

RAPPORTS

CETE du Sud Ouest

DALETT / ESAD-ZELT

Décembre 2013

État de l'art sur le déploiement des systèmes de communication V2X



Centre d'Études Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest



Informations contractuelles

Organisme(s) commanditaire(s)	Institut Français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR)	58, boulevard Lefebvre, F-75732 PARIS Cedex 15 Tél. +33 (0)1 40 43 50 00
Références administratives	Affaire n° 2009/69/078	commandée le : 27/08/2010 sous le numéro 11S111 (opération de recherche LCPC)
Affaire suivie par	Le chargé d'affaire	Louahdi Khoudour DALETT/ESAD-ZELT

Historique des versions du document

Version	Date de validation	Commentaire
1	20/12/2013	Rédaction initiale

Validation du document

Rédacteur(s)	Louahdi KHOUDOOR Responsable du groupe ESAD-ZELT (CETE SO) Jean-Paul GARRIGOS, chargé d'étude du groupe ESAD-ZELT (CETE SO)	Courriels : Louahdi.khoudour@developpement-durable.gouv.fr jean-paul.garrigos@developpement-durable.gouv.fr Tel : 05 62 25 97 84
Relecteur	Didier TREINSOUTROT Directeur DALETT	Courriel : Didier.treinsoutrot@developpement-durable.gouv.fr Tel : 05 62 25 97 01
Validé par	Thomas DURLIN Coordination de l'action 3 de SERRES	Courriel : Thomas.Durlin@developpement-durable.gouv.fr Tel : 03 20 49 60 93

Métadonnées

Référence documentaire	N °ISRN : EQ-CT33-13-355-FR
Titre	État de l'art sur le déploiement des systèmes de communication V2X
Description	<p>Ce travail s'attache à fournir des éléments sur l'introduction des systèmes de communications V2X dans les environnements de transport. En particulier, des premières initiatives de déploiement ou de pré-déploiement de ces systèmes en Europe et dans le monde commencent à voir le jour.</p> <p>Ce document ne représente en cas un état de l'art exhaustif sur le déploiement et ne présente pas d'aspect prospectif. Il se base uniquement sur des documents déjà existants sur le sujet et qui sont référencés en fin de rapport. Nous remercions à cette occasion les auteurs de ces documents.</p>
Auteur(s)	Louahdi Khoudour, Jean-Paul Garrigos
Date du rapport	20/12/2013
Mots clés	<i>ITS, STI, Transports intelligents, nouvelles technologies</i>
Mots clés géographiques : Pays, région(s), département(s), commune(s)	<i>France et Europe</i>
Type	(facultatif)
Règles de diffusion	<i>Contrôlée (diffusion du rapport uniquement par le commanditaire)</i> <i>Source : Circulaire no 2001-15 du 26 février 2001 relative à la littérature grise : repérage, traitement, diffusion et valorisation sur Internet et Intranet des rapports d'études et de recherche du ministère de l'équipement, des transports et du logement</i>
Droits	Ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans autorisation expresse du service émetteur ou du commanditaire. Crédits photos – illustrations : © Autres (précisés dans la légende)
Identification	

Résumé

Cette étude sur les systèmes de communication V2X, sur deux années, fait l'objet de deux livrables.

Le premier livrable concerne l'état de l'art proprement dit sur les systèmes de communication V2X [9]. Nous nous sommes appliqués dans ce premier travail, à réunir les détails techniques des systèmes, leurs performances ainsi que leur environnement d'évaluation en particulier au travers de projets de recherche et développement. Deux environnements d'évaluation ont été décrits : le premier concerne la localisation précise des véhicules au niveau des voies (projet COVEL) alors que le deuxième traite de la sécurité aux interactions route/rail, les passages à niveau en particulier (projet PANsafer).

Le deuxième livrable qui fait l'objet de ce travail s'attache à fournir des éléments sur l'introduction des systèmes de communications V2X dans les environnements de transport. En particulier, des premières initiatives de déploiement ou de pré-déploiement de ces systèmes en Europe et dans le monde commencent à voir le jour.

Ce document ne représente en cas un état de l'art exhaustif sur le déploiement et ne présente pas d'aspect prospectif. Il se base uniquement sur des documents déjà existants sur le sujet et qui sont référencés en fin de rapport. Nous remercions à cette occasion les auteurs de ces documents.



SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION.....	8
2 - INTRODUCTION DES SYSTÈMES V2X DANS LES TRANSPORTS.....	9
2.1 - Les parties prenantes.....	9
2.2 - Gestion de la circulation.....	9
2.3 - Sécurité Routière.....	13
2.4 - Gestion du transport de marchandises.....	16
2.5 - Transport en commun.....	18
2.6 - Impacts environnementaux des transports.....	19
3 - POLITIQUES DE DÉPLOIEMENT DES SYSTÈMES COOPÉRATIFS EN EUROPE	20
3.1 - Introduction au déploiement.....	20
3.2 - Exemples de déploiement ou de pré-déploiement.....	20
3.2.1 - Le projet COMPASS4D.....	20
3.2.2 Les projets d'évaluation ou de pré-déploiement collaborant avec COMPASS4D.....	28
3.2.3 Les FOTs pour les systèmes coopératifs.....	31
4 - ASPECTS FINANCIERS.....	32
5 - ASPECTS SÉCURITÉ ET VIE PRIVÉE.....	33
5.1 - Les contraintes sociales et juridiques.....	33
5.2 - Acceptabilité des systèmes coopératifs par les utilisateurs.....	34
5.2.1 - Etude d'acceptabilité menée dans le cadre du projet Score@f.....	34
5.2.2 - Etude d'acceptabilité menée dans le cadre du projet CVIS.....	38
6 - CONCLUSION.....	40

Index des illustrations

Index des tables

1 - Introduction

L'accroissement de la mobilité des biens et des personnes implique des coûts sociétaux très élevés : congestion récurrente, accidents mortels et corporels. Dans la dernière décennie, des efforts très importants ont été mis en œuvre pour endiguer ces problèmes et mettre à disposition des solutions que nous utilisons actuellement, par exemple : des informations sur l'état du trafic et des accidents sont diffusées via la radio FM, interrompant momentanément les programmes radio des usagers ; panneaux à messages variables espacés de quelques kilomètres ou en des points stratégiques (par exemple aux endroits de fusion d'autoroutes, tunnels, ponts) le long des routes permettent de prévenir les usagers au sujet des changements de situations de trafic ; les systèmes de péage automatique permettent de récolter le paiement sans que le trafic ne soit perturbé ou interrompu.

En même temps, les véhicules ont vu accroître leurs possibilités en termes d'assistance à la conduite ou des systèmes de protection. De nombreuses sources de contrôle et d'information à bord des véhicules permettent aux usagers de personnaliser leur expérience de la conduite ; des systèmes de sécurité passive protègent les passagers et le véhicule contre des conditions de conduite défavorables : systèmes d'anti-bloquage des freins, systèmes de navigation, boussoles, radars de parking, et caméras vidéo sont les plus connus et les plus utilisés parmi les technologies existantes. Ces capteurs perçoivent l'environnement, la route, la localisation du véhicule, et enregistrent en temps réel les différents environnements des véhicules et les conditions de trafic pour pouvoir alerter de manière appropriée le conducteur et prévenir la survenance des accidents ou au moins réduire leurs effets.

De récents développements technologiques, en particulier dans les domaines de l'informatique mobile, de la communication sans fil, de la télédétection, poussent aujourd'hui les systèmes de transport intelligents à faire un bond en avant. Les véhicules possèdent déjà des ordinateurs de bord, avec plusieurs ordinateurs et des capteurs à bord, chacun d'eux dédié à une fonction particulière de la gestion du véhicule. Le nouvel élément est l'ajout de nouveaux systèmes de communication sans fil, de traitement et de captage. Des véhicules interconnectés ne traitent pas uniquement des informations qui les concernent et leur environnement, mais ils échangent aussi ces informations en temps réel avec d'autres véhicules à proximité.

Plus simplement, les possibilités de radio-communication peuvent opérer au-delà des champs de vision des radars ou des capteurs optiques, permettant ainsi des approches coopératives. Les véhicules et l'infrastructure coopèrent pour percevoir des situations potentiellement dangereuses dans un horizon spatio-temporel plus élargi. Des architectures appropriées de communication entre véhicules (CV) sont nécessaires pour offrir des aides à la conduite fiables pour la sécurité et l'exploitation efficace de la route.

Cette étude, menée dans le cadre du projet SERRES, est un état de l'art sur les systèmes de communication V2X existants selon les développements réalisés ces dernières années.

Cette étude sur deux années fait l'objet de deux livrables.

- **Le premier livrable** concerne l'état de l'art proprement dit sur les systèmes de

communication V2X [9]. Nous nous sommes appliqués dans ce premier travail, à réunir les détails techniques des systèmes, leurs performances ainsi que leur environnement d'évaluation en particulier au travers de projets de recherche et développement. Deux environnements d'évaluation ont été décrits : le premier concerne la localisation précise des véhicules au niveau des voies (projet COVEL) alors que le deuxième traite de la sécurité aux interactions route/rail, les passages à niveau en particulier (projet PANsafer).

- **Le deuxième livrable** qui fait l'objet de ce travail s'attache à fournir des éléments sur l'introduction des systèmes de communications V2X dans les environnements de transport. En particulier, des premières initiatives de déploiement ou de pré-déploiement de ces systèmes en Europe et dans le monde commencent à voir le jour.

2 - Introduction des systèmes V2X dans les transports

L'application des systèmes V2X dans le domaine des transports permet notamment d'accroître la sécurité routière, mais également d'améliorer l'efficacité des transports en commun et des véhicules de transports de marchandises. Ces systèmes permettent également de participer à l'amélioration de l'efficacité de la circulation, tout en réduisant les encombrements et en diminuant l'impact environnemental des transports routiers.

2.1 - Les parties prenantes

Les autorités publiques, les exploitants, les usagers (transports de marchandises, transports en commun, et usagers particuliers) sont autant de partenaires privilégiés qu'il faudra réunir afin de mettre en place à l'avenir les futurs systèmes collaboratifs.

Potentiellement, les fabricants de matériels, les constructeurs de véhicules, les instituts de recherche, les développeurs de logiciels ainsi que les fournisseurs de services devront être consultés et intégrés au processus de développement et de promotion.

2.2 - Gestion de la circulation

Gestion de la circulation et information routière sont traditionnellement intimement liés en France. L'information routière existe de longue date (Bison futé, médias grand public, radios, etc) et est complétée par de nouveaux services multimodaux qui se développent rapidement sur internet notamment (sites de covoiturage par exemple).

Cependant cette offre doit continuer à évoluer en se concentrant sur l'amélioration de la continuité territoriale des services rendus, l'opportunité de rendre l'information davantage multimodale et enfin la possibilité de permettre l'apparition de nouveaux services basés sur les performances et les capacités des différentes sources de données et de supports de communications actuels.

