

# Systemes de transport intelligents

Manuel sur les communications mobiles terrestres (y compris l'accès hertzien)

Volume 4

Édition 2021





# SYSTÈMES DE TRANSPORT INTELLIGENTS

## Manuel sur les communications mobiles terrestres (y compris l'accès hertzien)

Volume 4  
(Édition 2021)



## SECTEUR DES RADIOCOMMUNICATIONS DE L'UIT

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

### **Pour tout renseignement sur les questions de radiocommunication**

*Veillez contacter:*

UIT  
Bureau des radiocommunications  
Place des Nations  
CH-1211 Genève 20  
Suisse

Téléphone: +41 22 730 5800  
Téléfax: +41 22 730 5785  
Courriel: [brmail@itu.int](mailto:brmail@itu.int)  
Web: [www.itu.int/itu-r](http://www.itu.int/itu-r)

### **Pour commander les publications de l'UIT**

*Les commandes ne sont pas acceptées par téléphone. Veuillez les envoyer par téléfax ou par courrier électronique (e-mail).*

UIT  
Division des ventes et du marketing  
Place des Nations  
CH-1211 Genève 20  
Suisse

**Téléfax: +41 22 730 5194**  
**Courriel: [sales@itu.int](mailto:sales@itu.int)**

**Librairie électronique de l'UIT: [www.itu.int/publications](http://www.itu.int/publications)**

© UIT 2021

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## **Avant-propos**

Les systèmes de transport intelligents (ITS) désignent des systèmes qui utilisent à la fois l'informatique et les technologies des télécommunications, du radiorepérage et de l'automatisation afin d'améliorer la sécurité, la gestion et l'efficacité des transports terrestres.

L'édition 2021 du quatrième volume du Manuel de l'UIT-R sur les communications mobiles terrestres (y compris l'accès hertzien) annule et remplace l'édition de 2006.

La rédaction de ce Manuel en plusieurs volumes a été amorcée vers la fin des années 90 au sein de l'UIT-R pour répondre à un besoin de plus en plus pressant: celui d'offrir aux pays en développement un manuel sur les technologies de pointe qui couvre les divers aspects des services de communications mobiles terrestres, y compris les technologies et les systèmes.

Les cinq volumes déjà publiés à ce jour sont les suivants:

- Volume 1: Accès hertzien fixe
- Volume 2: Manuel sur l'évolution vers les IMT-2000: principes et orientations
- Volume 3: Systèmes de dispatching et de messagerie modernes
- Volume 4: Systèmes de transport intelligents
- Volume 5: Déploiement des systèmes d'accès hertzien large bande

Le Manuel a pour objet d'aider les intéressés à prendre les décisions qui s'imposent en matière de planification, d'ingénierie et de mise en place de systèmes mobiles terrestres hertziens, en particulier dans les pays en développement. Il devrait fournir aussi des renseignements appropriés qui aideront à former les ingénieurs et les planificateurs en ce qui a trait à la réglementation, à la planification, à l'ingénierie et à la mise en place de ces systèmes.

Le présent volume du Manuel fournit une synthèse de l'utilisation des communications hertziennes pour les systèmes de transport intelligents à l'échelle mondiale, actuellement en place ou en développement, notamment en ce qui concerne l'architecture, les systèmes et les applications. Il s'agit là d'un secteur en pleine évolution, qui n'en est encore, pour partie, qu'à ses débuts. Le présent volume fournit une description de l'utilisation des communications hertziennes dans les ITS à la date de son élaboration, à savoir en 2020.

Le Volume 4 (édition de 2021) a été élaboré par un groupe d'experts du Groupe de travail 5A des radiocommunications. Je tiens à remercier M. Takahiko Yamazaki (Japon), Rapporteur du Manuel sur les communications mobiles terrestres, M. Hitoshi Yoshino (Japon), président du GT 5A-5, M. Satoshi (Sam) Oyama (Japon), président du SGT sur les ITS, et M. HyunSeo Oh (République de Corée), qui ont aimablement révisé le présent volume, ainsi que tous les experts qui ont participé à l'élaboration du Manuel.

José M. Costa  
Président du Groupe de travail 5A des  
radiocommunications  
Canada



## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Avant-propos.....	iii
Chapitre 1 – Introduction .....	1
1.1 But et portée du Manuel sur les communications mobiles terrestres.....	1
1.2 Structure et utilisation du Volume 4 .....	1
Chapitre 2 – Applications des ITS .....	3
2.1 Introduction.....	3
2.2 Types de services ITS .....	6
2.2.1 Télépéage .....	8
2.2.2 Sécurité des véhicules et des routes .....	8
2.2.3 Appel d'urgence .....	10
2.2.4 Service d'information sur la circulation .....	10
2.2.5 Conduite automatisée.....	11
2.3 Service ITS coopératif .....	12
2.3.1 Services fondés sur la P2X .....	12
2.3.2 Services fondés sur la V2X.....	13
Chapitre 3 – Architecture du système et des communications ITS .....	15
3.1 Architecture du système ITS.....	15
3.1.1 Vue Entreprise .....	16
3.1.2 Vue fonctionnelle.....	17
3.1.3 Vue physique .....	17
3.1.4 Vue Communication .....	18
3.2 Architecture de communication ITS .....	20
3.2.1 Système de communication ITS .....	20
3.2.2 Réseau de communication ITS .....	22
Chapitre 4 – Technologies radioélectriques destinées aux systèmes ITS.....	25
4.1 Communications spécialisées à courte portée (DSRC) .....	25
4.1.1 Introduction.....	25
4.1.2 Configuration du système .....	25
4.1.3 Caractéristiques techniques.....	27
4.1.3.1 DSRC passive en Europe.....	27

	<i>Page</i>
4.1.3.2	DSRC aux États-Unis d'Amérique..... 32
4.1.3.3	DSRC actives au Japon..... 32
4.1.3.4	DSRC en Chine..... 36
4.1.3.5	DSRC actives en Corée..... 37
4.1.4	Caractéristiques de la propagation radioélectrique des DSRC ..... 39
4.2	Communications radioélectriques des ITS évoluées ..... 41
4.2.1	Introduction..... 41
4.2.2	Configuration du système ..... 42
4.2.3	Caractéristiques techniques..... 44
4.2.3.1	Système ITS G5 en Europe..... 44
4.2.3.2	Système WAVE en Amérique du Nord..... 47
4.2.3.3	Système <i>ITS Connect</i> au Japon..... 52
4.2.3.4	Technologie de communication V2X en Corée..... 54
4.2.3.5	Les ITS au Brésil ..... 55
4.2.4	Caractéristiques de la propagation radioélectrique ..... 56
4.3	Communication V2X cellulaire ..... 57
4.3.1	Introduction..... 57
4.3.2	Configuration du système ..... 58
4.3.3	Caractéristiques techniques..... 60
4.3.3.1	V2X fondée sur la LTE..... 63
4.3.3.2	V2X fondée sur la 5G ..... 64
4.3.4	Caractéristiques de la propagation radioélectrique ..... 64
4.4	Radiodiffusion dans une zone étendue ..... 64
4.4.1	Introduction..... 64
4.4.2	Configuration du système ..... 65
4.4.3	Caractéristiques techniques..... 65
4.4.4	Caractéristiques de la propagation radioélectrique ..... 65
4.5	Communication en ondes millimétriques ..... 66
4.5.1	Introduction..... 66
4.5.2	Configuration du système ..... 66
4.5.3	Caractéristiques techniques..... 66
4.5.4	Caractéristiques de la propagation radioélectrique ..... 67
4.6	Radars de véhicule et routier en ondes millimétriques ..... 69
4.6.1	Introduction..... 69

	<i>Page</i>
4.6.2 Configuration du système .....	70
4.6.3 Caractéristiques techniques.....	70
4.6.4 Caractéristiques de la propagation radioélectrique.....	75
Chapitre 5 – Normes .....	77
5.1 Norme relative aux DSRC .....	77
5.1.1 Norme mondiale relative aux DSRC .....	77
5.1.2 Norme relative aux DSRC dans la Région 1 .....	77
5.1.3 Norme relative aux DSRC dans la Région 2 .....	78
5.1.4 Norme relative aux DSRC dans la Région 3 .....	78
5.2 Normes relatives aux radiocommunications des ITS évoluées.....	79
5.2.1 Normes relatives au système ITS G5 dans la Région 1 .....	79
5.2.2 Normes WAVE dans la Région 2 .....	81
5.2.3 Normes relatives aux radiocommunications des ITS évoluées dans la Région 3 .....	82
5.3 Normes relatives aux communications V2X cellulaires.....	83
5.4 Normes relatives à la radiodiffusion .....	86
5.5 Communications et radars en ondes millimétriques .....	86
5.5.1 Normes de l'UIT relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques .....	86
5.5.2 Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques dans la Région 1 .....	87
5.5.3 Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques dans la Région 2 .....	87
5.5.4 Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques dans la Région 3 .....	88
Chapitre 6 – Utilisation des fréquences pour les applications ITS .....	89
6.1 Utilisation des fréquences pour les DSRC.....	89
6.2 Utilisation des fréquences pour les radiocommunications des ITS évoluées .....	90
6.3 Utilisation des fréquences pour les réseaux cellulaires.....	91
6.4 Utilisation des fréquences pour la radiodiffusion .....	92
6.5 Utilisation des fréquences pour les radars de véhicules et les radars routiers en ondes millimétriques .....	92
Annexe A – Liste d'acronymes .....	93
Annexe B – Utilisation des ITS dans certains pays .....	99

	<i>Page</i>
Annexe C – Publications relatives aux ITS .....	107
1      Aperçu.....	107
2      Publications de l'UIT .....	107
2.1      Recommandation de la CMR.....	107
2.2      Recommandations de l'UIT-R .....	107
2.3      Rapports de l'UIT-R.....	107
3      Autres références relatives aux ITS .....	108

# CHAPITRE 1

## INTRODUCTION

### 1.1 But et portée du Manuel sur les communications mobiles terrestres

Le Volume 4 du Manuel sur les communications mobiles terrestres a pour but de fournir des informations générales et actualisées sur les systèmes de transport intelligents (ITS). Fondamentalement, les ITS utilisent à la fois l'informatique et les technologies des télécommunications, du radiorepérage et de l'automatisation pour améliorer la sécurité, la gestion et l'efficacité des systèmes de transport terrestre. Le présent volume décrit de nombreuses applications actuelles des ITS ainsi que des projets d'application pour le futur. La plupart des gens utilisant les transports au quotidien, sous une forme ou sous une autre, le nombre d'utilisateurs qui peuvent bénéficier des ITS dans leurs activités quotidiennes est considérable. Le présent volume du Manuel fournit une synthèse de l'utilisation actuelle ou en cours de développement des communications hertziennes dans les ITS à l'échelle mondiale. Ce secteur connaît d'ores et déjà une évolution rapide. La présente version du Volume 4 reflète l'époque à laquelle elle a été établie; elle contient donc une description de l'utilisation qui était faite des communications hertziennes dans les ITS au début de l'année 2020.

### 1.2 Structure et utilisation du Volume 4

Le Volume 4 est structuré en plusieurs chapitres, qui apportent au lecteur des informations clés, les détails techniques, opérationnels et réglementaires se trouvant en annexe.

Le premier chapitre contient une introduction au présent ouvrage. Le Chapitre 2 contient quelques informations sur les applications des ITS. Le Chapitre 3 traite du système ITS et de son architecture de communication. Le Chapitre 4 porte sur les technologies radioélectriques employées dans les systèmes ITS, et le Chapitre 5 concerne la normalisation internationale et nationale. Le Chapitre 6 décrit la manière dont les systèmes ITS utilisent les fréquences radioélectriques. L'Annexe A contient une liste d'acronymes. L'Annexe B présente l'utilisation des ITS dans certains pays, et l'Annexe C contient une liste de publications sur les ITS.



## CHAPITRE 2

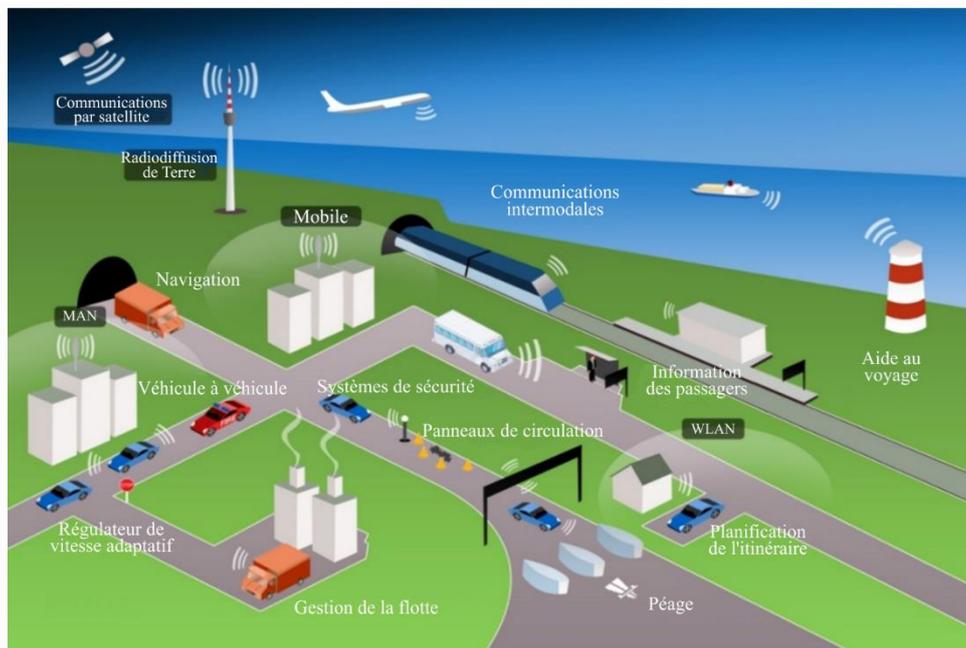
### APPLICATIONS DES ITS

#### 2.1 Introduction

Depuis plusieurs décennies, la population, l'urbanisation et le trafic automobile n'ont cessé d'augmenter dans le monde entier. Ces tendances provoquent des embouteillages, des problèmes de sécurité et une pollution de l'air. Les systèmes de transport intelligents (ITS) offrent un ensemble d'outils qui contribuent à atténuer et parfois à réduire les embouteillages et les incidents grâce à des communications hertziennes, des capteurs, des techniques de commande et autres technologies informatiques et une large diffusion des informations. Les systèmes ITS déployés s'appuient sur des normes de communication pour favoriser l'interopérabilité et l'accessibilité des services.

FIGURE 1

Structure des services ITS



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-01

Le Tableau 1 indique les grands domaines d'application des services ITS pour illustrer l'ampleur de leurs effets potentiels sur la société. Le Tableau 2 présente quelques exemples particuliers des services ITS destinés aux utilisateurs dans les catégories suivantes: communications de sécurité de véhicule à infrastructure (V2I) et de véhicule à véhicule (V2V), données utilisées par les agences, environnement, météorologie routière, mobilité et systèmes intelligents en bordure de route.

Il existe trois grands groupes d'utilisateurs des systèmes ITS:

- les exploitants de réseaux routiers, qui doivent gérer les routes de manière efficace, surveiller la circulation et fournir des informations aux usagers;

- les conducteurs, qui souhaitent parvenir à destination sans accident; et
- les voyageurs ou les piétons, qui ont besoin d'informations sur la circulation ou d'une intervention d'urgence.

Les services ITS peuvent être analysés en termes de groupes d'utilisateurs ITS. Ces utilisateurs sont globalement classés en trois groupes. Le premier est celui des exploitants de réseaux routiers: il s'agit des entités chargées de gérer les routes pour répondre à des objectifs locaux, veiller à la fluidité du trafic et intervenir en cas d'incident touchant à la sécurité. Ces personnes surveillent les routes et informent les usagers. Elles jouent un rôle majeur dans la plupart des services ITS: seules les applications de sécurité de véhicule à véhicule peuvent se passer d'elles ou des autorités chargées de la circulation. Le deuxième groupe d'utilisateurs se compose des conducteurs, qui souhaitent parvenir à destination sans accident. Ce sont les utilisateurs finaux de nombreux services ITS, et ce sont aussi eux qui fournissent indirectement de nombreuses données sur la circulation (soit par des capteurs, soit parce que les véhicules recueillent activement des informations et les transmettent à une tierce partie). Le troisième groupe d'utilisateurs est composé des voyageurs ou des piétons, qui utilisent les services ITS pour obtenir des informations sur le trafic, planifier leur itinéraire, exploiter des services de transport en commun ou demander une intervention d'urgence.

Les différentes régions ont bien entendu des objectifs différents lorsqu'elles déploient des ITS, mais d'une manière générale ces objectifs peuvent être classés en cinq grandes catégories: la sécurité, la mobilité, l'environnement, la réglementation et la vie pratique. Au sein de ces grandes catégories, des objectifs plus précis, mais parfois brouillés par des choix technologiques ou architecturaux, permettent de créer des groupes plus restreints de services déployables. Souvent, ces services répondent à plusieurs objectifs à la fois. Ainsi, aux États-Unis d'Amérique, les systèmes de gestion des frontières répondent à la fois à des problèmes de mobilité, de réglementation et de sécurité. C'est pourquoi beaucoup de services présentent des caractéristiques multiples selon le ou les objectifs auxquels ils contribuent à répondre et les caractéristiques technologiques ou architecturales inhérentes au service. On peut aussi considérer que les services répondent à des objectifs dans un certain nombre de domaines d'application, qui sont illustrés dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

**Domaines d'application des services ITS**

Exploitation de véhicules commerciaux	Gestion de données	Maintenance et construction
Gestion du stationnement	Sécurité publique	Transports publics
Assistance	Transport durable	Gestion de la circulation
Information aux voyageurs	Sécurité des véhicules	Météorologie

Plus d'une centaine de services sont définis dans ces domaines. On trouvera une liste complète, assortie d'une fonction de tri, des services définis par les États-Unis d'Amérique à l'adresse suivante: <https://local.iteris.com/arc-it/html/servicepackages/servicepackages-areaspport.html>.

Certains types de services parmi les plus répandus sur le marché sont expliqués plus en détail dans la section 2.2; il s'agit du télépéage (ETC), de la sécurité des véhicules et des routes, des appels d'urgence, du service d'information sur la circulation et de la conduite automatisée. Les fonctions de ces services et les caractéristiques techniques des technologies de radiocommunication sur lesquelles ils reposent sont décrites dans cette section.

TABLEAU 2

**Exemples de services du système ITS destinés aux utilisateurs**

Catégorie	Exemples de services destinés aux utilisateurs
Communications de sécurité de véhicule à infrastructure (V2I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Avertissement de non-respect d'un feu rouge</li> <li>– Avertissement de vitesse excessive dans un tournant</li> <li>– Aide en cas d'intersection dangereuse comportant un panneau Stop</li> <li>– Avertissement de danger météorologique ponctuel</li> <li>– Avertissement de zone de vitesse réduite ou de travaux</li> <li>– Avertissement de présence de piéton sur un passage piéton (transport en commun)</li> </ul>
Communications de sécurité de véhicule à véhicule (V2V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feux de freins électroniques d'urgence (EEBL)</li> <li>– Avertissement de collision plus loin sur le trajet (FCW)</li> <li>– Aide à la circulation à une intersection (IMA)</li> <li>– Aide pour tourner à gauche (LTA)</li> <li>– Aide en cas d'angle mort ou de changement de file (BSW/LCW)</li> <li>– Avertissement de ne pas dépasser (DNPW)</li> <li>– Avertissement de véhicule tournant à droite devant un bus (transport en commun)</li> </ul>
Données utilisées par les agences	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entretien de la chaussée par sonde</li> <li>– Surveillance de la circulation par sonde</li> <li>– Études de la circulation selon la classification des véhicules</li> <li>– Analyse de véhicules connectés bifurquant ou traversant une intersection</li> <li>– Études de véhicules connectés entre une origine et une destination</li> <li>– Information des voyageurs concernant une zone de travaux</li> </ul>
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Approche et départ écologiques à des intersections signalées</li> <li>– Synchronisation écologique de la signalisation routière</li> <li>– Établissement écologique des priorités en matière de signalisation routière</li> <li>– Conduite écologique connectée</li> <li>– Recharge hertzienne par induction ou par résonnance</li> <li>– Gestion écologique des files de circulation</li> <li>– Coordination écologique de la vitesse</li> <li>– Régulateur de vitesse écologique adaptatif et coopératif</li> <li>– Information écologique des voyageurs</li> <li>– Régulateur écologique de voie d'accès</li> <li>– Gestion des zones à faible émission</li> <li>– Informations sur la recharge ou le ravitaillement des véhicules à carburant alternatif (AFV)</li> </ul>

TABLEAU 2 (fin)

Catégorie	Exemples de services destinés aux utilisateurs
Environnement ( <i>suite</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stationnement intelligent et écologique</li> <li>– Choix dynamique et écologique du trajet (véhicules légers, transport en commun, transport de marchandises)</li> <li>– Système d'aide à la décision pour la gestion intégrée des couloirs (ICM) écologique</li> </ul>
Météorologie routière	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conseils et avertissement aux conducteurs (MAW)</li> <li>– Système renforcé d'aide à la décision en matière de maintenance (MDSS)</li> <li>– Traducteur de données du véhicule (VDT)</li> <li>– Information météorologique routière (WxTINFO)</li> </ul>
Mobilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Système évolué d'information des voyageurs</li> <li>– Système intelligent de signalisation routière (I-SIG)</li> <li>– Priorités de signalisation (transport en commun, transport de marchandises)</li> <li>– Système de signalisation mobile et accessible pour les piétons (PED-SIG)</li> <li>– Signalisation prioritaire pour les véhicules de secours (PREEMPT)</li> <li>– Coordination dynamique des vitesses (SPD-HARM)</li> <li>– Avertissement d'embouteillage (Q-WARN)</li> <li>– Régulateur de vitesse adaptatif et coopératif (CACC)</li> <li>– Conseils de gestion d'un lieu d'incident avant l'arrivée des secours</li> <li>– Secours (RESP-STG)</li> <li>– Avertissement d'un incident sur une zone de travaux pour les conducteurs et les travailleurs (INC-ZONE)</li> <li>– Communications et évacuation d'urgence (EVAC)</li> <li>– Protection des connexions (T-CONNECT)</li> <li>– Gestion dynamique du transport en commun (T-DISP)</li> <li>– Covoiturage dynamique (D-RIDE)</li> <li>– Système dynamique de planification et d'optimisation pour le transport de marchandises</li> <li>– Optimisation du transport de marchandises</li> </ul>
Systèmes intelligents en bordure de route	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inspection hertzienne</li> <li>– Stationnement intelligent des camions</li> </ul>

## 2.2 Types de services ITS

Les fonctions des services ITS et les caractéristiques techniques des technologies de radiocommunication sur lesquelles ils reposent sont décrites dans la présente section. Ces services relèvent des cinq types suivants: télépéage, sécurité des véhicules et des routes, appels d'urgence, service d'information sur la circulation et conduite automatisée. Ces cinq types de services ITS sont les plus répandus sur le marché ou les plus fréquemment déployés.

Ces services sont fournis au moyen de technologies de radiocommunication facilement disponibles, notamment les communications spécialisées à courte portée (DSRC) pour le télépéage, les communications de véhicule à tout autre élément (V2X) dans la bande des 700 MHz ou des 5,9 GHz pour la sécurité des véhicules et des routes, les communications cellulaires fondées sur les réseaux, par exemple pour les appels d'urgence, la radiodiffusion numérique pour le service d'information sur la circulation, et les communications pouvant exploiter les réseaux V2X pour la conduite automatisée. Ces cinq technologies de radiocommunication sont parfaitement adaptées aux types de services correspondants; leurs caractéristiques techniques sont présentées dans le Tableau 3.

Ainsi, les communications DSRC pour le télépéage permettent un échange bidirectionnel de paquets de données sur de courtes distances (environ 100 m). Les communications V2X dans la bande des 5,9 GHz destinées à la sécurité des véhicules et des routes permettent un échange bidirectionnel de paquets de données et la radiodiffusion de données sur des distances inférieures à 1 km. Les communications cellulaires fondées sur les réseaux qui sont exploitées pour les appels d'urgence peuvent assurer un échange bidirectionnel de signaux vocaux et de données sur une distance plus importante (environ 10 km). La radiodiffusion numérique destinée au service d'information sur la circulation permet l'émission unidirectionnelle de données sur une distance importante (moins de 10 km). Dans les domaines de la sécurité des véhicules et des routes ou de la conduite automatisée, l'une des contraintes les plus importantes en matière de communication tient au faible temps de latence du transfert de données de cinématique et de position ainsi que des messages de commande vers les véhicules concernés.

TABLEAU 3

**Caractéristiques techniques des technologies de radiocommunication**

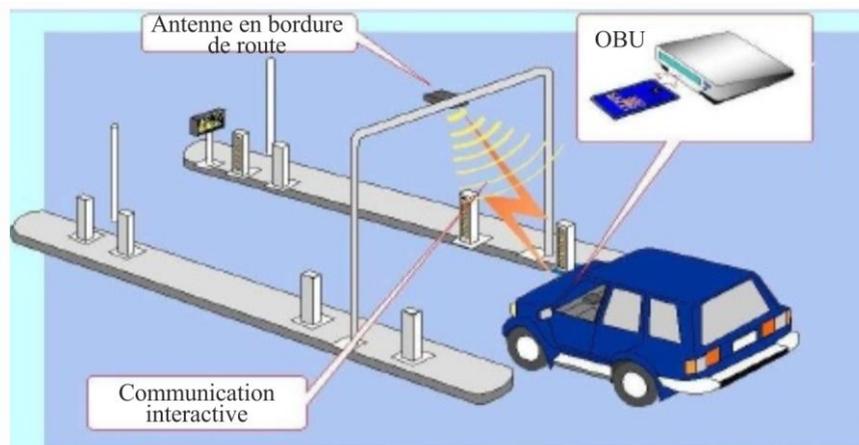
<b>Types de services</b>	<b>Technologies de radiocommunication</b>	<b>Informations</b>	<b>Couverture radioélectrique</b>	<b>Latence des messages</b>
Télépéage	DSRC	Données bidirectionnelles	Faible (~100 m)	Faible (<100 ms)
Sécurité des véhicules et des routes	V2X dans la bande des 700 MHz ou des 5,9 GHz	Données bidirectionnelles, radiodiffusion de données	Moyenne (~1000 m)	Faible (<100 ms)
Appel d'urgence	Cellulaire	Signaux vocaux et données bidirectionnels	Grande (~10 km)	Grande (~1 s)
Service d'information sur la circulation	TPEG	Radiodiffusion de données	Grande (~100 km)	Moyenne (~1 s)
Conduite automatisée	V2X	Données bidirectionnelles, radiodiffusion de données	Moyenne (~1000 m)	Faible (<5 ms)

### 2.2.1 Télépéage

Le télépéage est le service permettant d'acquitter les frais d'utilisation d'une route; il intervient lorsqu'un véhicule traverse un centre de péage. Lorsque le véhicule se présente à l'entrée du péage, l'unité embarquée (OBU) établit une radiocommunication avec l'unité en bordure de route (RSU) pour effectuer les transactions de facturation et éventuellement une fonction de sécurité. Si une erreur de facturation se produit parce que la communication a échoué, le véhicule est identifié pour que la facturation puisse être effectuée ultérieurement. La Figure 2 illustre la structure du service de télépéage.

FIGURE 2

#### Structure du service de télépéage



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-02

Le paiement électronique nécessite des radiocommunications à faible temps de latence et à haute fiabilité pour garantir le bon déroulement de la facturation. Le télépéage peut exploiter la technologie DSRC, des communications à courte ou moyenne portée et la technologie cellulaire, qui repose sur des réseaux. La communication DSRC est actuellement la technologie la plus fréquemment employée à l'appui des systèmes de télépéage.

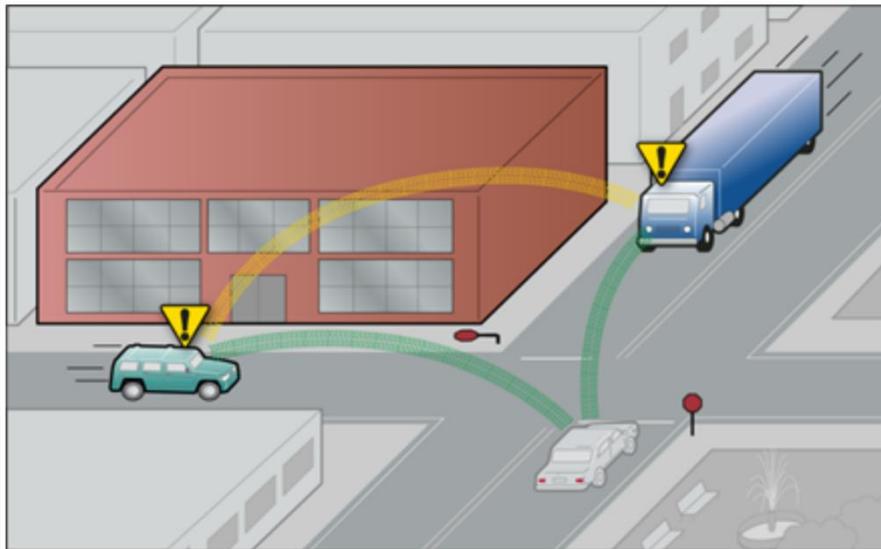
### 2.2.2 Sécurité des véhicules et des routes

Le service de sécurité des véhicules permet de lancer des avertissements afin d'éviter des accidents de la route. Lorsqu'un véhicule arrive à une intersection, son conducteur ne peut pas savoir si d'autres véhicules s'approchent lorsque des immeubles bloquent sa visibilité. Si les véhicules communiquent leur position et leur état à intervalles réguliers, ils pourront savoir que d'autres véhicules s'approchent et prendre les mesures nécessaires pour éviter une collision. Cette méthode repose sur une communication de véhicule à véhicule (V2V) directe et sur un service de messagerie à faible temps de latence et à débit binaire moyen, ainsi que sur une couverture radioélectrique plus étendue que celle de la communication DSRC. Ainsi, les technologies V2X et ITS G5 définies dans la norme IEEE 802.11p prennent en charge un débit maximal de 27 Mbit/s avec un temps de latence de 100 ms dans la couche application (5 ms dans la couche d'accès radioélectrique) et une couverture radioélectrique de 1 km. Les communications de véhicule à infrastructure (V2I) peuvent prendre en charge des applications de sécurité routière en envoyant des informations précises sur la géométrie des intersections, sur la phase et la synchronisation des feux de circulation, et sur des situations inattendues concernant un véhicule donné. La plupart des cas d'utilisation connexes obéissent à des

paradigmes de communication analogues, par exemple dans le cas d'une intersection où se trouvent des immeubles élevés qui peuvent masquer des véhicules. Le service de sécurité des véhicules consiste à envoyer des avertissements pour éviter des accidents de la route. Si les véhicules sont masqués par des immeubles, les conducteurs ne peuvent pas savoir que d'autres véhicules s'approchent de l'intersection en provenance d'une autre direction. Les applications de sécurité des véhicules s'appuient sur l'émission d'informations concernant la cinématique et la position des véhicules: si un véhicule indique son emplacement et son état à intervalles réguliers, d'autres véhicules vont pouvoir déterminer que ce véhicule caché s'approche et pourront prendre les mesures nécessaires pour éviter une collision. Ce type d'applications sont souvent conçues sur la base des communications V2V.

FIGURE 3

### Avertissement de sécurité à une intersection



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-03

L'efficacité en matière de circulation routière constitue une application essentielle des services ITS ainsi qu'une composante importante des transports intelligents; elle repose par exemple sur l'emploi d'un système V2X lui-même ondé sur un réseau LTE. Elle joue un rôle prépondérant pour réduire les encombrements de circulation urbaine et promouvoir les économies d'énergie et la réduction des émissions. Au demeurant, réduire les encombrements de circulation permet aussi d'améliorer la sécurité routière.

Les scénarios d'efficacité en matière de circulation reposent en général sur des conseils d'adaptation de la vitesse. Pour que ces conseils soient possibles, une unité située en bordure de route (RSU) recueille des informations sur la synchronisation des feux de circulation et des feux de signalisation, puis elle radiodiffuse des informations telles que l'état en cours des feux de signalisation et la durée restante de cet état aux véhicules situés à proximité. En exploitant ces informations et en les combinant avec sa vitesse en cours et son emplacement, le véhicule calcule la vitesse de conduite recommandée et invite le conducteur à adapter sa vitesse pour accroître la possibilité de traverser l'intersection sans s'arrêter. Pour que ce scénario fonctionne, l'unité RSU doit être en mesure de recueillir des informations sur les feux de signalisation et de radiodiffuser des messages V2X aux véhicules; il faut aussi que les véhicules situés à proximité soient en mesure d'envoyer et de recevoir des messages V2X.

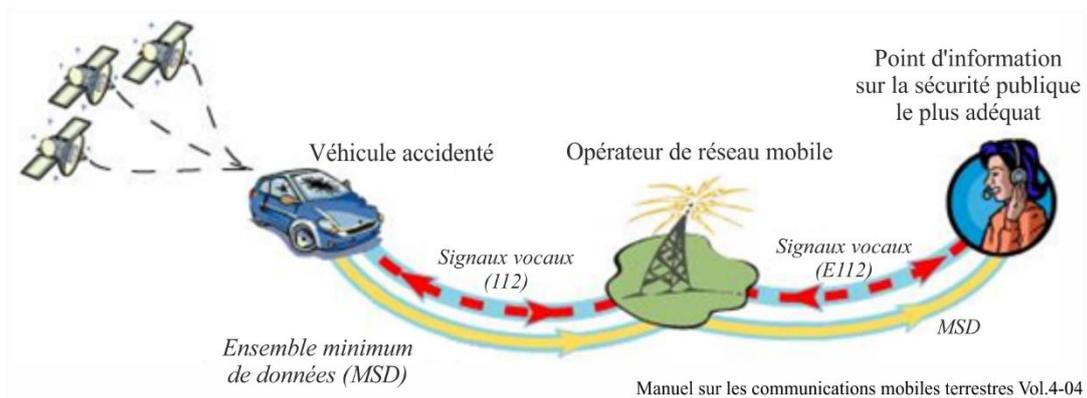
### 2.2.3 Appel d'urgence

L'appel d'urgence est un service de signaux vocaux et de données mis à la disposition du conducteur du véhicule. Si un véhicule a un accident, il doit pouvoir demander une intervention de secours en lançant un appel d'urgence ou en effectuant un transfert de données d'urgence. Les services d'appel d'urgence et de télématique<sup>1</sup> reposent sur l'acheminement bidirectionnel de signaux vocaux et de données par le biais de réseaux cellulaires. La Figure 4 illustre la structure du service d'appel d'urgence.

Ce service doit prendre en charge la voix et les données dans les deux sens avec un temps de latence supérieur pour les données et une couverture étendue. La technologie cellulaire est la technologie de télécommunication la plus adaptée à ce service.

FIGURE 4

#### Service d'appel d'urgence



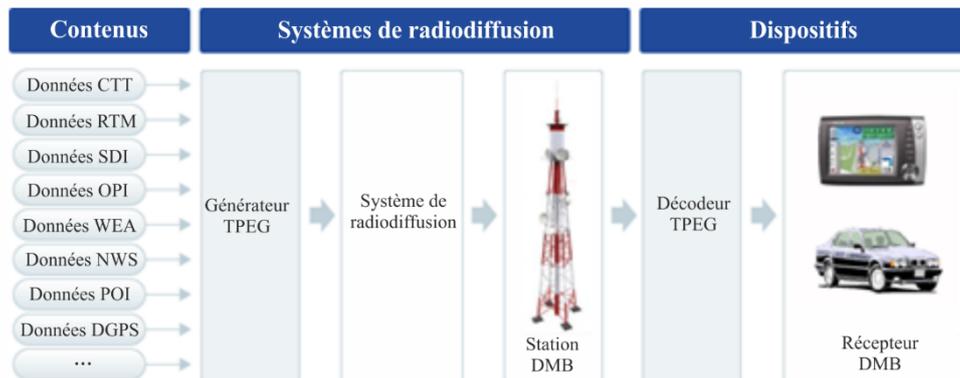
### 2.2.4 Service d'information sur la circulation

La radiodiffusion numérique permet de fournir des informations sur la circulation aux conducteurs. Le Groupe d'experts sur les protocoles de transport (TPEG) avait initialement élaboré les normes mondiales régissant le service d'information sur le trafic et les voyages (TTI). Ces informations TTI (concernant par exemple des embouteillages, des travaux sur la route, des accidents de la route, etc.) sont converties au format de la norme TPEG et sont émises par un canal de radiodiffusion numérique. Le conducteur peut les recevoir de la manière illustrée dans la Fig. 5.

