

Standards des ITS Coopératifs pour l'interopérabilité

Thierry Ernst – Mines ParisTech & YoGoKo – Thierry.Ernst@YoGoKo.fr

Emmanuel Thierry – YoGoKo – Emmanuel.Thierry@YoGoKo.fr

Résumé

L'objectif de cette présentation est d'informer les acteurs des ITS (Systèmes de Transport Intelligents) français sur les récents standards de communication des ITS définis par les organismes de normalisation (ISO, CEN) pour permettre l'échange de messages entre les véhicules de tous types, l'infrastructure routière, l'infrastructure urbaine, les centres de contrôle, les serveurs de données et les systèmes nomades (ITS Coopératifs). Ces standards ont été définis pour garantir l'échange de messages entre des systèmes déployés pour des usages différents et indépendamment des technologies d'accès (WiFi véhiculaire 802.11p, WiFi urbain 802.11n/ac, cellulaire 3G/4G, satellite, infra-rouge, etc.) afin de garantir l'interopérabilité entre les différents systèmes et le déploiement durable des solutions futures. En effet, les systèmes actuels sont définis pour des usages spécifiques liés à une technologie d'accès spécifique alors que de nouvelles technologies d'accès apparaissent régulièrement (tous les 2-3 ans) et ont une durée de vie relativement faible comparé au cycle de vie des équipements d'infrastructure routière ou des véhicules. Suite à une présentation didactique de l'architecture de communication « ITS station » de l'ISO, nous faisons quelques observations concernant les contraintes normatives (ITS Coopératifs, IPv6) et quelques recommandations concernant le déploiement, avant de présenter les travaux en la matière de la société YoGoKo, puis de conclure cet article.

Mots-Clefs

Communications, ITS (systèmes de transport intelligents), ITS Coopératifs, Mobilité, Transports, Internet, IPv6, Réseaux véhiculaires, Internet des Objets, Machine-à-Machine (M2M), standards ISO, CEN, V2V, V2X

1. Systèmes de communication variés et non-interopérables

Les Systèmes de Transports Intelligents (ITS) reposent sur les technologies de l'information et permettent de répondre aux défis de la sûreté du transport routier (information d'obstacles sur la route, véhicule à contresens, etc.), de la gestion du trafic routier (itinéraire de délestage, ondes vertes, restriction d'accès au transports de marchandise ou au milieu urbain, etc.), du transport de marchandises, et du confort et de l'assistance à la mobilité des usagers (choix de l'itinéraire, conduite écologique, réservation de parking, etc.). Ils mettent en scène les véhicules, l'infrastructure routière et urbaine, les usagers de la voirie (conducteurs, passagers et vulnérables), les usagers hors de la voirie (sociétés de logistiques, destinataires de livraisons, collectivités, etc.) et des services qui échangent des données au travers de technologies de communication variées. Les acteurs des ITS sont aussi bien les constructeurs de véhicules et leurs équipementiers, les opérateurs routiers et les fournisseurs d'infrastructure routière, les gestionnaires de flottes de véhicules, les fournisseurs de services, les sociétés éditrices de logiciels, etc.

Le transport routier est constitué de plusieurs domaines très distincts et indépendants les uns des autres. Chacun d'eux, voire chaque écosystème d'acteurs du domaine, dispose de son propre système de communication :

- Le transport de marchandises : un système de communication propriétaire permettant le suivi de flotte et autres applications de télématique est développé par les grands logisticiens ou des sous-traitants. En sus, les véhicules sont contraints par la législation de disposer d'un système de communication reposant sur des standards permettant de mesurer les temps de conduite ou de tarifier l'utilisation du réseau routier (télépéage, ecoMove, ...).
- Le transport public : un système de communication propriétaire spécifique est déployé par chaque collectivité. Dans un cas il permettra une interaction avec les usagers, dans l'autre un échange de données local entre véhicules et l'infrastructure (stations d'arrêts) pour assurer la sécurité des passagers (vidéo-surveillance), la télémétrie, ou la mise à jour des temps de parcours. Des données sont parfois mises à disposition des usagers selon un format ouvert.
- La télématique (véhicule connecté, véhicule électrique): un système de communication propriétaire est déployé en première monte par les constructeurs de véhicules pour collecter des données du véhicule ou en seconde monte par les opérateurs de flottes de véhicules pour localiser les véhicules et gérer le parc de véhicules.

