwide in 2020 by subsector.
- Statista, (2022),
Équivalent de kilogrammes de CO2 émis par kilomètre par personne en France en 2022, selon le mode de transport
- Statista, (2022),
Les mobilités durables en France
- Statista, (2022),
Nombre d'utilisateurs du service de covoiturage Blablacar
- Statista, (2022),
Transportation emissions in the European Union
- Statista, (2022),
Transportation emissions worldline
- The shift project, (2021),
Guide pour une mobilité quotidienne bas carbone
- Twinswheel, (2021),
SAM
- Wired, (2023),
Self-driving cars are being put on a data diet

Contributeurs

Olivier Levache <i>Bouygues Telecom</i>	Eric Lacombe <i>Nokia</i>	Oyunchimeg Shagdar <i>Renault</i>
Christophe Fouillé <i>Bouygues Telecom</i>	Laurent Rouillet <i>Nokia</i>	Vincent Talon <i>Twinswheel</i>
Yvan Beucher <i>Capgemini</i>	Octave Labbe <i>Goggo Network</i>	Yousseoufa Tahirou <i>Valeo</i>
Lucile Ramackers <i>Capgemini</i>	Guillaume Grolleau <i>Lacroix</i>	Pierre Mulin <i>Valeo</i>
Guillaume Grolleau <i>Lacroix City</i>	Dessy Yankova <i>Lacroix</i>	Stéphane Chanut <i>Cerema</i>

Auteurs

Caroline Vateau <i>Capgemini</i>	Paul Peyret <i>Cerema</i>
Jérémie Compan <i>Capgemini</i>	Salim Srairi <i>Cerema</i>