<sup>1</sup> Le terme «télématique» est très générique; il désigne la fusion de technologies de télécommunication et d'informatique, souvent dans le contexte de l'automobile.

FIGURE 5

### Service d'information sur la circulation



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-05

Ce service prend en charge la radiodiffusion de données unidirectionnelle avec une large couverture radioélectrique et un temps de latence moyen.

#### 2.2.5 Conduite automatisée

Comme les systèmes de reconnaissance vidéo actuels fonctionnant par caméra, les radars en ondes millimétriques et les radars laser, la technologie V2X offre une autre manière d'échanger des informations pour connaître les états de déplacement (vitesse, freinage et changement de file) d'autres véhicules et de piétons. Cependant les communications V2X ne sont pas soumises aux limites des capteurs embarqués découlant de facteurs tels que la météorologie, les obstacles ou la portée de la transmission. En outre, la V2X offre, dans le domaine de la conduite automatisée, des capacités de perception «extrasensorielles» du fait qu'il permet de communiquer des intentions de conduite et de négocier des manœuvres coopératives. Parallèlement, la V2X contribue à la mise en place d'un système complet de services de location en partage de temps qui va permettre d'industrialiser les véhicules connectés automatisés (CAV) en intégrant les personnes, les véhicules, les infrastructures routières et la plateforme en nuage. Les scénarios courants de conduite automatisée prévoient actuellement la constitution de pelotons de véhicules et la conduite à distance. Le terme «peloton de véhicules» s'entend de la liaison de véhicules entre eux au moyen de communications V2X. Dans un peloton, le véhicule principal peut être conduit par un être humain ou par un système autonome; il est suivi des véhicules appartenant au peloton, qui maintiennent une distance stable entre eux à une certaine vitesse grâce à un échange d'informations en temps réel. Cette application prend en charge le maintien dans la voie de circulation et le suivi de cette voie, la régulation de vitesse adaptative et coopérative, le freinage d'urgence coopératif, le changement de file coopératif, l'entrée dans le peloton et la sortie du peloton.

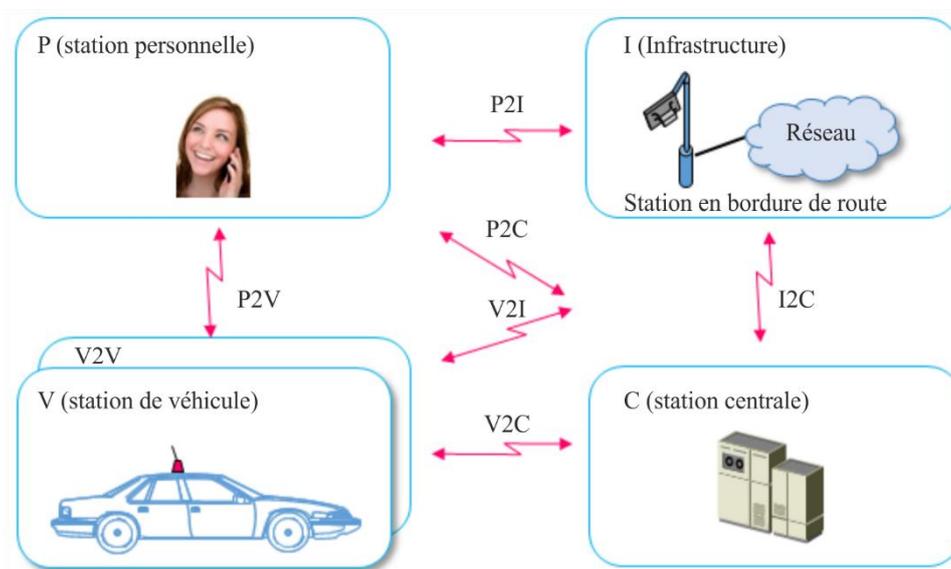
La conduite à distance permet au conducteur de piloter le véhicule à distance au moyen d'une console de conduite. La caméra, le radar et d'autres capteurs embarqués dans le véhicule transmettent en temps réel les informations captées par ces multiples voies à la console de conduite distante. Les communications permettant la conduite à distance seront sans doute acheminées par des systèmes de réseaux cellulaires 5G à large bande. Les signaux provenant de la console de conduite envoient des instructions de commande au volant, à l'accélérateur et aux freins; cette émission est aussi effectuée en temps réel vers le véhicule par des systèmes de réseaux cellulaires 5G à faible temps de latence et à haute fiabilité pour permettre d'effectuer des actes simple et précis comme conduire, accélérer, freiner, tourner et reculer.

### 2.3 Service ITS coopératif

Les technologies de radiocommunication sont un facteur prépondérant des services ITS, dont elles déterminent les types et la qualité. Selon la norme de l'ISO pertinente, un système ITS coopératif (C-ITS) se compose de stations personnelles, de stations de véhicule, de stations en bordure de route et d'une station centrale, comme l'illustre la Fig. 6. Lorsqu'une connectivité entre homologues est disponible, les applications ITS peuvent se définir par une connectivité de piéton à tout autre élément (P2X) et une connectivité de véhicule à tout autre élément (V2X).

FIGURE 6

#### Structure du système C-ITS



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-06

#### 2.3.1 Services fondés sur la P2X

La technologie de communication P2X se présente sous trois types différents: la connectivité entre un piéton et un véhicule (P2V), la connectivité entre un piéton et une infrastructure (P2I) et la connectivité entre un piéton et une station centrale (P2C).

- La communication P2V permet de connecter une station personnelle et une station de véhicule. Elle avertit un conducteur si un piéton s'approche de son véhicule et elle avertit un piéton si un véhicule s'approche de lui.
- La communication P2I permet de connecter une station personnelle et une station située en bordure de route. Établie à une intersection, elle envoie des informations de navigation personnelle et des avertissements de présence de véhicule à l'intention des usagers handicapés.
- La communication P2C permet de connecter un piéton et une station centrale. Celle-ci envoie des informations de navigation concernant l'état de la circulation à la station personnelle si elle est en mesure de le faire.

Le Tableau 4 présente un résumé des services fondés sur la P2X selon le type de connectivité.

TABLEAU 4

**Services fondés sur la P2X**

Connectivité	Services P2X
P2V	Avertissement du piéton et du véhicule
P2I	Navigation personnelle, avertissement du véhicule
P2C	Information sur la circulation routière

**2.3.2 Services fondés sur la V2X**

La technologie de communication V2X peut servir à établir une connexion de véhicule à infrastructure (V2I), de véhicule à station centrale (V2C) et de véhicule à tout autre élément (V2X) en s'appuyant sur des capteurs.

- La communication V2I prend en charge le télépéage pour permettre à un véhicule d'acquitter les frais d'utilisation d'une route lorsqu'il traverse un centre de péage. Elle permet aussi de recueillir des données sur le véhicule à intervalle réguliers pour connaître la situation du véhicule, c'est-à-dire sa vitesse dynamique, sa direction, son identité, son emplacement et éventuellement le fait qu'il effectue un freinage d'urgence. Ces données permettent de fournir des informations sur la circulation, notamment sur la présence de panneaux, d'accidents ou de travaux.
- La communication V2C prend en charge un service d'informations sur les bus (BIS) permettant d'informer les usagers de l'heure d'arrivée et de l'emplacement des bus. Elle prend aussi en charge les appels d'urgence pour signaler à un tiers d'aide et de sécurité publiques (PSAP) qu'un véhicule a besoin d'une intervention urgente. Le système d'information et de communication sur les véhicules (VICS) du Japon est un exemple classique de V2C.
- La communication V2V associée à des capteurs embarqués sur les véhicules prend en charge les avertissements de freinage d'urgence, les avertissements de collision à une intersection et les régulateurs de vitesse adaptatifs et coopératifs (CACC).
- La communication V2X associée à des capteurs embarqués sur les véhicules ou situés en bordure de route prend en charge les systèmes de stationnement automatisé et les systèmes de conduite automatisée.

Le Tableau 5 présente un résumé des services fondés sur la V2X selon le type de connectivité.

**TABLEAU 5**  
**Services fondés sur la V2X**

<b>Connectivité</b>	<b>Services V2X</b>
V2I	Télépéage, recueil de données sur les véhicules, avertissement de vitesse dans un tournant, signalisation prioritaire pour les véhicules de secours, système évolué d'aide à la décision de maintenance, avertissement d'accident sur une zone de travaux pour les conducteurs et les travailleurs, signalisation à l'intérieur du véhicule, avertissement de convoi exceptionnel, avertissement de présence d'un piéton sur un passage piéton, avertissement de traversée illicite d'une voie ferrée, avertissement de non-respect d'un feu rouge, avertissement de zone de vitesse réduite, avertissement de voie réservée, présence de feux de circulation, aide en cas d'intersection dangereuse comportant un panneau Stop, avertissement de non-respect d'un panneau Stop, avertissement de véhicule de transport en commun à l'arrêt, véhicule tournant à droite devant un bus, arrêt d'urgence, système intelligent de signalisation routière, couloir de bus intermittent, mobilité des piétons, suivi et planification de la performance, synchronisation de la vitesse, optimisation des flux de circulation, priorité de signalisation pour les transports en commun, limitation de vitesse variable pour une gestion de la circulation adaptée à la météorologie
V2C	BIS, VICS, données sur les véhicules pour l'organisation de la circulation, coordination des démarches écologiques et du départ à une vitesse écologique, gestion des zones à faible émission, authentification, emplacement et heure, gestion de la sécurité et des identifiants, publicité par voie hertzienne, Internet, paiement au passage d'un portique, gestion des frontières, gestion du rechargement des véhicules électriques, paiement électronique multimodal intégré, météorologie routière
V2V	Avertissement de freinage d'urgence, avertissement de collision à une intersection, avertissement d'angle mort, avertissement de perte de contrôle, avertissement d'interdiction de passage, avertissement de présence d'un véhicule de secours, avertissement de collision plus loin sur le trajet, aide à la circulation à une intersection, indication d'approche d'une motocyclette, sensibilisation à une situation, avertissement de conduite à contresens, arrêt d'urgence, avertissement d'usager de la route vulnérable, avertissement d'embouteillage, CACC
V2X associé à des capteurs	Système de stationnement automatisé, système de conduite automatisée

## CHAPITRE 3

### ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET DES COMMUNICATIONS ITS

L'architecture ITS établit le cadre général à l'intérieur duquel les installateurs peuvent concevoir, planifier et mettre en œuvre des services ITS. Ce cadre permet d'élaborer des conceptions très diverses qui peuvent être adaptées à chaque cas pour répondre aux besoins personnels de l'utilisateur tout en conservant les avantages d'une architecture commune. Celle-ci définit les fonctions (par exemple recueillir des informations sur la circulation ou demander un itinéraire) qui doivent être exécutées pour offrir un service à un utilisateur, ainsi que les entités physiques ou les sous-systèmes dans lesquels ces fonctions sont hébergées (par exemple le bord de la route ou le véhicule), les interfaces et les flux d'informations entre les sous-systèmes physiques, et les besoins de communication pour prendre en charge ces flux d'informations (par exemple les systèmes filaires ou hertziens). En outre, l'architecture ITS définit les besoins de normes en matière de sécurité, d'interopérabilité nationale et régionale, mais aussi de produits pour permettre de réaliser des économies d'échelle lors du déploiement.

#### 3.1 Architecture du système ITS

L'architecture ITS globale repose sur une méthode générique et technologiquement neutre afin d'offrir un cadre commun à la planification, la définition et l'intégration de systèmes de transport intelligents<sup>2</sup>. La Référence architecturale pour un transport coopératif et intelligent (*Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation*, ARC-IT)<sup>3</sup> se compose d'un ensemble de composantes interconnectées qui sont organisées selon quatre «vues» différentes de l'architecture, comme le montre le diagramme ci-après:

- 1) La vue Entreprise place les ITS dans une perspective organisationnelle. Elle définit les organismes ou les entreprises qui sont parties prenantes dans ce domaine, c'est-à-dire les personnes et les organismes qui planifient, élaborent, exploitent, entretiennent et utilisent les ITS. Elle définit le rôle de ces parties prenantes et les relations entre elles. C'est aussi la vue qui permet de définir les besoins, du fait que l'ARC-IT, et plus généralement les ITS, sont pilotés par les besoins des organismes de parties prenantes, de leurs membres et de leurs clients.
- 2) La vue fonctionnelle place les ITS dans une perspective d'utilisation. Les exigences fonctionnelles définies répondent aux besoins des utilisateurs des ITS. On établit, au moyen de processus et de flux de données, une représentation structurée des fonctions et des interactions répondant à ces besoins.
- 3) La vue physique définit les objets matériels (systèmes et dispositifs) prenant en charge les fonctionnalités ITS. Des flux d'informations sont définis entre ces objets physiques. Au sein de chaque objet physique, des objets fonctionnels permettent d'assurer les fonctionnalités attendues du système ITS.

---

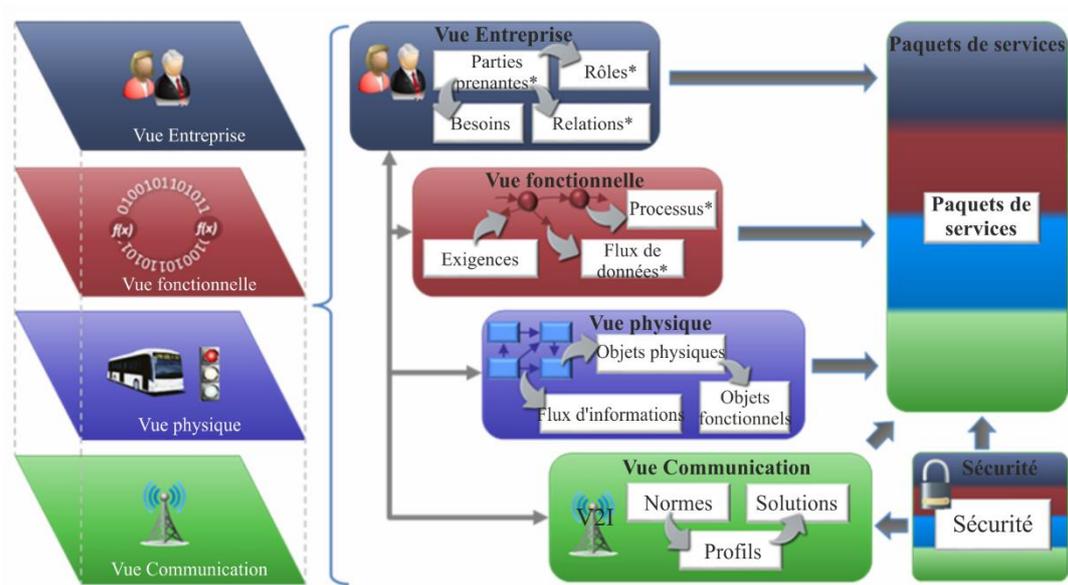
<sup>2</sup> <http://local.iteris.com/arc-it/>

<sup>3</sup> <http://local.iteris.com/arc-it/html/architecture/architecture.html>

- 4) La vue Communication définit la manière dont les objets physiques communiquent entre eux. Elle établit des normes et des profils de communication qui constituent ensemble des solutions de communication. Celles-ci définissent la manière dont les informations peuvent être partagées de façon fiable et sécurisée entre les objets physiques.

FIGURE 7

**Référence architecturale pour un transport coopératif et intelligent (ARC-IT)**



\*Non disponible dans la version V8

Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-07

Il convient de noter que la sécurité est essentielle à tout système de transport intelligent du XXIe siècle, et que le système ARC-IT traite cette question de manière holistique en répondant à toutes les questions de sécurité des quatre vues. En outre, les paquets de services sont des points d'entrée axés sur les services qui permettent de consulter facilement une tranche verticale du système ARC-IT recouvrant les quatre vues pour un service ITS particulier (par exemple la commande des panneaux de circulation).

**3.1.1 Vue Entreprise<sup>4</sup>**

La vue Entreprise décrit les relations entre des organismes et les rôles que ceux-ci jouent dans l'environnement ITS coopératif.

Les blocs de base de cette vue sont des objets Entreprise qui interagissent pour échanger des informations et pour gérer et exploiter des systèmes en dehors du domaine d'activité d'un organisme donné. La vue Entreprise est axée sur les relations entre les objets Entreprise, mais elle décrit aussi la manière dont ces objets interagissent avec des objets physiques, qui apparaissent dans cette vue comme des ressources.

<sup>4</sup> <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/enterprise.html>

Les relations entre les objets Entreprise sont organisées selon différents types de coordination, c'est-à-dire des accords ou des contrats visant à atteindre les buts communs nécessaires pour mettre en œuvre et fournir un service ITS. La relation entre un objet Entreprise et une ressource est appelée un rôle; les rôles consistent par exemple à posséder, exploiter, développer, installer, entretenir, etc.

### 3.1.2 Vue fonctionnelle<sup>5</sup>

Cette vue décrit la structure du système et des entités fonctionnelles, ainsi que les relations entre les entités fonctionnelles. Elle permet d'analyser des éléments fonctionnels abstraits et leurs interactions logiques. Elle décrit le système ARC-IT comme un ensemble de processus organisés de manière hiérarchique. Ces processus (activités et fonctions) découlent d'un ensemble d'exigences déduites des documents d'origine. Les flux de données qui se déplacent entre les processus et les entrepôts de données où les données peuvent être stockées pendant des périodes plus longues sont tous définis dans un dictionnaire de données.

Le comportement d'une fonction (c'est-à-dire un processus) est l'ensemble des actes effectués par cet élément pour atteindre un objectif. Un processus accomplit des actes pour atteindre un objectif de l'application ou pour appuyer les actes d'un autre processus. Il peut s'agir de recueillir des données, de transformer des données, de produire des données ou de traiter des données à l'appui de ces actes. La vue fonctionnelle définit des processus visant à piloter et gérer le comportement du système, par exemple en le surveillant, ainsi que d'autres éléments de commande actifs qui contribuent à décrire le comportement fonctionnel du système. Elle décrit aussi des fonctions de traitement de données, des entrepôts de données et les flux d'informations logiques entre ces éléments.

### 3.1.3 Vue physique

La vue physique<sup>6</sup> décrit les systèmes de transport et les échanges d'informations qui prennent en charge les ITS. Selon cette vue, l'architecture est décrite comme un ensemble d'objets physiques intégrés (sous-systèmes et entités de terminaison) qui interagissent entre eux et échangent des informations à l'appui des paquets de services de l'architecture. Les objets physiques sont définis pour représenter les principales composantes physiques de l'architecture ITS. Ils comprennent des sous-systèmes et des entités de terminaison qui offrent généralement un ensemble de fonctionnalités plus étendu que ce qui serait normalement mis en œuvre dans un contexte particulier. Les sous-systèmes sont des objets physiques qui font partie du système général de transport intelligent; leur fonctionnalité se situe à l'intérieur du périmètre des ITS. Les entités de terminaison sont des objets physiques situés en bordure de ce périmètre; ils fournissent les informations nécessaires aux fonctions des ITS ou reçoivent les informations envoyées par les ITS. Les objets fonctionnels permettent de diviser les sous-systèmes en éléments d'une taille adaptée au déploiement; ils définissent plus spécifiquement la fonctionnalité et les interfaces nécessaires pour prendre en charge un paquet de services donné. Les flux d'informations décrivent l'échange d'informations entre des objets physiques (sous-systèmes et entités de terminaison). Cet échange d'informations de la vue physique est identifié par des triplets indiquant les objets physiques d'origine et de destination et le flux d'informations qu'ils échangent.

---

<sup>5</sup> <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/functional.html>

<sup>6</sup> <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/physical.html>

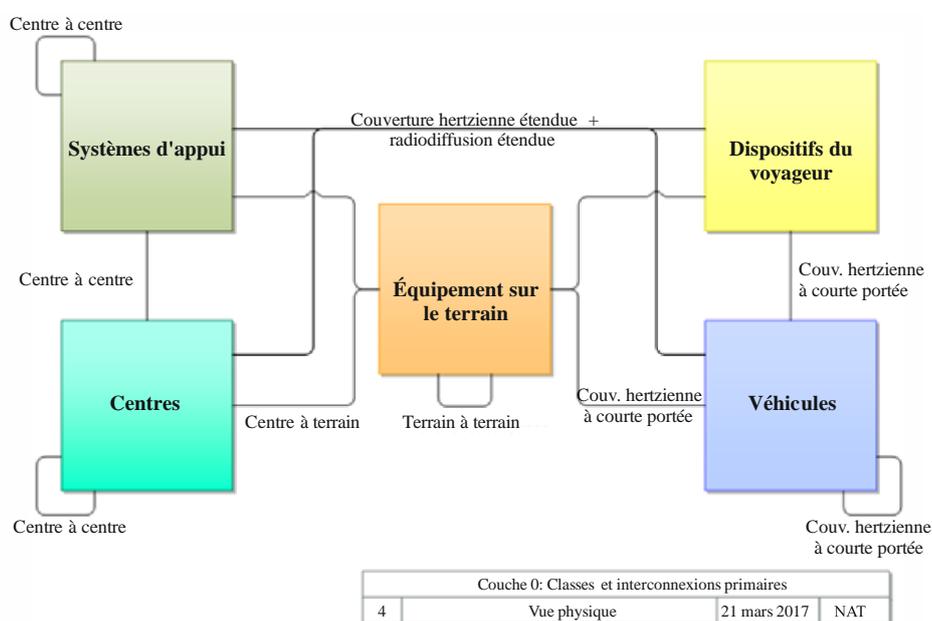
Le point de vue physique est lié aux autres points de vue de l'architecture. Chaque objet fonctionnel est lié au point de vue fonctionnel, qui décrit plus précisément les fonctions effectuées et les détails des données échangées par l'objet. Les objets physiques et fonctionnels sont aussi présentés comme des ressources dans la vue Entreprise, qui décrit les organismes impliqués et les rôles qu'ils jouent dans l'installation, l'exploitation, la maintenance et la certification de toutes les composantes de l'architecture.

En outre, la vue physique comprend une hiérarchie théorique. Si l'on considère l'architecture depuis son niveau le plus abstrait (le plus élevé), la vue physique décrit les interactions entre le service d'appui, le centre, le terrain, les voyageurs et les systèmes embarqués dans les véhicules, comme le montre la Fig. 8.

On emploie parfois une terminologie différente pour désigner les objets physiques: on parle par exemple de station personnelle, de station de véhicule, d'infrastructure (stations et réseaux en bordure de route) et de station centrale.

FIGURE 8

**Vue physique**



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-08

**3.1.4 Vue Communication**

La vue Communication<sup>7</sup> décrit les protocoles nécessaires pour assurer l'interopérabilité entre les objets physiques de la vue physique. Chaque triplet de flux d'informations issu de la vue physique peut être mis en correspondance avec un ensemble de normes ou des spécifications publiques qui peuvent être exploitées ensemble pour effectuer une mise en œuvre interopérable dans une région opérationnelle. Ces normes sont généralement considérées de manière hiérarchique, depuis celles qui visent les éléments de données, les messages et les définitions de dialogue en haut de la hiérarchie jusqu'à celles qui gèrent l'accès à des installations, des réseaux, des systèmes de transport et des

<sup>7</sup> <http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/communications.html>

échanges de données physiques en bas. En raison de la nature nécessairement hiérarchique des relations entre la plupart des normes, ces protocoles sont organisés en plusieurs couches. On prend également en compte les normes concernant la gestion et la sécurité des dispositifs, qui sont généralement modélisées pour toutes les couches axées sur les communications.

La Figure 9 illustre un exemple de cette hiérarchie de communications; dans ce cas particulier, il s'agit de la commande d'un panneau affichant des messages de manière dynamique, qui est pilotée par un centre de gestion de la circulation. Cette solution de communication exploite toutes les technologies multimédia disponibles; si de manière générale elle s'appuie sur un système filaire à point fixe, elle peut aussi utiliser des technologies hertziennes.

FIGURE 9

**Vue Communication**

NTCIP-SNMP		
Données du système d'information routier →		
<b>Centre de gestion de la circulation</b>		<b>Équipement routier</b>
<b>Couche information de l'application ITS</b> NTCIP 1203-DMS	Plan de sécurité non défini	<b>Couche information de l'application ITS</b> NTCIP 1203-DMS
<b>Couche application</b> IETF SNMP		<b>Couche application</b> IETF SNMP
<b>Couche présentation</b> ISO ASN.1 BER		<b>Couche présentation</b> ISO ASN.1 BER
<b>Couche session</b> non définie		<b>Couche session</b> non définie
<b>Couche transport</b> NTCIP 2201-TCP/UDP/T2 NULL		<b>Couche transport</b> NTCIP 2201-TCP/UDP/T2 NULL
<b>Couche réseau</b> NTCIP 2202-IP		<b>Couche réseau</b> NTCIP 2202-IP
<b>Couche liaison de données</b> NTCIP 2201-PMPP/modem série V NTCIP 2102-PMPP/modem FSK, NTCIP 2103-PPP, NTCIP 2104-ethernet		<b>Couche liaison de données</b> NTCIP 2201-PMPP/modem série V NTCIP 2102-PMPP/modem FSK, NTCIP 2103-PPP, NTCIP 2104-ethernet
<b>Couche physique</b> raccordement PHY		<b>Couche physique</b> raccordement PHY

\* Mécanisme émettant des bits bruts par une liaison physique entre le centre et le terrain, par exemple au format I.430/431, SONET/SDH, IEEE 802.3, IEEE 802.11 ou conformément à toute autre spécification ou norme exploitable concernant la couche physique.

L'architecture ITS fournit une structure commune pour la conception des ITS. Elle n'est ni une conception système ni un principe de conception. Elle se propose de définir un cadre permettant de mettre en œuvre plusieurs démarches de conception, chacune répondant aux besoins spécifiques d'un utilisateur, tout en conservant les avantages d'une architecture commune. L'architecture définit les fonctions (réunir des renseignements sur le trafic, demander un itinéraire, etc.) à exécuter pour mettre en place un service utilisateur donné, les entités ou sous-systèmes physiques où résident ces fonctions (bordure de route, véhicule, etc.), les interfaces/flots d'information entre les sous-systèmes physiques, et les spécifications de communication des flots d'information (hertzien, filaire, etc.). En outre, elle identifie et spécifie les besoins en matière de normes nécessaires pour assurer l'interopérabilité régionale et nationale des systèmes, ainsi que les besoins en matière de normes produits afin de réaliser des économies d'échelle en phase de déploiement.

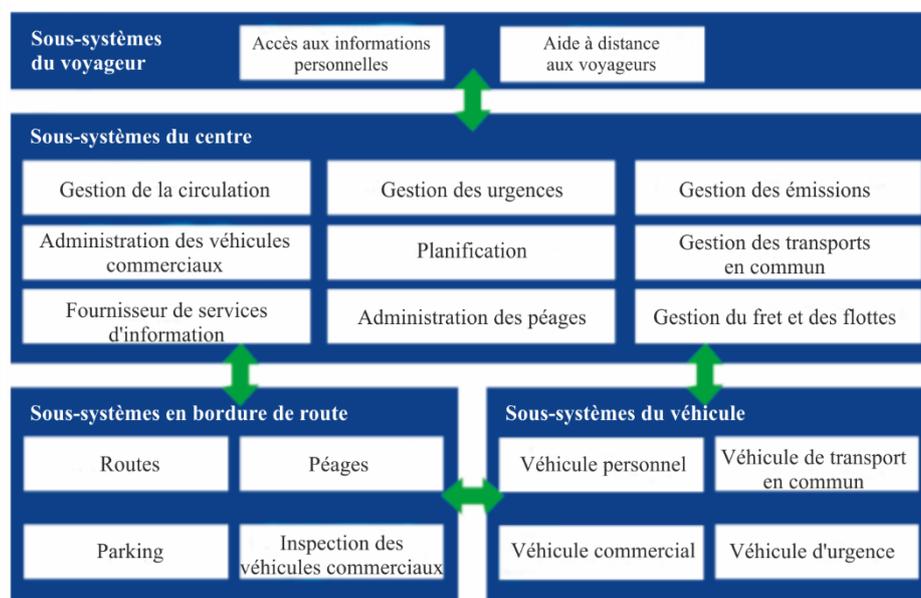
### 3.2 Architecture de communication ITS

#### 3.2.1 Système de communication ITS

L'architecture de communication ITS fournit le cadre conceptuel qui relie le monde des transports et le monde des télécommunications afin de permettre le développement et la mise en œuvre efficace des très nombreux services utilisateur des ITS. Elle offre au concepteur système un large choix de techniques de communications. Cette flexibilité permet au maître d'œuvre de choisir la technologie précise qui répond aux besoins locaux, régionaux ou nationaux. L'architecture recense les différentes techniques de communication et en évalue les capacités, mais elle n'impose pas, ni ne recommande, les «meilleurs» systèmes ou technologies. L'un des principes fondamentaux qui a présidé à la conception de l'architecture ITS est la prise en compte des infrastructures de transport et de communication existantes et émergentes de façon à minimiser les risques et les coûts de mise en œuvre et à maximiser l'acceptation par le marché, la pénétration et le déploiement précoce.

FIGURE 10

#### Aperçu de l'architecture de communication ITS



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-10

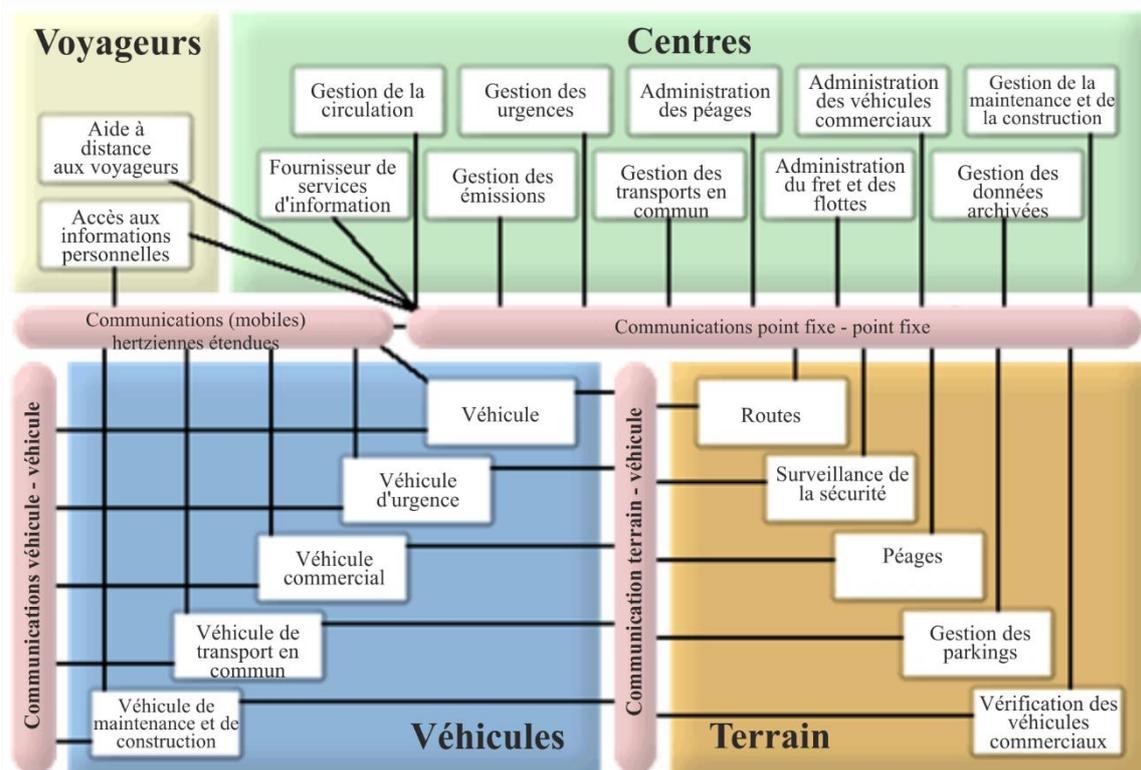
Dans la Figure 10, les sous-systèmes des centres de gestion correspondent aux fonctions normalement confiées aux agences publiques ou privées d'administration, de gestion ou de planification. Les sous-systèmes routiers comprennent les fonctions nécessitant un accès pratique aux bords de la route afin de mettre en place des capteurs, des signaux, des panneaux programmables ou d'autres interfaces avec des voyageurs et des véhicules de tous types. Les sous-systèmes de véhicule sont installés à l'intérieur d'un véhicule. Les sous-systèmes d'accès au service à l'intention du voyageur sont des plates-formes de fonctions à l'intention des voyageurs ou des transporteurs (par exemple, exploitants de véhicules commerciaux) visant à assister le transport plurimodal. Ils peuvent être fixes (bornes, ordinateurs personnels ou professionnels, etc.) ou portables (PDA, etc.), et à usage public (via les bornes, etc.) ou individuel (via les téléphones portables, les ordinateurs personnels, etc.). Pour répondre aux besoins de communication entre les dix-neuf sous-systèmes, l'architecture prévoit quatre types de supports de communication: communications filaires ou hertziennes (fixe-fixe), communications hertziennes étendues (fixe-mobile), communications spécialisées à courte portée (fixe-mobile) et communications entre véhicules (mobile-mobile). La Figure 11 présente un diagramme sommital de liaison entre sous-systèmes qui propose des exemples d'interfaces de communication entre les nombreux sous-systèmes possibles composant l'architecture.

Pour les communications fixe-fixe, on peut envisager de nombreuses technologies filaires. Le sous-système de gestion de la circulation peut par exemple reposer sur de la paire torsadée, du câble coaxial ou de la fibre optique – loués ou propriétaires – pour recueillir les informations et pour surveiller et commander les ensembles d'équipement du sous-système routier (capteurs de surveillance de la circulation, panneaux de circulation, panneaux à messages variables, etc.). Plusieurs technologies hertziennes peuvent également prendre en charge les besoins de communication hertzienne fixe-fixe.

L'architecture prévoit deux catégories distinctes de communications hertziennes selon la portée et la zone de couverture. La première catégorie est celle des communications hertziennes étendues (fixe-mobile); elles conviennent aux services et aux applications traitant des informations diffusées à des utilisateurs qui ne sont pas situés à proximité de la source d'émission et qui requièrent une couverture sans discontinuité. Parmi les communications hertziennes étendues, on distingue les communications unidirectionnelles et les communications bidirectionnelles. Les comptes rendus de circulation actuellement reçus par radio AM ou FM sont des exemples de transmission unidirectionnelle. Parmi les communications bidirectionnelles, on peut citer l'exemple de la réception, faisant suite à la demande d'un voyageur mobile, d'informations sur le trafic produites par un prestataire de services. Au regard des exigences de communication des ITS, chaque technologie hertzienne présente des avantages, mais aussi des inconvénients.

FIGURE 11

### Interconnexion du système C-ITS



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-11

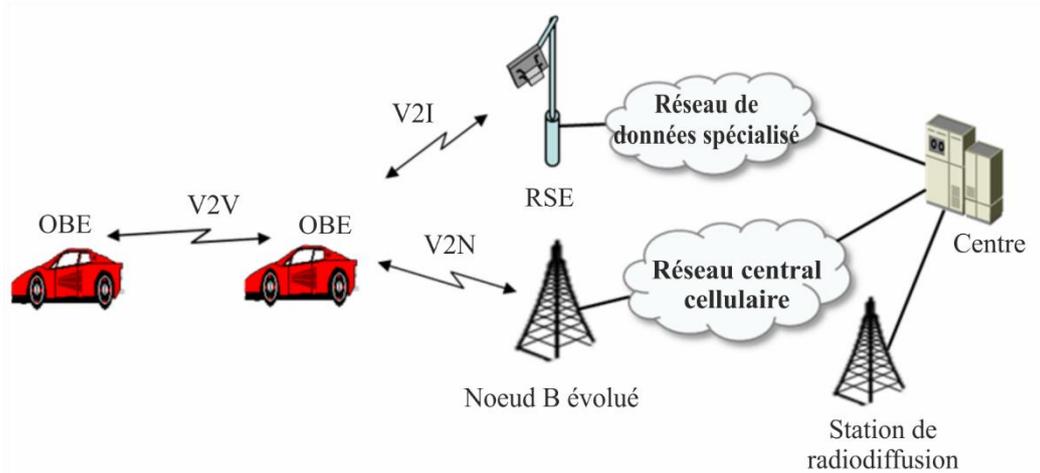
Les communications hertziennes à courte portée sont employées pour le transfert d'informations dans un contexte local. Ces technologies sont généralement exploitées pour radiodiffuser et échanger des informations de véhicule à véhicule (V2V) et de véhicule à infrastructure (V2I). Ce type de communications est nécessaire pour prendre en charge les systèmes automatisés sur les autoroutes (AHS), et peuvent probablement servir aussi aux systèmes permettant d'éviter des collisions aux intersections. Il existe de nombreux exemples d'utilisation pertinente de ces communications, par exemple les applications de sécurité des véhicules, le paiement localisé, les inspections de sécurité en bordure de route, la vérification d'identifiants, la signalisation à l'intérieur du véhicule et la diffusion de données locales de circulation et de mobilité connexes, notamment pour les avertissements d'embouteillage et les informations liées aux panneaux de circulation.