- L'information aux usagers : un système de communication propriétaire du constructeur du véhicule ou un système de communication de seconde monte (boîtier de navigation) ou plus récemment un smartphone est installé dans le véhicule afin de fournir une connectivité Internet offrant des services spécifiques aux passagers (navigation, information touristique, réservation de parking, etc.)
- La gestion du trafic routier : un système de communication propriétaire à chaque exploitant routier est déployé pour collecter des données depuis l'infrastructure routière (boucle magnétique, etc.) ou piloter l'infrastructure routière (feux tricolores, panneaux à message variable, etc.) afin de rendre le trafic plus efficace.
- La sécurité routière : un système de communication reposant sur de récents standards de l'ETSI sera prochainement déployé par les constructeurs automobiles et les exploitants de réseaux routiers afin de permettre l'échange de données entre véhicules et infrastructure routière en vue d'améliorer la sécurité routière.

Bien que reposant parfois sur des normes (format de données, etc.) et des technologies d'accès standards (WiFi, cellulaire, TCP/IP), ces différents systèmes de communication ne permettent pas l'échange direct de données entre eux. Les solutions ITS actuellement déployées sont donc cloisonnées en « silos » qui Elles ne sont donc pas « coopératives ». Chacune dispose de son propre système de communication (boîtier de communication dédié, serveur dédié, technologie d'accès unique, généralement cellulaire, carte SIM dédiée, pile de protocoles de communication, format des données) répondant aux besoins de transmission et de réception d'une offre limitées de services (e.g. eCall, télépéage, remontée d'information vers un centre de contrôle, navigation, gestion de flotte, connectivité du véhicule, connectivité de l'infrastructure routière, ...).

Définis pour répondre aux besoins de communication d'un usage particulier, ces systèmes de communication ne permettent pas aux différents systèmes ni à un nouveau service non préalablement défini de tirer profit de données ou d'une technologie d'accès pourtant disponibles localement.

Ceci conduit à des aberrations, par exemple :

- Dans les véhicules de transport de biens ou de personnes il n'est pas rare d'observer l'installation de plusieurs boîtiers de communication distincts (pour le télépéage, la navigation, le suivi de flotte, l'information trafic, etc.) sans que les données collectées sur un boîtier ne puissent être utilisées par les autres, et alors qu'ils reposent dans certains cas sur les mêmes technologies d'accès (WiFi et cellulaire).
- Une alerte eCall ne peut pas être transmise via une technologie d'accès WiFi même si elle est disponible à proximité d'un véhicule accidenté se trouvant dans une zone blanche où le réseau cellulaire est indisponible.
- Un système de navigation ne captant plus le signal GPS, alors que la position GPS de stations routières déployées le long de la route et transmis par WiFi peut être réceptionné par un boîtier de communication véhiculaire.
- Il en est de même des solutions déployées pour l'échange de données entre véhicules et infrastructure routière, basées sur une technologie d'accès (WiFi véhiculaire 802.11p, correspondant au standard ETSI ITS G5) et des protocoles de communication spécifiques (GeoNetworking, BTP) qui ne permettent pas l'échange de données de bout-en-bout entre un véhicule et un serveur localisé dans l'Internet ou entre un véhicule et un système nomade de type smartphone.

Le champ d'application de tous ces systèmes est donc restreint et l'hétérogénéité des systèmes de communication nuit à l'interopérabilité, à l'efficacité, à la performance.

2. Les ITS Coopératifs

Pour rendre les système de communication coopératifs, il faut tout d'abord disposer de standards permettant l'échange d'informations. Ces standards existent ; ils ont été développés au sein de l'ISO avec cet objectif d'échange, d'interopérabilité, de performance, d'évolutivité, en tirant profit de toutes les technologies d'accès actuellement disponibles et à venir.

Ces standards permettent d'échanger des données entre véhicules communicants (de tous types),

infrastructure routière communicante, systèmes nomades (smartphones, tablettes), et serveurs accessible par Internet (centre de contrôle du trafic, plateforme de gestion de flottes, base de données, etc.). Cet échange de données a pour objectif d'améliorer à la fois la sécurité routière, l'efficacité du trafic routier et la mobilité des biens et des personnes.

Grâce à ces standards, les exploitants d'infrastructure vont pouvoir collecter de nombreuses informations émanant directement des véhicules et de leurs occupants. Ils pourront offrir de nouveaux services aux usagers de la route : une information certifiée par les gestionnaires de réseaux routiers (les conditions de circulation, travaux en cours, zones de danger, itinéraire de délestage, etc.) et des services à valeur ajoutée (réservation de parking, information touristique, publicité, phases des feux, voie réservée, etc.). Ils pourront aussi mieux exploiter leurs équipements (panneaux à message variables, feux, barrières de péage ou parking, etc.) et à terme probablement les remplacer.

D'autre part, l'essor du véhicule électrique (15700 véhicules en 2010, 1.225.000 en 2015 selon Frost & Sullivan) et du véhicule autonome¹ nécessite un système de communication leur permettant de communiquer avec leur entourage (véhicules, infrastructure routière, infrastructure de recharge électrique, infrastructure urbaine,...), leurs occupants et avec des pairs éloignés (logisticiens, personnes). Ce système de communication devra *in fine* reposer sur les standards des ITS Coopératifs.