La gestion du trafic est associée à des modes d'interventions dépendant de l'échelle visée. Au niveau régional ou inter-régional voire international, elle est concernée par les Plans de Gestion du Trafic (PGT) permettant de résoudre des situations

exceptionnelles. Au niveau intermédiaire, les déploiements des systèmes coopératifs seront les plus fréquents (régulation dynamique des vitesses et des accès, affectation variable des voies, interdiction dynamique de dépasser pour les Poids Lourds). Enfin à l'échelle locale, la gestion des incidents pourra être améliorée, grâce à la possibilité d'étendre les zones de surveillance du trafic, mais également en renforçant les équipements à destination des tunnels routiers importants.

La communication sans fil dans les deux sens permet aux systèmes de gestion de la circulation de communiquer avec les véhicules. La richesse de l'information événementielle disponible en temps réel sur l'ensemble du réseau est potentiellement plus pertinente que celle émise par les médias d'informations traditionnels. Nous allons détailler quelques exemples d'utilisation des systèmes collaboratifs.

Un système d'aide à la gestion du trafic basé sur un système coopératif permet d'adapter plus facilement le réseau routier à la demande réelle. En effet, les informations sur l'état du trafic réel étant envoyées sur le dispositif embarqué de l'utilisateur (avec des options de réacheminement automatique), celui-ci peut adapter son itinéraire sans devoir attendre l'information issue des canaux habituels (radio ou télévision). En effet, les technologies d'aide à la navigation découlant du GPS sont connus du grand public, et sont largement utilisés et reconnus par les usagers. Ils peuvent d'ores et déjà opter pour des choix d'itinéraires selon des critères tels que la rapidité, la longueur ou le plus économique. Les systèmes coopératifs permettent d'ajouter à ces systèmes l'interaction en temps réel avec les systèmes d'information trafic et l'environnement du véhicule. Ceci permet donc de tenir compte en plus des options existantes de réacheminement, des stratégies publiques de gestion de la circulation.

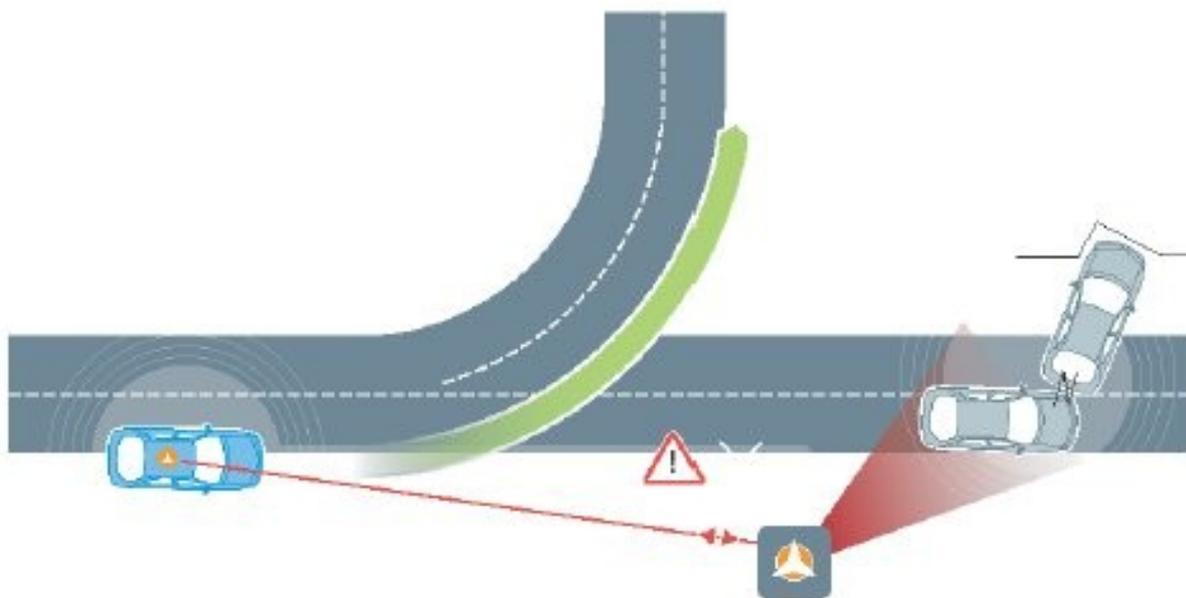


Illustration 1: Les véhicules peuvent être guidés vers un itinéraire de contournement (source [4])

De plus, contrairement à autrefois où le délestage était géré uniquement par les gestionnaires lors des grandes perturbations (acheminement stratégique), il est maintenant possible de mettre en place une micro-gestion de la navigation routière en temps réel (micro-acheminement). Ce mode de réacheminement permet de tenir

des informations de proximité de l'utilisateur comme le niveau de pollution, la météo, les événements (match de foot par exemple) ou les encombrements locaux. La notion de micro régulation est liée à la fréquence de mise à jour de l'information événementielle et environnementale, en général basée sur des périodes de moins de 5 minutes, ainsi que la dimension volontairement réduite de la zone d'influence de l'information. Les bienfaits du micro-acheminement sont essentiellement la réduction des arrêts et des ralentissements aux croisements ainsi qu'une moindre durée du temps de trajet, et à terme, un meilleur équilibrage de la circulation, la réduction du bruit et des émissions.

Pour plus de détails sur les possibilités des systèmes embarqués actuels et les services liés au l'information trafic en temps réel, le lecteur pourra consulter l'étude relative à l'évaluation des capacités et performances des services d'infos trafic embarqués du marché [10], dans le cadre de l'action 1 de SERRES.

Dans le domaine de l'optimisation des infrastructures, les systèmes coopératifs permettent grâce à des extrapolations des événements passés de prédire l'état du trafic. En effet, du point de vue des gestionnaires de voiries, l'information issue des systèmes collaboratifs est potentiellement plus pertinente. Ainsi, outre le positionnement des usagers en difficulté issue directement du système embarqué du véhicule concerné (système eCall), il est possible de déterminer en temps réel l'occurrence et la position des encombrements (véhicules traceurs ou FCD). Cette information ne souffre pas de la dichotomie présente dans les systèmes de prédiction basée sur les événements passés et déterminés sur la base du trafic actuel. L'acheminement stratégique est ainsi facilité, car les suggestions d'itinéraires tiennent compte des stratégies de réseau mais aussi de l'information sur l'état du trafic en temps réel et d'autre part, ces suggestions sont individualisées pour chaque véhicule.

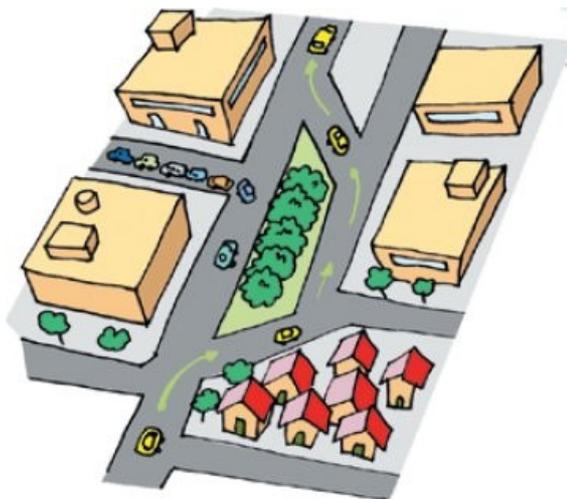


Illustration 2: Réacheminement par micro-régulation (source [5])

D'autres applications sont envisageables. En effet, grâce aux systèmes coopératifs il est possible de mettre en place des priorités pour certains types de véhicules (urgences, transports en commun, marchandises). En manipulant l'alternance des feux de signalisation, il est possible d'accroître la fluidité et la sécurité des croisements pour ces catégories de véhicules. Les véhicules d'urgence qui ont déjà la priorité sur les autres usagers permettent d'accroître la sécurité lors des franchissements des croisements. En effet, les autres usagers arrivant sur le croisement en question verront un feu rouge non ambigu contrairement à la situation actuelle où le carrefour leur autorise le passage et qu'il n'est pas forcément aisé de localiser le véhicule prioritaire. Les itinéraires types des services d'urgence peuvent facilement augmenter en flexibilité et non plus figés comme aujourd'hui, compte tenu de la facilité d'intégration des logiciels au sein du contrôleur de carrefour.

Nous verrons d'autres cas de gestion des priorités appliqués à la gestion du transport en commun dans la suite du présent rapport.

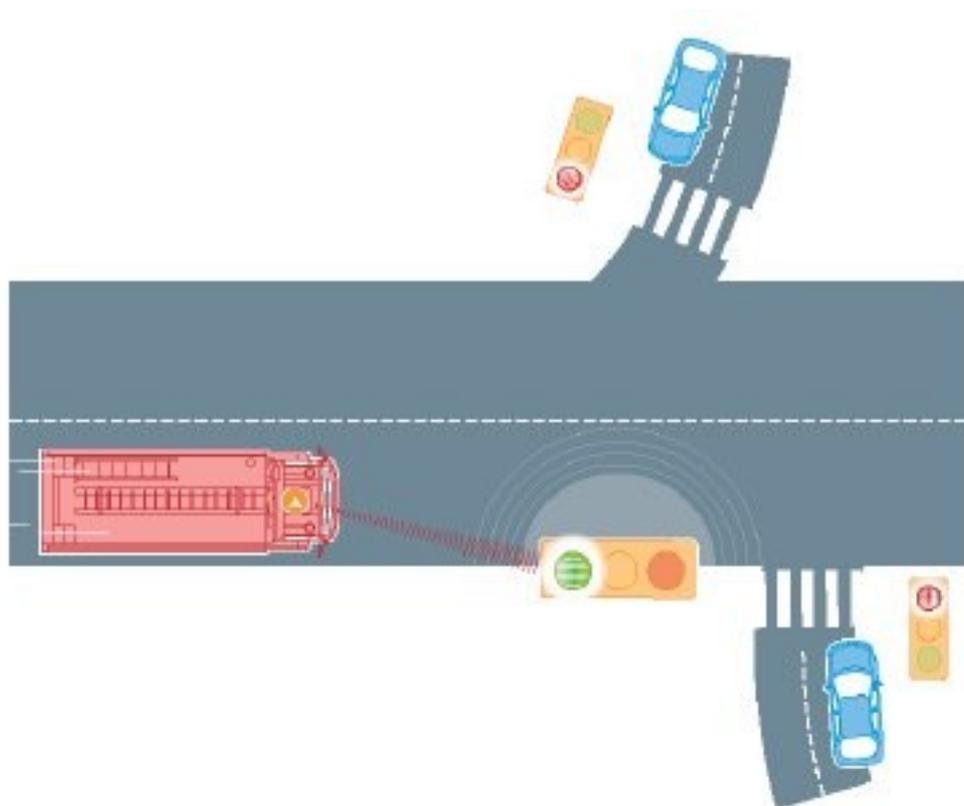


Illustration 3: Gestion hiérarchisée des flux de transport (exemple véhicules de secours - source [4])

Enfin, outre les aspects spécifiques liés au transport de marchandises que nous aborderons plus loin, il est possible d'améliorer significativement les systèmes existants de suivi de flottes de transports de matières dangereuses en mettant en place des solutions de réacheminements dynamiques selon l'état du trafic ou les types d'usagers à proximité. Une autre possibilité liée aux catégories de véhicules, est la gestion avancée des priorités. A l'arrivée sur un carrefour, un transport de marchandise pourrait se voir faciliter le passage de ce dernier (en prolongeant par exemple la durée du vert de la branche sur laquelle cet usager est placé). Cette solution permet de réduire les encombrements au démarrage des poids lourds, la consommation de carburant (moins de phénomènes d'arrêts-départs) et la pollution (sonore et des composés organiques volatils : COV). Cette fonction de gestion hiérarchisée des flux de transport peut être extrapolée à d'autres usagers comme par exemple les services de secours.