#### 3.2.2 Réseau de communication ITS

Trois types de réseaux de communication hertziens sont pertinents pour les communications ITS: les communications directes entre homologues, les communications par réseau cellulaire et les émissions de radiodiffusion. Le réseau de communication ITS générique illustré dans la Fig. 12 montre l'utilisation de plusieurs types de communications pour prendre en charge les ITS. Ce réseau de communication peut être conçu pour répondre aux besoins techniques des applications ITS. Les responsabilités découlant de la propriété et de l'exploitation de différentes parties des réseaux de communication employés pour les ITS varient selon les besoins des diverses administrations, et sont donc régies par la réglementation des administrations concernées.

FIGURE 12

### Réseau de communication des ITS



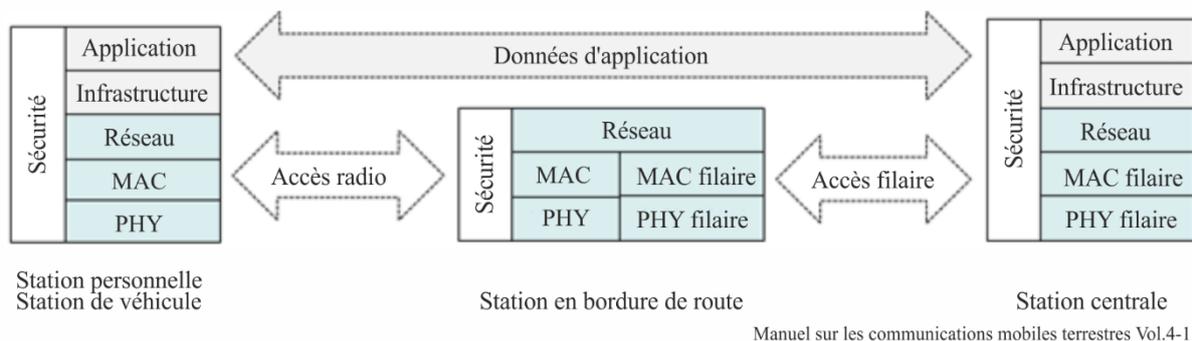
Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-12

La Figure 13 présente un exemple de vue physique du système ITS composée d'une station personnelle, d'une station de véhicule, d'une station en bordure de route et d'un centre. Ces quatre stations sont les entités physiques qui doivent pouvoir communiquer entre elles. La station personnelle est un dispositif portable destiné aux piétons et aux voyageurs. La station de véhicule est un terminal embarqué destiné au conducteur. Ces deux stations offrent aux utilisateurs finaux une fonction d'accès radioélectrique et un traitement des données d'application. La station installée en bordure de route dispose d'un accès radioélectrique et d'un accès filaire permettant d'établir une connexion respectivement avec la station personnelle (ou la station de véhicule) et avec le centre. Celui-ci est équipé d'un serveur de données qui reçoit les demandes de service et fournit le service ITS à la station personnelle ou à la station de véhicule.

Selon l'architecture en sept couches définie dans la norme ISO, la station personnelle et la station de véhicule disposent d'une couche physique, d'une couche MAC et d'une couche réseau pour assurer la fonction d'accès radioélectrique. Elles ont aussi une couche infrastructure et une couche application, qui comporte notamment une couche sécurité. Le centre dispose pour sa part d'une couche physique filaire, d'une couche MAC et d'une couche réseau. Il comporte aussi une couche infrastructure et une couche application intégrant une couche sécurité, comme les couches architecturales de communication de la station personnelle et de la station de véhicule. La station en bordure de route dispose à la fois d'un accès radioélectrique et d'un accès filaire; elle joue un rôle de passerelle entre l'utilisateur final et le serveur.

FIGURE 13

**Configuration du système de communication ITS**



Le message émis par la station personnelle ou la station de véhicule est produit dans les couches application et infrastructure. Il est transformé en message par paquets IP ou non IP et on lui ajoute des informations d'adressage. Le message par paquets IP ou non IP est ensuite fragmenté en paquets de petite taille, puis il est modulé et converti en signaux RF. Les signaux RF reçus sont convertis en signaux modulés, puis le message est extrait dans la couche application de la station centrale. Le Tableau 6 indique les caractéristiques techniques de l'architecture de communication ITS présentée à titre d'exemple.

TABLEAU 6

**Caractéristiques techniques du système de communication ITS présenté à titre d'exemple**

Architecture de communication	Fonctions	Technologies de communication
Couche physique	Modulation numérique, émission et réception de signaux RF FEC	MDA, MDP-2, MDP-4, MRFO
Couche MAC	Accès et assignation par voie radioélectrique, détection d'erreurs dans les données par paquets	AMRF, AMRT, AMDP, AMROF
Couche réseau	Adressage et routage	TCP/IP, UDP/IP, WSMP, réseau géographique
Couche infrastructure	Contenus destinés aux applications	Panneaux de circulation, carte dynamique locale (LDM)
Couche sécurité	Authentification et protection des données	Authentification, chiffrement
Couche application	Identifiant de l'application et fourniture du code source	Télépéage, service d'information sur les bus, sécurité des véhicules et des routes, appel électronique, T-PEG

## CHAPITRE 4

### TECHNOLOGIES RADIOÉLECTRIQUES DESTINÉES AUX SYSTÈMES ITS

Le présent chapitre traite des exigences techniques et des caractéristiques des technologies radioélectriques destinées aux systèmes ITS. Il fournit des indications plus détaillées sur la vue Communication de l'architecture ITS et décrit notamment les différentes technologies radioélectriques pouvant être employées dans les services ITS, en particulier les DSRC, la V2X, les communications cellulaires liés aux systèmes ITS, la radiodiffusion, les radars embarqués en ondes millimétriques et les radars routiers.

#### 4.1 Communications spécialisées à courte portée (DSRC)

##### 4.1.1 Introduction

Les DSRC permettent de transmettre des données par paquets entre le bord d'une route et une radio embarquée dans un véhicule situé à faible distance. En général, leur portée radioélectrique est inférieure à 100 m. Si le véhicule se déplace à 100 km/h, le temps dont le service ITS dispose est inférieur à 3,6 secondes, soit le temps nécessaire pour parcourir 100 m à une vitesse de 27,7 m/s. Les DSRC nécessitent donc une liaison rapide et une entité de terminaison, ainsi que des interactions rapides entre l'infrastructure située en bordure de route et les véhicules pour que les applications ITS soient exploitables.

Les DSRC disposent de deux types de communication: les DSRC actives et les DSRC passives. Les DSRC actives comportent une source d'oscillation qui produit la fréquence porteuse dans la radio embarquée ainsi que dans la radio située en bordure de route. Les DSRC passives ne comportent pas d'oscillateur dans la radio embarquée; c'est la radio en bordure de route qui fournit la fréquence porteuse à la radio embarquée.

Les services DSRC comprennent des systèmes de commande du véhicule, des systèmes de gestion de la circulation, des systèmes d'information aux voyageurs des systèmes de transport public, des systèmes de gestion des flottes, des systèmes de gestion des urgences et des services de paiement électronique. Les DSRC sont considérées comme une technologie de communication efficace pour fournir des services de télépéage et des informations sur la circulation.

Les systèmes DSRC présentent les caractéristiques suivantes:

- Communication de données par paquets entre le véhicule et l'infrastructure.
- Communications par liaisons rapides et disposant d'une entité de terminaison dans une zone ponctuelle.
- Il existe deux types de DSRC: les DSRC actives et les DSRC passives (appelées rétrodiffusion).

##### 4.1.2 Configuration du système

Un système de communication DSRC se compose d'un équipement embarqué (OBE) et d'un équipement en bordure de route (RSE), comme le montre la Fig. 14. L'OBE est une unité radioélectrique placée dans le véhicule; le RSE est une unité radioélectrique placée au bord de la route.

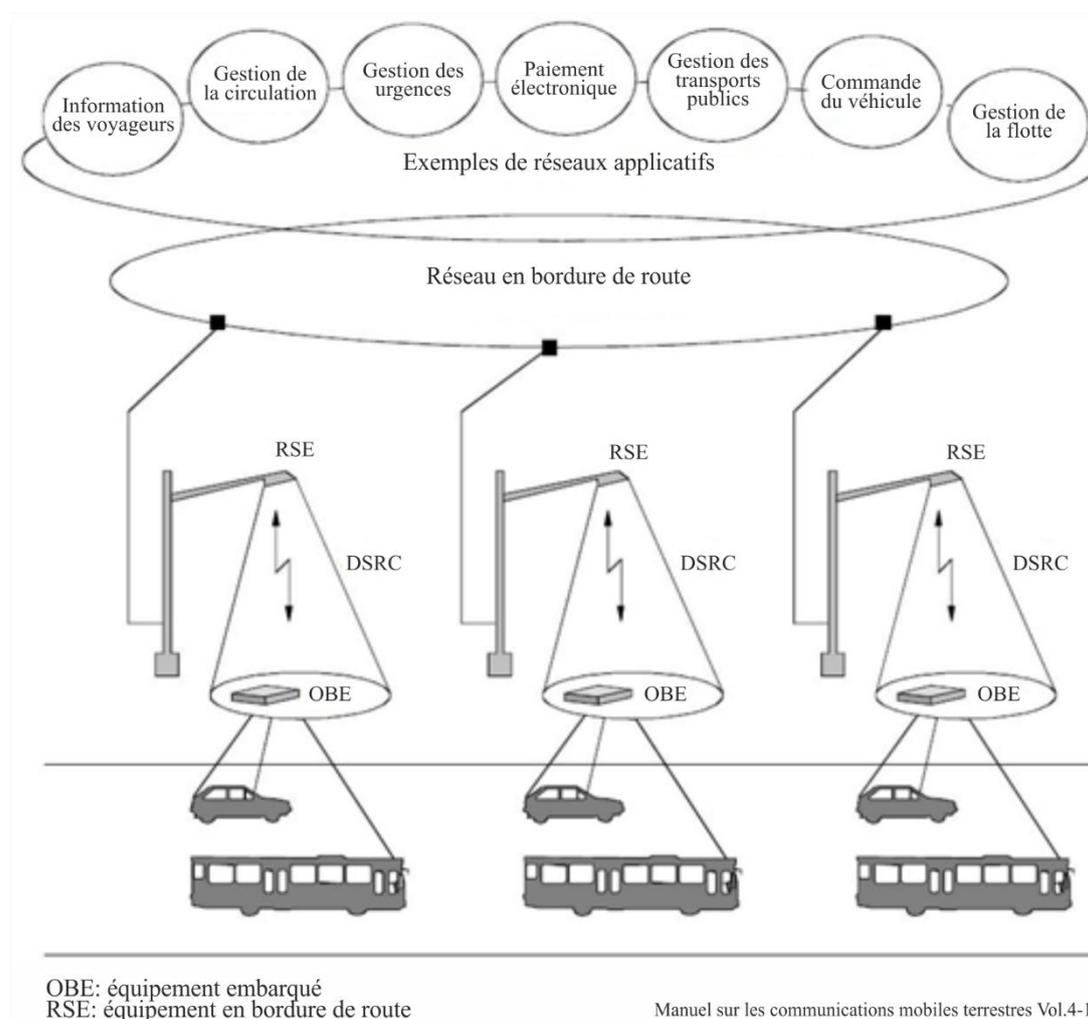
**L'équipement embarqué (OBE, *on-board equipment*)** est fixé à proximité du tableau de bord ou sur le pare-brise du véhicule. Il comporte des circuits de radiocommunication et un circuit de traitement applicatif, et dispose généralement d'une interface homme-machine composée notamment de boutons, d'écrans et d'un avertisseur sonore.

**L'équipement en bordure de route (RSE, *roadside equipment*)** est installé au-dessus ou sur le bord des routes et communique par signaux radioélectriques avec les équipements OBE qui passent à proximité. Le RSE comporte notamment des circuits de radiocommunication radioélectrique et un circuit de traitement applicatif. Il dispose généralement d'une liaison avec un système en bordure de route pour échanger des données.

Les systèmes DSRC émettent des signaux radioélectriques pour échanger des données entre l'équipement OBE d'un véhicule et un équipement RSE. Cet échange de données doit être hautement fiable et confidentiel, car il peut notamment porter sur des transactions financières.

FIGURE 14

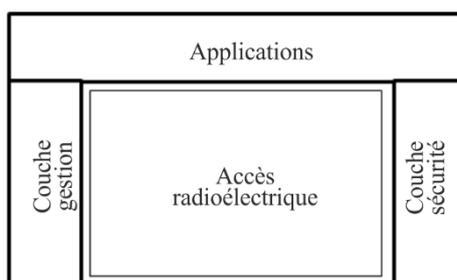
**Configuration courante d'un système de communication DSRC**



Les OBE et les RSE sont fondés sur un modèle de référence du système comportant une couche accès et une couche application, comme le montre la Fig. 15. Les applications de télépéage sont mises en œuvre au moyen des fonctions de la couche accès et de la couche application sans avoir recours à la fonction de mise en réseau, car le serveur de télépéage est installé dans le centre de péage. Les couches gestion et sécurité sont connectées à la couche accès radioélectrique et à la couche application pour permettre l'initialisation et la gestion du système, la protection de la confidentialité et la sécurité des données.

FIGURE 15

### Modèle de référence de la communication DSRC



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-15

## 4.1.3 Caractéristiques techniques

### 4.1.3.1 DSRC passive en Europe

#### Historique

En 1992, le CEPT-ERC (Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications-Comité européen de radiocommunications) a adopté la Décision ERC (92)02 portant désignation des bandes de fréquences pour le développement d'un système totalement intégré d'information routière en vue d'améliorer tous les aspects du transport routier. Il a été décidé d'adopter la bande de fréquences 5 795-5 805 MHz pour l'Europe ainsi que la sous-bande 5 805-5 815 MHz pour chaque pays, afin de répondre aux exigences relatives aux jonctions routières à plusieurs voies. Les bandes de fréquences étaient prévues pour servir les premiers systèmes route-véhicule, en particulier pour répondre aux besoins des systèmes de péage de plusieurs pays européens. En 2002, l'ECC (Comité des communications électroniques) a retiré la Décision ERC (92)02 et l'a remplacée par la Décision ECC (02)01, qui est entrée en vigueur le 15 mars 2002. En 2012, l'ECC a retiré la Décision ECC (02)01 et l'a remplacée par la Décision 2006/771/CE, telle que modifiée par la Décision 2019/1345/UE et l'Annexe 5 de la Recommandation 70-03 de l'ERC, qui établit une mesure d'harmonisation pour les DSRC destinées à la télématique pour le transport et le trafic routiers (RTTT) au sein de l'Union européenne et au niveau de la CEPT.

De plus, le CEN (Comité européen de normalisation) et l'ETSI (Institut européen des normes de télécommunication) ont élaboré des normes sur les DSRC appliquées aux ITS. Une norme relative à la couche physique hyperfréquences à 5,8 GHz (CEN EN 12253) décrit les valeurs des paramètres de radiocommunication et de radiofréquence nécessaires pour que les systèmes DSRC puissent coexister et fonctionner ensemble. Cette norme fait partie de la famille des normes DSRC, composée de quatre normes couvrant les couches 1, 2 et 7 des piles et profils de protocoles OSI pour les applications RTTT. Toutes ces normes CEN ont été approuvées et publiées en 2003 et 2004.

La norme harmonisée EN 300 674-2 de l'ETSI intitulée «Appareils de transmission pour communications spécialisées à courte portée (DSRC) (500 kbit/s, 250 kbit/s) fonctionnant dans la bande industrielle, scientifique et médicale (ISM) des 5,8 GHz» a été approuvée et publiée en 2004. Cette norme contient des conditions de test générales et environnementales, des méthodes de mesure et des valeurs limites de paramètres.

L'utilisation de cette norme harmonisée de l'ETSI confère une présomption de conformité à l'article 3 de la Directive 1999/5/CE du Parlement européen et de la Directive R&TTE.

Par ailleurs, l'ETSI a élaboré la norme EN 300 674-2-1 intitulée «Appareils de transmission pour communications spécialisées à courte portée (DSRC) (500 kbit/s, 250 kbit/s) fonctionnant dans la bande de fréquences entre 5 795 MHz et 5 815 MHz; Partie 2: Norme harmonisée concernant les principales exigences de l'article 3.2 de la Directive 2014/53/EU; Sous-partie 1: Unités en bordure de route (RSU)», qui a été publiée en 2016. Elle a aussi établi la norme EN 300 674-2-2, intitulée «Appareils de transmission pour communications spécialisées à courte portée (DSRC) (500 kbit/s, 250 kbit/s) fonctionnant dans la bande de fréquences entre 5 795 MHz et 5 815 MHz; Partie 2: Norme harmonisée concernant l'accès au spectre radioélectrique; Sous-partie 2: Unités embarquées (OBU)», qui a été publiée en 2019 et qui confère une présomption de conformité à l'article 3.2 de la Directive 2014/53/UE du Parlement européen relative aux équipements radioélectriques.

### **Caractéristiques techniques**

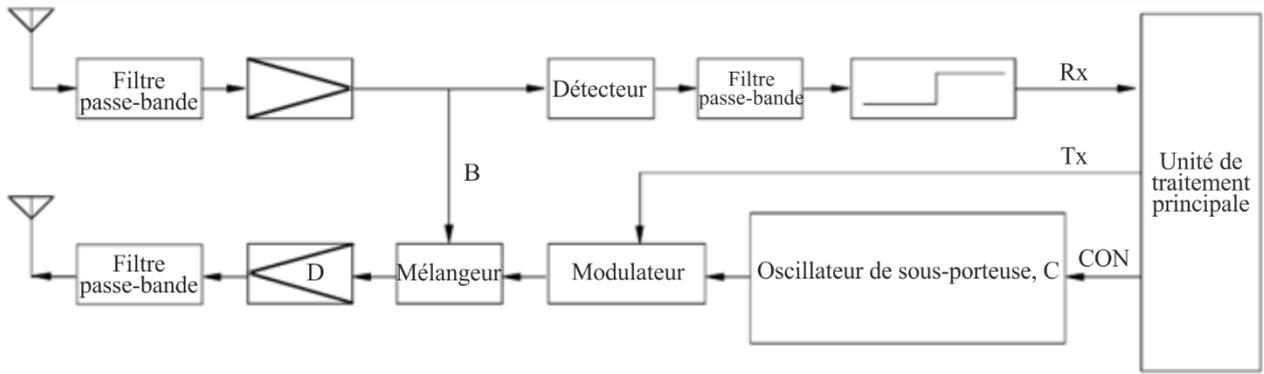
Les systèmes DSRC européens utilisent la méthode passive par rétrodiffusion (transpondeur). L'équipement embarqué (OBE) ne dispose pas d'oscillateur interne. Il ne génère donc pas lui-même de porteuse radioélectrique dans la bande des 5,8 GHz, mais s'appuie, pour communiquer, sur la porteuse générée par l'oscillateur 5,8 GHz de l'équipement en bordure de route. Le schéma fonctionnel de la Fig. 16 fournit une explication détaillée de cette méthode.

Le transpondeur passif ne possédant pas d'oscillateur de génération de porteuse, l'OBE doit nécessairement émettre en utilisant une porteuse non modulée émise par le RSE de façon continue. Le signal de porteuse du RSE reçu par l'OBE est injecté dans le circuit de transmission de ce dernier et devient son signal de porteuse (B). Les données à transmettre issues du processeur principal modulent la sous-porteuse délivrée par l'oscillateur C. Le signal résultant est ensuite combiné avec le signal de porteuse provenant du récepteur. Les signaux à bande latérale résultants qui transportent les données à transmettre sur différentes fréquences de la porteuse (fréquence de la porteuse plus ou moins fréquence de la sous-porteuse) sont transmis avec le signal de porteuse. La méthode de modulation d'une sous-porteuse permet, par réduction du bruit de phase de la porteuse, d'élargir la zone de communication et de diminuer la distance de réutilisation du RSE dans le système passif à transpondeur. Le signal modulé émis par le RSE est détecté par l'OBE (via son détecteur) et traité par le processeur principal en tant que données reçues. La zone de communication du système passif (transpondeur) est très limitée, généralement jusqu'à 10 ou 20 mètres devant le RSE. Il est possible d'élargir cette zone dans une certaine mesure en insérant un amplificateur de fréquences radioélectriques supplémentaire (D) dans le circuit de transmission du transpondeur.

La méthode passive par rétrodiffusion se caractérise principalement par une zone de communication étroite, généralement jusqu'à 10 ou 20 mètres devant le RSE. L'échange de données ne peut donc avoir lieu qu'à un endroit précis, particularité dont il convient de tenir compte pour correctement localiser le véhicule. De nombreuses applications utilisent cette caractéristique: télépéage (ETC), identification automatique de véhicules (AVI), etc. Autre particularité de la méthode passive par rétrodiffusion: la simplicité de la structure de l'OBE et, partant, les faibles coûts de fabrication.

FIGURE 16

**Configuration courante d'une OBE utilisant la méthode passive par rétrodiffusion**

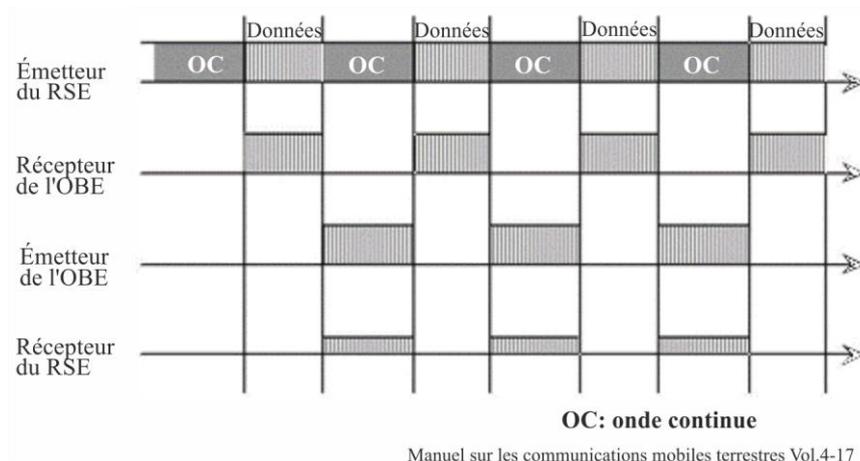


Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-16

La Figure 17 présente le chronogramme d'émission du RSE et de l'OBE et la Fig. 18 les spectres d'émission du RSE et de l'OBE dans le cas de la méthode passive par rétrodiffusion.

FIGURE 17

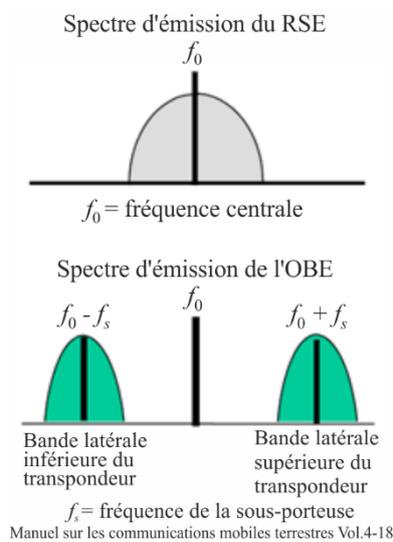
**Chronogramme d'émission de la méthode passive par rétrodiffusion**



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-17

FIGURE 18

### Spectre de fréquences du RSE et de l'OBE dans la méthode passive par rétrodiffusion



#### Spécification technique

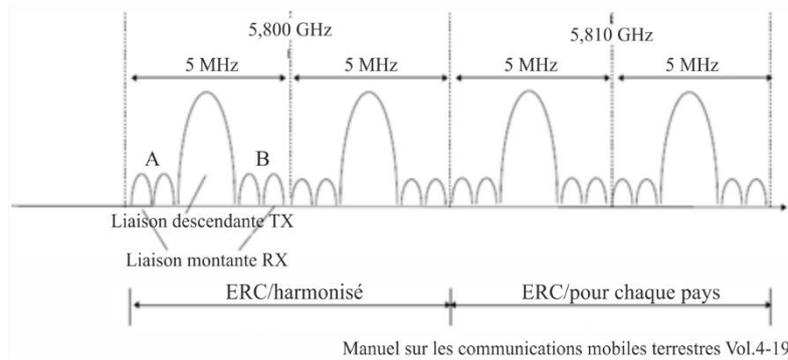
Le Tableau 7, extrait de la Recommandation UIT-R M.1453-2, présente les caractéristiques techniques de la méthode européenne par rétrodiffusion (transpondeur); il est repris de la Recommandation UIT-R M.1453-2. Cette Recommandation réunit en un seul texte la norme européenne régissant le «débit binaire moyen» (CEN EN 12253) et la norme italienne régissant le «débit binaire élevé».

Dans la norme européenne relative aux DSRC, l'OBE prend en charge deux types de fréquences de sous-porteuse, 1,5 MHz et 2,0 MHz). Le choix de la fréquence dépend du profil indiqué par le RSE (il est recommandé de choisir 1,5 MHz). Le spectre de fréquences du «débit binaire moyen» défini dans la norme européenne est illustré dans la Fig. 19.

Dans le cas du «débit binaire élevé» défini dans la norme italienne, la fréquence de la sous-porteuse assurant la liaison de l'OBE est de 10,7 MHz; le débit binaire de l'émission en liaison montante est donc plus élevé. Le spectre de fréquences du «débit binaire élevé» défini dans la norme italienne est illustré dans la Fig. 20.

FIGURE 19

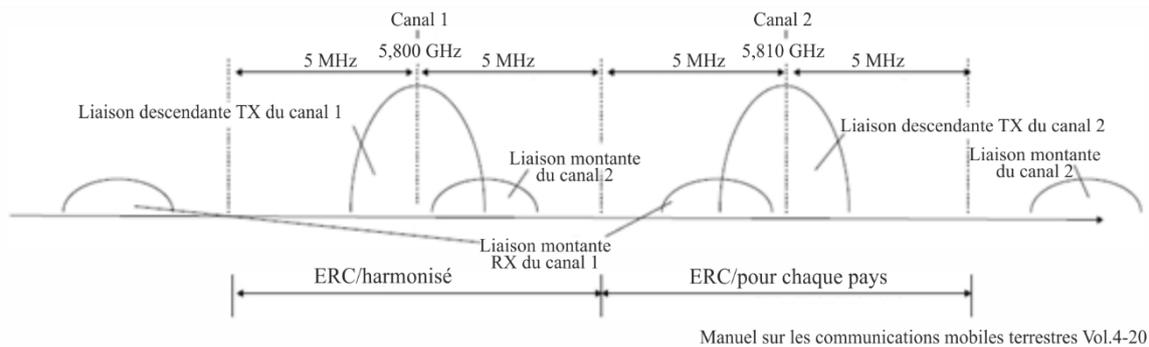
**Spectre de fréquences défini dans la norme européenne du «débit binaire moyen»**



(Source: RAST6(98)29, «Intelligent Transportation System – An ETSI View»)

FIGURE 20

**Spectre de fréquences défini dans la norme italienne du «débit binaire élevé»**



(Source: RAST6(98)29, «Intelligent Transportation System – An ETSI View»)

TABLEAU 7

**Caractéristiques de la méthode par rétrodiffusion (transpondeur)**

Paramètre	Caractéristiques techniques	
	Débit binaire moyen	Débit binaire élevé
Fréquences porteuses	Bande des 5,8 GHz pour liaison descendante	Bande des 5,8 GHz pour liaison descendante
Fréquences sous-porteuses	1,5 MHz/2 MHz (liaison montante)	10,7 MHz (liaison montante)
Espacement entre porteuses RF (espacement entre canaux)	5 MHz	10 MHz
Largeur de bande occupée admissible	Inférieure à 5 MHz/canal	Inférieure à 10 MHz/canal
Méthode de modulation	MDA (porteuse liaison descendante) MDP (sous-porteuse liaison montante)	MDA (porteuse liaison descendante) MDP (sous-porteuse liaison montante)
Vitesse de transmission de données (débit binaire)	500 kbit/s (liaison descendante) 250 kbit/s (liaison montante)	1 Mbit/s (liaison descendante) 1 Mbit/s (liaison montante)
Codage de données	FM0 (liaison descendante) NRZI (liaison montante)	
Type de communication	Type transpondeur	Type transpondeur
p.i.r.e. maximale (NOTE 1)	≤ +33 dBm (liaison descendante) ≤ -24 dBm (liaison montante: bande latérale unique)	≤ +39 dBm (liaison descendante) ≤ -14 dBm (liaison montante: bande latérale unique)

NOTE 1 – La Recommandation 70-03 de l'ERC fixe des valeurs de p.i.r.e. de 2 W pour les systèmes actifs et de 8 W pour les systèmes passifs.

#### 4.1.3.2 DSRC aux États-Unis d'Amérique

Aux États-Unis d'Amérique, différentes technologies privées sont actuellement employées dans les véhicules et en bordure de route pour le télépéage dans diverses régions d'Amérique du Nord. Ces technologies n'étant pas directement interopérables, il faut employer plusieurs émetteurs-récepteurs pour pouvoir percevoir les paiements dans les différentes régions, et des accords d'échange de données ont été conclus pour assurer une certaine interopérabilité entre les régions<sup>8</sup>. À plus long terme, les technologies concernant les véhicules connectés devraient permettre de faire converger les différents systèmes de télépéage vers une ou plusieurs technologies en s'appuyant sur des normes facultatives du secteur.

#### 4.1.3.3 DSRC actives au Japon

##### Historique

En juillet 1996, le Japon a défini un plan global pour les ITS dans le but de promouvoir ces systèmes sur le long terme. Ce plan contient des propositions concernant les fonctions des ITS ainsi que les principes de base qui président au développement et au déploiement de ces systèmes au Japon.

<sup>8</sup> <https://www.ibtta.org/sites/default/files/Interoperability%20Background-1.pdf>.

Il recense vingt services utilisateur ITS et définit les objectifs de recherche, de développement et de déploiement pour les secteurs public, universitaire et industriel. Ces objectifs sont classés en neuf domaines de développement, parmi lesquels la perception automatique de péage (ETC).

Les DSRC sont une technologie phare de mise en œuvre des systèmes de télépéage et d'autres services ITS. Les développements concernant cette technologie ont commencé en 1994 au sein du Conseil technologique des télécommunications, créé par le ministère japonais des Postes et des Télécommunications (aujourd'hui ministère de l'Intérieur et des Télécommunications). En 1997, suivant en cela le rapport élaboré par le Conseil technologique des télécommunications, le ministère des Postes et des Télécommunications a publié une réglementation sur les DSRC (pour la PEP). La norme relative aux DSRC a été élaborée et publiée en novembre 1997 par l'ARIB (Association of Radio Industries and Businesses/association des industries et de l'économie des radiocommunications).

En 1994, le ministère japonais de la Construction (aujourd'hui ministère du Territoire, des Infrastructures et des Transports), en coopération avec quatre grands exploitants de péage publics et dix consortiums composés d'entreprises privées, a lancé un projet de recherche conjoint sur des systèmes de perception électronique de péage (ETC) compatibles sur l'ensemble du territoire japonais. Le projet s'est terminé par un test terrain sur l'autoroute Odawara-Atsugi en 1997.

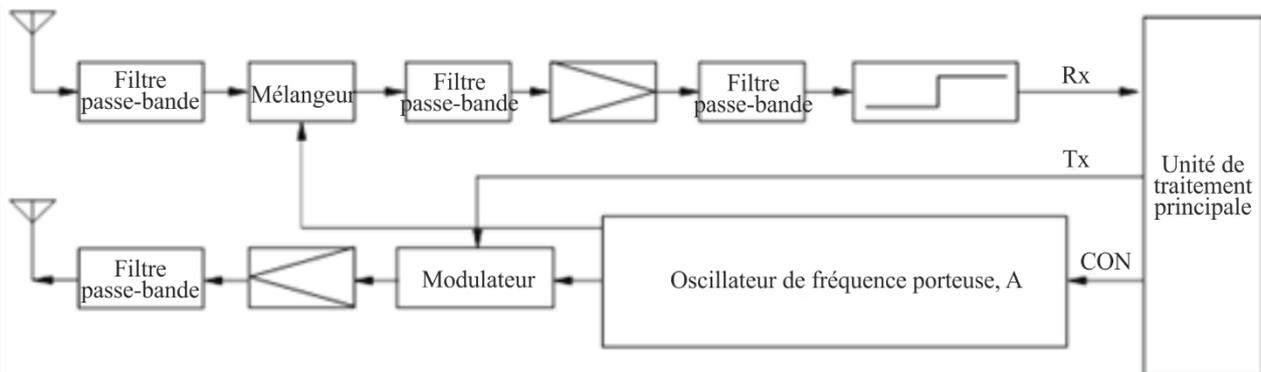
La mise en place des services de télépéage à l'échelle nationale a commencé en 2001. En 2017, le pays comptait 60 millions d'abonnés au système de PEP. L'augmentation du nombre d'abonnés crée les conditions favorables à la mise en place d'autres applications utilisant la technologie DSRC sur un même OBE. En 2015, les services de télépéage ETC2.0, employés par exemple dans le système de communication d'informations sur les véhicules (VICS), ont été déployés sur les autoroutes de tout le pays.

### **Caractéristiques techniques**

Le système DSRC japonais repose sur la méthode active (émetteur-récepteur). La mise en œuvre de cette méthode requiert l'utilisation d'un OBE et d'un RSE possédant les mêmes fonctionnalités de transmission radioélectrique, les deux équipements intégrant un oscillateur de fréquence porteuse dans la bande des 5,8 GHz. La Figure 21 présente un diagramme fonctionnel courant des circuits radioélectriques d'un OBE. La moitié supérieure de la figure représente le récepteur, la moitié inférieure l'émetteur et la partie droite l'unité de traitement. La même antenne peut être utilisée pour l'émission et la réception. Dans la méthode active (émetteur-récepteur), l'OBE reçoit des signaux radioélectriques provenant de l'unité en bordure de route par l'intermédiaire de l'antenne située en haut à gauche. Tout signal reçu est traité successivement par chaque bloc fonctionnel puis par l'unité centrale de traitement sous forme de données reçues. Le signal émis par l'OBE est constitué de la porteuse dans la bande des 5,8 GHz générée par l'oscillateur A et modulée par les données à transmettre. Le signal est envoyé par l'antenne située en bas à gauche.

FIGURE 21

### Configuration courante d'un OBE utilisant la méthode active



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-21

La méthode active (émetteur-récepteur) permet de couvrir des zones de communication restreintes ou étendues par modification de la directivité de l'antenne d'émission. Les antennes situées au niveau de la barrière de péage ont une empreinte de rayonnement (zone de communication) très petite (généralement 3 m × 4 m). Les antennes d'approche utilisées pour la diffusion d'informations ont, en revanche, une grande empreinte pouvant atteindre 30 m de longueur. Le taux d'erreur sur les bits (TEB) à l'intérieur des empreintes est très faible (inférieur à  $10^{-6}$ ). Les principales caractéristiques de la méthode active (émetteur-récepteur) sont la souplesse de formation des zones de communication et la possibilité de transmettre de gros volumes d'information avec un haut niveau de fiabilité. Il s'agit là de caractéristiques essentielles pour certains services applicatifs des ITS utilisant les DSRC.

### Spécification technique

Le Tableau 8, extrait de la Recommandation UIT-R M.1453-2, présente les caractéristiques techniques de la méthode active (émetteur-récepteur) japonaise; ce tableau est également repris de la Recommandation UIT-R M.1453. La ligne «espacement entre porteuses RF» du tableau comporte deux spécifications: l'espacement large (espacement entre canaux de 10 MHz) est principalement utilisé pour les applications actuelles de télépéage avec modulation MDA (modulation par déplacement d'amplitude); l'espacement faible (espacement entre canaux de 5 MHz) est utilisé pour de nombreux services applicatifs DSRC avec modulation MDA et/ou MDP-4. Les spécifications concernant l'espacement faible ont été ajoutées en octobre 2000 lors de la révision par le ministère japonais des Postes et des Télécommunications (aujourd'hui ministère de l'Intérieur et des Télécommunications) de la loi sur les communications radioélectriques, conformément à la proposition du Conseil technologique des télécommunications sur les applications d'utilité générale du système DSRC. Le texte révisé a été proposé à l'UIT-R, qui l'a adopté en août 2002 sous la forme de la Recommandation modifiée UIT-R M.1453-1 sur les DSRC.