3. L'architecture de communication « ITS station »

Les standards dits « ITS Coopératifs » reposent tout d'abord sur une architecture de communication commune (architecture de référence « ITS station » [ISO 21217]). Ceci est indispensable pour garantir l'interopérabilité des systèmes déployés dans les véhicules, l'infrastructure routière, l'infrastructure urbaine, les systèmes nomades et les centres de contrôle disponibles à travers l'infrastructure Internet.

3.1. Les couches de l'architecture « ITS station »

Cette architecture, illustrée sur la Figure 1, est structurée en couches. Elle s'inspire des modèles de communication OSI ou TCP/IP. La **séparation en couches** permet de développer des applications qui fonctionnent indépendamment des technologies sous-jacentes, et donc de favoriser la portabilité sur des plateformes matérielles et logicielles distinctes, et de remplacer ou d'ajouter des fonctionnalités ou technologies dans les couches basses sans incidence sur les couches hautes. C'est le modèle qui a fait le succès de l'Internet car il permet des échanges de bout en bout entre deux pairs éloignés qui utilisent des moyens de communication distincts (e.g. un véhicule connecté uniquement au réseau cellulaire peut communiquer avec un autre véhicule connecté à Internet par du WiFi).

L'architecture « ITS station » comprend :

- Une entité verticale (cross-layer) de gestion, permettant de gérer les fonctionnalités internes de la station ITS (notamment les fonctionnalités disponibles dans chaque couche), de déterminer quelles sont les technologies d'accès disponibles en un lieu et en un instant donnés, et de gérer aux mieux les flux de données (ISO 24102-6) en fonction des besoins de communication des applications, de leurs priorités (ISO 17423, ISO 17419), des fonctionnalités de la station ITS et des capacités de transmission de la station ITS.
- Une entité verticale (cross-layer) de sécurité, permettant à toutes les couches de bénéficier des mécanismes nécessaires à la sécurisation des communications (chiffrement, authentification, etc.).
- Une couche inférieure « *technologies d'accès* » (ITS station access technologies layer) permettant l'intégration de toutes les technologies d'accès existantes et à venir, à condition que chaque nouvelle technologie d'accès respecte les règles d'intégration à l'architecture (spécifiées dans ISO 21218). Sont aujourd'hui déjà supportées le WiFi véhiculaire (IEEE 802.11p, avec les variantes ISO

¹ Le véhicule autonome (sans conducteur) fait l'objet de beaucoup de médiatisation depuis 2013 à l'instar des expérimentations sur routes ouvertes menées par Google, suivies par tous les constructeurs de véhicules conventionnels contraints à se positionner. Voir par exemple le débat 7PM du 11 novembre 2014 : <http://www.7pm-auto.fr/7pm-tv/voiture-connectee-mountain-view-vous-salue-bien/>

M5, ETSI ITS G5, IEEE P1609), le WiFi urbain (IEEE 802.11n/b/g/ac) le cellulaire (2G, 3G, 4G), l'infra-rouge, les ondes millimétriques, le satellite, les réseaux de capteurs 6LoWPAN (IEEE 802.14).

- Une couche « réseaux et transport » (ITS station networking & transport layer) permettant à la fois des communications localisées (ISO FNTF, ETSI GeoNetworking, IPv6) pour les échanges directs entre véhicules et infrastructure (V2V, V2R) et des communications distantes (IPv6) avec les pairs éloignés. FNTF et GeoNetworking sont conçus pour utiliser uniquement le WiFi véhiculaire ; en revanche IPv6 permet la transmission quelles que soient les technologies localement disponibles (les transmission IPv6 peuvent aussi s'effectuer *par-dessus* un réseau d'accès IPv4 existant lorsqu'IPv6 n'est pas déployé). IPv6 est une famille de protocoles définis pour pallier le manque d'adresses d'IPv4 (seulement 2^{32} soit 4 milliards d'adresse publiques, tous usages confondus, contre 2^{128} pour IPv6). La norme ISO 21210 spécifie les fonctionnalités d'IPv6 nécessaire à l'interopérabilité selon les différents types de stations ITS.
- Une couche de « services » (ITS station facilities layer) permettant aux applications de bénéficier de services mutualisés, en particulier une messagerie normalisée (transmission, réception et abonnement de messages contenant des informations variées), une base de données (LDM), des services de marquage des datagrammes (time-stamping, geo-stamping), de positionnement fiable (fusion de données émanant de plusieurs sources : GPS, balises routières, bus CAN, etc.). Les fondations de ces services mutualisés sont spécifiées dans la norme ISO 17429 en cours de rédaction. Cette couche dispose aussi de la capacité d'orienter les datagrammes vers la pile de communication la plus adaptée en fonction du profil de communication et des capacités actuelles de la station ITS. Ainsi, un message de détection de danger pourra être transmis en utilisant soit la pile de protocoles non-IP pour des alertes diffusées aux véhicules proches, ou la pile IPv6 pour les alertes transmises à des serveurs, et cela sans que l'application n'effectue le moindre traitement.
- Une couche « applications », siège de toutes les applications, qui peuvent sans en être contraintes, bénéficier des services mutualisés ou de communication des couches inférieures. Pour en bénéficier, les applications doivent faire connaître leurs besoins de communication en fournissant à l'entité de gestion les caractéristiques de chacun des flux de données susceptibles d'être transmis par l'application. Les applications qui utilisent ces services sont moins complexes à développer ; elles ne nécessitent pour son développeur aucune connaissance dans les protocoles et technologies de communication et sont naturellement plus facilement portables.