Pour achever cette partie relative à la gestion du trafic routier, signalons les possibilités offertes par les systèmes collaboratifs, dans la gestion du stationnement. Il est bien connu que la recherche d'une place de parking entraîne des pertes de temps et donc d'argent et accroît la charge des réseaux routiers à proximité des zones de stationnement. Si l'usager était informé directement des places disponibles et de leurs localisations, il pourrait réduire avantageusement ces délais. Exemple : Liberta à Toulouse.

Citons enfin les bienfaits que propose le projet CVIS [5] dans le domaine de la gestion de la circulation :

« Les véhicules qui sont équipés de technologies de systèmes coopératifs (telles que les technologies CVIS) recueilleront des informations lors de leurs déplacements sur le réseau routier. Les informations collectées par ces véhicules (emplacement, durée du trajet, encombrements, incidents sur le réseau, etc.) seront renvoyées au système de contrôle de la circulation urbaine (CCU). L'application :

- identifiera si le système CCU a besoin d'une mise à jour (par exemple, si on doit entreprendre une optimisation de la configuration actuelle) ;
- identifiera les zones problématiques du réseau routier : par exemple, les emplacements où l'on pourrait mettre en place un nouveau croisement contrôlé ou ceux où l'on pourrait envisager des activités de planification (telles que travaux routiers, adaptation de règles de circulation, etc.).

[...]

Cette application peut améliorer la précision des systèmes de contrôle de la circulation existants. Elle peut être facilement incluse dans un déploiement général de systèmes coopératifs car, même à un taux de pénétration très faible, elle apporte des bienfaits considérables.»

2.3 - Sécurité Routière

Les systèmes V2X de nouvelle génération permettent de contribuer à la baisse du nombre de tués sur les routes en incluant par exemple, des systèmes permettant d'avertir les conducteurs d'un risque imminent de collisions (systèmes coopératifs).

Les nouvelles technologies de détection et de communication permettent d'étendre le champ de vision des véhicules en récupérant l'état d'un véhicule arrêté, accidenté ou en situation de détresse juste après le prochain virage.

La communication constante entre les véhicules et les équipements en bord de voies, permet d'enrichir les sources d'informations en temps réel sur notamment les accidents, les conditions météorologiques ou des avertissements de sécurité.

Certaines variations fréquentes de limitation de vitesses sont difficiles à appréhender pour les usagers de la route. Les systèmes coopératifs permettent d'assister le conducteur dynamiquement lors des changements de limitation.

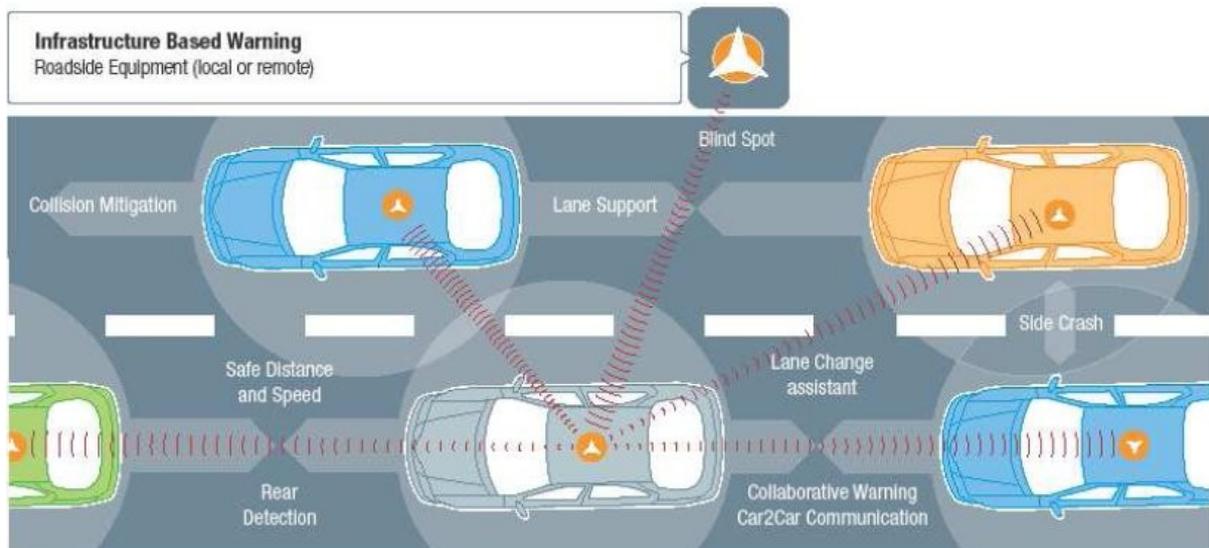


Illustration 4: Les systèmes coopératifs permettent de prévenir une partie des accidents de la circulation (source [4])

En matière de prévention des accidents, les systèmes coopératifs permettent au conducteur de mieux maîtriser son véhicule. En effet, les véhicules actuels et notamment ceux considérés en haut de gamme, sont équipés de nombreux dispositifs d'avertissement ou d'alerte (pression des pneus, présence de verglas, etc). La multiplication de ces dispositifs n'est pas forcément le gage d'une meilleure sécurité, car en effet, le conducteur est toujours présent dans la boucle de la conduite. Les STI permettent de palier certaines défaillances du conducteur en se substituant parfois à celui-ci, dans certains cas.

Les nouveaux STI seront capables de détecter les faiblesses du conducteur (état de stress, fatigue excessive, nervosité ou excitation non compatible avec la conduite, taux d'alcoolémie important) et pourront avertir celui-ci ou décider de bloquer le véhicule.

La somnolence au volant, responsable d'un nombre important d'accidents pourra également être détectée (dès l'apparition de certains signes annonciateurs, comme clignotements importants des paupières, trajectoire dangereuse du véhicule, etc). Le système pourra alors alerter le conducteur par une alarme à l'intérieur du véhicule, mais il pourra également prévenir les autres usagers et véhicules afin qu'ils soient informés d'un risque de collision frontale par exemple.

Il est également possible de mettre en action des dispositifs d'aide à la

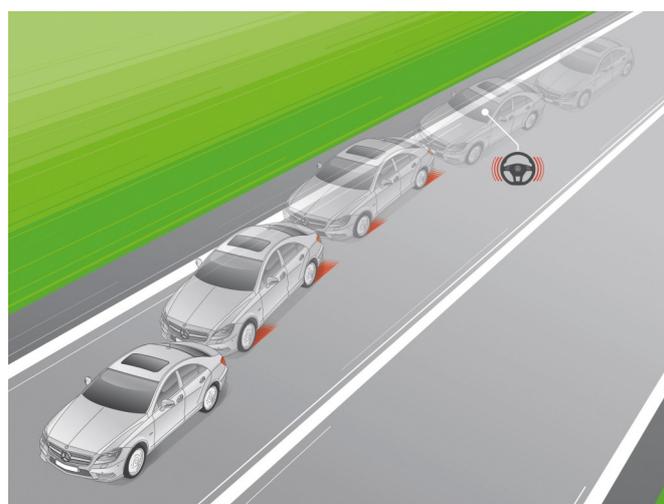


Illustration 5: Lane Keeping Support (source www.autoevolution.com)

conservation de la trajectoire¹ (LKS, Lane Keeping Support) qui consiste à laisser le véhicule piloter en autonomie afin de conserver une trajectoire correcte.

Par extension, des solutions de platooning consistent à faire rouler un groupe de véhicules en pelotons en conservant des distances de sécurité correctes afin de prévenir tout risque de collision. Cette solution est également une technologie permettant de réduire les congestions, car elle permet de réduire les distances inter-véhiculaires et donc augmenter artificiellement la capacité des voies².

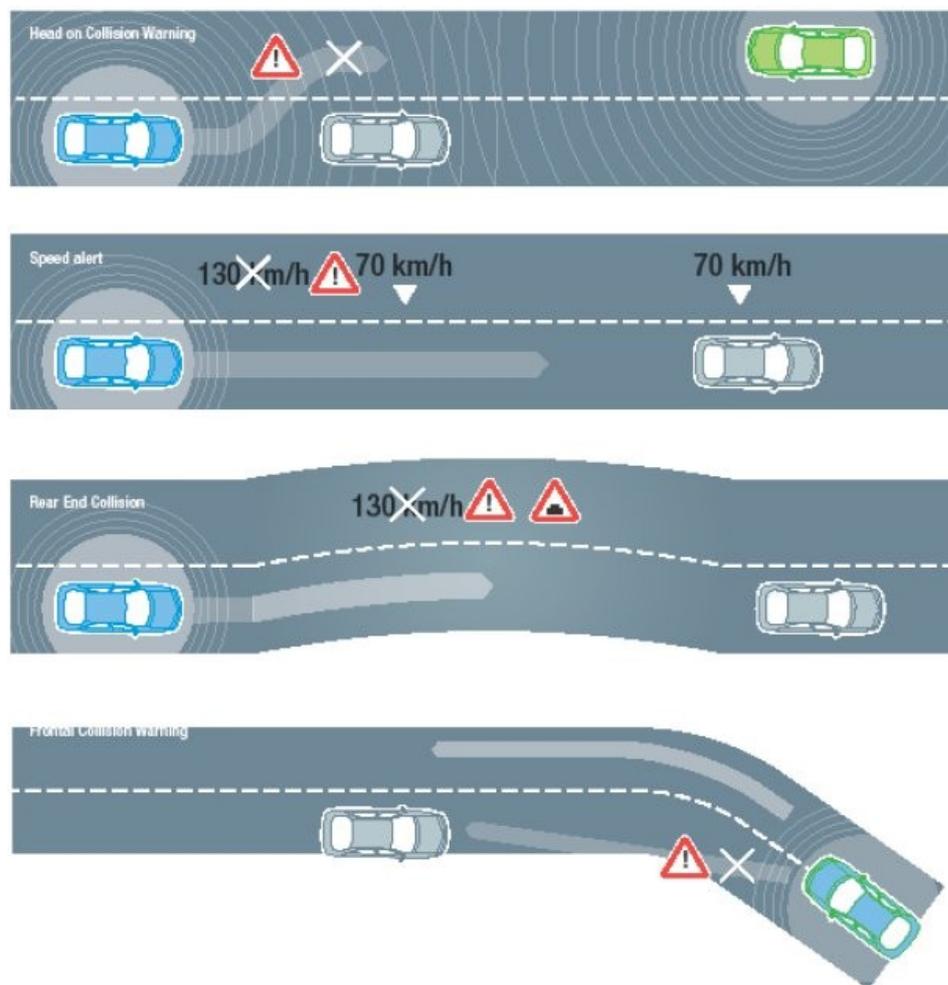


Illustration 6: Le système d'information associé à des capteurs permet de détecter les obstacles et d'alerter du danger (source [4])