Pour une utilisation efficace des fréquences par diminution de la distance de réutilisation des RSE, il est recommandé de limiter la zone de communication DSRC à 30 m. À noter également l'adoption de systèmes DRF afin d'optimiser l'utilisation des fréquences radioélectriques.

TABLEAU 8

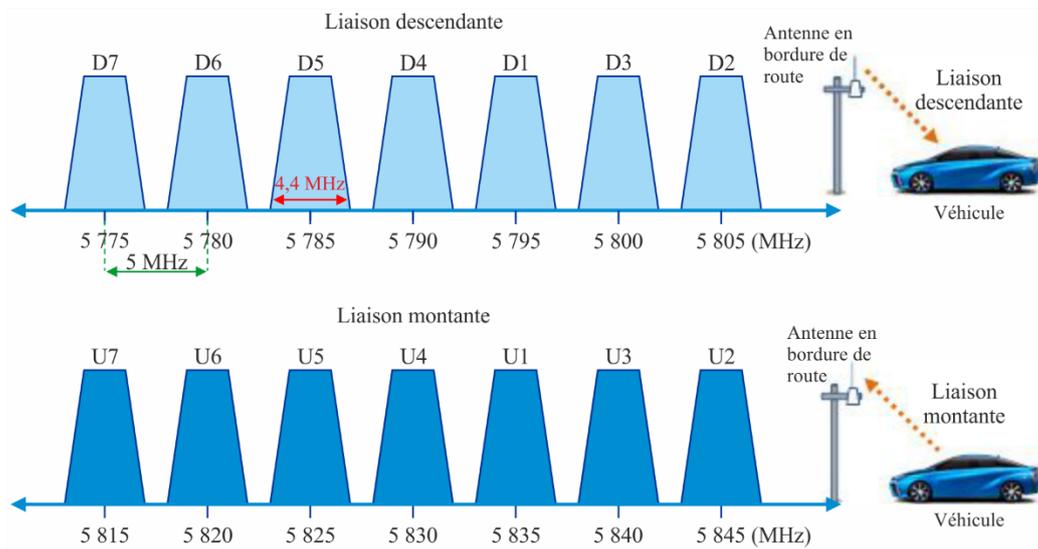
**Caractéristiques de la méthode active (émetteur-récepteur)**

<b>Paramètre</b>	<b>Caractéristiques techniques</b>
Fréquences porteuses	Bande des 5,8 GHz pour liaison montante et descendante
Espacement entre porteuses RF (espacement entre canaux)	5 MHz
Largeur de bande occupée admissible	Inférieure à 4,4 MHz
Méthode de modulation	MDA, MDP-4
Vitesse de transmission de données (débit binaire)	1 024 kbit/s/MDA, 4 096 kbit/s/MDP-4
Codage de données	Codage de Manchester/MDA, NRZ/MDP-4
Séparation duplex	40 MHz en cas de mode DRF
Type de communication	Type émetteur-récepteur
p.i.r.e. maximale	≤ +30 dBm (liaison descendante) (Pour une portée d'émission inférieure ou égale à 10 m. Puissance fournie à l'antenne ≤ 10 dBm)
	≤ +44,7 dBm (liaison descendante) (Pour une portée d'émission supérieure à 10 m. Puissance fournie à l'antenne ≤ 24,77 dBm)
	≤ +20 dBm (Liaison montante) (Puissance fournie à l'antenne ≤ 10 dBm)

La Figure 22 montre la disposition des canaux des DSRC dans des applications ITS exploitant la bande des 5,8 GHz au Japon.

FIGURE 22

**Disposition des canaux des DSRC dans des applications ITS exploitant la bande des 5,8 GHz au Japon**



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-22

**4.1.3.4 DSRC en Chine**

Le système de télépéage chinois repose sur la méthode active (émetteur-récepteur). Le RSE et l'OBE fonctionnent tous deux dans la bande des 5,8 GHz. Deux classes sont définies dans la couche physique. La classe A en modulation MDA doit être conforme aux exigences de base de l'application de télépéage. La classe B en modulation MDF doit être conforme aux exigences de l'émission de données à haut débit. Les caractéristiques techniques de la liaison descendante et de la liaison montante sont indiquées respectivement dans les Tableaux 9 et 10.

TABLEAU 9

**Caractéristiques techniques de la liaison descendante du système de télépéage chinois**

Élément		Classe A	Classe B
Fréquences de la porteuse	Canal 1	5 830 MHz	5 830 MHz
	Canal 2	5 840 MHz	5 840 MHz
Largeur de bande occupée admissible		≤ 5 MHz	≤ 5 MHz
Méthode de modulation		MDA	MDF
Vitesse d'émission de données (débit binaire)		256 kbit/s	1 Mbit/s
Codage des données		FM0	Manchester
p.i.r.e.		≤ +33 dBm	≤ +33 dBm

TABLEAU 10

**Caractéristiques techniques de la liaison montante du système de télépéage chinois**

Élément		Classe A	Classe B
Fréquences de la porteuse	Canal 1	5 790 MHz	5 790 MHz
	Canal 2	5 800 MHz	5 800 MHz
Largeur de bande occupée admissible		≤ 5 MHz	≤ 5 MHz
Méthode de modulation		MDA	MDF
Vitesse d'émission de données (débit binaire)		512 kbit/s	1 Mbit/s
Codage des données		FM0	Manchester
p.i.r.e.		≤ +10 dBm	≤ +10 dBm

**4.1.3.5 DSRC actives en Corée**

**Contexte**

La Corée a connu un accroissement de la demande d'infrastructures et de services de transport en raison de l'augmentation rapide de la population et de l'emploi en milieu urbain. Le ministère du Territoire, des Infrastructures et des Transports de Corée (MOLIT) a annoncé le déploiement d'un projet de systèmes de transport évolués et a indiqué que le lancement des ITS constituait un jalon majeur pour le pays. À l'automne 2000, le ministère a choisi les villes de Daejeon et de Jeonju ainsi que l'île de Jeju à titre de pilotes pour déployer les systèmes ITS. Ce projet a encouragé des partenaires des secteurs public et privé à développer la technologie ITS.

La technologie DSRC coréenne a été développée dans le cadre d'un projet national mené par le ministère de la Science et des TIC (MSIT) entre 1998 et 2000. En 2001, la bande de fréquences des 5,8 GHz a été attribuée aux applications ITS. Elle comporte deux bandes distinctes, l'une de 20 MHz (5,795~5,815 GHz) pour les ITS publiques et l'autre de 20 MHz (5,835~5,855 GHz) pour les opérateurs des ITS.

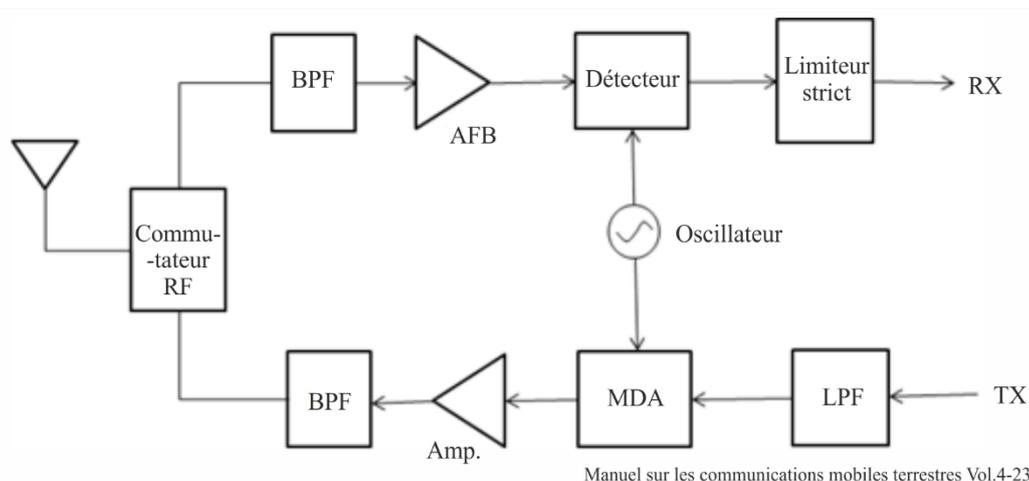
La technologie DSRC coréenne a été employée pour le télépéage électronique et le système d'information des bus. Le système de télépéage coréen, qui est appelé service «Hi-Pass», permet de percevoir automatiquement le paiement des autoroutes aux centres de péage. La technologie DSRC coréenne a été exploitée pour mettre en place le système d'information des bus dans les milieux urbains. Lorsqu'un bus public arrive à un arrêt, il se connecte au centre ITS par RSE et par le réseau filaire. Le centre ITS peut ainsi détecter le numéro du bus et son emplacement et envoyer les heures d'arrivée et de départ à l'arrêt concerné. Les passagers peuvent recevoir les informations sur l'emplacement et la progression du bus. En 2004, le service Hi-Pass a été commercialisé et le nombre de ses abonnés a dépassé 10 millions.

**Caractéristiques techniques**

La bande de fréquences exploitée par les DSRC coréennes a une largeur de bande de 10 MHz et une puissance rayonnée de 10 mW hors gain d'antenne. Elle fonctionne en duplex par répartition dans le temps (DRT) en exploitant une porteuse RF pour les accès en liaison descendante et montante, ce qui permet d'utiliser les fréquences de manière plus efficace qu'avec un duplex à répartition en fréquence (DRF). Le DRT dispose d'un commutateur RF permettant de choisir le mode d'émission ou de réception des signaux. Dans la partie émettrice, les données numériques émises sont transformées en signaux modulés par un filtre passe-bas (LPF) et une modulation par déplacement d'amplitude (MDA). Dans la partie réceptrice, les signaux RF reçus sont récupérés au moyen d'un détecteur d'enveloppe et d'un limiteur strict, comme le montre la Fig. 23.

FIGURE 23

**Configuration de l'OBU pour des DSRC en duplex par répartition dans le temps**



**Spécification technique**

La technologie DSRC coréenne a une faible portée radioélectrique inférieure à 100 m, et le temps de communication admissible ne dépasse pas l'ordre de quelques centaines de millisecondes. Il faut donc disposer d'une liaison rapide et d'une communication bidirectionnelle lorsque le véhicule est en mouvement. Le débit binaire de l'émission est de 1 024 Mbit/s, mais il est doublé par le codage Manchester qui est employé pour passer d'une durée de bit faible à une durée de bit élevée, ou l'inverse. Ce codage facilite aussi la récupération d'horloge au récepteur. La puissance RF est de 10 dBm (10 mW).

TABLEAU 11

**Spécification technique de la communication DSRC en Corée**

Élément		Caractéristiques radioélectriques
Fréquences de la porteuse	Canal 1	5,80 GHz
	Canal 2	5,810 GHz
Espacement entre porteuses RF		10 MHz
Méthode de modulation		MDA (modulation par déplacement d'amplitude)
Vitesse d'émission de données		1 024 Mbit/s
Codage des données		Manchester
Puissance RF maximale		10 dBm
Duplex		TDD

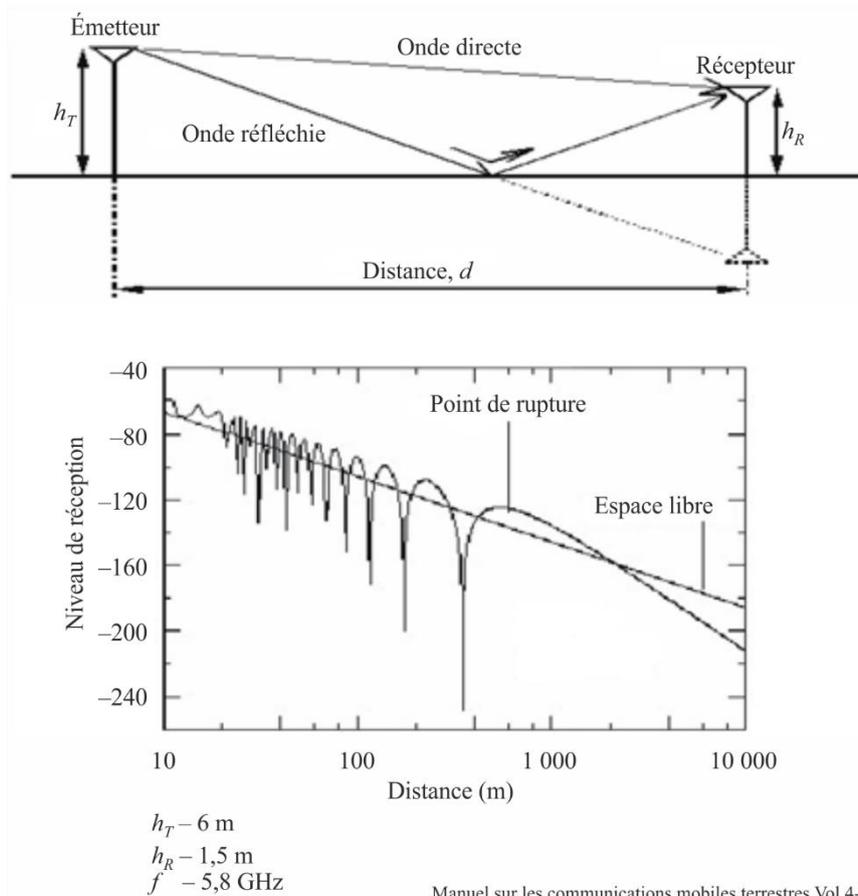
#### 4.1.4 Caractéristiques de la propagation radioélectrique des DSRC

##### Propagation radioélectrique

S'agissant de la propagation radioélectrique des DSRC, le facteur le plus important à examiner pour déterminer les caractéristiques de réception au niveau du récepteur est la réflexion au sol. La Figure 24 montre la relation entre le trajet direct et le trajet réfléchi ainsi qu'un exemple de la quantité de signal reçu au niveau du récepteur à une distance donnée. En fonction de la différence ( $\Delta r = 2h_T h_R / d$ ) entre la longueur du trajet direct et la longueur du trajet réfléchi, l'onde directe et l'onde réfléchie au sol peuvent augmenter ou diminuer le niveau de réception. Étant donné que l'onde directe et l'onde réfléchie au sol interfèrent de manière constructive ou destructive selon leur déphasage, la quantité de signal reçue au niveau du récepteur varie de façon extrême jusqu'à un point de rupture ( $d_{BP} = (4h_T h_R) / \lambda$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde), à partir duquel l'onde réfléchie commence à neutraliser l'onde directe de façon permanente et le niveau de signal reçu décroît plus rapidement (en  $1/d^4$ ) que le niveau en espace libre (en  $1/d^2$ ).

FIGURE 24

##### Modèle de propagation à deux rayons



On distingue trois zones, caractérisées par la distance de l'émetteur au récepteur:

- Zone 1: jusqu'à quelques dizaines de mètres (généralement jusqu'à 30 m)

Du fait de la réflexion au sol, la quantité théorique de signal reçue au niveau du récepteur varie en fonction de la distance. Cela étant, ce phénomène peut, la plupart du temps, être négligé du fait de la directivité des antennes émettrice et réceptrice. La zone 1 est celle qui convient le mieux aux applications DSRC.

- Zone 2: de quelques dizaines de mètres jusqu'au point de rupture

La quantité de signal reçue au niveau du récepteur varie de façon extrême en fonction de la distance et les véhicules se déplaçant sur la route sont confrontés à un phénomène d'évanouissement rapide.

- Zone 3: au-delà du point de rupture

Le niveau de réception décroît rapidement (1 attribution de fréquences radioélectriques par système ITS  $1/d^4$ ). Les véhicules se déplaçant sur la route sont confrontés à des brouillages les plus importants.

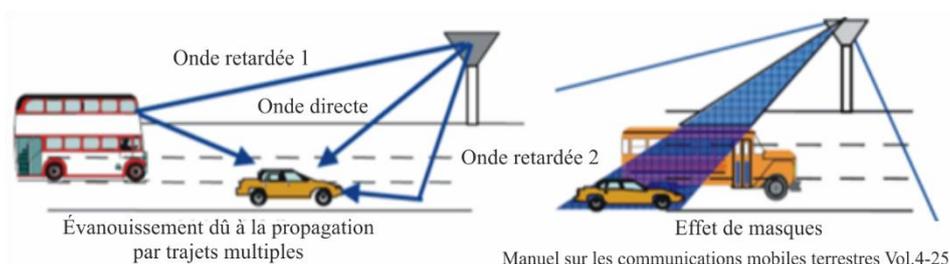
### **Caractéristiques de la propagation radioélectrique**

Outre les caractéristiques du modèle de propagation à deux rayons décrit ci-dessus, il convient, dans un environnement DSRC réel, d'examiner les facteurs de brouillages suivants:

- Évanouissement dû à la propagation par trajets multiples: la propagation par trajets multiples due à la diffusion et à la réflexion par le sol, les bâtiments et les autres véhicules entraîne un évanouissement rapide du signal reçu par les véhicules circulant à grande vitesse, voir la Fig. 25.
- Étalement des temps de propagation: lorsque le débit binaire des données numériques à envoyer est élevé, il convient de prendre en compte les effets d'étalement des temps de propagation (distorsion due à la dispersion temporelle causée par les canaux à trajets multiples).
- Effet de masques: perte par diffraction due au masquage par des obstacles de grande dimension (bus, etc.), entraînant un affaiblissement important du champ, voir la Fig. 25.
- Effets Doppler: il convient de prendre en compte les effets Doppler (distorsion causée par la dispersion de fréquences due aux effets Doppler), particulièrement aux hautes fréquences et aux grandes vitesses de déplacement des véhicules.

FIGURE 25

### Évanouissements dû à la propagation par trajets multiples et effet de masques



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-25

## 4.2 Communications radioélectriques des ITS évoluées

### 4.2.1 Introduction

Les radiocommunications des ITS évoluées sont également employées pour la communication à courte portée entre deux véhicules (V2V) et entre un véhicule et une infrastructure (V2I) dans le contexte d'applications de sécurité des véhicules. Une connexion V2V permet d'établir une communication directe entre homologues sans infrastructure de connexion; elle peut donc être employée dans des applications de sécurité des véhicules.

Les DSRC en service sont également employées dans les communications à courte portée pour assurer la connectivité V2I dans une bande de fréquences réservée aux applications industrielles, scientifiques et médicales (ISM). Cependant, les radiocommunications des ITS évoluées offrent à la fois une connectivité V2I et V2V dans une bande de fréquences spécialement réservée aux applications de sécurité. On trouvera dans le Tableau 12 un comparatif des caractéristiques techniques des DSRC en Corée et des radiocommunications des ITS évoluées (WAVE).

La communication V2V repose sur une méthode d'accès aux commandes distribuée, car chaque OBU doit pouvoir tenter d'accéder au canal radioélectrique lorsqu'il a des données à envoyer. Elle exploite cette méthode pour faire en sorte que chaque OBU puisse tenter d'accéder au canal afin de communiquer ses données.

L'accès hertzien d'Amérique du Nord (WAVE) est un exemple classique de communication V2X. Selon sa spécification, il respecte les exigences visant les systèmes de sécurité, à savoir un temps de latence des paquets de 100 ms et un taux d'erreur sur les paquets de 10% pour une portée radioélectrique de 300 m et une vitesse du véhicule de 200 km/h. Il est aussi conforme aux exigences d'authentification et de sécurité des données, ce qui est indispensable car le message de sécurité contient des informations sur l'emplacement du véhicule. D'autres cas d'utilisation des ITS sont pris en charge par les communications WAVE pour des distances allant jusqu'à 1 km. Le Tableau 12 présente un comparatif de haut niveau des DSRC et des radiocommunications des ITS évoluées.

TABLEAU 12

**Comparaison des caractéristiques techniques des DSRC  
et des radiocommunications des ITS évoluées**

Élément	DSRC	Radiocommunications des ITS évoluées
Bande de fréquences	ISM	Bande de fréquences réservée
Connectivité	V2I	V2I et V2V
Duplex	FDD, TDD	TDD
Modulation	MDA	OFDM <sup>9</sup>
Vitesse d'émission de données	1 024 Mbit/s	Au maximum 27 Mbit/s <sup>10</sup> , généralement 6 Mbit/s pour les communications de sécurité dans les systèmes déployés
Puissance RF maximale	10 dBm	Au maximum 44 dBm (40 Watt), généralement 20 mW pour les communications de sécurité dans les systèmes déployés
Latence des données	Faible	Moins de 100 ms
Couverture radioélectrique	Moins de 100 m	Couverture équidirective d'au maximum 1 000 m, généralement de 300 m à un taux d'erreur sur les paquets maximum de 10% pour les communications de sécurité dans les systèmes déployés

La technologie des radiocommunications des ITS évoluées offre aussi une liaison rapide et une entité de terminaison pour les applications de sécurité des véhicules et les systèmes ITS coopératifs (C-ITS). Elle offre en outre des performances supérieures par rapport aux communications DSRC existantes en termes de temps de latence des paquets, de débit binaire et de couverture radioélectrique. Elle présente les caractéristiques suivantes:

- Communication de données par paquets au moyen d'une connexion V2I ou V2V
- Liaison rapide et entité de terminaison dans une zone ponctuelle
- Communication fiable dans le contexte des véhicules
- Authentification et sécurité des données.

#### 4.2.2 Configuration du système

Le système des radiocommunications des ITS évoluées se compose d'un équipement embarqué (OBE) et d'un équipement en bordure de route (RSE), comme l'illustre la Fig. 26. Les OBE sont installés dans le véhicule tandis que RSE sont des unités radioélectriques installées au bord de la route, comme pour les communications DSRC. Le RSE communique avec le centre des ITS par un réseau IP qui peut utiliser une infrastructure filaire ou hertzienne.

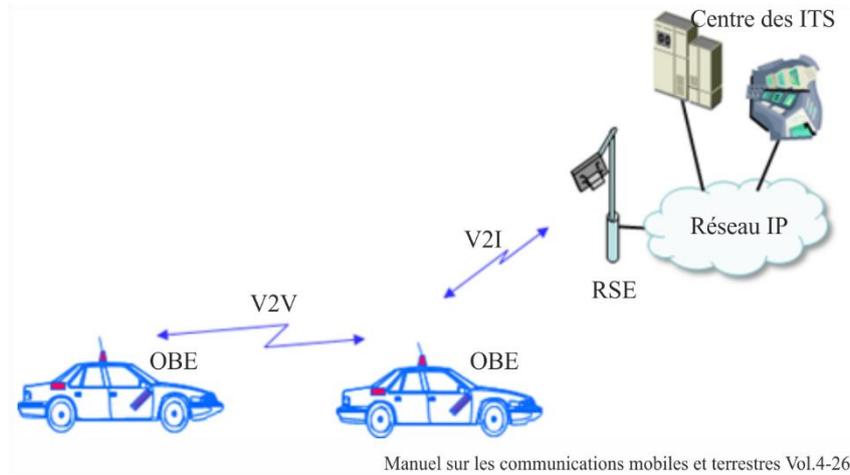
Les radiocommunications des ITS évoluées exploitent une méthode d'accès aux commandes distribuée, car chaque OBE doit pouvoir tenter d'accéder au canal radioélectrique à tout moment lorsqu'il a besoin d'envoyer un message.

<sup>9</sup> IEEE Std. 802.11™-2016, p 2303, Chapitre 17.

<sup>10</sup> IEEE Std. 802.11™-2016, p 2303, Tableau 17-16 pour un canal de 10 MHz.

FIGURE 26

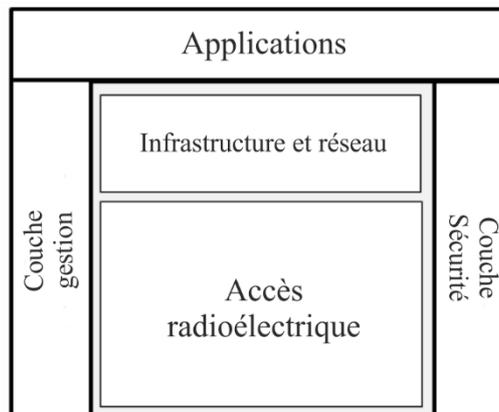
**Système de radiocommunications des ITS évoluées**



Les OBE et les RSE sont fondés sur un modèle de référence du système comportant une couche accès, une couche infrastructure et réseau et une couche application, comme le montre la Fig. 27. La couche accès radioélectrique prend en charge les connexions radioélectriques V2X entre les véhicules et les RSE. La couche infrastructure et réseau fournit en temps réel les informations contextuelles sur les véhicules et sur l'état des routes (par exemple au moyen d'une carte dynamique locale). Elle prend en charge les réseaux IP et non-IP. Les couches gestion et sécurité sont connectées à la couche accès radioélectrique, à la couche infrastructure et réseau et à la couche application pour permettre l'initialisation et la gestion du système, l'authentification et la sécurité des données.

FIGURE 27

**Modèle de référence de la communication V2X pour les ITS évoluées**



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-27

## 4.2.3 Caractéristiques techniques

### 4.2.3.1 Système ITS G5 en Europe

#### Contexte

Les communications ITS coopératives (C-ITS) sont fondées sur des systèmes de communications *ad hoc* hertziens normalisés et interopérables. L'interopérabilité doit être garantie au moins dans les différentes régions du monde. Cette exigence d'interopérabilité ne signifie pas que toutes les régions doivent employer exactement le même système; ainsi, les C-ITS d'Europe fonctionnant dans la bande des 5,9 GHz sont essentiellement fondées sur les normes IEEE 802.11p et ETSI ITS-G5, tandis que leur mise en œuvre dans la bande des 5,9 GHz aux États-Unis d'Amérique repose sur la norme IEEE 802.11p mais aussi sur le système WAVE, qui est légèrement différent, comme nous l'avons expliqué plus haut. Ces technologies sont fondées sur des normes achevées; elles ont été abondamment testées et ont été validées, leurs premières mises en œuvre sont effectuées et leur déploiement est en cours. La plupart des systèmes en service examinés ici sont fondés sur une couche accès bien établie (couches PHY et MAC), qui a été normalisée dans le document IEEE802 sous la référence IEEE802.11p et qui est désormais intégrée dans l'ensemble de normes IEEE802.11TM-2016.

Dans certains pays, une bande de fréquences comprise entre 5 850-5 925 MHz (avec une largeur de bande pouvant atteindre 75 MHz), conforme à la Recommandation UIT-R M.2121-0 (01/2019) – Harmonisation des bandes de fréquences pour les systèmes de transport intelligents dans le service mobile, a été choisie comme bande d'exploitation principale pour les futurs déploiements de systèmes C-ITS dans le domaine de la sécurité routière. En outre, la bande de fréquences des 63,72-65,88 GHz a été désignée par la CEPT pour les applications liées à la sécurité routière dans le contexte des services mobiles.

Un large éventail d'organismes de normalisation s'efforce de normaliser les C-ITS à l'échelle mondiale. Les principaux acteurs dans ce domaine, qui sont considérablement soutenus par le secteur automobile, articulent leurs activités autour des normes IEEE/WAVE/SAE aux États-Unis d'Amérique et autour des normes TC ITS de l'ETSI en Europe. Ces activités sont appuyées par le partenariat CAMP (*Crash Avoidance Metric Partnership*, Partenariat pour la mesure des systèmes d'évitement des accidents) aux États-Unis d'Amérique et le Consortium C2C-CC (*CAR-to-CAR Communication Consortium*, Consortium pour la communication de véhicule à véhicule) en Europe.

Le C2C-CC est une association à but non lucratif du secteur automobile qui réunit 16 constructeurs automobiles européens, 37 fournisseurs et 28 organismes de recherche. Il a pour but de créer des systèmes de gestion coopératif de la circulation routière afin d'améliorer la sécurité et l'efficacité du trafic ainsi que le confort de conduite. Il joue un rôle important dans l'élaboration des normes européennes relatives aux C-ITS et coopère étroitement dans ce domaine avec le consortium CAMP des États-Unis d'Amérique. Pour garantir la compatibilité et la cohérence de ses systèmes destinés aux véhicules et aux infrastructures routières en Europe jusqu'en 2019, le consortium travaille avec le Groupe d'Amsterdam. Celui-ci est une alliance stratégique entre le consortium C2C-CC, l'ASECAP (*Association of operators of toll road infrastructures*, Association des exploitants d'infrastructures de télépéage), le CEDR (*Conference of European Directors of Roads*, Conférence des responsables européens des réseaux routiers) et le POLIS (*European Cities and Regions Networking for Innovative Transport Solutions*, Réseau de villes et de régions européennes pour des solutions de transport innovantes). De plus, le Consortium participe activement aux travaux de la Plateforme de déploiement des C-ITS mise en place par la Commission européenne.

Le C2C-CC a participé à la conception initiale des technologies de communication entre véhicules en publiant un manifeste. Il a aussi contribué à valider les C-ITS en participant aux essais sur le terrain et aux projets actuels de couloirs C-ITS transfrontières; il a tout particulièrement concentré ses travaux sur les essais d'interopérabilité.

En 2007, le C2C-CC a publié un manifeste sur son site web<sup>11</sup>. Ce document a établi les fondements de la première démonstration d'interopérabilité effectuée en 2008 sur le site d'essai d'Opel, à Dudenhofen.

Ce document décrit les scénarios d'utilisation des C-ITS permettant d'améliorer la sécurité et l'efficacité de la circulation, ainsi que l'emploi de systèmes de communication pour obtenir des informations et assurer d'autres fonctions. Ces scénarios permettent de déduire les prérequis et les contraintes des systèmes et d'élaborer leur architecture. Celle-ci décrit les principes de communication, les différentes composantes, l'architecture des couches et les protocoles connexes. Les chapitres suivants décrivent les applications, le système de radiocommunication et les exigences de sécurité et de confidentialité des données.

Le document établit le profil normatif garantissant l'interopérabilité des unités C-ITS. La première version du profil BSP (*Basic System Profile*, profil du système de base) a été publiée pour les besoins internes du C2C-CC à la fin de 2014. La dernière version révisée en date du BSP a été partagée avec les membres du consortium et le public en 2020, et elle est régulièrement tenue à jour. Elle contient une spécification du système complétée par un certain nombre de normes et de paramètres. Elle permet de tester les différents aspects des applications qui vont être exploités «dès le premier jour».

### **Caractéristiques techniques**

La norme ETSI ITS-G5 a été définie par le Comité technique de l'ETSI sur les ITS (systèmes de transport intelligents). Le système de base est entièrement cohérent avec le système V2X (WAVE) des États-Unis d'Amérique, comme nous l'avons exposé plus haut.

La norme ETSI ITS-G5 a été élaborée de manière à constituer un système *ad hoc* complet, qui ne dépend d'aucune composante de réseau fixe comme des points d'accès, des stations de base ou d'autres éléments d'infrastructure. Néanmoins, le fait de mettre en place des infrastructures conformes à cette norme pour les intégrer dans le réseau *ad hoc* peut améliorer les capacités fonctionnelles de celui-ci en ajoutant des informations reposant sur des infrastructures.

Les applications ITS nécessitent des communications à haute fiabilité et faible temps de latence, ainsi qu'un système de commande distribuée en cas d'encombrement (DCC), qui préserve la stabilité du réseau, l'efficacité du débit et la bonne attribution des ressources au moyen d'une commande de puissance d'émission (TPC) et d'une adaptation du débit binaire et du débit de paquets.

La bande de fréquences des 5 855-5 925 MHz destinée aux applications ITS est partagée en canaux d'une largeur de bande de 10 MHz. La densité spectrale de puissance maximale des stations ITS doit être limitée à une p.i.r.e. de 23 dBm/MHz, et la puissance totale ne doit pas dépasser une p.i.r.e. de 33 dBm pour une TPC d'une portée de 30 dB. La CEPT a désigné la bande de fréquences de 20 MHz la plus basse pour les applications ITS non liées à la sécurité routière, par exemple les systèmes d'amélioration de l'efficacité du trafic, tandis que la bande de fréquences de 50 MHz la plus élevée est désignée pour les applications ITS de sécurité, comme l'échange d'informations d'état chronosensibles, qui visent à réduire le nombre de décès ou d'accidents dus à la circulation en s'appuyant sur des communications entre stations ITS. L'attribution des bandes de fréquences du système ITS est résumée dans le Tableau 13, qui porte sur les communications V2V et V2I destinées aux ITS routiers. La CEPT et l'UE ont ajouté une bande supplémentaire de 10 MHz entre 5 925 et

---

<sup>11</sup> <https://www.car-2-car.org/documents/basic-system-profile/>

5 935 MHz pour les ITS destinés au transport par rail urbain, qui ne relèvent pas du champ d'application du présent Rapport.

TABLEAU 13

**Attribution de bandes de fréquences aux ITS**

Application	Réglementation	Bande de fréquences (MHz)	Année de déploiement réel ou planifié
Communication V2V et V2I	CEPT: ECC/REC/(08)01 UE: (UE) 2019/1345	5 855 à 5 865	
		5 865 à 5 875	
ITS liés à la sécurité routière, communication V2V et V2I	CEPT: ECC/DEC/(08)01 UE: (UE) 2020/1426	5 875 à 5 885	Déploiement d'infrastructures dans certains États Membres depuis 2016 <sup>12</sup> , déploiement dans des véhicules en 2019 <sup>13</sup>
		5 885 à 5 895	
		5 895 à 5 905	
		5 905 à 5 915	
		5 915 à 5 925	
ITS liés à la sécurité routière, communication V2V et V2I	CEPT: <u>ECC DEC (09)01</u> UE: <u>(UE) 2019/1345</u>	63,72-65,88 GHz	

**Spécification technique**

Les systèmes ETSI ITS-G5 définissent un mécanisme destiné à protéger les systèmes de télépéage en s'appuyant sur les DSRC définies par le Comité européen de normalisation (CEN) et fonctionnant dans la bande des 5 795 MHz à 5 815 MHz. Ces mécanismes et restrictions permettent d'optimiser la coexistence harmonieuse des deux systèmes lorsqu'ils fonctionnent à proximité l'un de l'autre.

De plus, les systèmes ETSI ITS-G5 doivent mettre en œuvre un mécanisme de contrôle des encombrements pour garantir un bon fonctionnement lorsque le canal est très chargé. Ce mécanisme a été défini dans la norme ETSI TS 103 175.

Les principales caractéristiques de l'émetteur d'un système ETSI ITS-G5 sont indiquées dans le Tableau 14. Le gabarit spectral d'émetteur de ce système pour une largeur de bande du canal de 10 MHz est indiqué dans le Tableau 15.

<sup>12</sup> <https://www.c-roads.eu/platform.html>

<sup>13</sup> <https://www.volkswagenag.com/en/news/2017/06/pwlan.html>

TABLEAU 14

**Principales caractéristiques de l'émetteur**

Paramètre	Valeur	
Émission dans une largeur de bande de 3 dB (MHz)	10 MHz	
Puissance de crête (dBm), p.i.r.e.	33 dBm	
Densité spectrale de puissance dBm/MHz, p.i.r.e.	23 dBm/MHz	
Débit binaire	3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24 et 27 Mb/s	
Paramètres de modulation	Modulation: MDP-2, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64	Taux de codage: 1/2, 3/4, 2/3
Diagramme d'antenne hors axe en azimut	Véhicules: équidirectif (360 <sup>0</sup> ); on emploie parfois des antennes sectorielles en association avec les antennes des émetteurs ETSI-ITS-G5 destinés aux infrastructures	

TABLEAU 15

**Gabarit spectral d'émetteur pour une largeur de bande du canal de 10 MHz selon la norme ETSI EN 302-571 v2.1.1**

Fréquence de la porteuse $f_c$ (dBc)	Décalage de $\pm 4,5$ MHz (dBc)	Décalage de $\pm 5,0$ MHz (dBc)	Décalage de $\pm 5,5$ MHz (dBc)	Décalage de $\pm 10$ MHz (dBc)	Décalage de $\pm 15$ MHz (dBc)
0	0	-26	-32	-40	-50

**4.2.3.2 Système WAVE en Amérique du Nord**

**Contexte**

Le système WAVE est un système de radiocommunication mobile spécialisé qui assure une communication non vocale entre des véhicules se déplaçant sur route, sur rail ou sur toute autre infrastructure réservée au transport, ainsi qu'entre ces véhicules et ces infrastructures. Il constitue donc une technologie fondamentale pour les communications ITS puisqu'il offre un outil informatique coordonné et interopérable pour appuyer les liaisons entre les routes, les outils de gestion de la circulation et les véhicules concernés par le déploiement des ITS. Cette technologie hertzienne pourrait jouer un rôle déterminant dans l'évolution des systèmes de transport car elle offre des moyens très localisés et à faible temps de latence de communiquer entre homologues. Ces moyens devraient contribuer à répondre aux besoins de données prévus mais aussi non encore prévus des futurs systèmes de transport, qui seront plus automatisés et évolutifs. Le système WAVE s'appuie plus particulièrement sur la radiodiffusion pour offrir un service public et sur des communications bidirectionnelles entre les véhicules et l'infrastructure. Il permet notamment d'acheminer des messages de plus faible priorité concernant les unités particulières employées dans les différents environnements de transport public et privé.