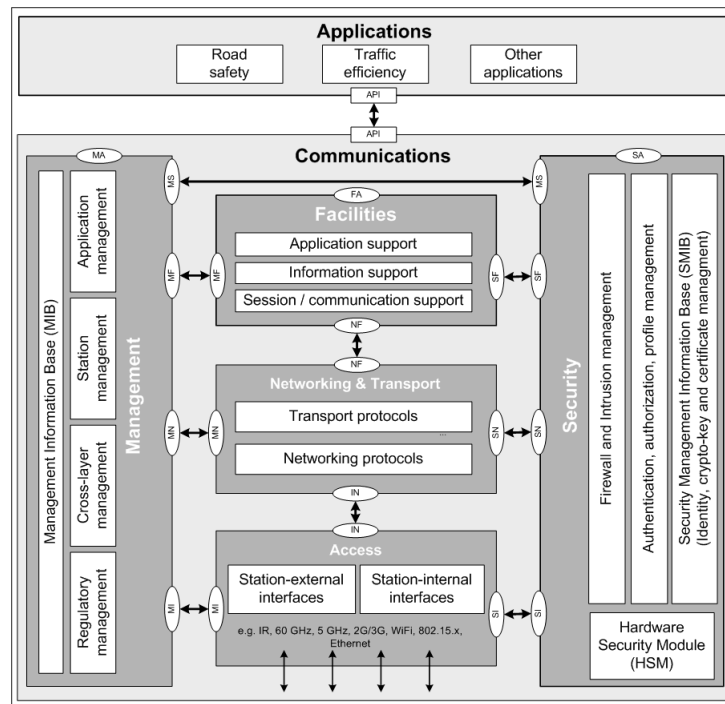


Figure 1: Architecture de communication "ITS station" (ISO 21217)

3.2. Flexibilité des implémentations « ITS station »

L'architecture illustrée sur la voir Figure 1 peut se décliner en différents types de stations ITS comme illustré sur la Figure 2 : station ITS véhiculaire (voiture personnel, bus, camion, etc.), station ITS routière (infrastructure routière, panneau à message variable, feux tricolores, mobilier urbain, etc.), station ITS personnelle (smartphone, tablettes, etc.) ou station ITS centrale (serveurs, centre de contrôle, etc.).

L'architecture est spécifiée afin de permettre toutes les formes de déploiement, l'objectif de l'architecture étant essentiellement de préciser les règles d'intégration des fonctionnalités, en laissant à d'autres standards le soin de préciser comment ces fonctionnalités s'intègrent effectivement à l'ensemble. Les seuls standards nécessaires sont donc ceux qui fixent les règles d'intégration (par exemple, les mécanismes permettant à une application de bénéficier de moyens de communication hybrides sont fixés dans les standards ISO 17419, ISO 17423, ISO 17429 et ISO 24102-6. Les règles permettant d'intégrer une technologie d'accès sont précisées dans ISO 21218, les règles permettant d'intégrer IPv6 sont précisées dans ISO 21210, ISO 16788 et ISO 16789.

Comme illustré sur la Figure 2, les fonctionnalités d'une station ITS peuvent être distribuées sur des composants distincts (e.g. boîtier de communication muni de plusieurs technologies d'accès relié à une unité centrale comportant les applications, ou plusieurs boîtiers de communication munis chacun des technologies d'accès distinctes, ou un seul élément comprenant les fonctions de communication et les applications). Ce choix est laissé à ceux qui développent les solutions ou qui les déploient.