Grâce à la géolocalisation par satellite (GPS, Galileo, etc) il est possible de connaître la position exacte d'un véhicule sur un axe routier, son sens de circulation ainsi que sa vitesse instantanée. Un système collaboratif disposant de ces informations pour tous les véhicules proches dans une zone (technologie de communication désignée par l'acronyme V2V : de véhicules à véhicules), pourrait être capable de détecter des

1 Pour une description du fonctionnement le lecteur pourra se reporter au lien <http://goo.gl/VX4ng5>
2 Voir le projet Européen SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) <http://www.sartre-project.eu>

risques de collisions comme par exemple ceux décrits dans l'illustration 6, c'est à dire en situation de dépassement, de différence importante de vitesse de déplacement (dans une zone soumise au brouillard par exemple) ou encore en cas de masquage par un obstacle ou un virage. Ces détections en temps réel permettent d'alerter les conducteurs qui peuvent alors adopter une conduite plus prudente, ou choisir de se soustraire au danger en garant leur véhicule sur le bas coté.

Il est également possible de synthétiser la présence de l'ensemble des véhicules et usagers (piétons, vélos, trains, etc) dans une zone géographique du réseau, et communiquer cette information aux véhicules en approche de la dite zone. Il s'agit de la technologie de communication désignée sous l'acronyme V2I et I2V : du véhicule vers infrastructure et de l'infrastructure vers le véhicule. Ici encore, l'usager peut ainsi anticiper en conséquence, bien avant qu'il soit confronté au risque réel (exemple fermeture d'un passage à niveau, ou présence d'un véhicule sur la branche antagoniste d'un carrefour).

Signalons dans cette perspective l'initiative du constructeur néerlandais TNO dans le domaine de la communication V2X, mais appliquée aux deux roues non motorisés. Les vélos sont équipés de GPS, accéléromètres et système de communication sans fils. Les données sont transmises en temps réel aux autres usagers dont le système embarqué de leur véhicule peut agir en conséquence en cas de risque de collisions³.

Un STI connecté est en mesure de réduire les dégâts occasionnés suite à une collision accidentelle car il est capable de modifier dynamiquement les paramètres de freinage selon certains paramètres comme les facteurs physiques du véhicule, les facteurs ambiants (météo par exemple) et les caractéristiques des occupants, mais également la présence ou non d'obstacles sur la voie à proximité du véhicule.

La gestion des secours est un point où les STI peuvent apporter une réponse innovante. En effet, ils permettraient d'éviter le sur-accident, d'évaluer l'étendue des dégâts et enfin d'alerter les secours et les autres usagers.

Les bornes d'alertes et maintenant les téléphones portables permettent aux usagers de prévenir rapidement les secours. Cependant, il est indispensable que les victimes soient conscientes et aptes à analyser la situation. Les STI sont en mesure de réagir immédiatement quel que soit l'état des passagers. L'appel d'urgence embarqué fait partie de la directive Européenne sur les STI (eCall) et est déjà implanté dans les véhicules de certaines marques (BMW, Mercedes, PSA, Volvo, ...).

Enfin dernier point de pertinence des STI dans le domaine de la sécurité routière, c'est la protection des usagers les plus vulnérables. Nous avons vu précédemment l'initiative de la société TNO dans le domaine de la communication V2V mettant en interaction les deux roues et les véhicules. Il est envisageable de mettre en place d'autres solutions de communication V2X permettant de prendre en compte les catégories d'usagers tels que les piétons, deux roues, personnes handicapées ou âgées. Dans ces cas, un équipement de bord de route (ou de voie), un EBU, est utilisé pour l'identification des ces usagers ainsi que les risques associés. Une alerte peut être envoyées aux véhicules à proximité de l'EBU.

2.4 - Gestion du transport de marchandises

Selon la plaquette de 2013 de la DGITM relative aux STI appliqués au transport de

3 Article internet : <http://goo.gl/18YybB>

marchandises [12], la gestion de l'exploitation du fret et des flottes évolue selon trois axes :

- intégration de plus en plus forte de la chaîne de transport et de logistique (approvisionnement selon la technique du juste à temps) ;
- prise en compte de la multi-modalité (chemin de fer, voies maritimes, routières, aériennes) ;
- application de la réglementation et de la protection de l'environnement.

La brochure d'information sur les STI éditée par la DGITM en 2011 [11] nous rappelle qu'il existe depuis plusieurs années différents systèmes d'informations dédiés au transport de marchandises. Certains sont initiés par les pouvoirs publics, on peut citer quelques exemples, comme les systèmes de péages, le contrôle des temps de conduite ou de repos, le pesage en marche. Certains sont utilisés par les professionnels comme par exemple les systèmes de suivi de flottes ou de frets (les transports de matières dangereuses, TMD, sont l'exemple le plus parlant).

Il existe également déjà des outils de suivi de flottes et de gestion des marchandises (températures, pressions), qu'utilisent les expéditeurs et les transporteurs de matières dangereuses les plus sensibles, conformes aux directives européennes et aux règlements internationaux tels que ADR ?, RID ? et ADNR ?.

Ces systèmes sont propriétaires et isolés entre eux. Une architecture globale et interopérable serait encore plus performante.

La Commission Économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU), qui est compétente pour la réglementation des transports terrestres de matières dangereuses a mis en place en 2008, un atelier télématique pour les déploiements des STI multifonctionnels et interopérables.

Le projet ACTIF⁴ (aide à la conception de systèmes de transport interopérables en France) permet de préparer les évolutions nécessaires dans le domaine de l'interopérabilité des systèmes de transport de marchandises. ACTIF entretient des liens forts avec le système européen FRAME⁵ (European ITS Framework Architecture). D'autres projets STI sont basés sur FRAME : COOPERS⁶, SAFESPOT⁷, EASYWAY⁸, entre autres.

Selon la plaquette de la DGITM relative aux STI appliqués au transport de marchandises [12], une architecture STI devrait permettre de faciliter les éléments suivants dans le domaine du transport des matières dangereuses :

- éviter les technologies incompatibles : les outils décrits précédemment se doivent de pouvoir communiquer avec les différents chargeurs, transporteurs, gestionnaires d'infrastructures et services de secours ;
- informer les pouvoirs publics et les transporteurs : mesure de la concentration de TMD (geofencing et coridoring) par télétransmissions des données relatives à la quantité et au type des marchandises transportées ;
- aider à l'information d'autres acteurs : les gestionnaires d'infrastructure qui reçoivent les déclaration préalables ;

4 <http://www.its-actif.org/>

5 <http://www.frame-online.net/>

6 <http://www.coopers-ip.eu/>

7 <http://www.safespot-eu.org/>

8 <http://www.easyway-its.eu/>

- assurer la disponibilité et la confidentialité des informations : cf projet Tempo-Arts du CETE-SO.

L'avenir repose sur la mise en place d'outils informatiques dédiés à la gestion des zones de stationnement sécurisés pour les Poids Lourds et notamment les Transports de Matières Dangereuses (TMD). En effet, outre les possibilités de localisation en temps réel des véhicules à risques, il sera possible de gérer les accès à certaines zones de concentration géographique stratégiques, comme les parkings, gares de triage, entrepôts, ports maritimes et fluviaux. Il sera alors possible de gérer les seuils de concentration de TMD et la distance entre ces véhicules. De plus, il semble pertinent de se doter d'un système de gestion des alarmes et de réponse immédiate et appropriée aux incidents.

Par analogie avec le contrôle du transport aérien, le projet Geofencing MD propose la collecte de données de mesures embarquées sur les véhicules de transports de matières dangereuses, leur géolocalisation et traçabilité en temps réel, ainsi que leur transmission vers un serveur unique gérant l'accès aux informations collectées, dans l'objectif d'assurer le bon transit des matières dangereuses au sein d'une agglomération urbaine.

Une autre application des STI dans le domaine des transports de marchandises peut être mise en place, dans le domaine du respect de la réglementation sociale. [...]

2.5 - Transport en commun

Les couloirs de bus en site propre permettent de fluidifier le trafic des transports en commun, mais au détriment des autres usagers en raison de la place réservée nécessaire à ce type d'infrastructure. Cependant grâce aux STI, un partage de ces couloirs est possible à certains catégories d'usagers pendant certaines périodes de la journée ou lorsque la voie est libre par exemple. Les échanges entre les bus, l'infrastructure et ces autres usagers permet d'éviter les gênes mutuelles.

Outre la présence d'une offre multimodale suffisante et de la bonne disponibilité de l'information liée à celle-ci permettant à l'utilisateur de faire son choix, le report modal ne se fera que si les offres alternatives sont efficaces. Pour accroître cette efficacité, les STI peuvent également avoir un intérêt.

Ainsi, grâce à des capteurs positionnés sur les véhicules de transport en commun, l'utilisateur peut être informé en temps réel du temps d'attente nécessaire avant l'arrivée du bus suivant. Les temps de parcours ainsi que les obstacles que va rencontrer ce bus sont également connus et tracés, ce qui permet à l'utilisateur de comparer ce mode de transport avec un autre.

Il est également possible, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, d'octroyer des priorités spécifiques aux bus, mais également à d'autres modes incitatifs comme des voies réservées pour les véhicules qui sont impliqués dans le co-voiturage par exemple.

Depuis quelques années internet a favorisé la création du web collaboratif appelé le web 2.0. Par extension, la ville 2.0 a émergé peu à peu. C'est une ville connectée qui favorise l'intégration de nouvelles données, de nouvelles sources d'informations, un ensemble d'objets communicants (à rapprocher du concept d'internet des objets) ou chaque élément vient enrichir les éléments environnants. La mobilité 2.0 suit la

même logique. Chaque mode de transport est en mesure de fournir des informations sur son efficacité, ses états propres et vient enrichir les autres modes afin de permettre à l'utilisateur de faire le choix le plus pertinent pour lui.