Ce système a été développé aux États-Unis d'Amérique dans le but «d'améliorer la sécurité des voyageurs, de réduire les embouteillages, de favoriser la réduction de la pollution de l'air et de contribuer à préserver des carburants fossiles d'importance vitale<sup>14</sup>». Il vise aussi – et ce point intéresse tout particulièrement les États-Unis d'Amérique – à réduire le nombre de décès sur les autoroutes. Bien qu'il ne l'ait pas encore déployé à grande échelle, ce pays en a fait de nombreuses applications, dont un certain nombre ont été testées sur le terrain en grandeur nature ou sur des modèles réduits<sup>15</sup>. Ces travaux ont permis au pays de mieux comprendre les applications destinées à la sécurité des transports, à la mobilité et à la préservation de l'environnement dans le contexte des ITS évoluées. Les applications ITS de type WAVE sont conçues pour effectuer des tâches qui améliorent la sécurité routière et les flux de véhicules, et pour assurer d'autres fonctions intelligentes en matière de services de transport, en particulier pour améliorer l'efficacité et l'exploitation des systèmes de transport (par exemple en facilitant les mouvements du transport de fret routier ou la gestion des transports en cas d'intervention d'urgence). Les priorités de déploiement d'applications des ITS évoluées fondées sur des communications WAVE aux États-Unis d'Amérique sont les suivantes: la sécurité des transports, l'interopérabilité à l'échelle nationale, la stabilité technique à long terme, les normes sectorielles facultatives et l'appui aux services publics.

### Caractéristiques techniques

Équipements embarqués (OBE WAVE): les OBE se composent d'équipements de communication et de traitement installés dans des véhicules pour permettre à ceux-ci d'établir des communications WAVE avec d'autres véhicules et infrastructures, et pour prendre en charge des applications compatibles avec le système WAVE. Ils sont surtout efficaces lorsqu'ils sont intégrés dans le véhicule et qu'ils sont capables de s'interfacer avec d'autres équipements embarqués comme les ensembles de capteurs du véhicule, le système ABS et d'autres sous-systèmes pour les compléter.

Unités en bordure de route (RSU WAVE): on installe une RSU WAVE au-dessus ou au bord de la route ou d'une autre infrastructure pour communiquer, au moyen de signaux radioélectriques, avec les OBE qui passent. Une RSU se compose de circuits de radiocommunication, d'un circuit de traitement applicatif et d'équipements connexes. Elle peut disposer de liaisons de données avec des centres de gestion de la circulation (TMC) et d'autres équipements en bordure de route (par exemple des commandes de panneaux de circulation), et avec l'Internet pour échanger des données et pour obtenir des justificatifs de sécurité.

---

<sup>14</sup> Registre fédéral, volume 64, numéros 225-227, page 66405.

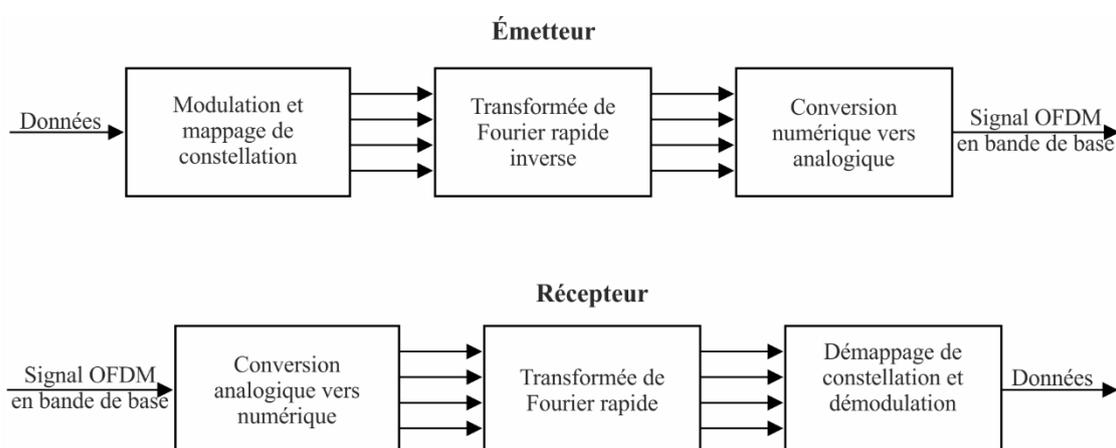
<sup>15</sup> «Collaborative Connected Vehicle Research Update» ([https://www.its.dot.gov/presentations/CV\\_PublicMeeting2013/PDF/Day1\\_LukucInteroperability.pdf](https://www.its.dot.gov/presentations/CV_PublicMeeting2013/PDF/Day1_LukucInteroperability.pdf)) p. 10-12; «Safety Pilot Model Deployment: Lessons Learned and Recommendations for Future Connected Vehicle Activities» (<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/4361>) p. 11-12; «CV Applications Already Deployed by Responding Agencies» ([http://transops.s3.amazonaws.com/uploaded\\_files/V2I%20DC%20TWG%201%20-%20January%2028%2C%202016%20Webinar%20Slides%20V3.pptx](http://transops.s3.amazonaws.com/uploaded_files/V2I%20DC%20TWG%201%20-%20January%2028%2C%202016%20Webinar%20Slides%20V3.pptx)) p. 30; «Maricopa County Department of Transportation (MCDOT) SMARTDriveSM Program» (<https://www.maricopa.gov/640/Connected-Vehicles-Program>); «Connected Vehicle Pilot Deployment Program Phase 1: Concept of Operations (ConOps) – New York City» (<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/30881>) p. 36; «Connected Vehicle Pilot Deployment Program: ICF/Wyoming Concept of Operations» ([http://www.its.dot.gov/pilots/pdf/ICF\\_ConOpsWebinar\\_02042016.pdf](http://www.its.dot.gov/pilots/pdf/ICF_ConOpsWebinar_02042016.pdf)) p. 34.

Les systèmes WAVE émettent des signaux radioélectriques pour échanger des données entre des OBE embarqués ou entre des OBE et des RSU situées sur des infrastructures. Comme ils respectent les exigences définies dans les normes sectorielles, ils peuvent échanger des données pour faire en sorte que ces données soient interopérables entre un large éventail de dispositifs et d'applications provenant de différents fabricants. L'interopérabilité est essentielle à l'adoption d'applications rapides et normalisées dans le domaine de la sécurité, qui améliorent l'efficacité des systèmes et de leur exploitation et qui offrent d'autres avantages au public.

La plupart des informations reprises dans les tableaux suivants proviennent de la norme 802.11-2016. La modulation employée par les systèmes WAVE est le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF) «semi-synchronisé» sur des canaux de 10 MHz. La Figure 28 présente le schéma d'un émetteur-récepteur MROF simple.

FIGURE 28

### Émetteur-récepteur WAVE



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-28

Les applications WAVE peuvent avoir accès à chacun des sept canaux de 10 MHz par un système d'attribution dynamique piloté par le canal de commande, comme le montre le Tableau 16; toutefois, elles n'utilisent pas les canaux combinés de 20 MHz qui correspondent aux canaux 175 et 181 dans le tableau. Ce plan de bandes attribue des canaux spécialisés aux applications de sécurité gérant les situations d'accident imminent (canal 172) et aux applications de sécurité publique de haute puissance (canal 184). Il prévoit aussi l'attribution souple d'autres canaux de service, au moyen du mécanisme du canal de commande, pour prendre en charge le large éventail d'applications WAVE des ITS évoluées. Beaucoup d'applications ne feront qu'un usage partiel d'un canal attribuable particulier à un moment et à un endroit donnés, ce qui permet de partager ce type de canaux entre les différentes applications WAVE.

Les applications de sécurité auxquelles des canaux spécialisés ne sont pas pré-attribués emploient généralement le canal de commande pour émettre des messages très courts et peu fréquents; elles peuvent aussi envoyer des annonces de service WAVE (WSA) sur le canal de commande pour indiquer le canal de service par lequel elles vont communiquer lorsque leurs messages ont moins besoin d'un très faible temps de latence. Les messages de plus faible priorité passent souvent par des WSA sur le canal de commande afin d'obtenir un canal de service qui n'est pas entièrement occupé par des communications de sécurité à l'endroit et au moment considérés. Cette attribution souple de différents canaux de service à des messages applicatifs en différents endroits favorise l'efficacité d'utilisation du spectre et réduit les brouillages entre les applications WAVE.

TABLEAU 16

**Plan des bandes attribuées aux applications WAVE aux États-Unis d'Amérique**

5,850 GHz							5,925 GHz
		Canal 175			Canal 181		
5 850-5 855 Réservé 5 MHz	Canal 172 Service 10 MHz	Canal 174 Service 10 MHz	Canal 176 Service 10 MHz	Canal 178 Commande 10 MHz	Canal 180 Service 10 MHz	Canal 182 Service 10 MHz	Canal 184 Service 10 MHz

Note – Il peut être nécessaire de réviser ce plan de bandes si la réglementation change en raison de procédures réglementaires en cours aux États-Unis d'Amérique.

**Spécification technique**

TABLEAU 17

**Caractéristiques de l'émetteur**

Paramètre	Valeur	
Émission dans une largeur de bande de 3 dB (MHz)	10 MHz	
Puissance de crête (dBm)	p.i.r.e. de 23 à 44,8 dBm (selon le canal employé, la RSU ou l'OBE et la nature publique ou privée du message); en outre, les émissions ne doivent utiliser que la puissance nécessaire pour prendre en charge une application particulière.	
Spectre d'émission (affaiblissement relatif (dB) en fonction du décalage de fréquence par rapport à la fréquence du centre ( $\Delta F$ ) (MHz))	Affaiblissement	$\Delta F$
	Voir Fig. 29	Voir Fig. 29
Débit binaire	6 Mb/s	
Paramètres de modulation	Modulation MDP-4	Taux de codage 1/2
Diagramme d'antenne hors axe en azimut	Véhicules: équidirectif ( $360^0$ ); on emploie parfois des antennes sectorielles en association avec les antennes des émetteurs WAVE de l'infrastructure	
Diagramme d'antenne hors axe en élévation	-6 à +10 degrés – infrastructure destinée aux véhicules – dépend de la mise en œuvre	
Hauteur d'antenne (mètres)	1,5-15 m	
Polarisation de l'antenne	Essentiellement verticale (mais certaines antennes sont circulaires dextrogyres)	

TABLEAU 18

**Classification de la puissance d'émission maximale pour l'accessibilité à court terme (STA) dans la bande des 5 850-5 925 MHz aux États-Unis d'Amérique**

Classification de la puissance d'émission pour la STA	Puissance d'émission maximale pour la STA (mW)	p.i.r.e. maximale admissible (dBm)
A	1	23
B	10	33
C	100	33
D	760 À noter que dans cette classe, une puissance supérieure est admissible pour autant que le niveau de puissance soit ramené à cette valeur à l'entrée de l'antenne et que les spécifications du gabarit d'émission soient respectées.	33 pour les émissions non publiques 44,8 pour les émissions publiques

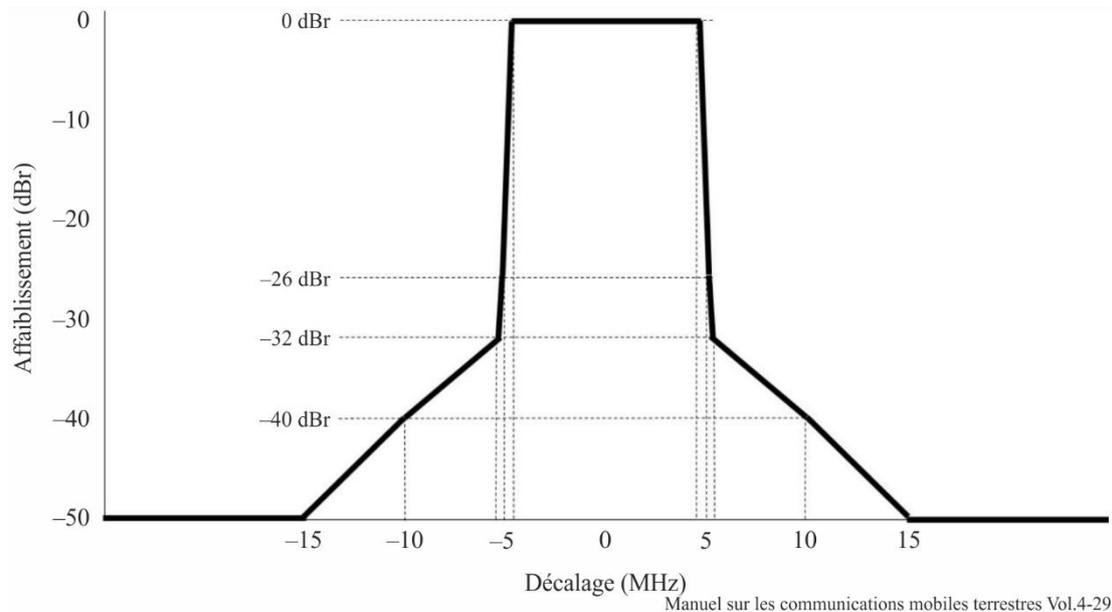
TABLEAU 19

**Données du gabarit spectral pour un espacement des canaux de 10 MHz**

Classe de puissance d'émission pour la STA	Densité spectrale de puissance admissible (dBr)				
	Décalage de $\pm 4,5$ MHz ( $\pm f1$ )	Décalage de $\pm 5,0$ MHz ( $\pm f2$ )	Décalage de $\pm 5,5$ MHz ( $\pm f3$ )	Décalage de $\pm 10$ MHz ( $\pm f4$ )	Décalage de $\pm 15$ MHz ( $\pm f5$ )
Classe A	0	-10	-20	-28	-40
Classe B	0	-16	-20	-28	-40
Classe C	0	-26	-32	-40	-50
Classe D	0	-35	-45	-55	-65

FIGURE 29

**Gabarit spectral d'émission pour l'émission d'un OBE dans une bande de 10 MHz (généralement dans la classe C)**



### 4.2.3.3 Système *ITS Connect* au Japon

#### Contexte

Au Japon, le système *ITS Connect* exploite la bande de fréquences des 755,5-764,5 MHz. La fréquence centrale est 760 MHz. Si le système *ITS Connect* devait être employé par un autre pays et que par exemple une bande inférieure à 1 GHz lui était assignée, la performance en termes de portée de la communication mesurée en affaiblissement sans/en visibilité directe (NLOS/LOS) serait semblable à celle du système fonctionnant dans la bande des 760 MHz et le système serait en mesure de fournir des services analogues dans les domaines de la sécurité routière et de la protection de l'environnement.

#### Caractéristiques techniques

Le système *ITS Connect* est configuré de manière à exploiter des unités en bordure de route (RSU) et des équipements embarqués (OBE). Les fonctions de base de ce système sont les suivantes:

- acheminement et échange d'informations contribuant à réduire le nombre d'accidents de la route;
- acheminement et échange d'informations contribuant à favoriser une conduite sûre; et
- acheminement et échange d'informations contribuant à fluidifier les flux de circulation.

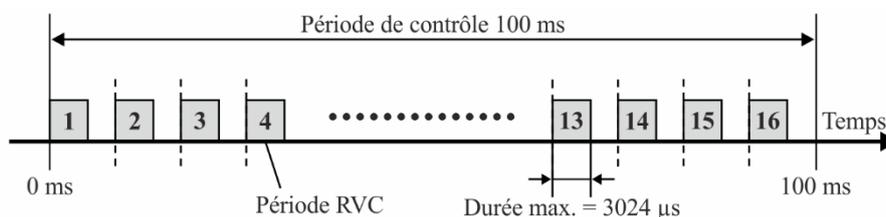
L'OBE est installé à l'intérieur du véhicule. Il établit une radiocommunication avec les RSU ou avec d'autres OBE. Les composantes radioélectriques d'un OBE sont notamment un émetteur, un récepteur, un contrôleur et une antenne. L'OBE envoie des informations sur le véhicule (comme sa position, sa vitesse, sa direction, etc.) Il reçoit des signaux provenant d'autres OBE et de RSU, ce qui permet au véhicule de connaître la position et la situation d'autres véhicules et de fournir à son conducteur des informations pertinentes et des conseils pour contribuer à la sécurité routière.

La RSU établit une radiocommunication avec les OBE et les autres RSU. Les composantes radioélectriques d'une RSU sont notamment un émetteur, un récepteur, un contrôleur et une antenne. La RSU est installée en bordure de route (surtout à des intersections). L'un des cas d'utilisation de la communication d'infrastructure à véhicule (I2V) consiste à radiodiffuser des informations sur les panneaux de circulation; à cette fin, la RSU se connecte au centre de commande des panneaux de circulation. Un autre cas d'utilisation de l'I2V consiste à radiodiffuser des informations sur les véhicules et les piétons lorsqu'un piéton traverse une intersection équipée d'une RSU. Un capteur détecte la présence du véhicule et du piéton et envoie l'information à la RSU.

Tous les OBE et les RSU partagent le même canal RF. Un intervalle de temps est divisé en périodes de communication V2V et I2V de telle sorte que les RSU et les OBE puissent partager la fréquence sans se causer mutuellement de brouillages. La Figure 30 illustre ce mécanisme de partage. Les RSU et les OBE effectuent normalement des communications pendant un cycle de 100 ms. Dans la Fig. 30, la RSU peut utiliser la période en gris. Si elle n'utilise pas la totalité de 3 024 microsecondes, l'OBE peut utiliser le temps restant pour effectuer une communication V2V.

FIGURE 30

**Périodes d'émission de la RSU**



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-30

Pour éviter toute collision entre des émissions d'OBE à OBE, on emploie un protocole AMDP/AC.

**Spécification technique**

Le système *ITS Connect* emploie un signal modulé MROF sur un canal RF. La largeur de bande occupée est au maximum de 9 MHz. La plupart des paramètres MROF sont identiques à ceux qui sont définis dans la norme IEEE 802.11p. La méthode de modulation et de codage est décrite dans le Tableau 20. Le débit binaire de l'émission est au moins de 5 Mbit/s.

TABLEAU 20

**Spécification de la méthode de modulation et de codage**

Élément	Paramètre
Bande de fréquences	755,5-764,5 MHz (canal unique)
Choix du canal	Non exigé (fixe)
Correction d'erreurs	Codage convolutif avec correction d'erreur directe (FEC), R=1/2, 3/4
Modulation	MDP-2/MROF, MDP-4/MROF, MAQ-16/MROF

Cette réglementation a été établie pour permettre la coexistence entre un système *ITS Connect* fonctionnant dans la bande des 755,5-764,5 MHz et des systèmes fonctionnant dans des canaux adjacents (LTE, télévision numérique, microphone radioélectrique, etc.)

La sensibilité de la réception est identique à celle qui est prévue dans la norme IEEE 802.11p. Dans ce système, on a choisi une modulation MDP-2, MDP-4 et MAQ-16 avec un espacement de 10 MHz entre les canaux. La puissance d'émission dans la bande de fréquences exploitée est au maximum de 10 mW pour une largeur de bande moyenne de 1 MHz.

#### **4.2.3.4 Technologie de communication V2X en Corée**

##### **Contexte**

Le projet national de communication à bords multiples entre véhicules (VMC) en Corée a été lancé en 2007; la technologie de communication V2X avait essentiellement été développée pour assurer la conformité à la norme WAVE des États-Unis d'Amérique.

En 2009, le projet *Smart Highway* (autoroutes intelligentes) a été lancé pour développer des OBE et des RSE. Il a été testé sur l'autoroute entre le péage de Séoul et le Lycée international de Suwon. En 2014, un essai pilote de technologie C-ITS a été lancé: 3 000 OBE et 79 RSE ont été installés pour tester 15 applications sur l'autoroute et sur des routes urbaines et périurbaines.

En 2016, le ministère des Sciences et des TIC a attribué la bande de fréquences des 5,855-5,925 GHz aux applications C-ITS et à leur spécification technique. En 2018, le ministère du Territoire, des Infrastructures et des Transports a décidé de déployer le système C-ITS sur l'autoroute ainsi que dans la ville de Séoul et dans l'île de Jeju.

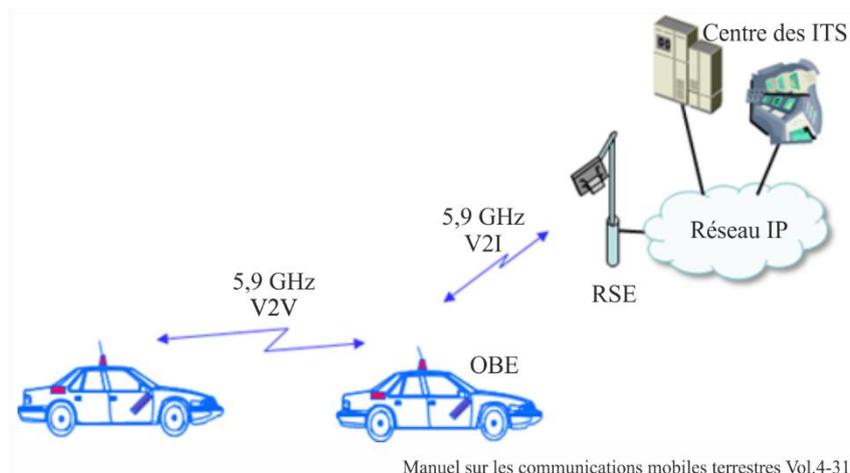
##### **Caractéristiques techniques**

Le système de communication V2X de Corée exploite la bande de fréquences des 5,9 GHz, qui a été attribuée aux applications C-ITS et aux applications de sécurité des véhicules. Il offre une couverture radioélectrique de 1 km et présente un temps de latence de 100 ms dans les communications V2V et V2I.

Ce système peut utiliser un canal de commande et six canaux de service. Le canal de commande sert à établir une première connexion de liaison ou à émettre des messages de sécurité. Il doit prendre en charge le fonctionnement multicanal pour pouvoir passer physiquement du canal de commande aux canaux de service.

FIGURE 31

**Configuration du système de communication V2X**



**Spécification technique**

TABLEAU 21

**Spécification de la communication V2X**

Élément	Spécification
Bande de fréquences	5,855~5,925 GHz (7 canaux)
Largeur de bande du canal	10 MHz
Temps de latence	Inférieur à 100 ms
Modulation	MROF (MDP-2, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64)
Débit binaire	3, 4,5, 6, 9, 12, 24, 27 Mbit/s
MAC	AMDP/AC

**4.2.3.5 Les ITS au Brésil**

Le Brésil considère que l'apparition des solutions de connectivité des véhicules dans les réseaux de communication mobile joue un rôle important dans les environnements urbains et ruraux et sur les autoroutes, car ces solutions permettent d'envoyer et de recevoir des données et des informations qui aident les conducteurs, améliorent les conditions de circulation et protègent les véhicules.

Les exigences des communications ITS au Brésil sont énoncées dans la réglementation régissant les besoins techniques liés à l'évaluation de conformité des équipements de radiocommunication dont le rayonnement est réglementé. Ces équipements comprennent notamment les systèmes de communication de données entre véhicules et entre des véhicules et des infrastructures en bordure de route. Les caractéristiques de l'exploitation des ITS au Brésil sont fondées sur la norme ETSI EN 302 571, qui vise l'utilisation d'équipements de radiocommunication fonctionnant dans la bande de fréquences des 5 855-5 925 MHz, cette bande étant divisée en blocs de 10 MHz.

TABLEAU 22

**Plan des bandes attribuées aux ITS au Brésil**

Numéro de canal	Bande de fréquences (MHz)
1	5 855-5 865
2	5 865-5 875
3	5 875-5 885
4	5 885-5 895
5	5 895-5 905
6	5 905-5 915
7	5 915-5 925

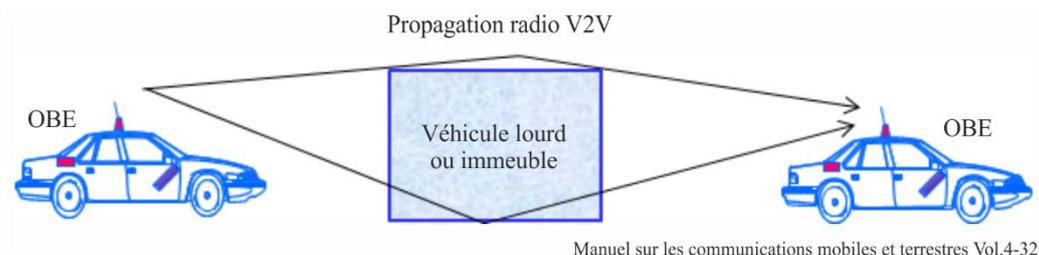
Pour les communications V2V et V2I utilisant la bande de fréquences des 5,9 GHz, la p.i.r.e. maximale est de 23 dBm (200 mW). Pour les communications de véhicule à infrastructure qui nécessitent une puissance plus élevée, une p.i.r.e. de 26 dBm (400 mW) est admissible. Les canaux 5 à 7 sont réservés aux applications de sécurité routière et de sécurité des véhicules.

**4.2.4 Caractéristiques de la propagation radioélectrique**

Les radiocommunications des ITS évoluées exploitent des canaux radioélectriques destinés aussi bien à la V2V qu'à la V2I. Ces canaux doivent tenir compte des différents environnements, par exemple un milieu urbain ou rural ou des autoroutes. Un canal radioélectrique destiné à la V2V doit présenter des caractéristiques d'affaiblissement en visibilité directe (LOS) ou sans visibilité directe (NLOS) en raison de la présence d'obstacles à la radiocommunication, par exemple des immeubles ou des véhicules lourds dans une zone urbaine. Dans la pratique, le canal radioélectrique exploité par la V2V présente un affaiblissement sur trajets multiples NLOS avec un étalement du temps de propagation et un décalage Doppler.

FIGURE 32

**Canal radioélectrique de la V2V sans visibilité directe (NLOS)**



L'étalement du temps de propagation indique un retard statistique des signaux radioélectriques arrivés dans le domaine temporel; le décalage Doppler est un décalage statistique en fréquence des signaux radioélectriques arrivés dans le domaine des fréquences. L'étalement du temps de propagation est déterminé par la portée radioélectrique; le décalage Doppler dépend de la vitesse relative des deux véhicules communiquant entre eux.

Une étude a été menée sur le canal radioélectrique V2V utilisé pour la communication V2X dans la bande des 5,9 GHz; il s'agissait de tester l'étalement du temps de propagation et le décalage Doppler pour une portée radioélectrique de 1 km et une vitesse des véhicules de 108 km/h.

L'étalement du temps de propagation était inférieur à 1,5  $\mu$ s et le décalage Doppler maximum était d'environ 1,53 kHz. Le Tableau 23 indique l'étalement du temps de propagation et le décalage Doppler dans des environnements urbain et rural et sur autoroute.

TABLEAU 23

**Caractéristiques du canal radioélectrique utilisé pour la V2V**

Paramètre du canal radioélectrique	Milieu urbain	Milieu rural	Autoroute
Étalement du temps de propagation maximum ( $\mu$ s)	0,6	1,5	1,4
Décalage Doppler (kHz)	0,583	1,11	1,53

### 4.3 Communication V2X cellulaire

#### 4.3.1 Introduction

La communication cellulaire est une communication bidirectionnelle prenant en charge des applications d'utilisateur dans une zone étendue. Elle dispose d'une architecture multicellulaire et peut prendre en charge la voix, les données et la vidéo. Elle évolue en permanence pour améliorer ses performances en termes de débit binaire et de temps de latence.

La première génération (1G) de technologie cellulaire ne permet d'échanger que de la voix grâce à la technologie de l'accès multiple par répartition en fréquence (AMRF). La deuxième génération (2G) permet d'acheminer de la voix et des données au moyen de systèmes d'accès radioélectriques numériques tels que l'accès multiple à répartition dans le temps (AMRT) et l'accès multiple par répartition en code (AMRC). La troisième génération (3G) de technologie cellulaire permet d'échanger de la voix, des données et de la vidéo par des communications numériques en s'appuyant sur l'AMRC. La quatrième génération (4G) peut échanger tous les contenus multimédias fondés sur le protocole IP au moyen de l'accès multiple par répartition orthogonale de la fréquence (AMROF). Enfin, la dernière génération en date, qui est la cinquième (5G), permet d'échanger du multimédia en 3D grâce aux nouvelles technologies d'accès radioélectrique (NR).

Parmi les normes des communications cellulaires de quatrième génération, la LTE V2X et la LTE eV2X ont été élaborées pour offrir une connectivité V2X aux applications ITS, notamment dans les domaines de la sécurité des véhicules et de la conduite automatisée. Ces technologies peuvent servir à construire des réseaux de communication spécialisés pour les applications ITS. Elles présentent les caractéristiques suivantes:

- Communications par paquets de données au moyen de connexions V2I, V2V et V2P.
- Communications fiables dans un contexte de haute mobilité à 500 km/h.
- Accès réparti et accès centralisé.

TABLEAU 24

**Caractéristiques techniques des technologies de communication cellulaires**

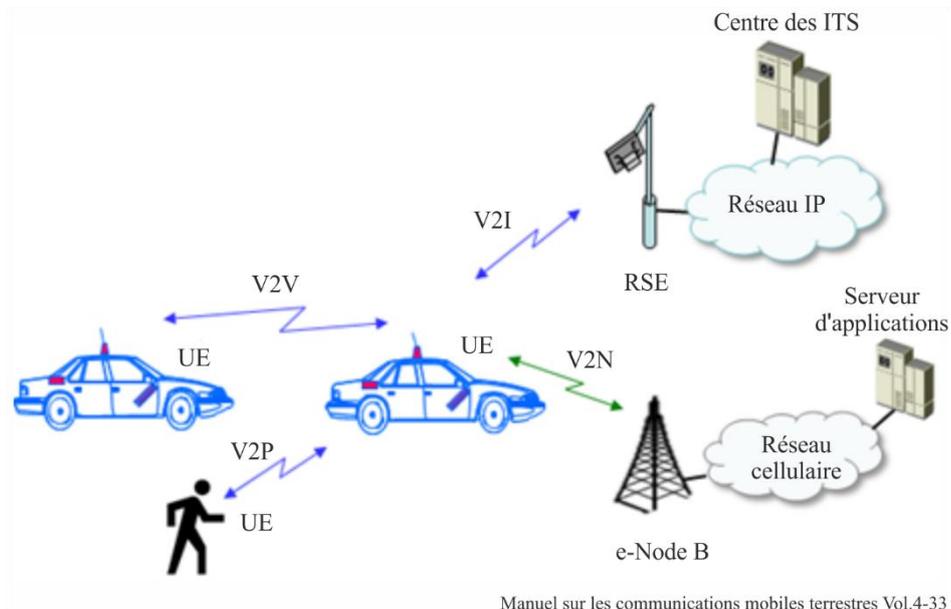
<b>Élément</b>	<b>1G</b>	<b>2G</b>	<b>3G</b>	<b>4G</b>	<b>5G</b>
Norme d'accès radioélectrique	Analogique (AMPS)	Numérique (GSM, AMRC)	IMT-2000 (AMRC-LB)	IMT évoluées	IMT-2020
Méthode d'accès radioélectrique	AMRF	AMRT, AMRC	AMRC	AMROF	Numérologie fondée sur le MROF modulable
Débit binaire maximum	–	64 kbit/s	2 Mbit/s	100 Mbit/s	10 Gbit/s
Taille des trames	20 ms	20 ms	10 ms	5 ms	1 ms
Applications	Voix analogique	Voix et données numériques	Voix, données et vidéo numériques	Multimédia fondé sur l'IP	Large bande, Utilisation massive de l'IoT, URLCC

**4.3.2 Configuration du système**

Les réseaux de communication cellulaires LTE V2X et eV2X se composent d'un équipement d'utilisateur (UE), d'une station de base e-Node B et d'un équipement en bordure de route (RSE). Un UE peut offrir une connectivité V2V, V2P, V2I et V2N. La V2I offre une connectivité au réseau spécialisé des ITS via un RSE. La V2N offre une connectivité au serveur d'applications via une station e-Node B.

FIGURE 33

### Système de communication cellulaire V2X



Dans le cas des applications V2V, V2I et V2P, l'équipement d'utilisateur peut être connecté à un dispositif de communication entre homologues V2X. Si tel est le cas, la bande de fréquences employée sera coordonnée avec la bande des 5,9 GHz recommandée pour les applications ITS.

La connectivité V2N est assurée par un opérateur cellulaire qui gère sa bande de fréquences. Les fréquences radioélectriques employées par les technologies cellulaires de la première à la quatrième génération sont 450 MHz, 800 MHz, 10,8 GHz et 2,1 GHz, tandis que les technologies de cinquième génération peuvent utiliser les bandes millimétriques des 3,5 GHz et 28 GHz, par exemple.

En conséquence, la V2X fondée sur la LTE prend en charge les scénarios de travail avec ou sans recours à une couverture ou un déploiement de réseau cellulaire. En termes de technologies de communication spécifiques, la V2X fondée sur la LTE comprend deux interfaces (comme le montre la Fig. 34) appelées Uu (interface de communication cellulaire) et PC5 (interface de communication directe). L'interface Uu peut être utilisée dans un réseau cellulaire lorsqu'un dispositif du réseau (par exemple un terminal embarqué, un téléphone intelligent ou une RSU) prenant en charge des services V2X fondés sur la LTE est couvert par le réseau cellulaire. Qu'il existe ou non une couverture du réseau cellulaire, l'interface PC5 peut être employée pour la communication V2X. Cette combinaison d'interfaces se prenant mutuellement en charge offre plusieurs choix de communication selon les besoins de communication des applications V2X considérées, notamment par exemple en fonction du temps de latence, de la portée et des exigences de fiabilité.

#### Interface PC5

La conception du mécanisme de l'interface PC5, qui repose sur la technologie LTE-D2D, a été améliorée à de nombreux égards pour prendre en charge la radiodiffusion de messages V2X (en particulier des messages V2V), les échanges de dynamiques évoluant rapidement (comme l'emplacement, la vitesse et la direction du véhicule) et à l'avenir des applications de conduite potentiellement autonomes, notamment la constitution de pelotons de véhicules et le partage de capteurs.

La couche physique est renforcée pour prendre en charge la vitesse de déplacement relative jusqu'à 500 km/h dans la bande de fréquences élevée, et pour résoudre les problèmes du large étalement de fréquences dû au décalage Doppler et de la variation rapide des canaux dans le temps.

Pour garantir la qualité de fonctionnement des communications, les récepteurs et les émetteurs de la V2X fondée sur la LTE doivent être synchronisés entre eux pendant la communication. La technologie C-V2X permet d'effectuer cette synchronisation entre différentes sources, notamment le système mondial de navigation par satellite (GNSS), les stations de base et les véhicules. Le terminal peut obtenir des sources de synchronisation optimales via la commande de réseau ou en récupérant des informations préconfigurées afin de synchroniser l'ensemble du réseau, dans la mesure du possible. En outre, la V2X fondée sur la LTE prend en charge la maintenance dynamique des sources de synchronisation optimales, ce qui permet au terminal de choisir la source ayant la priorité la plus élevée en temps utile pour la synchronisation d'horloge.

L'interface PC5, qui constitue la technologie centrale de la V2X fondée sur la LTE, prend en charge les modes d'attribution planifiée des ressources (Mode 3) et d'attribution autonome des ressources (Mode 4). De plus, la V2X fondée sur la LTE dispose d'un mécanisme de contrôle des encombrements qui permet d'accroître de façon notable le nombre d'utilisateurs accédant au système dans des scénarios de forte densité, mais qui accorde aux utilisateurs un accès moins fréquent.

## **Interface Uu**

Pour mieux correspondre aux caractéristiques des services V2X, l'interface Uu a été améliorée, notamment dans le domaine des liaisons montante et descendante et de l'informatique en périphérie à accès multiple (MEC).

L'émission en liaison montante prend en charge la programmation semi-statique multitrajet en s'appuyant sur les caractéristiques des services, ce qui réduit considérablement le retard de programmation de la liaison montante dans le contexte d'une haute fiabilité des émissions du service. L'émission en liaison descendante présente les mêmes caractéristiques qu'une radiodiffusion à faible portée et faible temps de latence utilisant le protocole point-multipoint à une seule cellule (SC-PTM), et qu'un réseau à fréquence unique de multidiffusion ou de radiodiffusion (MBSFN) lorsqu'elle est employée pour la communication locale de services V2X. En outre, la V2X fondée sur la LTE prend en charge le déploiement localisé d'éléments du réseau central et définit les paramètres de qualité de service (QoS) pour les services V2X afin de garantir la qualité de fonctionnement des émissions du service.