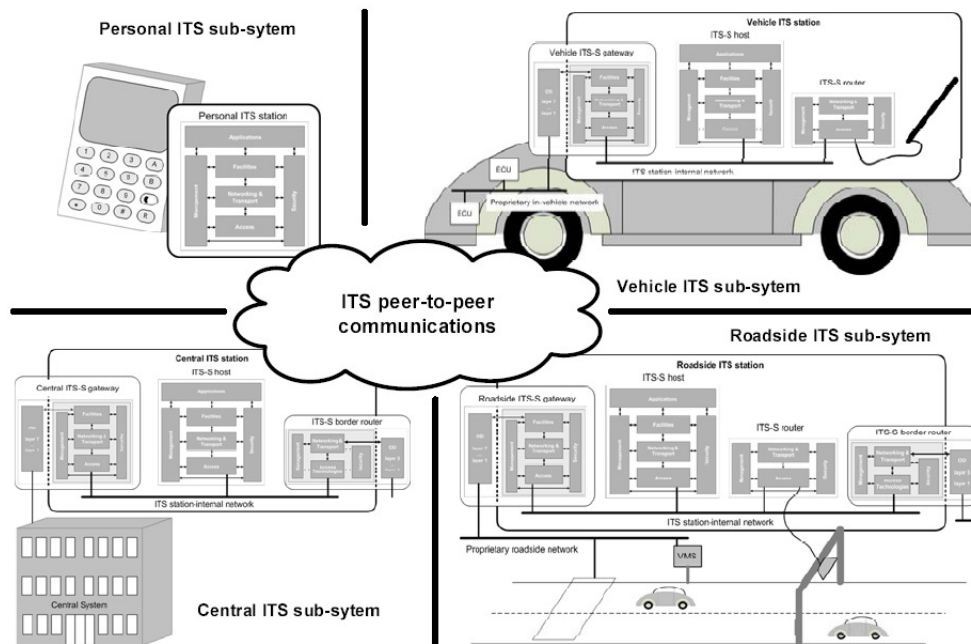


Figure 2: Différents types de stations ITS

Chaque acteur peut donc décider des fonctionnalités qu'il souhaite développer ou non en fonction d'un cahier des charges précisant les cas d'usages, les besoins de communication (V2V, V2X, accès Internet, continuité de service, ...), les technologies d'accès, et le rôle de la station ITS (station ITS diffusant des informations à vocation sécuritaire, véhicule particulier, véhicule d'intervention, ...). De ce cahier des charges découlera alors une liste minimale de standards tenus d'être respectés afin de garantir l'interopérabilité entre les stations ITS et les fournisseurs de solutions.

Ces standards permettent donc aux fournisseurs de solutions de se spécialiser tout en étant compatibles les uns avec les autres. Un acteur peut ainsi se spécialiser dans la fourniture d'un boîtier de communication dédié à la sûreté routière utilisant uniquement le WiFi véhiculaire en laissant le soin à un autre acteur de le raccorder à un boîtier multimédia ; un autre type d'acteur peut fournir un boîtier de communication hybride comprenant plusieurs technologies ; un autre encore peut se spécialiser dans les fonctionnalités fournies par

une seule des couches de la station ITS.

Ceci permettra donc une plus grande compétitivité entre les fournisseurs, un choix plus grand pour les exploitants et surtout de déployer des solutions « à la carte » spécifiques à un cas de déploiement tout en étant interopérables et en donnant libre court à l'innovation.

4. Environnement réglementaire, normes

Les spécifications des briques technologiques nécessaires aux communications des ITS Coopératifs sont réalisées dans les organismes de normalisation européens (ETSI TC ITS et CEN TC 278) et internationaux (ISO TC204). Les normes sont en cours de finalisation et répondent en partie au mandat de standardisation M/453 de la Commission Européenne fait à l'ETSI et au CEN sur la période 2009-2012.

Alors que de nombreux produits ITS sur le marché nécessitent une connectivité à Internet ou utilisent les protocoles de l'Internet même sans s'y connecter, ceux-ci utilisent IPv4, la version la plus communément déployée du protocole IP qui régit les communications dans Internet. Or, l'espace d'adressage IPv4 arrive à saturation et nous allons très prochainement devoir faire face à une pénurie d'adresses (identifiants des machines dans le réseau), ce qui freine le développement de solutions de communication de machine à machine. Au contraire d'IPv4, IPv6, la nouvelle version, offre un espace d'adressage illimité et de nouvelles fonctionnalités par rapport à son prédécesseur, en particulier la possibilité d'utiliser simultanément plusieurs technologies d'accès (e.g. une connexion WiFi et une connexion 3G), la possibilité en situation de mobilité de passer de l'une à l'autre sans interruption des communications en cours, ou de gérer en parallèle des espaces d'adressage distincts en fonction de l'usage. IPv6 est supporté par tous les systèmes d'exploitation et remplace peu à peu IPv4 (notamment dans les cœurs de réseau (e.g. RENATER ou Orange), les réseaux d'accès e.g. Free, SFR) et les fournisseurs de contenus (e.g. Google), dans tous les secteurs².