2.6 - Impacts environnementaux des transports

L'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des réseaux routiers existant permet de limiter le besoin de création de nouvelles infrastructures en augmentant artificiellement la capacité du réseau existant.

Dans le cadre d'une politique de mise en place concertée, la circulation pourrait être fluidifiée ce qui a pour bénéfice, la réduction des polluants.

Par exemple, il est possible de réduire le temps d'attente, les arrêts et redémarrages aux carrefours à feu en mettant en place une stratégie de réduction de la vitesse à l'approche du croisement (voir plus loin le projet EcoMove).

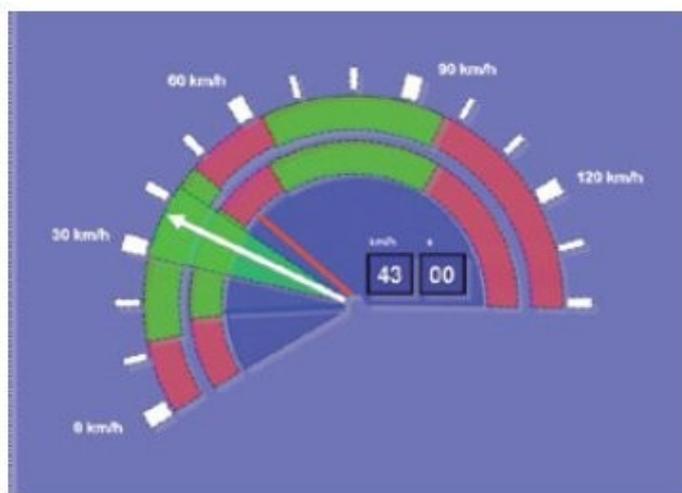


Illustration 7: Plage de vitesse suggérée au conducteur (source [5])

L'affichage dynamique en temps réel du profil de vitesse d'un usager à l'intérieur de son véhicule est une méthode permettant d'augmenter la performance du véhicule quant à la consommation de carburant et par conséquent ses émissions de polluants. Le véhicule a besoin de partager son emplacement avec l'infrastructure ce qui permet finalement d'améliorer également la qualité de la mesure grâce à l'augmentation du nombre statistique de l'échantillon de mesures.

L'utilisateur dispose alors à son bord d'informations lui conseillant une vitesse ou un taux d'accélération ou de décélération en se fondant sur sa vitesse actuelle, l'état du réseau et le statut des feux de signalisation.

Comme nous avons pu le voir précédemment, cette solution est particulièrement efficace pour la catégorie des transports de marchandises.

3 - Politiques de déploiement des systèmes coopératifs en Europe

3.1 - Introduction au déploiement

Aujourd'hui, on ne peut pas dire qu'il y ait des projets de pur déploiement car les techniques de communication V2X sont pour la plupart encore en phase d'évaluation. Par contre, un certain nombre de projets utilisant ces techniques songent dès à présent à du déploiement ou du pré-déploiement à moyen terme. Cela se traduit dans les projets comme COMPASS4D à envisager des démonstrateurs de plus en plus gros (beaucoup de véhicules, beaucoup de conducteurs et beaucoup d'unités bord de voie). D'autre part, dans la plupart des projets, une expérimentation en conduite naturelle (appelée FOT : Field Of Operational Tets) est menée, ce qui est une phase préparatoire à du déploiement.

3.2 - Exemples de déploiement ou de pré-déploiement

3.2.1 - Le projet COMPASS4D

Dans le projet COMPASS4D, les opérateurs routiers, les gestionnaires d'infrastructure, les gestionnaires de flottes mais aussi les autres usagers de la route vont coopérer afin de rendre les trajets routiers les plus confortables, les plus sûrs possible. Les systèmes coopératifs, véhicule à véhicule (V2V) et véhicule-infrastructure (V2I) vont contribuer à cet objectif pour aller plus loin que les améliorations apportées par des systèmes autonomes (la définition de systèmes coopératifs est fournie par la commission européenne).

Les systèmes de transport intelligents coopératifs (C-ITS) représentent aujourd'hui un domaine en pleine effervescence dans le secteur des transports. Les C-ITS permettent aux véhicules de communiquer avec les autres véhicules et avec l'infrastructure routière. Les services C-ITS alertent aussi le conducteur sur l'attitude à adopter dans des situations spécifiques, par exemple quand il y a un danger potentiel devant le véhicule ou si un véhicule est en passe de passer à un feu rouge.

Le projet européen COMPASS4D met l'accent sur trois fonctionnalités qui vont contribuer à augmenter la sécurité et le confort de l'usager en réduisant le nombre et la sévérité des accidents de la route mais aussi en diminuant les bouchons. Compass4D aura aussi un impact positif sur l'environnement en réduisant l'émission de CO2 et la consommation.

Les fonctionnalités implémentées dans le projet COMPASS4D

L'Alerte de violation de feu rouge va envoyer des messages qui vont augmenter la

vigilance des conducteurs à l'approche des carrefours équipés pour réduire le nombre de collisions et la sévérité de ces dernières quand on ne peut les empêcher. Cette fonction inclut aussi des situations exceptionnelles telles que l'alerte aux autres véhicules qu'un véhicule de secours est en approche ou est en train de violer un feu rouge.

L'alerte de danger potentiel routier permettra de réduire le nombre et la sévérité des collisions routières en envoyant des messages d'alerte aux usagers en approche du danger (par exemple un obstacle sur la route, un bouchon devant...). Le message en question va augmenter la vigilance des conducteurs et les informer sur l'attitude à adopter dans ces situations spécifiques.

Le carrefour économe en termes de consommation énergétique va permettre de réduire la consommation de carburant des véhicules et leurs émissions lorsqu'ils vont traverser des carrefours équipés. Certains véhicules (poids lourds, véhicules de secours, véhicules de transport public) pourront obtenir un feu vert quand ils seront en approche des carrefours, évitant ainsi des arrêts et donc des retards. Cette fonction fournira aussi à tous les véhicules des informations sur la possibilité d'anticiper les phases de vert des feux en adaptant leur vitesse (GLOSA).

Compass4D déploiera ces fonctionnalités grâce à une combinaison de technologies développées dans le cadre de précédents projets de recherche et développement ou des projets de déploiement comme FREILOT et COSMO, et à des technologies disponibles dans le commerce. Des communications courte portée dédiées (ETSI G) et des réseaux cellulaires (3G, LTE) seront utilisés en adoptant les standards ETSI TC ITS.

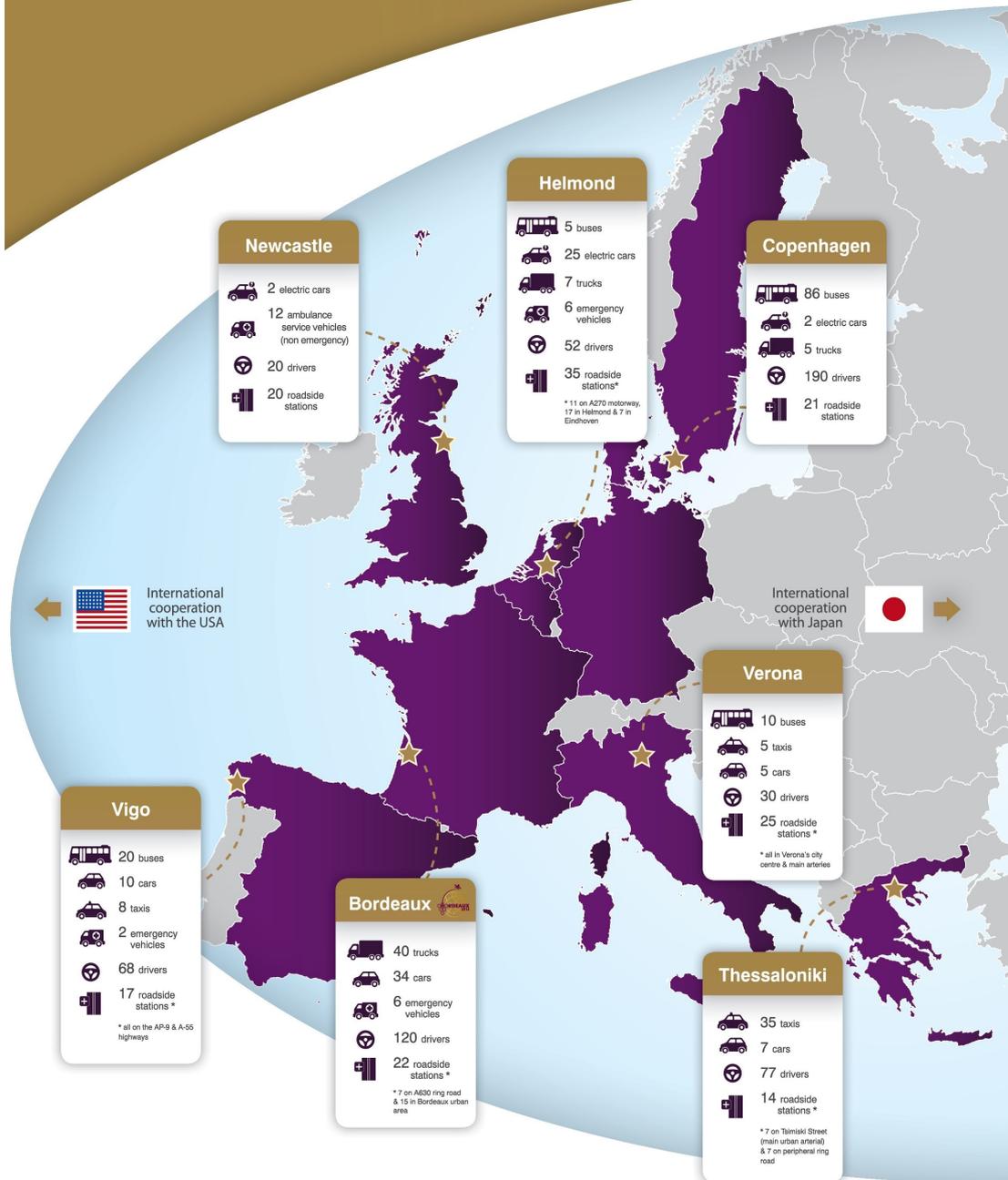
Compass4D est un projet visant le déploiement réel des systèmes coopératifs. Par conséquent, le projet va tenter d'identifier les solutions favorisant le déploiement et créer un modèle économique permettant aux fonctionnalités d'être autonome à l'avenir. Ce travail inclut des aspects de standardisation à mener avec les partenaires experts dans ce domaine, ainsi qu'avec d'autres partenaires pour mettre en place des systèmes interopérables et harmonisés.

Les services du projet COMPASS4D seront déployés et pilotés dans 7 villes européennes :

- Bordeaux, France
- Copenhague, Danemark
- Helmond, Pays-Bas
- Newcastle, Royaume-Uni
- Thessalonique, Grèce
- Vérone, Italie
- Vigo, Espagne.