L'informatique en périphérie à accès multiple (MEC) a été intégrée dans la V2X fondée sur la LTE pour prendre en charge les services de l'Internet des véhicules (IOV) (par exemple la conduite autonome et le téléchargement en temps réel de cartes en haute résolution), qui exigent un temps de latence ultra-faible et une émission ultra-fiable. Le *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI, Institut européen de normalisation des télécommunications) et le Partenariat 3GPP viennent de lancer ensemble un projet essentiel visant à étudier le cadre de travail général de la MEC, le plan utilisateur, le délestage des services, la mobilité, la continuité de service et l'évolutivité des capacités du réseau.

### **4.3.3 Caractéristiques techniques**

#### **Contexte**

Conformément aux spécifications de la version 14 du Partenariat 3GPP, les communications en liaison directe entre dispositifs de la V2V fondée sur la LTE exploitent les communications D2D définies dans le cadre des services ProSe (services de proximité) décrits dans les versions 12 et 13. En effet, dans le cadre de ces services ProSe, une nouvelle interface D2D spécifiée dans la version 14 a été renforcée pour les utilisations dans des véhicules, en particulier pour régler les problèmes de

vitesse élevée (vitesses relatives jusqu'à 500 km/h) et pour les scénarios de connexion en cas de forte densité<sup>16</sup>. Quelques modifications fondamentales ont été apportées à l'interface PC5 des communications LTE-V2V:

- Des symboles DMRS supplémentaires ont été ajoutés pour gérer un décalage Doppler élevé en combinaison avec des vitesses relatives pouvant atteindre 500 km/h à des fréquences élevées (la bande des 5,9 GHz attribuée aux ITS étant la principale cible).
- L'attribution de la programmation et des ressources de données est organisée de manière à renforcer la qualité de fonctionnement du système dans des scénarios de forte densité, tout en respectant les exigences de faible latence de la V2V.

La programmation répartie (Mode 4), qui est un mécanisme de détection à émission semi-permanente, a également été mise en place.

### **Caractéristiques techniques**

L'étude des services V2X fondés sur la LTE<sup>17</sup> du Partenariat 3GPP contient les spécifications des améliorations à apporter pour prendre en charge les services V2X disposant d'une liaison montante et descendante LTE, l'interface PC5 en LTE afin d'offrir des services V2X supplémentaires tels que la communication de véhicule à piéton (V2P), et des scénarios plus opérationnels de services V2V exploitant l'interface PC5 en LTE. Plus précisément, les éléments suivants ont été examinés dans cette étude:

- Amélioration de la liaison montante et de l'interface PC5 pour permettre au nœud eNB de modifier rapidement la programmation semi-permanente (SPS) lorsqu'il s'adapte à un changement du schéma de génération des messages V2X.
- Création de périodes de programmation plus courtes pour la liaison descendante et l'interface PC5 en vue de respecter les exigences de latence de la radiodiffusion des messages V2X.
- Création d'une procédure supplémentaire d'attribution des ressources en mode 4 de l'interface PC5 pour permettre aux UE des piétons d'économiser de l'énergie.
- Création d'un mécanisme de contrôle des encombrements dans l'interface PC5 pour pouvoir fonctionner lorsque la circulation est dense.
- Amélioration de la synchronisation de l'interface PC5 pour pouvoir fonctionner en dehors de la couverture du système GNSS ou du nœud eNB.
- Prise en charge du fonctionnement simultané des communications V2X sur plusieurs porteuses.

L'interface PC5 destinée aux communications V2X prend en charge les modulations MDP-4 et MAQ-16 dans un canal de 10 MHz ou 20 MHz, ce qui produit un débit de crête de 41,472 Mbit/s. L'interface Uu de la V2X réutilise l'interface Uu existante du LTE; le système de modulation et le débit de crête sont donc les mêmes. Les caractéristiques techniques sont indiquées dans le Tableau 25.

---

<sup>16</sup> Voir la spécification du Partenariat 3GPP # 36.785: Vehicle to Vehicle (V2V) services based on LTE sidelink; User Equipment (UE) radio transmission and reception.

<sup>17</sup> Voir la spécification du Partenariat 3GPP # 36.885.

TABLEAU 25

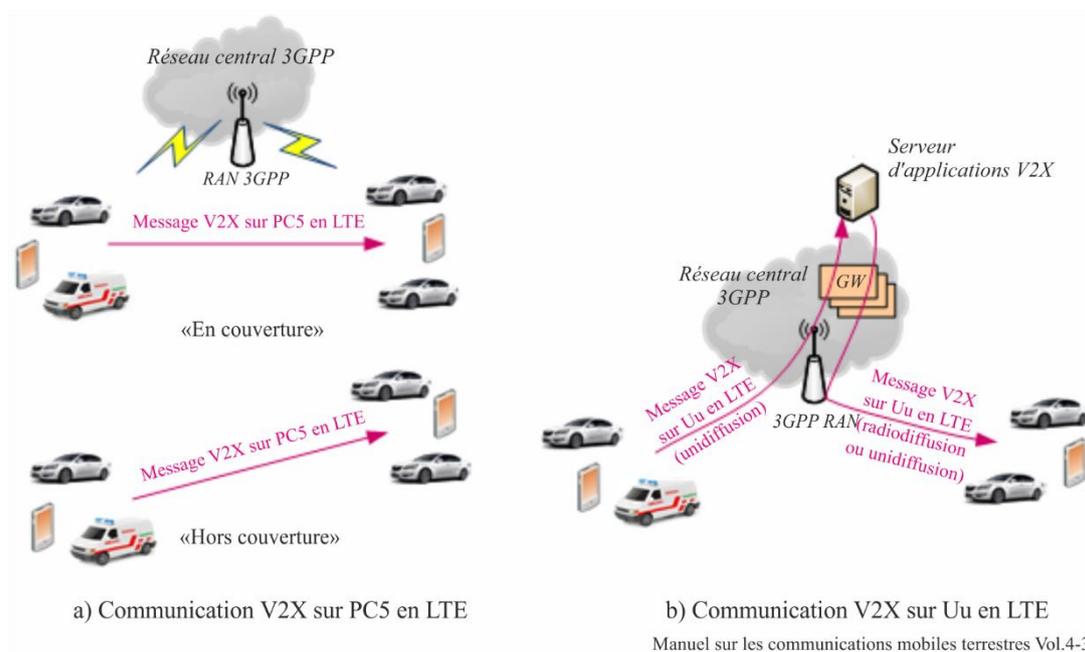
**Caractéristiques du système d'émission**

Élément	Caractéristiques de l'émission	
	Interface Uu	Interface PC5
Gamme de fréquences de fonctionnement	Toutes les bandes définies dans le document TS 36.101 prennent en charge un fonctionnement avec l'interface Uu, sauf la bande 47 Bandes destinées à l'interface Uu lorsqu'elle est employée en combinaison avec l'interface PC5 Bande 3: UL: 1 710-1 785 MHz DL: 1 805-1 880 MHz Bande 5: UL: 824-849 MHz DL: 869-894 MHz Bande 7: UL: 2 500-2 570 MHz DL: 2 620-2 690 MHz Bande 8: UL: 880-915 MHz DL: 925-960 MHz Bande 20: UL: 832-862 MHz DL: 791-821 MHz Bande 28: UL: 703-748 MHz DL: 758-803 MHz Bande 34: UL: 2 010-2 025 MHz DL: 2 010-2 025 MHz Bande 39: 1 880-1 920 MHz Bande 41: 2 496-2 690 MHz Bande 71: UL: 663- 698 MHz DL: 617-652 MHz	Pour la version 14 Bande 47: 5 855-5 925 MHz
Largeur de bande du canal RF	1,4, 3, 5, 10, 15 ou 20 MHz par canal	10 ou 20 MHz par canal
Puissance d'émission RF/p.i.r.e.	Max 43 dBm pour un nœud eNB Max 23 ou 33 dBm pour un UE	Max 23 ou 33 dBm
Système de modulation	Liaison montante: AMRF à porteuse unique en MPD-4, AMRF à porteuse unique en MAQ-16, AMRF à porteuse unique en MAQ-64 Liaison descendante: AMROF en MDP-4, AMROF en MAQ-16, AMROF en MAQ-64	AMRF à porteuse unique en MPD-4, AMRF à porteuse unique en MAQ-16
Correction d'erreur directe	Codage convolutif et codage turbo	Codage convolutif et codage turbo
Débit d'émission de données	Liaison montante: de 1,4 Mbit/s à 36,7 Mbit/s pour un canal de 10 MHz Liaison descendante: de 1,4 Mbit/s à 75,4 Mbit/s pour un canal de 10 MHz	De 1,3 Mbit/s à 15,8 Mbit/s pour un canal de 10 MHz
Commande d'accès au support	Programmation centralisée par un nœud eNB	Programmation centralisée ou programmation répartie
Méthode duplex	FDD ou TDD	TDD

La spécification de la radiocommunication en LTE prend en charge deux méthodes de communication V2X fondées sur la LTE reposant respectivement sur les interfaces PC5 et Uu, comme illustré dans la Fig. 34 ci-dessous. Ces interfaces prennent en charge une émission par liaison directe lorsqu'un réseau cellulaire offre une couverture aux véhicules (interface Uu disposant d'une couverture), ou lorsque les véhicules ne disposent pas de cette couverture (interface PC5). La V2X fondée sur la LTE peut acheminer des émissions de messages unidiffusés ou radiodiffusés lorsqu'on emploie l'interface Uu.

FIGURE 34

### Communication V2X par des interfaces PC5 et Uu



#### 4.3.3.1 V2X fondée sur la LTE

Le Partenariat 3GPP a achevé, dans sa version 14, de normaliser les communications V2X fondées sur la LTE, notamment en ajoutant des dispositions sur les exigences de service, l'architecture du système, la technologie des interfaces hertziennes et la sécurité.

En matière d'exigences de service, la norme définit 27 cas d'utilisation des communications V2V, V2I, V2P et V2N, ainsi que des exigences de services pour la V2X fondée sur la LTE. Elle spécifie en outre des exigences de performance pour sept scénarios courants. En matière d'architecture du système, la norme prévoit des améliorations permettant de prendre en charge les services V2X fondés sur l'architecture des services ProSe (services de proximité) via l'interface PC5 ainsi que les communications cellulaires LTE via l'interface Uu. Elle indique clairement que ces améliorations doivent prendre en charge au moins les services V2X émis par l'interface PC5 et l'interface Uu en LTE. En matière de technologie des interfaces hertziennes, la norme précise la structure des canaux, le processus de synchronisation et l'attribution des ressources dans l'interface PC5, ainsi que la coexistence des interfaces PC5 et Uu dans les mêmes porteuses ou des porteuses adjacentes, la signalisation du contrôle des ressources radioélectriques (RRC) et les indicateurs et exigences de performance connexes des fréquences radioélectriques. Elle prévoit aussi des améliorations des émissions via les interfaces Uu et PC5 pour prendre en charge les services V2X fondés sur la LTE.

Par ailleurs, l'étude sur les aspects de sécurité des améliorations de l'architecture LTE pour prendre en charge les services V2X a été achevée.

#### **4.3.3.2 V2X fondée sur la 5G**

Les communications V2X fondées sur la 5G comprennent à la fois la V2X fondée sur la LTE depuis la version 15 et les nouvelles technologies d'accès radioélectrique (NR). Elles ont été conçues pour prendre en charge des scénarios de services V2X plus sophistiqués. Elles offrent des services plus évolués et améliorent les communications V2X fondées sur la LTE en intégrant des capacités de la LTE.

Les communications eV2X fondées sur la LTE représentent la phase (version 15) de l'étude sur les technologies d'amélioration qui prend en charge des scénarios de services V2X plus sophistiqués en vue d'offrir une fiabilité, un débit binaire et un temps de performance meilleurs en mode dispositif à dispositif (D2D), et de répondre en partie aux besoins des futurs services V2X prévus.

La spécification technique TS 22.886 établit les exigences de services pour 25 cas d'utilisation dans cinq catégories de services eV2X, notamment les besoins de base, la constitution de pelotons de véhicules, la conduite semi-autonome ou autonome, les systèmes étendus de capteurs et la conduite à distance. L'étude en cours du Partenariat 3GPP sur les spécifications de la phase 2 des communications V2X porte surtout sur la faisabilité et les avantages de ces améliorations technologiques dans les domaines des agrégats de porteuses, de la diversité des émissions, des modulations d'ordre élevé, du partage de ressources communes, de la réduction des retards et du raccourcissement des intervalles de temps de transmission (TTI).

Pour ce qui concerne les communications V2X fondées sur les NR, le 3GPP a approuvé une étude visant à établir des méthodes de simulation conformes aux spécifications TR 38.913 et TR 38.802 et aux besoins définis dans la spécification TR 22.886. Cette étude porte notamment sur des scénarios de simulation, des indicateurs de performance et des modèles de service; elle prend aussi en compte le modèle de canaux sur la liaison latérale au-dessus de 6 GHz.

#### **4.3.4 Caractéristiques de la propagation radioélectrique**

La propagation radioélectrique dans la bande de fréquences des 5,9 GHz est identique à celle qui est décrite au § 4.2.4.

### **4.4 Radiodiffusion dans une zone étendue**

#### **4.4.1 Introduction**

Bien que les techniques de radiodiffusion soient employées sur de courtes portées, par exemple dans des applications de sécurité V2V via une interface PC5, la technologie de radiodiffusion peut aussi assurer la communication unidirectionnelle d'une station de base vers des applications d'utilisateur fonctionnant sur un équipement d'utilisateur dans une zone étendue. Elle peut prendre en charge la voix, les données et la vidéo. Elle est passée de l'analogique au numérique pour améliorer la qualité de fonctionnement des radiocommunications.

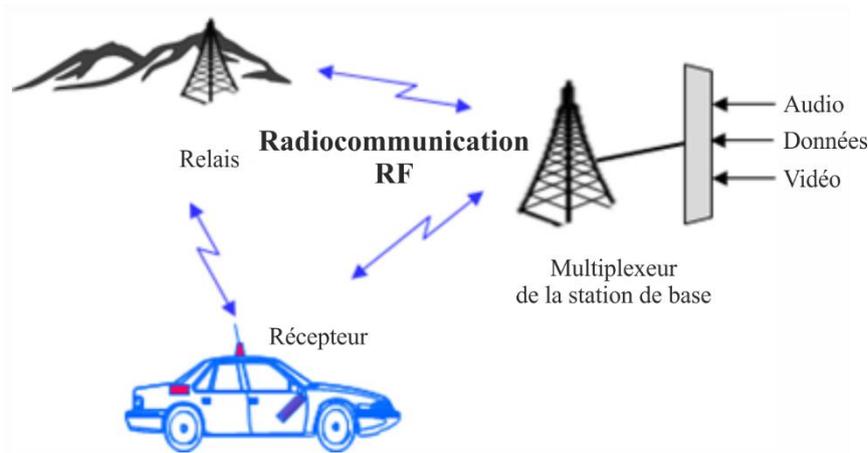
La technologie de radiodiffusion a été choisie pour certaines applications particulières des ITS du fait de sa capacité à acheminer des communications unidirectionnelles dans une zone étendue. Les systèmes FM DARC et RDS, par exemple, sont des technologies de radiodiffusion de données employées par des applications ITS. Ils utilisent une sous-porteuse de 53-100 kHz des émissions analogiques de la FM.

La radiodiffusion multimédia numérique (DMB) est une technologie permettant de fournir un service multimédia aux utilisateurs de dispositifs portatifs et aux conducteurs de véhicules.

#### 4.4.2 Configuration du système

FIGURE 35

#### Configuration du système de radiodiffusion dans une zone étendue



#### 4.4.3 Caractéristiques techniques

Le système de canal de radiodiffusion de données en modulation de fréquence (FM DARC) est un système de radiodiffusion par multiplexage en FM permettant d'acheminer des données numériques dans le canal de radiodiffusion FM existant des 60~94 kHz. Il exploite la modulation par déplacement minimal avec asservissement de niveau (MDMAN) qui résiste bien aux brouillages sur trajets multiples dans un canal de radiodiffusion FM. Son débit binaire maximum est de 16 kbit/s. Il permet d'envoyer des informations sur la circulation et de télécharger des cartes et des informations GPS différentielles destinées à certaines applications ITS. Il présente l'avantage de transmettre des données par paquets numériques tout en offrant une couverture radioélectrique étendue.

La radiodiffusion multimédia numérique (DMB) est un système de radiodiffusion de la télévision numérique, adapté du système Eureka-147 DAB, qui est employé pour envoyer des signaux sonores et vidéo et des données par paquets. Le système Eureka-147 DAB est un système numérique spécialisé dans les signaux sonores qui transmet les données par paquets et dispose d'un mode de données en streaming. La T-DMB est la DMB de Terre; elle utilise le codage MPEG-4 et la correction d'erreur directe de Reed-Solomon pour transmettre des signaux sonores et vidéo numériques.

#### 4.4.4 Caractéristiques de la propagation radioélectrique

Les fréquences de radiodiffusion en FM sont généralement comprises entre 87,5 et 108 kHz et disposent d'une large couverture radioélectrique pouvant atteindre 65 km. Elles tirent parti de l'effet «d'arête en lame de couteau<sup>18</sup>» pour recevoir les signaux émis même dans un environnement radioélectrique NLOS.

<sup>18</sup> [https://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-020/\\_2955.htm](https://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/dir-020/_2955.htm)

## 4.5 Communication en ondes millimétriques

### 4.5.1 Introduction

Le spectre électromagnétique des ondes millimétriques correspond aux fréquences radioélectriques comprises entre 30 GHz et 300 GHz, dont les longueurs d'onde sont comprises entre 10 mm et 1 mm. L'une des caractéristiques les plus importantes des ondes millimétriques tient au fait qu'elles peuvent prendre en charge la transmission à large bande, notamment pour acheminer d'importants volumes de données informatiques et de la vidéo en multiplexage; elle prend aussi en charge des canaux réservés aux signaux sonores pour les applications de radiodiffusion transmises par des relais. En outre, les équipements exploitant les ondes millimétriques ont une taille réduite et utilisent de petites antennes à gain élevé.

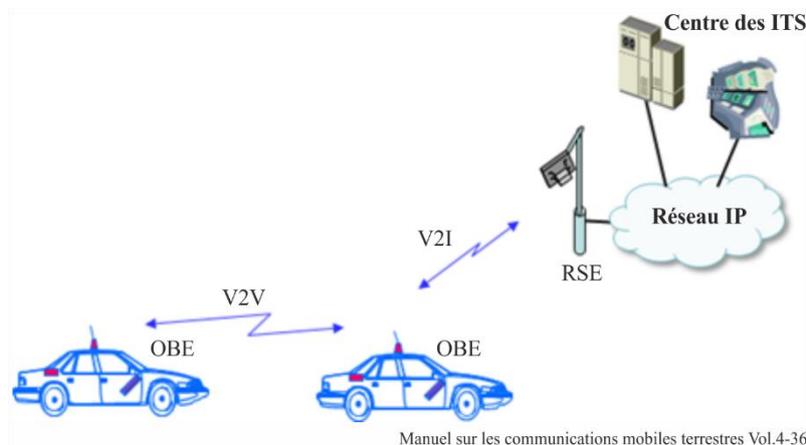
Les fréquences des ondes millimétriques peuvent être utilisées pour la communication V2X ou les radars embarqués dans les véhicules dans le contexte des applications ITS. Dans certaines juridictions, la communication V2X en ondes millimétriques prend en charge des types spécifiques de communications de véhicule à véhicule ou de véhicule à infrastructure dans la bande de fréquences des 63-66 GHz.

### 4.5.2 Configuration du système

Un système de communication V2X en ondes millimétriques se compose d'un équipement embarqué (OBE) et d'un équipement en bordure de route (RSE). L'OBE est l'unité de radiocommunication installée dans le véhicule; le RSE est l'unité de radiocommunication installée au bord de la route, comme pour une communication DSRC.

FIGURE 36

### Système de communication V2X en ondes millimétriques



### 4.5.3 Caractéristiques techniques

Les communications en ondes millimétriques sont généralement considérées comme des canaux radioélectriques en visibilité directe (LOS) car elles subissent un grave affaiblissement de propagation dans un environnement sans visibilité directe (NLOS). Elles peuvent prendre en charge des émissions en large bande pour offrir des communications large bande sécurisées aux applications ITS et aux applications de sécurité des véhicules. Les communications V2X en ondes millimétriques présentent les avantages suivants:

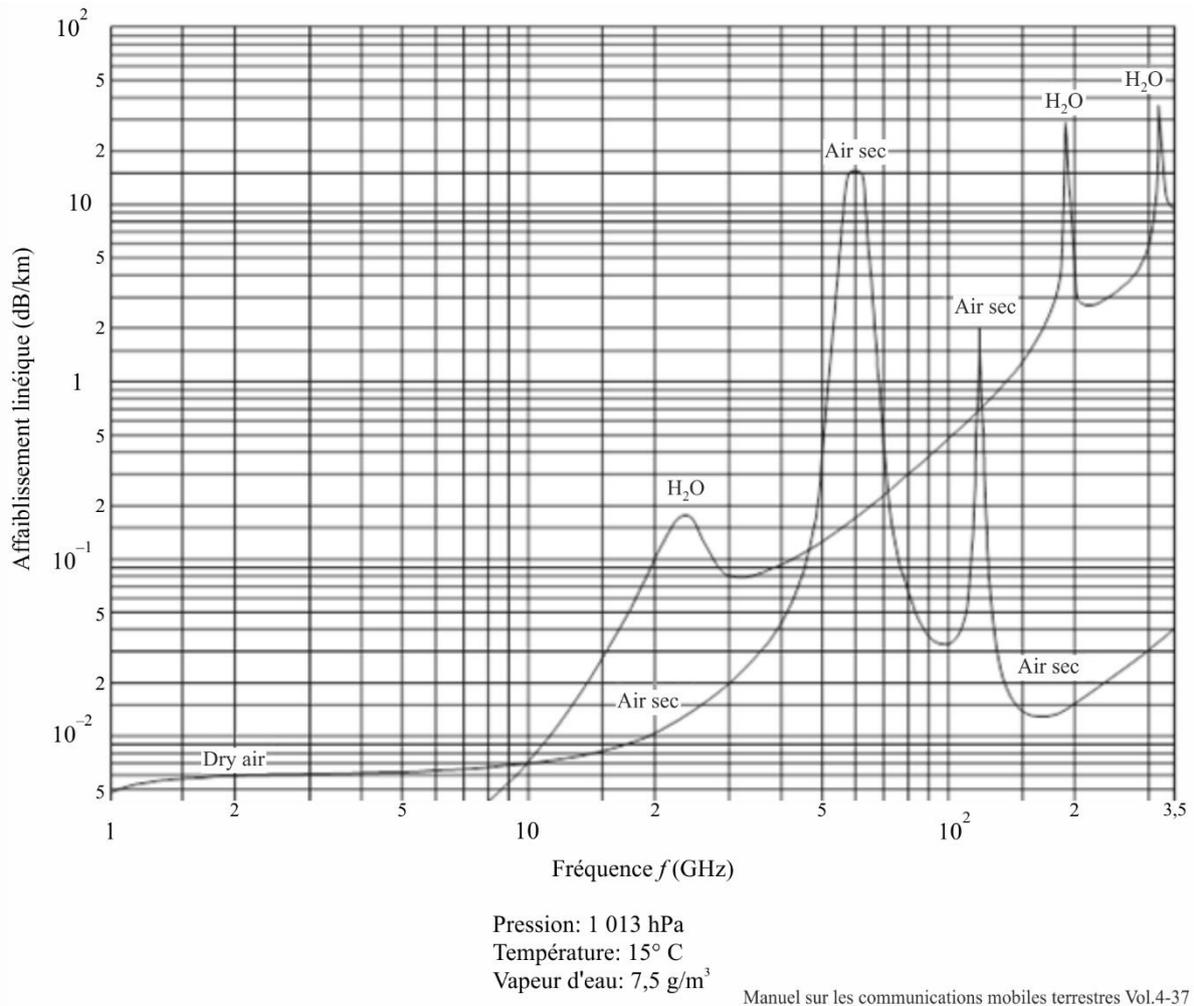
- grandes largeurs de bande autorisant des débits binaires élevés;
- faible probabilité de brouillages du fait de l'affaiblissement important dû à l'atmosphère;
- évanouissement dû à la propagation par trajets multiples peu important;
- puissance d'émission peu élevée du fait du gain important des antennes;
- antennes et équipements de petite taille du fait de la fréquence élevée;
- directivité et résolution spatiale élevées.

#### **4.5.4 Caractéristiques de la propagation radioélectrique**

La bande de fréquences autour des 60 GHz est mieux adaptée aux communications sécurisées à courte portée, telles que le radar à courte portée et la communication entre véhicules. En effet, à 60 GHz, les molécules d'oxygène de l'air interagissent avec le rayonnement électromagnétique et absorbent l'énergie des ondes transmises, qui ne peuvent donc pas se propager sur de longues distances. Ce phénomène réduit les brouillages dus aux communications entre véhicules et contribue de façon significative à une utilisation efficace des fréquences radioélectriques. La Figure 37 illustre l'affaiblissement linéique dû aux gaz atmosphériques. On observe un affaiblissement des transmissions lorsque les ondes millimétriques, en traversant l'atmosphère, sont absorbées par des molécules d'oxygène, de la vapeur d'eau ou d'autres constituants atmosphériques gazeux. On voit que l'affaiblissement est plus important à certaines fréquences: les fréquences de résonance mécanique des molécules gazeuses. L'absorption par les molécules d'oxygène présente un maximum au voisinage des 60 GHz.

FIGURE 37

**Affaiblissement linéique dû aux gaz atmosphériques (Rec. UIT-R P.676-3)**



Outre les affaiblissements dus à la diffraction, à la diffusion par la végétation, etc., la propagation des ondes électromagnétiques dans la bande des 60 GHz subit des affaiblissements sur le trajet beaucoup plus importants en raison de l'absorption par la pluie et par les molécules d'oxygène. Du fait de ses caractéristiques propres, la bande des 60 GHz est abondamment utilisée pour les communications à courte portée et à faible puissance non assujetties à licence.

Les fréquences en ondes millimétriques de 60 GHz peuvent être utilisées pour certains types de communications V2X. Dans la fréquence des 60 GHz, la propagation radioélectrique se caractérise par un affaiblissement décroissant rapidement entre l'émetteur et le récepteur. On observe que l'étalement des temps de propagation est de 20~50 ns dans les rues et d'au moins 150 ns aux intersections.

## 4.6 Radars de véhicule et routier en ondes millimétriques

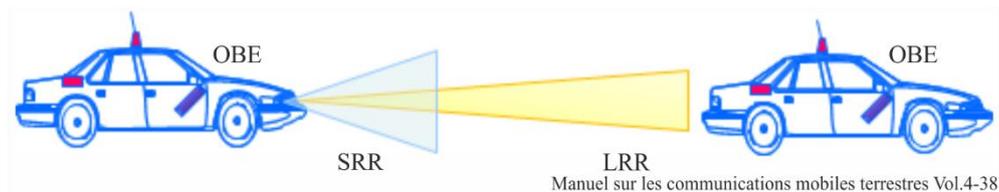
### 4.6.1 Introduction

Le radar de véhicule et routier fonctionnant en ondes millimétriques est fondé sur une technologie de détection permettant d'observer la vitesse des véhicules et la distance entre les véhicules dans le contexte des applications ITS. Bien qu'il existe déjà des capteurs ultrason, des capteurs à traitement d'image, des radars en infrarouge, des radars de détection et localisation par la lumière (Lidar) et des radars hyperfréquences, le radar en ondes millimétriques a l'avantage de permettre une détection stable des cibles en cas de mauvais temps, notamment lorsqu'il pleut ou qu'il neige. Ce radar peut être embarqué sur un véhicule ou être installé en bordure de route; il est alors appelé respectivement radar de véhicule ou radar routier.

Les radars de véhicule sont généralement installés à l'avant et à l'arrière du véhicule et fonctionnent en combinaison avec le régulateur de vitesse adaptatif (ACC) et le système d'avertissement de collision. Il en existe deux types: le radar à longue portée (LRR) et le radar à courte portée (SRR). Le LRR a une portée radioélectrique d'environ 200 m; il utilise un faisceau d'antenne étroit et fonctionne dans la bande de fréquences des 76-77 GHz. Le SRR a une portée d'environ 30 m; il utilise un faisceau d'antenne large et fonctionne dans la bande de fréquences des 22-29 GHz et des 77-81 GHz.

FIGURE 38

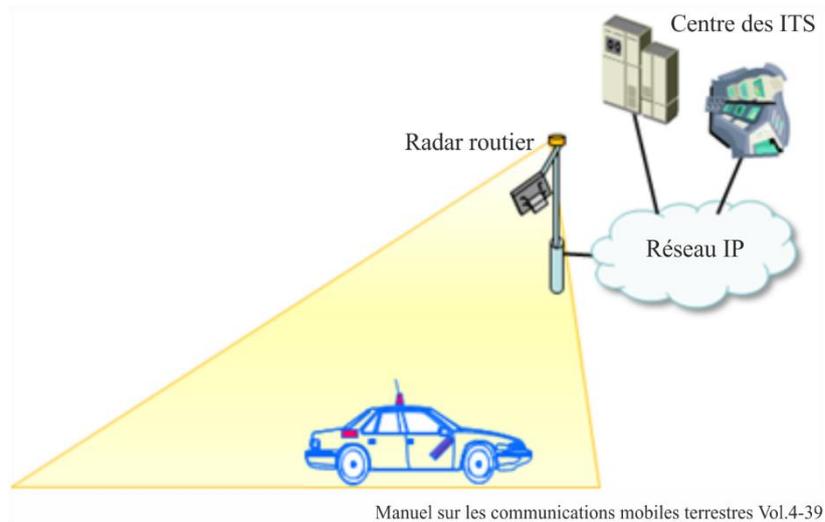
### Radars de véhicule en ondes millimétriques



Le radar routier est installé au bord de la route; il sert à signaler les dangers, par exemple en cas de travaux sur la route, ou à envoyer des avertissements de sécurité aux intersections. Un radar routier fonctionnant en ondes millimétriques devrait avoir une portée de 1 km pour pouvoir surveiller la route de façon efficace. Un radar routier fonctionnant à 34 GHz a été testé pour contribuer à lancer des avertissements en cas d'événement inattendu sur la route.

FIGURE 39

### Radar routier en ondes millimétriques



#### 4.6.2 Configuration du système

Les radars de véhicule et routiers fonctionnant en ondes millimétriques ont trois composantes fonctionnelles: l'antenne et l'unité RF, l'unité de traitement des signaux et l'unité d'identification.

**Antenne/Unité RF:** Ce sous-système se compose d'une antenne d'émission, d'une antenne de réception, d'un équipement de réception et d'un équipement d'émission. Les modulations des signaux, les conversions aux hautes fréquences ainsi que l'émission et la réception en ondes radioélectriques sont traitées dans ce sous-système. Il pourrait être équipé de plusieurs antennes et d'un faisceau battant.

**Unité de traitements des signaux:** Cette unité calcule la distance et la vitesse en mesurant la réflexion des signaux émis par l'unité RF. Le calcul des valeurs moyennes de la vitesse et de la distance ainsi que l'élimination des brouillages sont parfois effectués à ce niveau. En cas de balayage par faisceau, l'unité calcule la direction des objets trouvés.

**Unité d'identification:** Cette unité peut choisir et organiser les données les plus demandées ou les plus utiles en fonction des besoins de chaque système. Par exemple, elle identifiera les obstacles les plus dangereux et pourra juger si le véhicule qui précède est sur la bonne file. Elle calcule parfois la moyenne des chiffres obtenus, filtre les brouillages et améliore la précision des mesures et la fiabilité des données provenant d'autres capteurs.

#### 4.6.3 Caractéristiques techniques

##### Radar automobile de faible puissance fonctionnant à 24 GHz

L'attribution des fréquences aux applications de radars automobiles est en cours de remaniement. En raison de certaines contraintes technologiques et commerciales, les fréquences avaient été attribuées à ces applications de sécurité dans la bande des 24 GHz au début de la dernière décennie. Ainsi, en Europe, la bande ultralarge (UWB) des 24 GHz (21,65-26,65 GHz) avait été attribuée à titre de solution provisoire en raison d'incompatibilités avec le service de radioastronomie, le service d'exploration de la Terre par satellite (SETS), le service fixe et des applications militaires. Une date butoir avait été fixée au 1<sup>er</sup> juillet 2013 pour l'utilisation de cette bande. En juillet 2011, par sa décision

n° 04(10), l'ECC a prolongé ce délai (pour les capteurs exploitant la bande de fréquences réduite des 24,25-26,65 GHz) jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2018 pour permettre aux constructeurs automobiles de passer de façon fluide à la technologie fonctionnant à 79 GHz. L'évolution technologique de ces dernières années a montré qu'avec un effort analogue, il est possible d'obtenir de meilleures performances aujourd'hui.

Il convient de noter que la bande ISM des 24 GHz (24,05-24,25 GHz) joue un rôle important, notamment pour les véhicules moins coûteux. En effet, comme cette bande est attribuée aux usages industriels, scientifiques et médicaux et que son exploitation est harmonisée à l'échelle mondiale, il est possible d'exploiter des radars automobiles dans cette bande dans le monde entier sans aucune limite de temps.

### **Radars automobile à courte portée et haute résolution fonctionnant à 79 GHz (77-81 GHz)**

La bande des 77-81 GHz a déjà été exploitée pour ce type d'applications fondées sur des radars automobiles dans de nombreux pays. D'autres pays vont probablement mettre en œuvre dans un proche avenir la décision de la CMR-15 relative aux radars automobiles fonctionnant à 79 GHz.

En juillet 2004, la CEPT a désigné la bande des 77-81 GHz (ECC/DEC/(04)03) pour les applications des radars automobiles. De plus, la Commission européenne a adopté la décision 2004/545/CE relative à l'harmonisation du spectre de fréquences dans la bande des 79 GHz (77-81 GHz) en vue de l'utilisation de systèmes radar à courte portée pour automobile. Enfin, l'ETSI a adopté la norme harmonisée EN 302 264 pour les radars à courte portée (SRR) fonctionnant dans la bande des 77-81 GHz.

En mars 2010, le ministère de l'Intérieur et des Télécommunications (MIC) du Japon a établi au sein du Conseil de l'information et de la communication un groupe d'études chargé de mettre en place les radars à haute résolution dans la bande des 77-81 GHz en vue d'une utilisation à l'échelle nationale. À la suite de ces travaux, la bande des 78-81 GHz a été attribuée aux radars automobiles en décembre 2012.

En octobre 2010, la Fédération de Russie a désigné la bande des 77-81 GHz pour les radars automobiles.

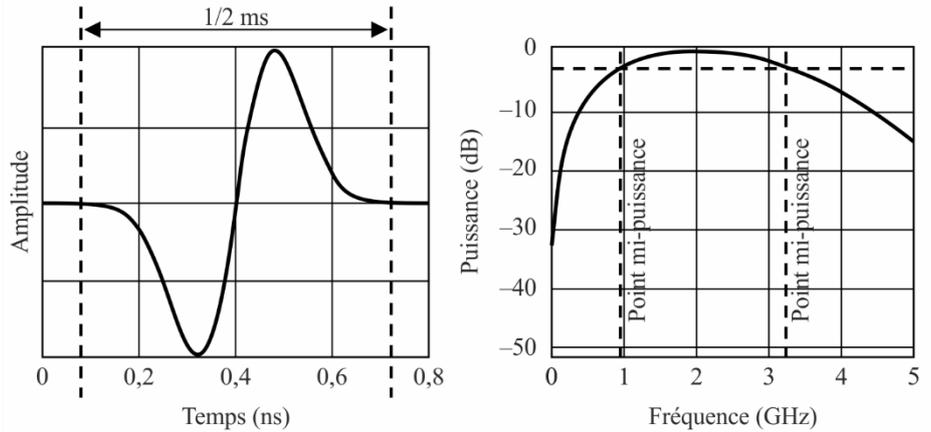
### **Radars à bande ultralarge (UWB)**

La bande ultralarge (UWB) est définie comme la bande de fréquences acheminant des signaux radioélectriques dont la largeur de bande relative est supérieure à 20% de la fréquence centrale, ou encore dont la largeur de bande de 10 dB occupe une tranche d'au moins 500 MHz du spectre.