Le déploiement d'IPv6 est donc nécessaire pour pallier le manque d'adresses IPv4 et fournir des fonctions avancées. C'est d'autant plus vrai pour les ITS Coopératifs que les standards ne font mention que d'IPv6 dès lors où les communications IP sont induites. Une circulaire imposant la conformité future de tous les équipements communicants achetés par l'Etat Français a été publiée par l'ancien Ministre de l'Industrie Eric Besson²; cette circulaire devrait donc s'appliquer également aux équipements d'infrastructure routière largement déployés par les pouvoirs publics.

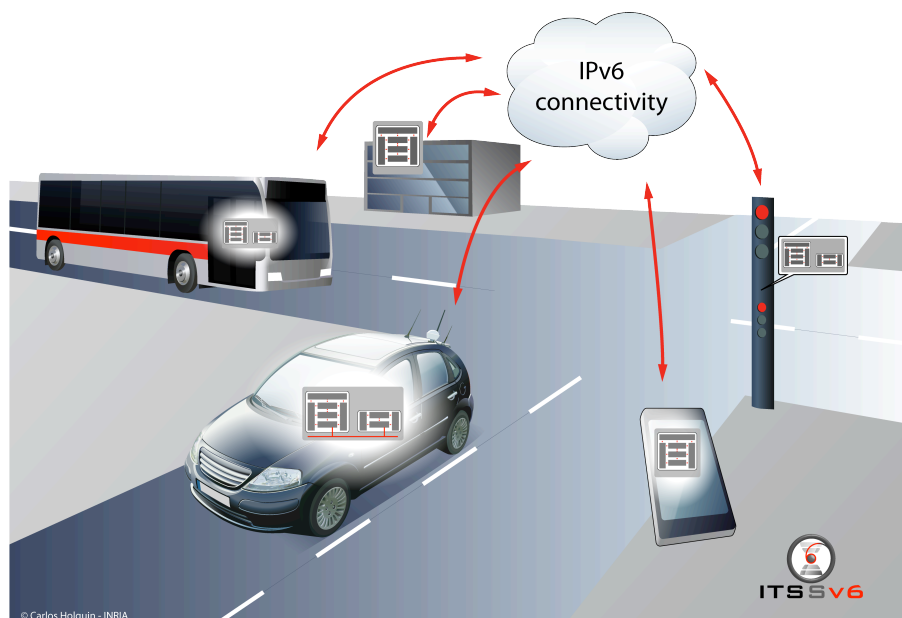


Figure 3: Communications IPv6 entre stations ITS variées

² Voir à ce propos le discours de Mr. Le Ministre Eric Besson le 1^{er} septembre 2012 lors d'une réunion des principaux acteurs de l'Internet français pour un déploiement concerté d'IPv6, à laquelle a participé Thierry Ernst au nom de l'Association G6: https://www.facebook.com/note.php?note_id=10150270529630940

5. Mise en œuvre opérationnelle

Une première phase du déploiement de cas d'usages exploitant certains des standards des ITS Coopératifs est attendue en Europe pour fin 2017, dès que des expérimentations de grande ampleur conduites de 2015 à 2017 dans plusieurs pays d'Europe (plusieurs milliers de véhicules pour chacune d'entre elles) auront rendues les conclusions permettant de valider la technologie et d'initier un déploiement massif, avec un ensemble de services croissant. En France, le ministre des transports, Mr. Cu villier a annoncé à l'occasion de la journée Mobilité 2.0 en février 2014 et de l'inauguration de l'Institut VeDeCom le lancement du projet FUI SCOP@F impliquant 3000 véhicules³.

Pour garantir le succès du déploiement, il faudra d'une part qu'une grande proportion des véhicules soient équipés, et d'autre part que le bénéfice de la technologie soit perçue par l'utilisateur, même au début du déploiement. Cela requiert :

- Au minimum une technologie de communication radio véhicule à véhicule et véhicule (V2V) à infrastructure routière (V2X) commune à tous les équipements pour l'échange local de données. La technologie radio WiFi véhiculaire (IEEE 802.11p) de moyenne portée est la technologie actuellement retenue.
- La combinaison de plusieurs technologies de communication radio hybrides (e.g. WiFi et cellulaire) afin de bénéficier de services innovants en l'absence de véhicules ou d'infrastructure routière équipés à portée radio, de pallier l'indisponibilité d'une technologie radio. D'autre part, chaque technologie d'accès ayant ses propres caractéristiques techniques, aucune ne correspond à elle seule à l'ensemble des besoins de communication alors que les standards permettent de les intégrer dans une architecture de communication permettant de les combiner.
- Un système permettant une évolution technologique continue des solutions ITS et garantissant l'interopérabilité à long terme : toute technologie radio étant rapidement dépassée ou ayant des caractéristiques limitant son usage (portée, sécurité, capacité, etc.), le système de communication doit prévoir l'utilisation de nouvelles technologies radio plus efficaces ou plus adaptées, et donc ne pas être bâti sur une seule technologie de communication. Le protocole IP a été conçu à cet effet et nous recommandons donc l'intégration d'IPv6 dans toutes les solutions, conformément aux normes ISO.