Les sept villes quadrillant bien géographiquement l'Europe sont les garantes de l'aspect trans-européen du projet. Chaque ville va tester trois services COMPASS4D avec un large spectre de véhicules et d'usagers (Figure 1).

Compass4D cities



www.compass4d.eu

Illustration 8: La liste des sites d'essais en Europe pour le projet COMPASS4D

Taille du démonstrateur de COMPASS4D (Tableau 1)

Le démonstrateur du projet COMPASS4D, distribué sur 7 sites différents, comprend pas moins de 374 véhicules, 577 chauffeurs et 154 unités bord de voie. Même si ces chiffres obéissent à une logique de budget, ils tiennent compte autant que possible du type de véhicules à équiper (camions, bus, véhicules de secours, véhicules classiques, électriques, taxis...), du type d'environnement à tester (urbain, périurbain, hors zone agglomération).

	Véhicules	Chauffeurs	Unités bord de voie
Bordeaux	40 camions, 34 véhicules légers et 6 véhicules de secours	120	22
Copenhague	86 bus, 2 voitures électriques, 5 camions. camions, 34 véhicules légers et 6 véhicules de secours	190	21
Helmond	7 camions, 25 voitures électriques, 5 bus, 5 véhicules de secours. 86bus, 2 voitures électriques, 5 camions. camions, 34 véhicules légers et 6 véhicules de secours	52	35
Newcastle	2 voitures électriques, 12 ambulances	20	20
Thessalonique	35 taxis, 7 véhicules privés	77	14
Vérone	40 voitures, 10 bus	50	25
Vigo	10 voitures, 20 bus, 2 véhicules de secours, 8 taxis	68	17
Total	374	577	154

Tableau 1: distribution des véhicules, des chauffeurs et des unités bord de voie dans le projet COMPASS4D

Spécificité des sites pilotes du projet COMPASS4D

Bordeaux



Illustration 9: Bordeaux

Nombre de véhicules : 40 camions, 34 véhicules légers et 6 véhicules de secours.

120 chauffeurs au total mobilisés

Nombre de RSU : 15 en zone urbaine et 7 sur autoroute.

Le site français du projet est situé à Bordeaux dans le Sud-Ouest de la France et comprend des localisations urbaine et péri-urbaine. Le système sera géré par deux systèmes de gestion différents : Gertrude pour la partie urbaine et Alienor pour la partie péri-urbaine. Le pilote urbain est localisé dans une zone où il y a un fort trafic lié à de larges infrastructures routières et une grosse zone commerciale. La circulation y est difficile En lien avec les véhicules légers et les camions de livraison.

Copenhague



Illustration 10: Copenhague

Nombre de véhicules : 86 bus, 2 voitures électriques, 5 camions. camions, 34 véhicules légers et 6 véhicules de secours.

190 chauffeurs au total mobilisés

Nombre de RSU : 21

Le site de test danois est situé dans le centre de Copenhague. La section de route choisie pour le pilote est une des routes les plus encombrées par des bus, allant de la gare centrale et la gare East Gate. Pour le service carrefour économe, une section de 21 carrefours sera expérimentée.

Helmond

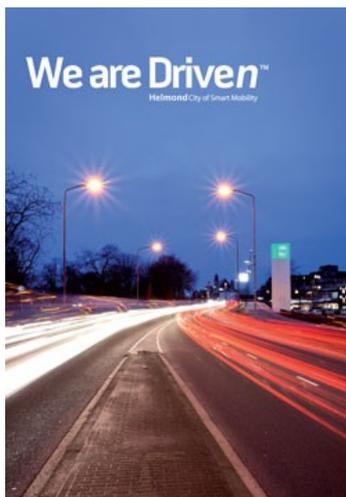


Illustration 11: Helmond

Nombre de véhicules : 7 camions, 25 voitures électriques, 5 bus, 5 véhicules de secours. 86bus, 2 voitures électriques, 5 camions. camions, 34 véhicules légers et 6 véhicules de secours.

52 chauffeurs au total mobilisés

Nombre de RSU : 17 à Helmond, 11 sur l'autoroute, 7 à Eindhoven.

Le site néerlandais est situé entre les villes de Helmond et Eindhoven et fait partie du site intégré néerlandais pour la mobilité coopérative (DITCM) dans le sud des Pays-Bas. Le site pilote de COMPASS4D est construit sur un site d'infrastructure coopérative incluant les sites des projets CVIS, SAFESPOT, FREILOT, eCoMove, DriveC2X, SPITS et CONTRAST.

Newcastle



Illustration 12: Newcastle

Nombre de véhicules : 2 voitures électriques, 12 ambulances
20 chauffeurs au total mobilisés
Nombre de RSU : 20

Thessalonique



Illustration 13: Thessalonique

Nombre de véhicules : 35 taxis, 7 véhicules privés
77 chauffeurs au total mobilisés
Nombre de RSU : 7 en urbain et 7 en inter-urbain

Verone



Illustration 14: Verone

Nombre de véhicules : 40 voitures, 10 bus

50 chauffeurs au total mobilisés

Nombre de RSU : 25 dans le centre de Vérone et ses artères principales

Vigo



Illustration 15: Vigo

Nombre de véhicules : 10 voitures, 20 bus, 2 véhicules de secours, 8 taxis.

68 chauffeurs au total mobilisés

Nombre de RSU : 17 et principalement sur autoroute.

Normalement, les trois services de COMPASS4D : l'alerte de violation de feu rouge , l'alerte de danger potentiel routier et le carrefour économe en termes de

consommation énergétique sont prévus d'être implémentés et évalués sur chaque site. Cependant, en fonction des spécificités de chaque site (urbain, rural, interurbain, type de véhicules équipés, nombre,) certains services seront implémentés de manière plus effective que d'autres. Ainsi à :

- Bordeaux on implémentera l'alerte de violation de feu rouge pour les véhicules de secours avec la fonction carrefour économe sur une grande artère bordelaise.
- Copenhague les fonctions de l'alerte de danger potentiel routier et la violation de feu rouge seront implémentées.
- Helmond les trois fonctionnalités de COMPASS4D seront testées.
- Newcastle va se concentrer sur la fonction carrefour économe.
- Thessalonique on va se concentrer sur l'alerte danger potentiel sur un tronçon périurbain. Deux autres fonctions sont prévues : guidage de route économe pour éviter les congestions et l'affichage de temps de parcours sur des réseaux très fréquentés.
- Vérone on implémentera les trois services.
- Vigo implémentera les trois services

3.2.2 Les projets d'évaluation ou de pré-déploiement collaborant avec COMPASS4D

Le projet COMPASS4D travaille en étroite collaboration avec des projets d'évaluations de systèmes coopératifs et des projets de déploiement de ces derniers. Sur les projets passés, COMPASS4D utilise des « outputs » opérationnels. Pour les projets en cours des actions communes sont menées. Ainsi, sur le tableau 2, on peut voir le détail des projets collaboratifs avec COMPASS4D.

	<p>Le but du projet FREILOT est la réduction drastique de la consommation des véhicules logistiques en milieu urbain en proposant une approche holistique et intégrée de la gestion du trafic, de la gestion de flotte, du véhicule livreur et du conducteur. Il doit démontrer les bénéfices de cette approche sur 4 sites : Bilbao, Helmond, Lyon et Varsovie).</p> <p>FREILOT et Compass4D en en commun les services share the same service, intersection control optimised for energy efficiency, touchant aux économies d'énergie sur le site de Helmond.</p> <p>www.freilot.eu</p>
	<p>COSMO est axé sur le déploiement des systèmes coopératifs en lien avec l'efficacité énergétique. Le but principal de COSMO est d'installer une série de nouveaux services en conditions réelles, pour fournir des démonstrations pratiques dans le but de fournir à termes des spécifications quantitatives.</p> <p>Compass4D va se servir des leçons apprises de COSMO, en particulier sur les cas d'usage touchant à la consommation énergétique aux carrefours pour les transports publics. Pour augmenter la coopération les deux projets, les deux projets ont tenu un workshop commun à ITS Dublin 2013.</p> <p>www.cosmo-project.eu</p>
	<p>Le projet CVIS a commencé en 2006 et s'est terminé en 2010. Ce projet a crée une plateforme de référence européenne pour les systèmes coopératifs et une série d'applications coopératives.</p> <p>CVIS a tracé la feuille de route pour les standards de communication V2V et V2I et les applications qui peuvent être construites sur ces technologies.</p> <p>Les outils de Compass4D sont construits sur les bases de CVIS.</p> <p>www.cvisproject.org</p>
	<p>eCoMove est un projet intégré dont le but est de fournir une solution intégrée pour réduire la consommation énergétique en développemnt des outils durables d'aide à la conduite. L'autre butaussi de ce projet est d'aider les gestionnaires d'infrastructures à gérer le trafic en lien direct avec la consommation énergétique. En utilisant les systèmes coopératifs (communication V2I), le projet vise à réduire la consommation de 20%.</p> <p>eCoMove focalise sa recherche sur la possibilité d'orienter les conducteurs vers une conduite économe. Par conséquent, il</p>

	<p>représente une base importante pour Compass4D. www.ecomove-project.eu</p>
	<p>SAFESPOT est un projet intégré dont la dynamique est de créer des réseaux coopératifs dynamiques où les véhicules et les infrastructures routières communiquent et partagent des informations collectées à bord sur les routes pour renforcer la perception des conducteurs dans leur environnement. L'approche coopérative envisagée est un scénario dans lequel les véhicules et l'infrastructure coopèrent pour détecter des situations potentiellement dangereuses partagées par les usagers dans la limite des portées des systèmes coopératifs.</p> <p>La violation de feu rouge implémentée dans Compass4D est construite sur le travail mené dans SAFESPOT, considérant un nombre de use cases bien connus (Violation de feu rouge par un véhicule de secours).</p> <p>www.safespot-eu.org</p>
	<p>Le projet FOT-Net cherche à grouper des acteurs européens et internationaux dans un réseau pour présenter des résultats sur des FOT (Field Operational Tests), identifier et discuter des thèmes communs de collaboration et promouvoir une approche commune pour les FOT et la méthodologie FESTA.</p> <p>FOT-Net est une action spécifique.</p> <p>Compass4D n'est pas un FOT mais possède beaucoup de similarités avec d'autres FOTs.</p> <p>www.fot-net.eu</p>
	<p>DRIVEC2X est un projet intégré dans le champ des systèmes coopératifs qui a commencé début 2011.</p> <p>L'objectif de DRIVEC2X est de mener des évaluations de systèmes coopératifs à travers des FOTs à plusieurs endroits à travers l'Europe pour montrer le bénéfice de ces systèmes et de faire une feuille de route pour la commercialisation.</p> <p>L'objectif principal est divisé en plusieurs sous-objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Créer un environnement de test européen pour les systèmes coopératifs; ● Coordonner les tests sur site menés par la communauté DRIVE C2X; ● Evaluer les systèmes coopératifs, promouvoir la conduite coopérative. <p>Compass4D partage le site d'essais de Helmond avec Drive C2X.</p> <p>www.drive-c2x.eu/project</p>

Tableau 2: projets collaboratifs en lien avec COMPASS4D

3.2.3 Les FOTs pour les systèmes coopératifs

Les essais en milieu naturel ou FOT (Field Operational Tests) sont des essais en grandeur réelle dont le but est de procéder à une évaluation de l'efficacité de la robustesse et de l'acceptabilité des solutions utilisées dans le domaine des transports, comme de la navigation, l'information trafic, les aides à la conduite.