La technologie UWB utilisait au départ des impulsions très étroites de très courte durée produisant des largeurs de bande d'émission très larges ou à large bande (voir Fig. 40). Pour les radars automobiles, la technique des impulsions dans la bande UWB est progressivement remplacée par des modulations de fréquence en très large bande (onde entretenue modulée en fréquence (FMCW) ou radar à compression d'impulsions), qui ne nécessitent pas d'impulsions de courte durée. S'ils respectent les normes techniques appropriées, les dispositifs UWB peuvent fonctionner dans le spectre de fréquences occupé par les services radioélectriques existants sans causer de brouillages, ce qui permet d'utiliser plus efficacement des ressources spectrales limitées.

FIGURE 40

**Monocycle dans la bande UWB dans les domaines du temps et des fréquences**  
**(«UWB, A possible area for standards», exposé de la FCC lors de la réunion du GSC-8)**



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-40

### Radars embarqué dans un véhicule

En matière d'exigences fonctionnelles et de sécurité, les systèmes de radars automobiles fonctionnant dans la bande des 76-81 GHz peuvent être classés en deux catégories:

- **Catégorie 1:** Radars destinés aux régulateurs de vitesse adaptatifs (ACC) et à l'évitement des collisions (CA), pour des distances de mesure pouvant atteindre 300 m. Une largeur de bande contiguë maximale de 1 GHz est nécessaire à ces applications. On considère que ces radars offrent des fonctions qui améliorent le confort du conducteur en lui permettant d'avoir une conduite plus rassurante.
- **Catégorie 2:** Capteurs destinés à des applications à haute résolution, par exemple la détection d'angles morts (BSD), l'aide au changement de file (LCA) et l'alerte de circulation transversale arrière (RTCA), ou encore la détection de piétons et de cyclistes à proximité du véhicule, pour des distances de mesure pouvant atteindre 100 m. Ces applications fonctionnant en haute résolution ont besoin d'une largeur de bande de 4 GHz. Ces radars contribuent directement à la sécurité passive et active d'un véhicule et jouent donc un rôle essentiel dans l'amélioration de la sécurité routière.

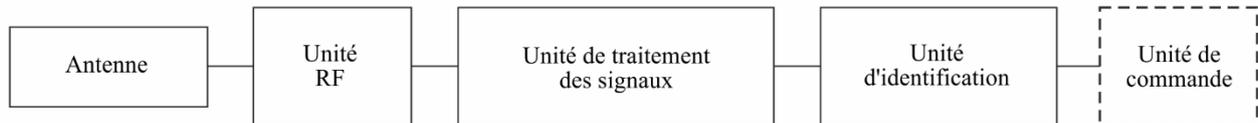
Selon le nombre de capteurs d'un radar et leur position sur le véhicule, il est possible de détecter des objets dans certains secteurs autour de la voiture, voire tout autour de celle-ci. Les signaux des capteurs constituent le fondement non seulement de systèmes d'aide à la conduite comme l'ACC, mais aussi d'un large éventail d'autres applications automobiles concernant la sécurité active et passive.

Les systèmes de surveillance de la proximité des véhicules vont jouer un rôle important dans la sécurité routière. Les radars automobiles à haute résolution seront une technologie de détection essentielle aux véhicules à conduite autonome. Compte tenu de sa robustesse en cas de mauvais temps, le radar automobile est idéal pour assister la conduite dans des conditions difficiles.

La Figure 41 illustre la configuration du radar automobile.

FIGURE 41

### Configuration du radar automobile



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-41

Les sous-systèmes de ce radar sont les suivants:

- *Antenne/unité RF*

Cette partie se compose d'une antenne d'émission, d'une antenne de réception, d'un équipement de réception et d'un équipement d'émission. Les modulations des signaux, les conversions en hautes fréquences ainsi que l'émission et la réception en ondes radioélectriques sont traitées dans ce sous-système. Il pourrait être équipé de plusieurs antennes et d'un faisceau battant.

- *Unité de traitement des signaux*

Cette unité calcule la distance et la vitesse en mesurant la réflexion des signaux émis par l'unité RF. Le calcul des valeurs moyennes de la vitesse et de la distance ainsi que l'élimination des brouillages sont parfois effectués à ce niveau. En cas de balayage par faisceau, l'unité calcule la direction des objets trouvés.

- *Unité d'identification*

Cette unité peut choisir et organiser les données les plus demandées ou les plus utiles en fonction des besoins de chaque système. Par exemple, elle identifiera les obstacles les plus dangereux et pourra juger si le véhicule qui précède est sur la bonne file. Elle calcule parfois la moyenne des chiffres obtenus, filtre les brouillages et améliore la précision des mesures et la fiabilité des données en suivant les objets et en fusionnant les données provenant d'autres capteurs.

### **Radar destiné à un système de détection des accidents de la route<sup>19</sup>**

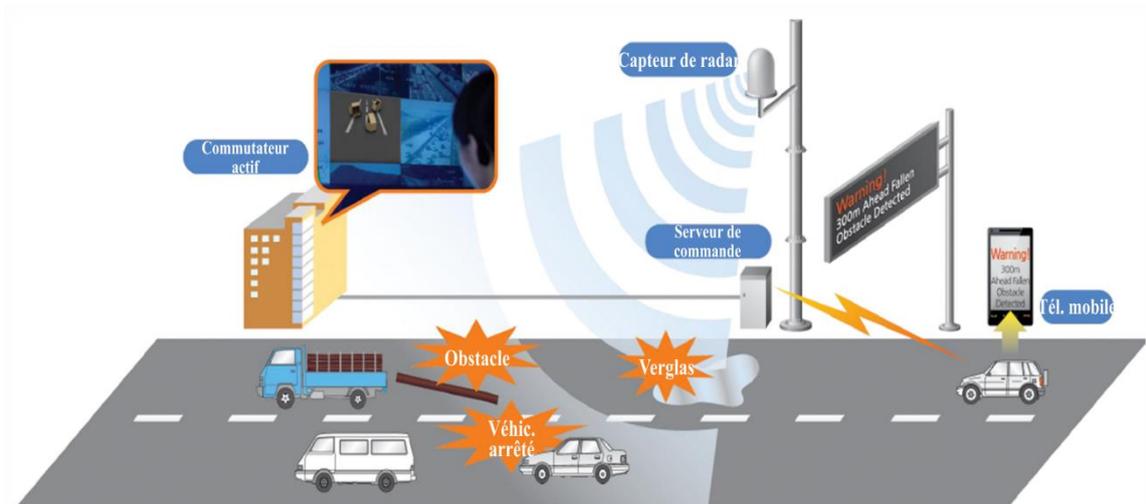
Le service de détection d'accident déployé en Corée permet aux conducteurs de recevoir en temps réel des informations sur des événements inattendus sur la route (présence d'un obstacle, véhicule arrêté ou en sens inverse, verglas, etc.). Ces informations sont détectées automatiquement et en temps réel par un système exploitant des capteurs radar pour éviter des accidents. Le service fournit en outre des informations sur la circulation dans un rayon d'un kilomètre autour du capteur de radar. Il aide le conducteur en cas de pluie battante et de brouillard en lui transmettant en temps réel les informations fournies par le système de détection d'accident.

---

<sup>19</sup> Règlement technique sur les équipements radioélectriques non soumis à licence, Ministère des Sciences et des TIC, République de Corée. Avis 2014-57, 2014.9.30; article no. 17: Radar destiné à la détection d'informations routières.

FIGURE 42

**Radar routier destiné à la détection d'accident**



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-42

Les caractéristiques du radar de détection d'accident fonctionnant à 34 GHz sont indiquées dans le Tableau 26.

TABLEAU 26

**Système de radar routier**

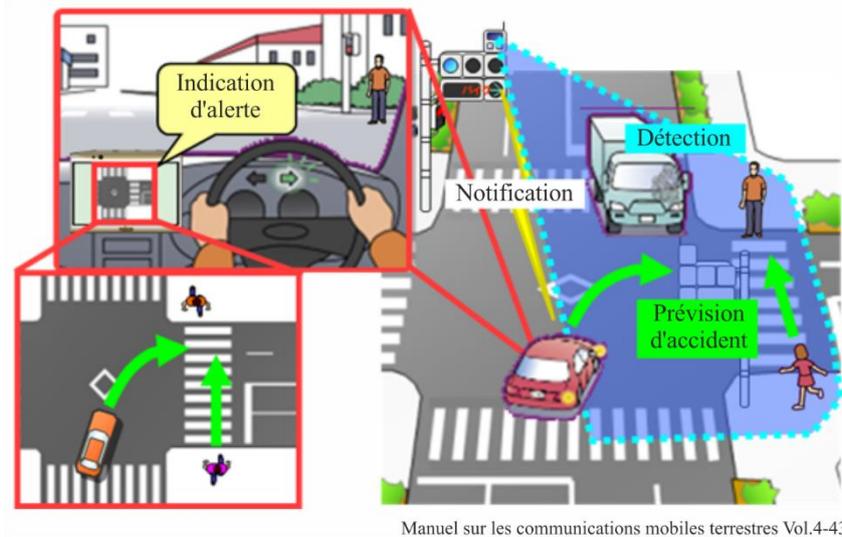
Caractéristique (paramètre)	Valeur
<b>Caractéristiques opérationnelles</b>	
Application/service	Système de détection d'accident de la route
Installation courante	Mât (ou portique) en bordure de route
<b>Caractéristiques techniques</b>	
Portée maximale	1 000 m
Bande de fréquences	34,275-34,875 GHz
Largeur de bande spécifiée (courante)	Jusqu'à 600 MHz
Puissance de crête (p.i.r.e.)	Jusqu'à +55 dBm
Puissance moyenne (p.i.r.e.)	Jusqu'à +45 dBm

**Radar d'aide coopérative à la conduite**

Un système d'aide coopérative à la conduite a été mis au point et déployé au Japon pour assurer la sécurité aux intersections. Il se compose d'un radar en ondes millimétriques équipé d'un capteur en bordure de route pour détecter les piétons, les cyclistes et les véhicules qui arrivent à l'intersection. Le capteur en bordure de route est en général installé approximativement à la même hauteur que les panneaux de circulation afin d'avoir une vue dégagée. Le système avertit aussi les conducteurs de dangers possibles en utilisant le système de radiocommunication des ITS.

FIGURE 43

**Aide coopérative à la conduite**



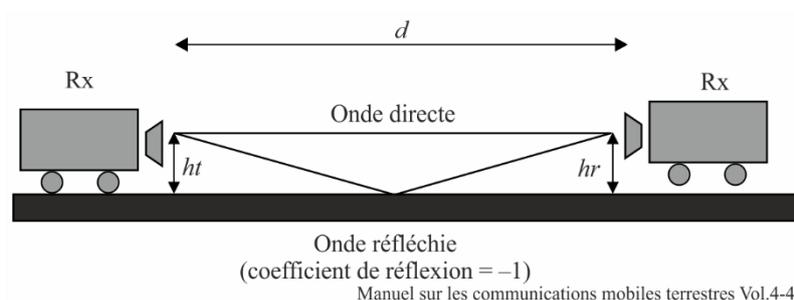
**4.6.4 Caractéristiques de la propagation radioélectrique**

On emploie le modèle de propagation à deux rayons entre l'onde directe et l'onde réfléchiée par la surface de la route pour évaluer les caractéristiques de propagation des ondes millimétriques. La Figure 45 est une vue schématique du modèle de propagation à deux rayons. Dans ce modèle, la puissance reçue  $P_r$  est déterminée de façon approchée par la formule indiquée dans la figure, où  $P_t$  représente la puissance transmise,  $G_t$  et  $G_r$  les gains d'antenne au niveau de l'émetteur et du récepteur,  $L(r)$  le facteur d'absorption par l'oxygène,  $\lambda$  la longueur d'onde,  $r$  la distance entre les antennes,  $d$  la distance horizontale entre les antennes, et  $h_t$  et  $h_r$  la hauteur de l'émetteur et la hauteur du récepteur. Dans ce modèle, le coefficient de réflexion de la chaussée est fixé à  $-1$  par hypothèse et la directivité des antennes n'est pas prise en compte. L'affaiblissement de l'absorption par les molécules d'oxygène est fixé à 16 dB/km par hypothèse.

FIGURE 44

**Modèle de propagation à deux rayons**

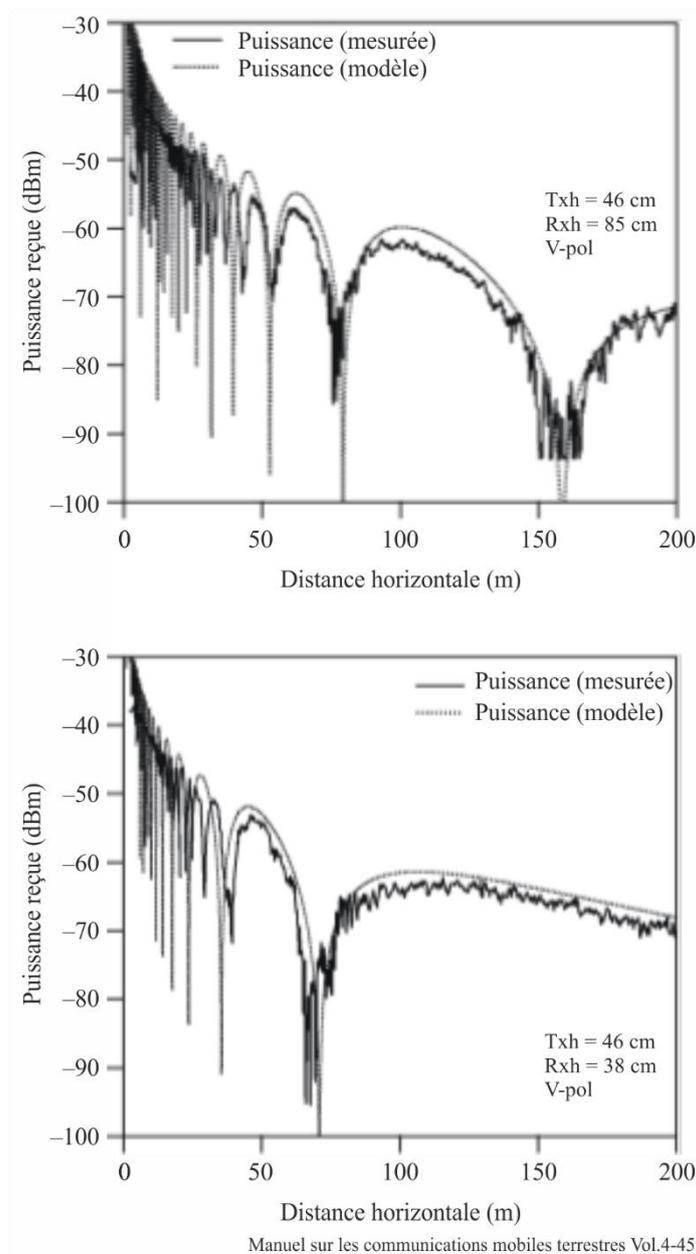
$$\text{Puissance reçue } P_r = \frac{P_t G_t G_r}{L(r)} \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \sin\left(\frac{2\pi h_t h_r}{\lambda d}\right)$$



La Figure 45 présente les résultats de la mesure de la puissance reçue. L'axe horizontal représente la distance entre les véhicules. Les résultats de la puissance mesurée sont analogues à ceux obtenus avec le modèle de propagation à deux rayons.

FIGURE 45

**Résultats des mesures de la puissance reçue entre véhicules**



Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-45

## CHAPITRE 5

### NORMES

Le présent chapitre concerne les normes de l'UIT-R et du secteur privé relatives à l'utilisation des technologies radioélectriques employées dans les applications ITS dans les Régions 1, 2 et 3.

#### 5.1 Norme relative aux DSRC

##### 5.1.1 Norme mondiale relative aux DSRC

TABLEAU 27

#### Norme mondiale relative au télépéage

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
UIT	UIT-R M.1453-2	Systèmes de transport intelligents – Communications spécialisées à courte distance à 5,8 GHz

##### 5.1.2 Norme relative aux DSRC dans la Région 1

Les normes de l'ETSI définissent les équipements OBE et RSE et leurs spécifications de test en matière de télépéage.

TABLEAU 28

#### Norme relative au télépéage en Europe

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
ETSI	EN 300 674	Télématique de la circulation et du transport routier (RTTT); Équipement d'émission des communications spécialisées à courte portée (DSRC) (500 kbit/s / 250 kbit/s) fonctionnant dans la bande des 5,8 GHz réservée aux applications industrielles, scientifiques et médicales (ISM)
	ETSI EN 300 674-2-1	Télématique de la circulation et du transport routier (RTTT); Équipement d'émission des communications spécialisées à courte portée (DSRC) (500 kbit/s / 250 kbit/s) fonctionnant dans la bande des 5,8 GHz réservée aux applications industrielles, scientifiques et médicales (ISM); Partie 2: Norme harmonisée concernant les exigences fondamentales de l'article 3.2 de la Directive 2014/53/UE; Sous-partie 1: unités en bordure de route (RSU)

TABLEAU 28 (fin)

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
	ETSI EN 300 674-2-2	Télématique de la circulation et du transport routier (RTTT); Équipement d'émission des communications spécialisées à courte portée (DSRC) (500 kbit/s / 250 kbit/s) fonctionnant dans la bande des 5,8 GHz réservée aux applications industrielles, scientifiques et médicales (ISM); Partie 2: Norme harmonisée concernant les exigences fondamentales de l'article 3.2 de la Directive 2014/53/UE; Sous-partie 2: unités embarquées (OBU)
	TS 102 486	Spécifications de test des équipements d'émission destinés aux DSRC

### 5.1.3 Norme relative aux DSRC dans la Région 2

Malgré le souhait d'établir une norme commune et d'assurer une interopérabilité uniforme dans l'ensemble de l'Amérique du Nord<sup>20</sup>, différentes technologies privées sont actuellement employées dans les véhicules et en bordure de route pour le télépéage dans diverses régions d'Amérique du Nord. Ces technologies n'étant pas directement interopérables, il faut employer plusieurs émetteurs-récepteurs pour pouvoir percevoir les paiements dans les différentes régions, et des accords d'échange de données ont été conclus pour assurer une certaine interopérabilité entre les régions. À plus long terme, les technologies concernant les véhicules connectés devraient permettre de faire converger les différents systèmes de télépéage vers une ou plusieurs technologies en s'appuyant sur des normes facultatives du secteur.

### 5.1.4 Norme relative aux DSRC dans la Région 3

La norme relative aux DSRC définit l'accès radioélectrique entre les OBE et les RSE ainsi que leurs spécifications de test en matière de télépéage.

TABLEAU 29

#### Norme relative au télépéage en Asie-Pacifique

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
TTA	TTAS.KO-06.0025/R1	Norme relative aux communications radioélectriques des DSRC entre des équipements en bordure de route et des équipements embarqués fonctionnant dans la bande des 5,8 GHz
	TTAS.KO-06.0052/R1	Spécifications de test pour les DSRC L2 à 5,8 GHz
	TTAS.KO-06.0053/R1	Spécifications de test pour les DSRC L7 à 5,8 GHz
ARIB	STD-T75	Système de communications spécialisées à courte portée (DSRC)

<sup>20</sup> <https://www.ibtta.org/sites/default/files/documents/Interoperability/IBTTA%20White%20Paper%20Toll%20Interoperability%20September%202016.pdf>

TABLEAU 29 (fin)

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
SAC (Organisme de normalisation de la Chine)	GB/T 20851.1-2007	Télépéage – Communications spécialisées à courte portée – Partie 1: couche physique
	GB/T 20851.2-2007	Télépéage – Communications spécialisées à courte portée – Partie 2: couche de liaison de données
	GB/T 20851.3-2007	Télépéage – Communications spécialisées à courte portée – Partie 3: couche application
	GB/T 20851.4-2007	Télépéage – Communications spécialisées à courte portée – Partie 4: applications pour les équipements
	GB/T 20851.5-2007	Télépéage – Communications spécialisées à courte portée – Partie 5: méthodes de test des principaux paramètres de la couche physique
IMDA TSAC	IMDA TS DSRC	Spécification technique concernant les communications spécialisées à courte portée dans les systèmes de transport intelligents

## 5.2 Normes relatives aux radiocommunications des ITS évoluées

TABLEAU 30

### Recommandations et Rapports de l'UIT

Organisme de normalisation	N° de document	Titre
UIT	Rec. UIT-R M.1890	Caractéristiques et objectifs en matière de radiocommunications pour l'exploitation des systèmes de transport intelligents évolués
	Rapport UIT-R M.2228	Radiocommunications pour les systèmes de transport intelligents (ITS) évolués
	Rec. UIT-R M.2084	Normes relatives aux interfaces radioélectriques pour les communications entre véhicules et de véhicule à infrastructure pour les applications des systèmes de transport intelligents

### 5.2.1 Normes relatives au système ITS G5 dans la Région 1

Les normes relatives au système ITS G5 définissent les besoins de l'utilisateur, l'architecture du système et les spécifications des couches des applications V2X destinées aux ITS.

TABLEAU 31

**Norme relative aux radiocommunications des ITS évoluées en Europe**

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
ETSI	Série TS 102 637	Systèmes de transport intelligents (ITS); Communications entre véhicules; Ensemble d'applications de base
	EN 302 637-2	ITS-Communications entre véhicules; Ensemble d'applications de base; Partie 2: Spécification du service de base coopératif de sensibilisation
	EN 302 637-3	ITS-Communications entre véhicules; Ensemble d'applications de base; Partie 3: Spécification du service de base décentralisé de notifications sur l'environnement
	EN 302 665	Systèmes de transport intelligents (ITS); Architecture des communications
	Série TS 102 636	Systèmes de transport intelligents (ITS); Communications entre véhicules; Réseau géographique;
	EN 302 636-4-1	Systèmes de transport intelligents (ITS); Communications entre véhicules; Réseau géographique; Partie 4: Adressage et retransmission pour les communications point à point et point à multipoint; Sous-partie 1: Fonctionnalité indépendante du média
	TS 102 894-2	ITS-Besoins des utilisateurs et des applications; Partie 2: Dictionnaire des données communes aux couches application et infrastructure. Dictionnaire des définitions employées dans d'autres normes TC ITS de l'ETSI.
	TS 102 890-3	ITS – Fonction de la couche infrastructure; Position de l'infrastructure et gestion du temps
	EN 302 895	Systèmes de transport intelligents (ITS); Communications entre véhicules; Ensemble d'applications de base; Carte dynamique locale (LDM)
	TS 101 556-1	Systèmes de transport intelligents (ITS); Applications I2V; Spécification de la notification de lieu de recharge des véhicules électriques
	TS 101 556-2	Systèmes de transport intelligents (ITS); Communications d'infrastructure à véhicule; Partie 2: Spécification du système de communication répondant aux exigences des applications en matière d'interopérabilité avec le système d'information sur les pneus (TIS) et le manomètre (TPG)
	TS 101 539-1	ITS – Applications V2X; Partie 1: Exigences des applications de signalisation de dangers sur la route (RHS)
	TS 101 539-3	ITS – Applications V2X; Partie 3: Spécification des exigences des applications d'avertissement en cas de risque de collision longitudinale

TABLEAU 31 (*fin*)

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
ETSI	TS 102 792	Systèmes de transport intelligents (ITS); Techniques d'affaiblissement pour éviter les brouillages entre les équipements de télépage utilisant les communications spécialisées à courte portée (DSRC) du Comité européen de normalisation (CEN) et les systèmes de transport intelligents (ITS) fonctionnant dans la bande de fréquence des 5 GHz
	EN 302 571	Systèmes de transport intelligents (ITS); Équipements de radiocommunication fonctionnant dans la bande de fréquences des 5 855-5 925 MHz; Norme harmonisée répondant aux exigences essentielles découlant de l'article 3.2 de la Directive 2014/53/UE
	EN 302 686	Systèmes de transport intelligents (ITS); Équipements de radiocommunication fonctionnant dans la bande de fréquences entre 63 GHz et 64 GHz; Norme harmonisée répondant aux exigences essentielles découlant de l'article 3.2 de la Directive 3 R&TTE  Cette norme est en cours de révision pour prendre en compte la bande de fréquences actualisée des 63,72-65,88 GHz et répondre aux exigences essentielles découlant de l'article 3.2 de la Directive 2014/53/UE
	EN 302 663	Systèmes de transport intelligents (ITS); Norme relative au profil européen de la couche physique et de la couche commande d'accès au support des systèmes de transport intelligents fonctionnant dans la bande de fréquences des 5 GHz

### 5.2.2 Normes WAVE dans la Région 2

Les normes WAVE définissent les besoins des utilisateurs, l'architecture du système et la spécification des couches des applications V2X des ITS.

TABLEAU 32

#### Normes relatives aux radiocommunications des ITS évoluées aux États-Unis d'Amérique

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
ASTM	E2213-03	Spécification des normes relatives aux échange de télécommunications et d'informations entre des systèmes en bordure de route et des systèmes embarqués – Spécifications de la couche commande d'accès au support (MAC) et de la couche physique (PHY) pour les communications spécialisées à courte portée (DSRC) dans la bande des 5 GHz
IEEE	IEEE 802.11-2016	Spécifications de la couche commande d'accès au support (MAC) et de la couche physique (PHY) pour les réseaux locaux hertziens
	IEEE 1609.0-2013	Guide de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Architecture

TABLEAU 32 (*fin*)

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
IEEE	IEEE 1609.2-2016	Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules – Services de sécurité pour les messages d'applications et de gestion
	IEEE 1609.3-2016	Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Services de réseau
	IEEE 1609.4-2016	Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Fonctionnement multicanal
	IEEE 1609.11-2010	Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Protocole d'échange de données de paiement électronique par voie hertzienne pour les systèmes de transport intelligents (ITS)
	IEEE 1609.12-2016	Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Attributions des identifiants
SAE	SAE J2735 Mars 2016	Dictionnaire des séries de messages pour les communications spécialisées à courte portée (DSRC)
	SAE J2945/1 Mars 2016	Exigences des systèmes embarqués dans les communications de sécurité V2V

### 5.2.3 Normes relatives aux radiocommunications des ITS évoluées dans la Région 3

Des normes relatives à la communication V2X ont été établies par l'ARIB, la CCSA, le forum d'infocommunication sur les ITS, le consortium de promotion du système *ITS Connect*, l'IMDA-TSAC et la TTA.

TABLEAU 33

#### Normes, spécifications techniques et lignes directrices sur les radiocommunications des ITS évoluées en Asie-Pacifique

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
TTA	TTAS.KO-06.0175/R2	Système de communication entre véhicules; Étape 1: Exigences
	TTAS.KO-06.0193/R2	Système de communication entre véhicules; Étape 2: Architecture
	TTAS.KO-06.0216/R1	Système de communication entre véhicules; Étape 3: PHY/MAC
	TTAS.KO-06.0479	Système de communication entre véhicules; Étape 3: PHY/MAC (LTE-V2X)
	TTAS.KO-06.0234/R1	Système de communication entre véhicules; Étape 3: Réseau
	TTAK.KO-06.0242/R1	Système de communication entre véhicules; Étape 3: Interface du protocole d'application

TABLEAU 33 (*fin*)

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
TTA	TTAK KO-06.0344	Lignes directrices sur les systèmes d'affichage de sécurité dans le véhicule; Étape 1: Exigences
	TTAK KO-06.0344-Partie 2	Lignes directrices sur les systèmes d'affichage de sécurité dans le véhicule; Étape 2: Échange de données
Forum d'info-communication sur les ITS	Lignes directrices du forum sur les ITS	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lignes directrices RC-008 du forum sur les ITS: Gestion du fonctionnement du système de communication pour l'assistance au conducteur</li> <li>– Lignes directrices RC-009 du forum sur les ITS: Sécurité du système de communication pour l'assistance au conducteur</li> <li>– Lignes directrices RC-010 du forum sur les ITS: SYSTEMES DE TRANSPORT INTELLIGENTS DANS LA BANDE DES 700 MHz – Fonctions étendues</li> <li>– Lignes directrices RC-013 du forum sur les ITS: SYSTEMES DE TRANSPORT INTELLIGENTS DANS LA BANDE DES 700 MHz – Lignes directrices expérimentales sur les messages de communication entre véhicules</li> </ul>
Consortium de promotion du système <i>ITS Connect</i>	ITS Connect TD-001	Spécifications TD-001 des messages de communication entre véhicules pour le système <i>ITS Connect</i>
ARIB	STD T109	Système de transport intelligent dans la bande des 700 MHz
CCSA	YD/T 3400-2018	Exigences techniques générales de la communication entre véhicules fondée sur la LTE
	YD/T 3340-2018	Exigences techniques générales de l'interface hertzienne destinée à la communication entre véhicules fondée sur la LTE
IMDA-TSAC	IMDA TS DSRC	Spécifications techniques pour les communications spécialisées à courte portée des systèmes de transport intelligents

### 5.3 Normes relatives aux communications V2X cellulaires

Les normes relatives aux communications V2X par la LTE définissent des applications de communication V2X.

TABLEAU 34

Liste des spécifications techniques du Partenariat 3GPP concernant la V2X

N° de la norme	Titre de la norme
	<b>&lt;Réseau central et protocole de l'UE&gt;</b>
3GPP TS 22.185	Exigences des services de la V2X
3GPP TS 23.003	Numérotation, adressage et identification
3GPP TS 23.007	Procédures de rétablissement
3GPP TS 23.008	Organisation des données des abonnés
3GPP TS 23.122	Fonctions de la strate de non accès (NAS) liée à la station mobile (MS) en mode repos
3GPP TS 23.203	Architecture de contrôle des politiques et de la facturation
3GPP TS 23.285	Améliorations de l'architecture pour le service V2X
3GPP TS 23.303	Services de proximité (ProSe); Étape 2
3GPP TS 24.301	Protocole de la strate de non accès (NAS) pour le système évolué en mode paquets (EPS); Étape 3
3GPP TS 24.334	Aspects du protocole définissant les fonctions et l'équipement d'utilisateur des services de proximité (ProSe); Étape 3
3GPP TS 24.385	Objet de gestion (MO) des services V2X
3GPP TS 24.386	Fonction de commande de la communication V2X avec l'équipement d'utilisateur; Aspects du protocole; Étape 3
3GPP TS 29.116	Transfert d'état représentationnel à un point de référence xMB entre le fournisseur de contenus et le BM-SC
3GPP TS 29.212	Contrôle des politiques et de la facturation (PCC); Points de référence
3GPP TS 29.272	Système évolué en mode paquet (EPS); Interfaces liées à l'entité de gestion de la mobilité (MME) et au nœud de support du GPRS de desserte (SGSN) et fondées sur le protocole <i>Diameter</i>
3GPP TS 29.388	Aspects de la fonction de commande V2X visant des aspects du serveur d'abonnés résidentiels (HSS) (V4); Étape 3
3GPP TS 29.389	Aspects de la signalisation de la fonction de commande inter-V2X (V6); Étape 3
3GPP TS 29.468	Activateurs du système de communication de groupe pour LTE (GCSE_LTE); Point de référence MB2; Étape 3
3GPP TS 31.102	Caractéristiques de l'application du module universel d'identité d'abonné (USIM)
	<b>&lt;Sécurité&gt;</b>
3GPP TS 33.185	Aspects liés à la sécurité de la technologie LTE à l'appui des services V2X
	<b>&lt;Exigences relatives au bon fonctionnement des dispositifs&gt;</b>
3GPP TS 36.101	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Émission et réception radioélectriques de l'équipement d'utilisateur (UE)
3GPP TS 36.133	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Exigences pour la prise en charge de la gestion des ressources radioélectriques

TABLEAU 34 (fin)

N° de la norme	Titre de la norme
	<b>&lt;Aspects de la couche physique&gt;</b>
3GPP TS 36.211	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Canaux physiques et modulation
3GPP TS 36.212	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Multiplexage et codage de canal
3GPP TS 36.213	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Procédures de la couche physique
3GPP TS 36.214	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Couche physique; Mesures
	<b>&lt;Protocoles d'accès au support et de gestion des ressources radioélectriques&gt;</b>
3GPP TS 36.300	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA) et réseau d'accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRAN); Description générale; Étape 2
3GPP TS 36.302	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Services fournis par la couche physique
3GPP TS 36.304	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Procédures applicables à l'équipement d'utilisateur (UE) en mode repos
3GPP TS 36.306	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Capacités d'accès radio de l'équipement d'utilisateur (UE)
3GPP TS 36.321	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Spécification du protocole de commande d'accès au support (MAC)
3GPP TS 36.322	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Spécification du protocole de commande de liaison radioélectrique (RLC)
3GPP TS 36.323	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Spécification du protocole de convergence de données en mode paquet (PDCP)
3GPP TS 36.331	Accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRA); Spécification du protocole de contrôle des ressources radioélectriques (RRC)
	<b>&lt;Aspects relatifs au réseau d'accès radioélectrique&gt;</b>
3GPP TS 36.443	Réseau d'accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRAN); Protocole d'application pour l'interface M2 (M2AP)
3GPP TS 36.413	Réseau d'accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRAN); Protocole d'application pour l'interface S1 (S1AP)
3GPP TS 36.423	Réseau d'accès hertzien de Terre universel évolué (E-UTRAN); Protocole d'application pour l'interface X2 (X2AP)

## 5.4 Normes relatives à la radiodiffusion

TABLEAU 35  
Liste de normes relatives à la radiodiffusion

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
TTA	TTAS.KO-07.0035	Systèmes de radiodiffusion multimédia numérique de Terre; Spécification de l'émission du service d'information sur la circulation et les voyages pour la radiodiffusion multimédia numérique de Terre en ondes métriques vers les récepteurs mobiles, portatifs et fixes
	TTAS.KO-07.0106/R1	Spécification des différences d'intervalle de temps de transmission (TTI) dans le service GPS destiné à la radiodiffusion multimédia numérique de Terre vers les récepteurs mobiles, portatifs et fixes

## 5.5 Communications et radars en ondes millimétriques

### 5.5.1 Normes de l'UIT relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques

TABLEAU 36  
Normes mondiales relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques

Organisme de normalisation	N° de la norme		Titre de la norme
UIT	Recommandation	UIT-R M.1452	Radars anticollision pour véhicules et systèmes de radiocommunication en ondes millimétriques pour les applications des systèmes de transport intelligents
		UIT-R M.2057	Caractéristiques des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans la bande de fréquences 76-81 GHz pour les applications des systèmes de transport intelligents
	Rapport	UIT-R M.2322	Caractéristiques système et compatibilité des radars automobiles fonctionnant dans la bande de fréquences 77,5-78 GHz pour les études de partage
		UIT-R F.2394	Compatibilité entre les applications point à point du service fixe fonctionnant dans les bandes de fréquences 71-76 GHz et 81-86 GHz et les applications de radars pour automobiles du service de radiolocalisation fonctionnant dans la bande de fréquences 76-81 GHz

## 5.5.2 Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques dans la Région 1

TABLEAU 37

### Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques en Europe

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
ETSI	TR 101 983	Équipement radioélectrique à employer dans la bande des 76 à 77 GHz; Document de référence système sur les radars à courte portée à installer sur une infrastructure en bordure de route
	EN 301 091 parties 1-2	Dispositifs à courte portée; Télématique pour le transport et le trafic routiers (RTTT); Équipements radar fonctionnant dans la bande des 76 à 77 GHz
	EN 302 258 parties 1-2	Dispositifs à courte portée; Télématique pour le transport et le trafic routiers (RTTT); Équipements radar fonctionnant dans la bande des 24,05 à 24,25 GHz ou des 24,05 GHz à 24,50 GHz
	EN 302 288 parties 1-2	Dispositifs à courte portée; Télématique pour le transport et le trafic routiers (RTTT); Équipements radar fonctionnant dans la bande des 24 GHz
	EN 302 264 parties 1-2	Dispositifs à courte portée; Télématique pour le transport et le trafic routiers (RTTT); Équipements radar fonctionnant dans la bande des 77 à 81 GHz

## 5.5.3 Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques dans la Région 2

TABLEAU 38

### Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques en Amérique du Nord et du Sud

Organisme de normalisation	N° de la norme	Titre de la norme
	ANSI C63.10-2013	
	FCC partie 15.249	Partie 15 de la FCC – DISPOSITIFS RADIOFRÉQUENCE Fonctionnement dans la bande des 902-928, MHz, 2 400-2 483.5 MHz, 5 725-5 875 MHz et des 24.0-24.25 GHz
	FCC partie 15.252	Partie 15 de la FCC – DISPOSITIFS RADIOFRÉQUENCE 15.252 Fonctionnement des systèmes de radars automobiles en large bande dans la bande des 16,2-17,7 GHz et des 23,12-29,0 GHz
	FCC partie 95M	Partie 15 de la FCC – DISPOSITIFS RADIOFRÉQUENCE 15.253 Fonctionnement dans la bande des 46,7-46,9 GHz et des 76,0-77,0 GHz
	FCC partie 15.515	Partie 15 de la FCC – DISPOSITIFS RADIOFRÉQUENCE 15.515 Exigences techniques des systèmes de radars automobiles

### 5.5.4 Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques dans la Région 3

TABLEAU 39

#### Normes relatives aux radars automobiles en ondes millimétriques en Asie-Pacifique

<b>Organisme de normalisation</b>	<b>N° de la norme</b>	<b>Titre de la norme</b>
ARIB	STD-T48	Équipement radar en ondes millimétriques pour certaines stations de radiocommunication à faible puissance
	STD-T111	Radars à haute résolution fonctionnant dans la bande des 79 GHz
IMDA TSAC	IMDA TS SRD	
	IMDA TS UWB	

## CHAPITRE 6

### UTILISATION DES FRÉQUENCES POUR LES APPLICATIONS ITS

Le présent Chapitre porte sur les attributions de fréquences radioélectriques aux technologies radioélectriques destinées aux applications ITS. Ces attributions sont résumées dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 40

#### Utilisation des fréquences pour les technologies radioélectriques destinées aux applications ITS

Technologies radioélectriques destinées aux applications ITS	Fréquences utilisées
DSRC	900 MHz (uniquement certains pays de la Région 2), 2,4 GHz, 5,8 GHz
Radiocommunications des ITS évoluées	760 MHz, 5,9 GHz, 63-66 GHz
Radiodiffusion en FM	74-90 MHz
Radar de véhicule	5,8 GHz, 24 GHz, 60 GHz, 76 GHz, 79 GHz
Radar routier	34 GHz

#### 6.1 Utilisation des fréquences pour les DSRC

La Figure 46 indique les bandes de fréquences utilisées par les DSRC en Europe, en Amérique du Nord, au Japon et en Corée. À l'exception de la bande des 900 MHz utilisée en Amérique du Nord (902-928 MHz), les bandes de fréquences actuellement exploitées dans les différentes régions sont harmonisées autour de la bande ISM des 5,8 GHz.