6. YoGoKo : de la normalisation à la commercialisation

Les standards des ITS Coopératifs intègrent des résultats de recherche de trois laboratoires de recherche : l'équipe-projet RITS (anciennement IMARA) du centre de recherche Inria Paris – Rocquencourt, le centre de robotique (CAOR)⁴ de l'École des Mines de Paris (Mines ParisTech) et le département RSM « réseaux, sécurité et multimédia » de Telecom Bretagne à Rennes.

RITS travaille depuis plus de dix ans sur les nouveaux concepts de transport urbain, en particulier les véhicules sans conducteur. Plus que tout autre type de véhicule, un véhicule sans conducteur requiert un système de communication disponible à tout moment pour améliorer l'efficacité, la sécurité et l'expérience utilisateur des déplacements. Alors que dans un premier temps RITS se contentait de solutions de communication disponibles sur étagère, RITS a lancé en 2006 une activité de recherche sur la thématique des communications afin de disposer de systèmes de communication adaptés aux Systèmes de Transports Intelligents (ITS), quel que soit le type de véhicule (avec ou sans conducteur). Ces recherches ont conduit à la participation, depuis 2006, souvent en collaboration avec le CAOR (Mines) et avec le département RSM (Telecom Bretagne) à de nombreux projets de recherche collaboratifs français ou européens sur la thématique des communications.

³ Discours du 11 février 2014 du ministre des transports Mr. Cu villier : <http://www.yvelines.gouv.fr/Actualites/Frederic-Cuvillier-lance-des-initiatives-pour-structurer-la-filiere-des-transports-intelligents>

⁴ RITS et CAOR coopèrent dans le cadre de la JRU (Joint Research Unit) LaRA (La Route Automatisée – <http://www.lara.prd.fr>) et disposent chacun d'une plateforme véhiculaire (10 véhicules robots (CyCabs et CyBus) pour IMARA et 4 véhicules conventionnels (C3) pour CAOR). Les chercheurs des deux équipes bénéficient des deux plateformes.

L'expertise d'Inria, Mines et Telecom Bretagne dans le domaine des communications IPv6 appliquées au domaine des ITS⁵ est mondialement reconnue grâce à leurs contributions dans les organismes de standardisation (ISO, CEN, ETSI, IETF) et les expérimentations menées sur véhicules dans les projets français et européens qui ont eu un grand impact médiatique (React, Com2React, Anemone, CVIS, REMORA, CityNetMobil, GeoNet., DriveC2X, SCORE@F et ITSSv6). Ces expérimentations ont permis de faire la preuve du concept, études scientifiques à l'appui, et d'identifier les points nécessitant plus de recherche (sécurité de communications, diffusion géo-localisée, respect de la vie privée des personnes, passage à l'échelle, ...) et les fonctionnalités manquantes aux standards.

Les trois laboratoires ont souhaité valoriser ensemble leurs compétences et se sont engagés en 2012 dans le développement d'un démonstrateur commun associant une flotte de véhicules (conventionnels et autonomes), de l'infrastructure routière connectée, et une plateforme de services dans le cloud, en vue de démontrer la faisabilité technique d'un système de communication reposant sur les concepts les plus avancés des standards. Une démonstration publique de grande envergure de cette plateforme a été réalisée le 11 février 2014 à l'occasion de la journée Mobilité 2.0 organisée par le Ministère des Transports, en présence du ministre des transports Mr. Cu villier.

Fort du succès de cette plateforme de démonstration, la société YoGoKo a vu le jour en juin 2014 pour industrialiser le système de communication et l'exploiter commercialement. Celui-ci repose sur les technologies de communication de l'Internet les plus avancées, notamment IPv6, les mécanismes de transition IPv4/IPv6, les mécanismes de support de la connectivité en situation de mobilité, et la sécurité.

YoGoKo, qui compte 7 collaborateurs, met au service de ses clients son double savoir-faire des technologies de l'Internet et des ITS. YoGoKo commercialise ses solutions sous deux formes, soit un « service de connectivité » tout en un (boîtiers de communication, plateforme cloud, logiciels), prêt à l'emploi, destiné aux acteurs réalisant des expérimentations, soit des études et du développement permettant d'intégrer « à façon » les solutions de communication YoGoKo aux produits et services de ses clients (système d'information, équipement de communication, véhicule, équipement d'infrastructure routière, mobilier urbain, ...).