Les FOT constituent une méthode très élaborée de test des STI, utilisant des véhicules instrumentés et servant à déterminer comment les conducteurs utilisent les systèmes d'assistance au conducteur, quels sont leurs effets à court et long terme, et comment la performance de ce type de système peut être optimisée. Concrètement, il s'agit d'expérimentations de terrain à grande échelle, visant à évaluer une technologie ou une fonction de STI. Alors que les nombreux FOT menés auparavant avaient permis d'identifier les effets à la fois positifs et négatifs des STI, il restait à mettre l'accent sur l'amélioration de la conception et de l'implémentation de ces FOT.

Le livre blanc du projet FESTA définit un FOT comme « une étude menée pour évaluer une ou des fonctions, en conduite normale dans des environnements typiquement rencontrés par des véhicules utilisant des méthodes quasi-expérimentales ».

Ceci signifie qu'il est possible de comparer les effets qu'une fonction peut avoir sur le trafic pendant une période de référence (baseline) et les effets quand la fonction n'est pas implémentée.

Parmi les objectifs assignés par la commission européenne aux FOTs, on peut citer :

- La démonstration de l'efficacité des systèmes basés sur l'information et la communication pour arriver à un transport sûr, propre et efficace en conditions réelles ;
- L'analyse du comportement des conducteurs et l'acceptabilité des systèmes par ces conducteurs;
- L'analyse et l'évaluation de l'impact de la sécurité intelligente et des fonctions efficaces utilisant des données réelles;
- L'amélioration de la prise de conscience des possibilités du transport intelligent et la création d'une acceptabilité socio-économique.
- L'obtention de données techniques pour la conception des systèmes et le développement des produits;
- L'assurance de la transférabilité des résultats des FOTs aux niveaux national, européen et international.

Le projet européen FESTA (Field opErational teSt support Action), financé par la Direction générale « Société de l'information et médias » de la Commission européenne, s'est déroulé de novembre 2007 à juillet 2008. Son objectif était de développer une méthodologie commune pour la conception et la réalisation de FOT (Field Operational Tests) en Europe. Cette méthodologie est aujourd'hui largement utilisée dans les différents FOTs en Europe.

Données partagées entre FOTs

Mettre en place un FOT sur le terrain est très onéreux. C'est pourquoi il est important et utile de pouvoir comparer les données provenant de différents FOTs. En faisant ainsi, chaque expérimentation dans un FOT peut servir d'expérience pour un autre. Ceci pose le problème des données et leur échange entre FOTs.

En général, les données sont relevées de différentes manières, utilisant des techniques différentes, des formats et fréquences différents conduisant à des données brutes pas directement comparables. Cependant, ce problème technique peut être en partie résolu en transformant les données provenant de différents FOTs en formats standard et en utilisant des techniques de traitement de données similaires qui permettraient des comparaisons.

Un autre problème aussi difficile à résoudre est le fait que les données relevées lors d'un FOT le sont dans différents contextes et environnement avec des groupes de conducteurs avec des systèmes différents. Cela complique encore plus la comparaison des sorties d'un FOT avec celles d'un autre FOT.

La question de l'appartenance des données et la protection de la vie privée des participants peut aussi venir compliquer l'utilisation des données d'un projet à l'autre. Par exemple, dans le projet FOT-Net, un groupe de travail spécifique porte sur le partage des données.

4 - Aspects financiers

Les contraintes économiques et organisationnelles [3][5]

Le développement des systèmes coopératifs représente un coût important. Quatre postes de coût sont à prendre en compte :

- les équipements embarqués du véhicule,
- le téléphone portable (ou la carte SIM insérée dans un boîtier fixe à bord du véhicule)
- l'équipement de bord de route
- la création d'un centre de gestion des flux d'information (« back office »).

A ces dépenses viennent s'ajouter les budgets de fonctionnement (applications et télécommunications) et de maintenance.

Pour ce qui concerne les investissements initiaux, on estime que l'équipement « complet » d'un véhicule (bien qu'il soit difficile de parler d'équipement complet, quand souvent ce dernier se limite à une plateforme sur laquelle l'utilisateur doit charger des applications) coûte entre quelques centaines d'euros et 4000 euros, qu'il faut au moins 5000 euros pour équiper un kilomètre de réseau urbain en unités bord de voie, et 16 000 euros pour un kilomètre de réseau interurbain. Par exemple, pour équiper toute la Californie (240 000 km de voies urbaines et 24 000 km de voies interurbaines), l'investissement dépasserait 1,4 milliards d'euros.



L'impact financier des systèmes coopératifs ne concerne pas seulement l'investissement mais aussi l'exploitation des infrastructures. Le prix à payer pour les usagers finaux (publics et privés) est aussi une composante importante sur laquelle pour le moment nous n'avons pas un gros recul.

Les principaux acteurs intervenant dans les STI : constructeurs automobiles, autorités locales, organismes de gestion de la circulation, fournisseurs de service, gérants de réseau et les usagers de la route doivent travailler ensemble. Les constructeurs de véhicules par exemple doivent harmoniser leurs axes de développement.

5 - Aspects sécurité et vie privée

5.1 - Les contraintes sociales et juridiques

Ainsi que le rappelait le président brésilien Luiz Inacio Lula da Silva lors de l'ouverture du Challenge Bibendum Rio 2010, les STI représentent potentiellement un formidable levier d'accès à la mobilité pour ceux qui en sont encore privés. Mais ce vecteur de progrès social peut aussi constituer une source de contraintes susceptibles d'irriter les usagers. Une action de pédagogie est indispensable pour conduire le changement et favoriser l'évolution des mentalités pour ce qui concerne les déplacements individuels et collectifs.

Par ailleurs, le développement des STI soulève des questions juridiques de nature très différentes. Pour ce qui concerne la collecte, le traitement, la diffusion et le stockage des données au plan national et international, les autorités gestionnaires devront garantir le respect des législations en vigueur au plan national et international et protéger le respect de la vie privée. Les décisions de gestion du trafic devront articuler intérêt général et respect des libertés publiques collectives et individuelles, en particulier en ce qui concerne le respect de la confidentialité des données. A cet égard, un sérieux travail d'harmonisation des législations nationales est incontournable. Il risque de peser lourdement durant les années à venir. Quant à l'usage des STI, les parties prenantes (constructeurs, créateurs d'applications, exploitants de systèmes) devront garantir un niveau de sécurité très élevé et assumer les responsabilités juridiques qui leur incombent en cas d'incident ou d'accident. De ce point de vue, les compagnies d'assurance, qui ont beaucoup à gagner dans une mobilité connectée plus sûre, pourraient être amenées à jouer un rôle de premier plan.

5.2 - Acceptabilité des systèmes coopératifs par les utilisateurs

Le déploiement des systèmes coopératifs dépend en grande partie de leur acceptation par les utilisateurs. Le terme « utilisateurs » renvoie ici aux conducteurs de véhicules, mais aussi aux autorités routières. L'acceptation par les utilisateurs relève de trois critères:

1. L'utilité et l'intérêt du système du point de vue du conducteur.
2. L'utilité et l'intérêt du système du point de vue de l'autorité routière.
3. La facilité d'utilisation du système.

L'acceptabilité des systèmes coopératifs routiers pour les conducteurs est un facteur crucial pour prédire le succès de ces systèmes : l'intérêt ou la tolérance que les utilisateurs portent aux différentes fonctions qui leur sont proposées déterminent leur propension à les utiliser.

Du point de vue du conducteur, l'utilité du système dépend des applications en question et du type de conducteur: conducteur privé (trajets domicile-lieu de travail, activités de loisirs, etc.), conducteur de véhicule de transport de marchandises, conducteur de véhicule de transport en commun, etc. Des sondages, des enquêtes et des tests de terrain devront être réalisés pour ce groupe afin d'évaluer l'utilité des systèmes. Ce type d'action a déjà été mené dans le cadre du projet CVIS. Un questionnaire en ligne a été remis à 13 clubs automobiles dans 12 pays afin d'apprécier le niveau d'acceptation du système CVIS par les conducteurs privés.

5.2.1 - Etude d'acceptabilité menée dans le cadre du projet Score@f

SCORE@F (Système Coopératif Routier Expérimental @ France) est un projet de recherche collaborative, d'expérimentation des systèmes coopératifs routier s'inscrivant dans un cadre Européen d'expérimentation.

Il a pour objet de préparer un déploiement des systèmes coopératifs routiers en Europe, sur tout type d'environnements routiers.

Ce projet de 21 partenaires s'inscrit dans le cadre de l'appel à projet du FUI 10 et représente un budget global de 6 millions d'euros.

Il est labellisé par le pôle MOVE'O et financé par :

- OSEO et le Ministère de l'Industrie, des Finances et de l'Emploi
- La Région Île de France
- Le Conseil Général des Yvelines

Dans le projet [Score@f](#), l'analyse de l'acceptabilité a été traitée selon trois options d'analyse :

- 
- la question de l'acceptabilité est appréhendée via des données empiriques, par opposition à des recherches bibliographiques ;
 - ces données empiriques font suite à une expérience utilisateur, même minimale, d'un système coopératif ;
 - enfin l'acceptabilité des C-ITS est appréhendée de manière constructive, use case par use case.

La liste des use case sur lesquels l'analyse de l'acceptabilité a porté est la suivante (tableau 3) :

NOM	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
Information Travaux	Le conducteur est averti de la présence de travaux, mobiles ou immobiles, en amont, sur sa voie ou non. Le message est émis par une Unité Bord de Route.
Information Embouteillage	Le conducteur est averti de l'existence d'un ralentissement ou queue d'embouteillage proche, probablement pas ou peu visible
Information Véhicule immobilisé	Le conducteur est averti de la présence en amont d'un véhicule immobilisé placé sur un lieu où il ne devrait pas être (voies de circulation ou bords de route) ou sur lequel il est dangereux de stationner longtemps (BAU). Le message est émis automatiquement par le véhicule immobilisé ou intentionnellement par son conducteur (usage de l'e-call).
Bête /animal errant(e)	Le conducteur est averti de la présence en amont d'un animal errant source potentielle de danger Le message est émis intentionnellement par un véhicule l'apercevant
Danger spécifié non	Le conducteur est averti de la présence d'un danger non spécifié sur la voie ou en bord de voie. Le message est émis par un autre conducteur l'apercevant
Objet sur la Route	Le conducteur est averti de la présence en amont d'un objet, sur sa voie ou en bord de route. Le message est actuellement émis manuellement par un conducteur, à terme une détection automatique par caméra est envisagée.
Notification d'un Obstacle sur la route	Le conducteur a la possibilité de notifier, via son IHM, la présence d'un obstacle (réciproque du cas précédent). La notification se fait en 2 temps : ouverture d'un menu de déclaration (datation du message) puis sélection d'un icône parmi un choix de 6 : « véhicule », « animal », « zone dangereuse », « piéton », « obstacle », « autre ».
Présence Humaine sur la voie	Le conducteur est averti de la présence d'un piéton sur la voie ou en bord de voie. Le message est émis automatiquement par le véhicule dont vient de descendre le conducteur. Le use case est réservé aux axes le long desquels la présence de piéton n'est pas attendue.
Information	Le conducteur est averti d'une mauvaise visibilité en

Météo : Faible visibilité	amont, avec spécification de deux sous-cas : pluie ou brouillard. Le message est émis automatiquement par un véhicule tiers.
Information Météo : Faible stabilité	Le conducteur est averti du caractère glissant de la voie en amont, que la faible adhésion soit liée à une flaque d'eau, d'huile ou encore de verglas. Ces trois sous-cas ne sont pas distingués, le message étant automatiquement émis par un véhicule-tiers sur déclenchement de son ESP.
Freinage d'urgence en amont	Le conducteur est informé du freinage fort d'un véhicule en amont, que ce véhicule le précède immédiatement ou non. Le message est théoriquement émis par un véhicule-tiers qui freine fortement
Alerte Véhicule en Approche2	Le conducteur est informé de la présence d'un véhicule sur le point de le dépasser, ceci uniquement s'il est lui-même sur le point de passer sur voie gauche. Le message est théoriquement émis par fusion des données du véhicule dépassant et du véhicule-ego.
Limites de vitesse réglementaires et contextuelles	Le conducteur est informé d'une limitation de vitesse permanente ou occasionnelle, liée par exemple à des travaux temporaires. Le message est émis par une Unité Bord de Route.
Signalétique embarquée : Panneau à Message Variable	Le conducteur reçoit à bord un message traditionnellement affiché sur Panneau à Message Variable, qui peut être de nature très différente : présence d'un obstacle en amont, recommandation de l'opérateur routier ... Ce message est édité par l'Opérateur routier – il s'agit d'une communication officielle – et émis par une Unité de Bord de Route.

Tableau 3: liste des cas d'usage du projet Score@f

Les principaux résultats d'évaluation sont les suivants.

Les IHM proposées sont déterminantes dans l'appréciation de chaque use case. Dans le cas de [Score@f](#), les évaluations ont été pénalisées par une implantation de l'IHM parfois défavorable (IHM non intégrée, plus difficilement accessible).

Lorsqu'il s'agit de messages d'Information SR (messages advisory), une IHM la plus épurée possible mais néanmoins porteuse d'information plus précise est demandée : le décompte temporel n'est pas véritablement consulté dans la durée (il sert surtout au premier regard), en revanche la localisation précise de l'incident manque lorsque celle-ci a un sens (ex : véhicule immobilisé sur voie de droite). L'objectif des conducteurs est tout à la fois de limiter le temps de consultation (idéalement un regard) tout en pouvant anticiper au maximum leur adaptation, dont un changement de voie (qui suppose de connaître la localisation). Tous confirment l'importance du

bip sonore accompagnant l'arrivée des messages, et nombre d'entre eux apprécient la synthèse vocale. Plus fondamentalement, la solution réclamée par tous est une solution vision augmentée : projection pare-brise, ou rétroviseur dans le cas du dépassement dangereux.

La saisie des notifications en plusieurs temps est vécue comme pénalisante : elle entre en compétition avec la gestion de l'incident. Si elle est effectuée immédiatement, le conducteur ressent un inconfort : il est en double tâche à un moment critique. Si elle est différée, elle laissera le conducteur sur l'insatisfaction d'avoir émis un message en partie faux. Dans certains cas, elle sera alors abandonnée. Le nombre d'icônes proposé (6) semble accepté, cependant les catégories suggérées ne font pas l'unanimité. Il manque en particulier pour de nombreux conducteurs une icône dédiée à la signalisation d'embouteillage ; tandis que l'icône « autre » est jugée trop floue. Les observations montrent par ailleurs que la qualification des incidents routiers diffère selon les conducteurs (choix d'étiquettes différentes pour un même événement), ce qui pousse à poursuivre le travail de finalisation du menu.

L'IHM des messages confort et mobilité (IHM PMV) est quant à elle moins commentée. Tout se passe comme si les conducteurs avaient une tolérance plus élevée lorsqu'ils se dégagent de l'immédiateté. Au global, la reprise du design des panneaux réels (reproduction d'un PMV) plait car elle permet une compréhension instantanée, ne nécessitant aucun apprentissage.

Les use cases en tant que tels suscitent des appréciations diverses.

Dans leur principe, les messages liées à la sécurité routière sont très positivement accueillis : les conducteurs jugent hautement appréciables de pouvoir anticiper un danger. Dans leurs détails, plusieurs messages sont cependant rejetés pour quatre motifs :

- **l'avertissement est trivial** – il informe le conducteur de quelque chose dont il a déjà conscience ;
- **l'avertissement et la hausse de stress qui l'accompagne sont jugés inutiles** – l'alerte est en définitive non motivée selon les critères du conducteur ;
- **l'avertissement est trop tardif** – il vaut mieux désormais se concentrer sur la route ;
- enfin **l'avertissement risque d'être trop fréquent** – le conducteur craint de ne pas supporter à terme les alertes, qui perdront quoi qu'il en soit à son sens leur capacité à attirer son attention.

5.2.2 - Etude d'acceptabilité menée dans le cadre du projet CVIS

Dans le cadre du projet CVIS, les résultats d'acceptabilité sont les suivants : (ce court texte de résultats très globaux est extrait du document [5]).



« Près de 8 000 personnes ont répondu au questionnaire en donnant leur appréciation sur l'utilité des différentes applications CVIS qui leur ont été proposées. Plus de 50 % des personnes interrogées les ont jugées «relativement utiles » ou « très utiles ».

Quant à la question de savoir si les conducteurs étaient disposés à payer pour des services, près de 40 % d'entre eux ont répondu favorablement (un taux toutefois inférieur au taux d'appréciation de l'intérêt des applications CVIS), ce qui indique qu'il existe un potentiel commercial pour la plupart de ces applications.

La confidentialité des données est un sujet de préoccupation. 77 % des personnes interrogées s'inquiètent de l'intrusion des systèmes dans leur vie privée. Les 23 % restants n'y voient pas de problème, mais uniquement parce qu'ils jugent les systèmes utiles. Toutefois, en précisant que seules les données sur leur véhicule sont concernées (et que donc aucune information personnelle n'est transmise à partir de leur véhicule), 60 % des sondés accepteraient d'être géolocalisés. «



6 - Conclusion

Ce deuxième rapport sur les systèmes de communication V2X a permis de décliner un certain nombre d'applications transport qui vont de notre point de vue révolutionner le monde de la mobilité routière. En termes techniques et performances les résultats sont déjà au rendez-vous. En ce qui concerne le déploiement des systèmes coopératifs, de grosses initiatives comment à voir le jour.

Deux points importants restent en suspens de notre point de vue : le coût des systèmes et leur acceptabilité par l'utilisateur.

Bibliographie

- [1] <https://project.inria.fr/scoref/>
- [2] Projet [Score@f](#), livrable acceptabilité L5.1.1
- [3] FIELD OPERATIONAL TESTS Evaluating ITS-applications in a real-world environment
- [4] Les Cahiers du Challenge Bibendum « Roulons connectés ! » Véhicules connectés et systèmes de transport intelligents
- [5] « Analyse des possibilités offertes par la prochaine génération de communications infrastructure-véhicule pour faire face aux défis des transports urbains », CVIS Handbook.
- [6] Cooperative ITS Corridor Joint deployment, Rotterdam-Vienna
- [7] Memorandum of Understanding for OEMs within the CAR 2 CAR Communication Consortium on Deployment Strategy for cooperative ITS in Europe
- [8] CAR 2 CAR Communication Consortium Manifesto Overview of the C2C-CC System
- [9] L. KHOUDOUR Etat de l'art sur les systèmes de communication V2X, rapport SERRES action 3 décembre 2012,
- [10] JP GARRIGOS Évaluation des capacités et performances des services d'infos trafic embarqués du marché, rapport SERRES action 1 Mars 2013, N°ISRN : EQ-CT33-13-68-FR
- [11] DGITM, Les systèmes de transport intelligents en France (STI), Brochure, Juin 2011,
- [12] DGITM, Systèmes de transport intelligents (ITS) et transport de marchandise, Plaquette, Mars 2013,

Annexe(s)

Index des illustrations

Illustration 1: Les véhicules peuvent être guidés vers un itinéraire de contournement (source [4]).....	10
Illustration 2: Réacheminement par micro-régulation (source [5]).....	11
Illustration 3: Gestion hiérarchisée des flux de transport (exemple véhicules de secours - source [4]).....	12
Illustration 4: Les systèmes coopératifs permettent de prévenir une partie des accidents de la circulation (source [4]).....	14
Illustration 5: Lane Keeping Support (source www.autoevolution.com).....	14
Illustration 6: Le système d'information associé à des capteurs permet de détecter les obstacles et d'alerter du danger (source [4]).....	15
Illustration 7: Plage de vitesse suggérée au conducteur (source [5]).....	19
Illustration 8: La liste des sites d'essais en Europe pour le projet COMPASS4D.....	22
Illustration 9: Bordeaux.....	24
Illustration 10: Copenhague.....	24
Illustration 11: Helmond.....	25
Illustration 12: Newcastle.....	26
Illustration 13: Thessalonique.....	26
Illustration 14: Verone.....	27
Illustration 15: Vigo.....	27

Index des tables

Tableau 1: distribution des véhicules, des chauffeurs et des unités bord de voie dans le projet COMPASS4D.....	23
Tableau 2: projets collaboratifs en lien avec COMPASS4D	30
Tableau 3: liste des cas d'usage du projet Score@f.....	37



Ministère de l'Écologie
du développement durable et de l'Énergie

CETE Sud-ouest
Rue Pierre Ramond
CS60013- Caupian
33166 Saint-Médard-en-Jalles cedex
tél :33 (0) 05 56 70 66 33
fax :33 (0) 05 56 70 64 44