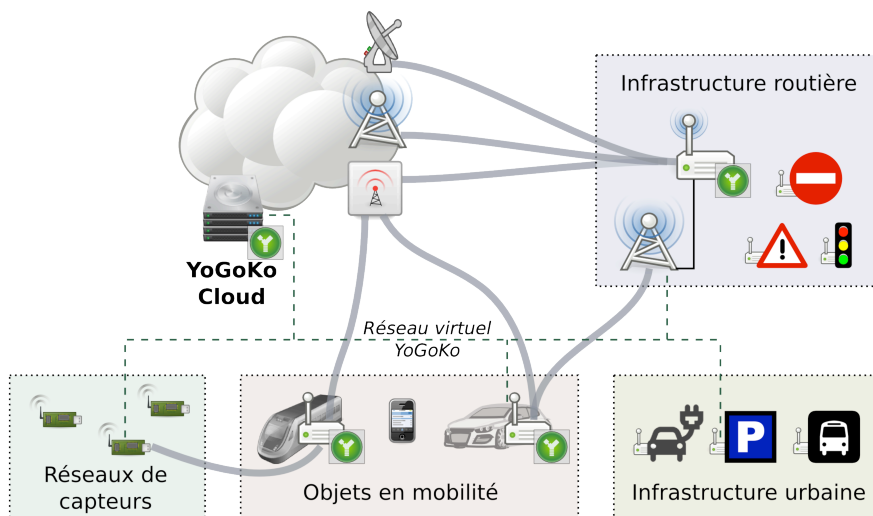


Figure 4: Usages du système de communication YoGoKo

7. Conclusion

Nous sommes à la veille d'une rupture technologique dans le domaine des ITS. Un ensemble de standards reposant sur une architecture de communication unifiée et standardisée pour tous les types d'usages (sûreté

⁵ Inria et Telecom Bretagne sont d'une manière générale pionniers dans IPv6, puisqu'ils ont participé activement à sa normalisation à l'IETF dès le départ en 1995-1996, en particulier dans le maintien des connexions Internet en situation de mobilité (normes IETF HMIPv6, NEMO, etc. 1998-2001) et qu'on doit à Inria la première implémentation IPv6 au monde (Francis Dupont en 1996).

routière, gestion du trafic routier, confort et mobilité), permettant d'utiliser simultanément une diversité de médias de communication (802.11b/g/p, 2G/3G, satellitaire, etc.), indépendamment du cas d'usage, est sur le point d'être finalisé par les organismes de normalisation (ISO, CEN et ETSI).

Par rapport aux solutions ITS actuellement déployées, les standards ITS Coopératifs permettent d'abstraire la technologie radio utilisée des applications, et donc de faciliter le développement des solutions, de baisser leur coût et surtout de rendre les solutions ITS réellement coopératives. En effet, ils permettent d'assurer que les systèmes de communication ITS conçus pour des cas d'usage distincts (e.g. signalisation et navigation) puissent s'échanger des données entre eux (entre véhicules, infrastructure routière et infrastructure Internet) dès lors qu'un moyen de communication quelconque et standardisé existe à un moment donné.

D'autre part, le protocole de communication IPv6 sera dans les années à venir l'un des standards majeurs dont devra disposer tout équipement communicant.

Ces standards contribueront à l'avènement de nouvelles solutions permettant d'améliorer la sûreté routière, l'efficacité du trafic et la mobilité des biens et des personnes.

Références

[ISO 17419] ISO. Intelligent Transport Systems – Cooperative ITS – *Classification and management of ITS applications in a global context*, 2013. ISO 17419/CD (published)

[ISO 17423] ISO. Intelligent Transport Systems – Cooperative ITS – ITS application requirements and objectives for selection of communication profiles, 2013. ISO/CD 17423 (published)

[ISO 17429] ISO. Intelligent Transport Systems – Cooperative Systems – Profiles for processing and transfer of information between ITS stations for applications related to transport infrastructure management, control and guidance, 2015. ISO/NP 17429 (draft)

[ISO 21210] ISO. Intelligent transport systems – Communications Access for Land Mobiles (CALM) – IPv6 Networking, 2012. ISO/IS 21210 (published)

[ISO 21217] ISO. Intelligent Transport Systems – Communications Access for Land Mobiles (CALM) – Architecture, 2014. ISO/IS 21217 (published)

[ISO 21218] ISO. Intelligent Transport Systems – Communications Access for Land Mobiles (CALM) – Access technology support, 2013. ISO/IS 21218 (published)

[ISO 24102-6] ISO. Intelligent Transport Systems – Communications Access for Land Mobiles (CALM) – *ITS station management – Part 6: Flow and path management*, 2015. ISO/CD 24102-6 (draft)

[url-ITSSv6] Projet Européen ITSSv6 (2010-2013) : <http://www.itssv6.eu>

[url-YoGoKo] YoGoKo SAS, <http://www.yogoko.fr>