FIGURE 46

**Utilisation des fréquences pour les communications DSRC**

						5,795 GHz	5,815 GHz		
UE									
		902 MHz	928 MHz						
États-Unis d'Amérique									
						5,770 GHz			5,850 GHz
Japon									
						5,795 GHz	5,815 GHz		
Corée									

Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-46

La section 4.1.3 présente un aperçu des technologies et des caractéristiques des DSRC fonctionnant dans la bande des 5,8 GHz afin de compléter la Recommandation UIT-R M.1453-2 intitulée «Systèmes de transport intelligents – Communications spécialisées à courte distance à 5,8 GHz».

**6.2 Utilisation des fréquences pour les radiocommunications des ITS évoluées**

La bande de fréquences utilisée par les communications Vv2X est illustrée dans la Fig. 47.

FIGURE 47

**Utilisation des fréquences pour les radiocommunications des ITS évoluées**

						5,855 GHz		5,925 GHz	63,72 GHz	65,88 GHz
UE										
						5,850 GHz		5,925 GHz		
États-Unis d'Amérique, Canada										
						5,855 GHz		5,925 GHz		
Brésil										
							5,905 GHz	5,925 GHz		
Chine										
		755,5 MHz	764,5 MHz	5,770 GHz		5,850 GHz				
Japon										
						5,855 GHz		5,925 GHz		
Corée										
						5,855 GHz		5,925 GHz		
Singapour										
						5,855 GHz		5,925 GHz		
Australie										

Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-47

**6.3 Utilisation des fréquences pour les réseaux cellulaires**

Les réseaux cellulaires exploitent différentes bandes de fréquences, notamment les bandes des 450 MHz, des 700 MHz, des 800 MHz, des 900 MHz, des 1800 MHz, des 2 100 MHz et des 2 600 MHz, à mesure que les systèmes AMPS analogiques de première génération ont évolué vers la LTE de 4e génération. Les technologies récentes de la 5G devraient utiliser les bandes de fréquences des 3,5 GHz et des 28 GHz. Le tableau des fréquences n'est pas présenté ici car l'attribution et l'exploitation des fréquences dépend du pays dans les Régions 1, 2 et 3 de l'UIT.

## 6.4 Utilisation des fréquences pour la radiodiffusion

FIGURE 48

### Utilisation des fréquences pour la radiodiffusion

			87,5 MHz		108 MHz				
UE									
			87,5 MHz		108 MHz				
États-Unis d'Amérique									
		76 MHz		90 MHz					
Japon									
			88 MHz		108 MHz		1 452 MHz	1 492 MHz	
Corée									

Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-48

## 6.5 Utilisation des fréquences pour les radars de véhicules et les radars routiers en ondes millimétriques

FIGURE 49

### Radars en ondes millimétriques

		21,65 GHz		26,65 GHz					76 GHz	77 GHz	81 GHz
UE											
		22 GHz		29 GHz					76 GHz	77 GHz	
États-Unis d'Amérique											
		22 GHz		29 GHz					76 GHz	77 GHz	81 GHz
Brésil											
			24 GHz	29 GHz			60 GHz	61 GHz	76 GHz	77 GHz	81 GHz
Japon											
			24,25 GHz	26,65 GHz	74,275 GHz	34,875 GHz			76 GHz	77 GHz	81 GHz
Corée											

Manuel sur les communications mobiles terrestres Vol.4-49

## Annexe A

### Liste d'acronymes

3GPP	Projet de partenariat de troisième génération
AACN	Assistance automatique en cas d'impact ( <i>automatic crash notification</i> )
ACC	Régulation adaptative de la vitesse ( <i>adaptive cruise control</i> )
ADSL	Ligne d'abonné numérique asymétrique ( <i>asymmetric digital subscriber loop</i> )
AGPS	GPS assisté
AHS	Système d'autoroute automatique ( <i>automated highway system</i> )
AMDP	Accès multiple avec détection de porteuse
AMRC	Accès multiple par répartition en code
AMRC-LB	Accès multiple par répartition en code large bande
AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence
AMROF	Accès multiple par répartition orthogonale de la fréquence
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps
AoA	Angle d'arrivée ( <i>angle of arrival</i> )
ARIB	Association des industries et de l'économie des radiocommunications ( <i>association of radio industries and businesses</i> )
ASECAP	Association des exploitants d'infrastructures de péages routiers ( <i>Association of operators of toll road infrastructures</i> )
ASL	Sous-couche applicative ( <i>application sub-layer</i> )
ASTM	Société américaine d'essais et de matériaux, devenue ASTM International ( <i>American society for testing and materials, later ASTM international</i> )
ATIS	Service évolué d'information sur le trafic ( <i>advanced traffic information service</i> )
AVI	Identification automatique de véhicules ( <i>automatic vehicle identification</i> )
AWG	Groupe sur les communications hertziennes de l'APT ( <i>APT Wireless Group</i> )
BCMCS	Service de diffusion-multidiffusion
BIS	Système d'information des bus ( <i>bus information system</i> )
BMS	Système de gestion des bus ( <i>bus management system</i> )
C2C-CC	Consortium pour la communication de véhicule à véhicule ( <i>CAR-to-CAR Communication Consortium</i> )
CACC	Régulation de vitesse adaptative et coopérative ( <i>cooperative adaptive cruise control</i> )
CAMP	Partenariat pour la mesure des systèmes d'évitement des accidents ( <i>crash avoidance metric partnership</i> )
CCSA	Association de normalisation des communications de Chine ( <i>China Communications Standard Association</i> )
CCTV	Télévision en circuit fermé ( <i>closed circuit television</i> )

CEDR	Conférence des responsables européens des réseaux routiers ( <i>Conference of European Directors of Roads</i> )
CEN	Comité européen de normalisation
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
C-ITS	Système ITS coopératif ( <i>cooperative ITS communication</i> )
CLI	Identification de la ligne appelante ( <i>caller line identification</i> )
DARC	Système de voie de radiodiffusion de données ( <i>data radio channel</i> )
DB	Base de données ( <i>data base</i> )
DCC	Commande distribuée en cas d'encombrement ( <i>distributed congestion control</i> )
DCP	Dispositif de communication personnel
DCU	Unité de communication de données ( <i>data communication unit</i> )
DELTA	Mise en œuvre de systèmes électroniques de DSRC pour des applications automobiles et de transport ( <i>DSRC electronics implementation for transportation and automotive applications</i> )
DGPS	GPS différentiel
DMB	Radiodiffusion multimédia numérique ( <i>digital multimedia broadcasting</i> )
DRF	Duplex par répartition en fréquence
DRT	Duplex par répartition dans le temps
DSB	Radiodiffusion sonore numérique ( <i>digital sound broadcasting</i> )
DSRC	Communications spécialisées à courte portée ( <i>dedicated short range communications</i> )
DSU	Directive «Service universel»
DTTB	Télédiffusion numérique terrestre ( <i>digital terrestrial television broadcasting</i> )
EAU	Émirats arabes unis
ECC	Comité des communications électroniques ( <i>electronic communications committee</i> )
EID	Élément d'identification ( <i>entity identification</i> )
ERC	Comité européen des radiocommunications ( <i>European Radiocommunications Committee</i> )
ERI	Identification d'enregistrement électronique ( <i>electronic registration identification</i> )
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication ( <i>European Telecommunications Standardization Institute</i> )
EV	Véhicule électrique ( <i>electric vehicle</i> )
FA	Agent étranger ( <i>foreign agent</i> )
FCC	Commission fédérale des communications ( <i>Federal Communications Commission</i> )
FEC	Correction d'erreur directe ( <i>forward error control</i> )
FFT	Transformée de Fourier rapide ( <i>fast Fourier transform</i> )
FLO	Liaison aval uniquement ( <i>forward link only technology</i> )
FM0	Modulation de fréquence 0 ( <i>frequency modulation 0</i> )
FOT	Tests opérationnels sur le terrain ( <i>field operational tests</i> )
FWA	Accès hertzien fixe ( <i>fixed wireless access</i> )
GMLC	Passerelle de centre de commutation de service mobile ( <i>gateway mobile location centre</i> )

GNSS	Système numérique mondial de navigation aéronautique par satellite ( <i>global navigation satellite system</i> )
GPR	Géoradar ( <i>ground penetrating radar</i> )
GPS	Système mondial de repérage ( <i>global positioning system</i> )
HDLC	Commande de liaison de données à haut niveau ( <i>high-level data link control</i> )
HMI	Interface homme-machine
HSDPA	Accès en mode paquets en liaison descendante à haute vitesse ( <i>high speed downlink packet access</i> )
IAG	Groupe interagence ( <i>Interagency Group</i> )
ID	Identifiant
IEEE	Institut des ingénieurs en électricité et en électronique ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
IETF	Groupe de travail sur l'ingénierie de l'Internet ( <i>Internet Engineering Task Force</i> )
IMDA	Autorité de développement des médias d'infocommunication (Singapour) ( <i>Infocomm Media Development Authority (Singapore)</i> )
IMS	Sous-système multimédia IP ( <i>IP multimedia subsystem</i> )
IMT-2000	Télécommunications mobiles internationales-2000 ( <i>international mobile telecommunications-2000</i> )
IP	Protocole Internet ( <i>Internet Protocol</i> )
ISM	Industriel, scientifique et médical
ISO	Organisation internationale de normalisation ( <i>International Organization for Standardization</i> )
ITI	Infrastructure des transports intelligents ( <i>intelligent transportation infrastructure</i> )
ITS	Systèmes de transport intelligents ( <i>intelligent transport system</i> )
LAN	Réseau local ( <i>local area network</i> )
LBS	Service fondé sur la localisation ( <i>location based service</i> )
LCD	Affichage à cristaux liquides ( <i>liquid crystal display</i> )
LCP	Protocole de commande local ( <i>local control protocol</i> )
LED	Diode électroluminescente ( <i>light emitting diode</i> )
LDM	Carte dynamique locale ( <i>local dynamic map</i> )
LOS	En visibilité directe ( <i>line of sight</i> )
LRR	Radar de véhicule à longue portée ( <i>long range vehicular radar</i> )
LTE	Évolution à long terme ( <i>Long Term Evolution</i> )
LTE-V2X	Communications V2X fondées sur la LTE ( <i>LTE based V2X</i> )
MAC	Contrôle d'accès au support de transmission ( <i>medium access control</i> )
MAQ	Modulation d'amplitude en quadrature
MDA	Modulation par déplacement d'amplitude
MDD	Module de détection et de diagnostic
MDMAN	Modulation par déplacement minimal avec asservissement de niveau
MDP	Modulation par déplacement de phase

MDP-2	Modulation par déplacement de phase bivalente
MDP-4	Modulation par déplacement de phase quadrivalente
MDP-4D	Modulation par déplacement de phase quadrivalente à codage différentiel
MDSS	Système d'aide à la décision en matière de maintenance ( <i>maintenance decision support system</i> )
MGDM	Modulation gaussienne à déphasage minimal
MIC	Ministère de l'Intérieur et des Télécommunications ( <i>Ministry of internal affairs and communications</i> )
MMD	Domaine multimédia ( <i>multi-media domain</i> )
MMS	Service de messagerie multimédia ( <i>multimedia messaging service</i> )
MOCT	Ministère de la Construction et des Transports ( <i>Ministry of construction and transportation</i> )
MROF	Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence
MRPI	Préinformation de gamme moyenne ( <i>medium range pre-information</i> )
MS	Station mobile ( <i>mobile station</i> )
NLOS	Sans visibilité directe ( <i>non-line of sight</i> )
NMS	Système de surveillance du réseau ( <i>network monitoring system</i> )
NOMA	Accès multiple non orthogonal ( <i>non-orthogonal multiple access</i> )
NRZ	Non-retour à zéro ( <i>none return to zero</i> )
NRZI	Non-retour à zéro avec inversion ( <i>none return to zero inverted</i> )
OBD	Diagnostics embarqués ( <i>on-board diagnostics</i> )
OBE	Équipement embarqué ( <i>on-board equipment</i> )
OBU	Unité embarquée ( <i>on-board unit</i> )
ORM	Opérateur de réseau mobile
OSI	Interconnexion de systèmes ouverts ( <i>open system interconnection</i> )
OTDoA	Différence observée des temps d'arrivée ( <i>observed time difference of arrival</i> )
P2C	De piéton à centre ( <i>pedestrian to centre</i> )
P2I	De piéton à infrastructure ( <i>pedestrian to infrastructure</i> )
P2V	De piéton à véhicule ( <i>pedestrian to vehicle</i> )
P2X	De piéton à tout autre élément ( <i>pedestrian to anything</i> )
PC5	Liaison directe dispositif à dispositif ( <i>device-to-device direct link</i> )
PCS	Service de communications personnelles ( <i>personal communication service</i> )
PDA	Assistant numérique personnel ( <i>personal digital assistance</i> )
PDE	Entité de détermination de la position ( <i>position determination entity</i> )
PEP	Perception électronique de péage
PHY	Couche physique ( <i>physical layer</i> )
p.i.r.e.	Puissance isotrope rayonnée équivalente
PME	Panneau à messages variables
POI	Point d'intérêt ( <i>point of interest</i> )

POLIS	Réseau de villes et de régions européennes pour des solutions de transport innovantes ( <i>European cities and regions networking for innovative transport solutions</i> )
ProSE	Services de proximité ( <i>proximity services</i> )
PSAP	Centre téléphonique de sécurité publique ( <i>public safety answering point</i> )
PSAP	Tiers d'aide et de sécurité publiques ( <i>public safety and assistance party</i> )
PTIS	Système d'information des transports publics ( <i>public transportation information system</i> )
RADAR	Détection électromagnétique ( <i>radio detecting and ranging</i> )
RDS	Système de radiodiffusion de données ( <i>radio data system</i> )
RCA	Routeur de contrôle d'accès
RF	Radiofréquence
RSE	Équipement en bordure de route ( <i>road side equipment</i> )
RSU	Unité en bordure de route ( <i>roadside unit</i> )
RTPC	Réseau téléphonique public commuté
RTT	Technologie de transmission radioélectrique ( <i>radio transmission technology</i> )
RTTT	Télématique de la circulation et du transport routier ( <i>road transport and traffic telematics</i> )
RVC	Communication de route à véhicule ( <i>road vehicle communication</i> )
SAP	Point d'accès au service ( <i>service access point</i> )
SAP	Station d'abonné portable
SAR	Station d'accès radio
SIP	Protocole d'initiation de session ( <i>session initiation protocol</i> )
SLC	Service de localisation et de contrôle
SNP	Protocole réseau de signalisation ( <i>signalling network protocol</i> )
SRR	Équipement radar de courte portée pour véhicules ( <i>short range vehicular radar</i> )
STA	Station
TCP/IP	Protocole de commande d'émission/Protocole Internet ( <i>Transmit control protocol/Internet protocol</i> )
TDoA	Différence des temps d'arrivée ( <i>time difference of arrival</i> )
TEB	Taux d'erreur sur les bits
TIA	Association des industries de télécommunication ( <i>Telecommunications Industry Association</i> )
TIC	Technologies de l'information et de la communication
ToA	Temps d'arrivée ( <i>time of arrival</i> )
TPC	Commande de puissance d'émission ( <i>transmit power control</i> )
TPEG	Groupe d'experts sur les protocoles de transport ( <i>Transport Protocol Experts Group</i> )
TRS	Système de radiocommunication interurbain ( <i>trunked radio system</i> )
TSAC	Comité consultatif sur les normes de télécommunication (Singapour) ( <i>Telecommunications Standards Advisory Committee (Singapore)</i> )
TTA	Association pour les technologies de télécommunication ( <i>Telecommunication Technology Association</i> )

TTI	Information sur le trafic et les voyages ( <i>traffic and travel information</i> )
UDP/IP	Protocole de datagramme utilisateur/Protocole Internet ( <i>user datagram protocol/Internet protocol</i> )
UE	Union européenne
UMTS	Système de télécommunications mobiles universelles ( <i>universal mobile telecommunications system</i> )
URA	Zone de routage UTRAN ( <i>UTRAN registration area</i> )
UTRAN	Réseau d'accès radio terrestre UMTS ( <i>UMTS terrestrial radio access network</i> )
Uu	Lien entre une station de base et un dispositif
UWB	Bande ultralarge ( <i>ultra wide band</i> )
V2I	De véhicule à infrastructure ( <i>vehicle to infrastructure</i> )
V2N	De véhicule à réseau ( <i>vehicle to network</i> )
V2V	De véhicule à véhicule ( <i>vehicle to vehicle</i> )
V2X	De véhicule à tout autre élément ( <i>vehicle to anything</i> )
VICS	Système de communication et d'information aux véhicules ( <i>vehicle information and communication system</i> )
VIN	Numéro d'identification du véhicule ( <i>vehicle identification number</i> )
VMC	Communication à bonds multiples entre véhicules ( <i>vehicle multi-hop communication</i> )
VoIP	Voix sur IP ( <i>Voice over Internet Protocol</i> )
WAVE	Accès hertzien dans un environnement automobile ( <i>wireless access for vehicle environment</i> )
WDN	Réseau hertzien de données en mode paquets ( <i>wireless packet data network</i> )
WiBro	Accès hertzien à large bande ( <i>wireless broadband</i> )
WiMAX	Interopérabilité mondiale des accès d'hyperfréquence ( <i>worldwide interoperability for microwave access</i> )
WIPI	Plate-forme Internet hertzienne pour l'interopérabilité ( <i>wireless Internet platform for interoperability</i> )
WLAN	Réseau local radioélectrique ( <i>wireless local area network</i> )
WNC	Contrôleur de réseau hertzien ( <i>wireless network controller</i> )
WNS	Commutateur de réseau hertzien ( <i>wireless network switch</i> )
WSMP	Protocole de message court du système WAVE ( <i>WAVE short message protocol</i> )

## Annexe B

### Utilisation des ITS dans certains pays

La présente annexe contient, dans les Tableaux 41 à 45, un résumé des applications ITS, des normes qui les concernent et des fréquences qu'elles utilisent.

TABLEAU 41

#### Résumé de l'utilisation des radiocommunications des ITS dans les États Membres de l'UIT-R

Pays	Application	Norme	Bande de fréquences	Déploiement
Pays de l'UE	ETC	DSRC	5,795~5,815 GHz	Mise en œuvre en 2004
	C-ITS	ITS G5	5,855~5,925 GHz	Déploiement des infrastructures dans certains États Membres depuis 2016
	ITS	ETSI EN 302 686	63,72~65,88 GHz	
	TIS	FM	87,5~108 MHz	
États-Unis d'Amérique	ETC	DSRC	902~928 MHz	Mise en œuvre en 2004
	C-ITS	WAVE	5,850~5,925 GHz	Prévision de lancement d'un déploiement à grande échelle pour les véhicules – 2021
	TIS	FM	87,5~108 MHz	
Canada	C-ITS	WAVE	5,850~5,925 GHz	
Chine	C-ITS	LTE V2X	5,905~5,925 GHz	Mise en œuvre en 2018
Japon	ETC	DSRC	5,795~5,805 GHz et 5,835~5,845 GHz	Mise en œuvre en 2001
	C-ITS	ITS Connect	755,5-764,5 MHz	Déployée en 2015
	VICS	Radiodiffusion en FM	76~90 MHz	Mise en œuvre en 1996
		DSRC	5,770~5,850 GHz	Mise en œuvre en 2015
Corée	ETC	DSRC	5,795~5,815 GHz	Mise en œuvre en 2004
	C-ITS	WAVE, V2X cellulaire	5,855-5,925 GHz	Mise en œuvre en 2016
	TIS	Radiodiffusion en FM	88~108 MHz 1 452~1 492 MHz	
Singapour	C-ITS	WAVE	5,855~5,925 GHz	-
Australie	C-ITS	WAVE	5,855~5,925 GHz	-

TABLEAU 42

**Utilisation des fréquences pour les radars automobiles en ondes millimétriques dans la Région 1**

	24,05 à 24,25 GHz ISM		76 à 77 GHz			77 à 81 GHz		
	Réglementation	Norme	Réglementation	Norme	Rapport/Notes	Réglementation	Norme	Rapport/Notes
Europe CEPT, UE	ERC/REC 70-03 Annexe 5 DECISION D'EXECUTION DE LA COMMISSION 2013/752/UE	ETSI EN 302 858 (2013-07)	ERC/REC 70-03 Annexe 5 ECC/DEC/(02)01 DÉCISION D'EXECUTION DE LA COMMISSION 2017/1483/UE	ETSI EN 301 091-1 (2006-11)	Rapports 35, 36 et 37 de la CEPT	2004/545/EC ERC/REC 70-03 Annexes 5 et 13 ECC/DEC/(04)03	ETSI EN 302 264-1 (2009-04)	ECC/REP 056 Partiellement: Rapport 003 de la CEPT Rapports 46 et 37 de la CEPT
Russie	Décision de la SFMC N° 07-20- 03-001 Annexe 7		Décision de la SFMC N° 07-20- 03-001 Annexe 7		Appendice 1 Résolution du Comité national des fréquences radioélectriques N° 10-09-03 du 29 octobre 2010	Décision de la SFMC N°07-20- 03-001 Annexe 7		Appendice 1 Résolution du Comité national des fréquences radioélectriques N° 10-09-03 du 29 octobre 2010
États arabes (ex: Arabie saoudite, Oman, EAU)	TRA-EAU: Réglementation sur les dispositifs en bande ultralarge et à courte portée	Spécification technique de la CITC Doc. N° RI054 (Rév. 2)	TRA-EAU: Réglementation sur les dispositifs en bande ultralarge et à courte portée CITC	Spécification technique de la CITC Doc. N° RI054 (Rév. 2)		Radars SRR à 77-82 GHz Décision de la TRA N° 133/2008 du 28 octobre 2008		

TABLEAU 43

**Utilisation des fréquences pour les radars de véhicules en ondes millimétriques en Amérique du Nord et du Sud**

	24,05 à 24,25 GHz ISM		76 à 77 GHz			77 à 81 GHz		
	Réglementation	Norme	Réglementation	Norme	Rapport/Notes	Réglementation	Norme	Rapport/Notes
États-Unis d'Amérique	FCC Partie 15/15.249		FCC Partie 15/15.253			Prévue (NPRM FCC15-16)		
Canada		RSS-310	Politiques d'utilisation du spectre SP-47 GHz	RSS 251				
Brésil	Résolution N° 506 de l'ANATEL		Résolution N° 506 de l'ANATEL					

TABLEAU 44

**Utilisation des fréquences pour les radars automobiles en ondes millimétriques en Asie-Pacifique**

	24,05 à 24,25 GHz ISM		76 à 77 GHz			77 à 81 GHz		
	Réglementation	Norme	Réglementation	Norme	Rapport/Notes	Réglementation	Norme	Rapport/Notes
Corée (République de)	Réglementation technique du MSIT sur les dispositifs non soumis à licence (notification 2020-58)		Réglementation technique du MSIT sur les dispositifs non soumis à licence (notification 2020-58)			Réglementation technique du MSIT sur les dispositifs non soumis à licence (notification 2020-58)		
Chine	Spécification technique des équipements radioélectriques à micropuissance (et à courte distance) de catégorie G		Spécification technique des équipements radioélectriques à micropuissance (et à courte distance), partie XIV					

TABLEAU 44 (*fin*)

	24,05 à 24,25 GHz ISM		76 à 77 GHz			77 à 81 GHz		
	Réglementation	Norme	Réglementation	Norme	Rapport/Notes	Réglementation	Norme	Rapport/Notes
Japon	Ordonnance du ministère de l'Intérieur et des Télécommunications (MIC) (46-2010)	ARIB STD-T73	Ordonnance régissant les équipements radioélectriques – Notification du MIC (643-1997)	ARIB STD-T48		Ordonnance régissant les équipements radioélectriques – Notification du MIC (4432012)	ARIB STD-T111	
Singapour			Spécification technique de l'IMDA sur les dispositifs à courte portée	IMDA TS SRD		Spécification technique de l'IMDA sur les dispositifs en bande ultralarge (UWB)	IMDA TS UWB	
Thaïlande	Notification sur les règles d'octroi de licence aux équipements de radiocommunication des radars de véhicule	NBTC TS 1011-2560 Section 2.1.1	Notification sur les règles d'octroi de licence aux équipements de radiocommunication des radars de véhicule	NBTC TS 1011-2560 Section 2.1.2		Notification sur les règles d'octroi de licence aux équipements de radiocommunication des radars de véhicule	NBTC TS 1011-2560 Section 2.1.3	
Viet Nam	Réglementation sur les exigences techniques et opérationnelles des dispositifs à courte portée (Circulaire N° 46/2016/TT-BTTTT)		Réglementation sur les exigences techniques et opérationnelles des dispositifs à courte portée (Circulaire N° 46/2016/TT-BTTTT)			Réglementation sur les exigences techniques et opérationnelles des dispositifs à courte portée (Circulaire N° 46/2016/TT-BTTTT)		

TABLEAU 45

**Utilisation des radars automobiles en ondes millimétriques en Asie-Pacifique**

<b>Pays</b>	<b>Application</b>	<b>Technologie/Norme</b>	<b>Bande de fréquences</b>	<b>Année de déploiement effectué ou prévu</b>
Australie	Chapitre 66 Émetteurs de radars de véhicule à courte portée en bande ultralarge	Licence catégorielle pour les radiocommunications (dispositifs à faible potentiel de brouillage) 2015	22-26,5 GHz	-
	Chapitre 66 Émetteurs de radiorepérage		24,0-24,25 GHz	
	Radars de véhicule à longue portée (régulateur de vitesse intelligent) Chapitre 69 Émetteurs de radiorepérage		76-77 GHz	
	Chapitre 70 Émetteurs de radiorepérage		77-81 GHz	
China	Radars à portée pertinente pour un véhicule	Avis de promulgation de la spécification technique des équipements radioélectriques à micropuissance (et à courte portée)	24,00-24,25 GHz	Mise en œuvre en 2005
			76-77 GHz	
	Radars à portée pertinente pour un véhicule	Ministère de l'Industrie et des Technologies de l'Information, Avis concernant les radars automobiles à courte portée dans la bande de fréquences des 24 GHz	24,25-26,65 GHz	Mise en œuvre en 2012
	Radars à portée pertinente pour un véhicule	Radars	77-81 GHz	Expérimenté sur le terrain en 2017
	Systèmes de radar de véhicule	Exemption de l'Ordonnance sur les licences HKCA1075	76-77 GHz <sup>21</sup>	2005
		77-81 GHz <sup>19</sup>	2017	

<sup>21</sup> Cette utilisation des fréquences concerne Hong Kong, Chine.

TABLEAU 45 (suite)

Pays	Application	Technologie/Norme	Bande de fréquences	Année de déploiement réalisé ou prévu
Japon	Reconnaissance de l'environnement (détection d'obstacles)	Système en ondes quasi-millimétriques	24,0-24,25 GHz	Mise en œuvre en 2010
			24,25-29 GHz	
		Système en ondes millimétriques	60-61 GHz	Mise en œuvre en 1995
			76-77 GHz	Mise en œuvre en 2011 (largeur de bande occupée: 500 MHz) Révisée en 2015 (largeur de bande occupée: 1 GHz)
République de Corée	Radar d'évitement de collisions entre véhicules	Radar	24,25-26,65 GHz	2012 (Le «radar automobile» peut être installé jusqu'au 31 décembre 2021 et peut être utilisé jusqu'à la fin de sa durée de vie)
			76-77 GHz	2008
			77-81 GHz	2016
	Détection d'incident sur la route	Radar routier en ondes millimétriques	34,275-34,875 GHz	Septembre 2014
Singapour	Systèmes de radar à courte portée, notamment pour les régulateurs de vitesse automatiques et les systèmes d'avertissement avant collision destinés aux véhicules	Radar IMDA TS SRD	76-77 GHz	2002
	Radar de véhicule	Radar IMDA TS UWB	77-81 GHz	2008

TABLEAU 45 (*fin*)

Pays	Application	Technologie/Norme	Bande de fréquences	Année de déploiement réalisé ou prévu
Thaïlande	Application de radar de véhicule	Norme NBTC 1011-2560	22,00-24,05 GHz	Réglementation adoptée en 2018. Autorisation de fabrication et d'importation pour l'utilisation en Thaïlande jusqu'au 31 décembre 2023. Au-delà de cette date, autorisation uniquement accordée pour les pièces de rechange.
	Application de radar de véhicule	Norme NBTC 1011-2560	24,05-24,25 GHz	Réglementation adoptée en 2007 et révisée en 2018
	Application de radar de véhicule	Norme NBTC 1011-2560	24,25-26,65 GHz	Réglementation adoptée en 2014 et révisée en 2018. Autorisation de fabrication et d'importation pour l'utilisation en Thaïlande jusqu'au 31 décembre 2023. Au-delà de cette date, autorisation uniquement accordée pour les pièces de rechange.
	Application de radar de véhicule	Norme NBTC 1011-2560	76-77 GHz	Réglementation adoptée en 2006
	Application de radar de véhicule	Norme NBTC 1011-2560	77-81 GHz	Réglementation adoptée en 2018
Viet Nam	Applications à courte portée non spécialisées, en particulier les radars de véhicule à courte portée	Dispositifs à faible potentiel de brouillage	24,00-24,25 GHz	Réglementation adoptée en 2009
	Radar de véhicule	Radar	76-77 GHz	2012
	Radar de véhicule	Radar	77-81 GHz	2016



## Annexe C

### Publications relatives aux ITS

#### 1 Aperçu

On trouvera ci-après une liste non exhaustive de publications de l'UIT relatives aux ITS. Les résumés sont fournis à toutes fins utiles.

#### 2 Publications de l'UIT

##### 2.1 Recommandation de la CMR

Recommandation 208 (CMR-19)

*recommande*

- 1 aux administrations d'envisager d'utiliser les bandes de fréquences harmonisées à l'échelle mondiale ou régionale, ou des parties de ces bandes, qui sont indiquées dans les versions les plus récentes des Recommandations (par exemple la Recommandation UIT-R M.2121), lorsqu'elles planifient et déploient des applications ITS en évolution, compte tenu du point *b*) du *reconnaissant* ci-dessus;
- 2 aux administrations de tenir compte, si nécessaire, des problèmes de coexistence entre les stations ITS et les stations des services existants (par exemple les stations terriennes du SFS), compte tenu du point *f*) du *considérant*,

##### 2.2 Recommandations de l'UIT-R

- UIT-R M.1452 Radars anticollision pour véhicules et systèmes de radiocommunication en ondes millimétriques pour les applications des systèmes de transport intelligents
- UIT-R M.1453 Systèmes de transport intelligents – Communications spécialisées à courte distance à 5,8 GHz
- UIT-R M.1890 Caractéristiques et objectifs en matière de radiocommunications pour l'exploitation des systèmes de transport intelligents évolués
- UIT-R M.2057 Caractéristiques des systèmes de radars pour automobiles fonctionnant dans la bande de fréquences 76-81 GHz pour les applications des systèmes de transport intelligents
- UIT-R M.2084 Normes relatives aux interfaces radioélectriques pour les communications entre véhicules et de véhicule à infrastructure pour les applications des systèmes de transport intelligents
- UIT-R M.2121 Harmonisation des bandes de fréquences pour les systèmes de transport intelligents dans le service mobile

##### 2.3 Rapports de l'UIT-R

- UIT-R M.2228 Radiocommunications pour les systèmes de transport intelligents (ITS) évolués
- UIT-R M.2322 Caractéristiques système et compatibilité des radars automobiles fonctionnant dans la bande de fréquences 77,5-78 GHz pour les études de partage

- UIT-R F.2394 Compatibilité entre les applications point à point du service fixe fonctionnant dans les bandes de fréquences 71-76 GHz et 81-86 GHz et les applications de radars pour automobiles du service de radiolocalisation fonctionnant dans la bande de fréquences 76-81 GHz
- UIT-R M.2444 Exemples de dispositions pour le déploiement des systèmes de transport intelligents dans la cadre du service mobile
- UIT-R M.2445 Utilisation des systèmes de transport intelligents (ITS)

### **3 Autres références relatives aux ITS**

#### **ARC-IT**

A major upgrade to the National Intelligent Transportation Systems (ITS) Reference Architecture that integrates content evolved from both the National ITS Architecture Version 7.1 and the CVRIA Version 2.2

#### **ARIB STD-T48**

Millimeter-Wave Radar Equipment for Specified Low Power Radio Station  
([https://www.arib.or.jp/english/std\\_tr/telecommunications/std-t48.html](https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t48.html))

#### **ARIB STD-T75**

Dedicated Short-Range Communication System  
([https://www.arib.or.jp/english/std\\_tr/telecommunications/std-t75.html](https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t75.html))

#### **ARIB STD-T109**

700 MHz Band Intelligent Transport Systems  
([https://www.arib.or.jp/english/std\\_tr/telecommunications/std-t109.html](https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t109.html))

#### **ARIB STD-T111**

79 GHz Band High-Resolution Radar  
([https://www.arib.or.jp/english/std\\_tr/telecommunications/std-t111.html](https://www.arib.or.jp/english/std_tr/telecommunications/std-t111.html))

#### **CEN EN 12253**

Road transport and traffic telematics – Dedicated short-range communication – Physical layer using Microwave at 5.8 GHz

DÉCISION D'EXÉCUTION DE LA COMMISSION (UE) 2019/1345 du 2 août 2019 modifiant la décision 2006/771/CE en vue de mettre à jour les conditions techniques harmonisées d'utilisation du spectre radioélectrique pour les dispositifs à courte portée

#### **Décision (92)02 du CER**

Les bandes de fréquences ont été choisies de manière à permettre un déploiement coordonné des systèmes de télématique destinés au transport routier

#### **Décision (08)01 de l'ECC**

Utilisation coordonnée des systèmes de transport intelligents (ITS) en matière de sécurité dans la bande de fréquences des 5875-5935 MHz

Décision (09)01 de l'ECC

Utilisation coordonnée des systèmes de transport intelligents (ITS) dans la bande de fréquences des 63,72-65,88 GHz

Décision de la CE 2006/771/CE modifiée par la Décision 2019/1345/UE

Décision (02)01 de l'ECC

Les bandes de fréquences ont été choisies de manière à permettre un déploiement coordonné des systèmes de télématique destinés au transport routier

Recommandation 70-03 de l'ERC

relative à l'utilisation des dispositifs à courte portée (SRD)

ETSI EN 300 674-2

Télématique de la circulation et du transport routier (RTTT); Équipement d'émission des communications spécialisées à courte portée (DSRC) (500 kbit/s / 250 kbit/s) fonctionnant dans la bande des 5,8 GHz réservée aux applications industrielles, scientifiques et médicales (ISM); Partie 2: Norme harmonisée concernant les exigences fondamentales de l'article 3.2 de la Directive 2014/53/UE

ETSI EN 302 571

Systèmes de transport intelligents (ITS); Équipements de radiocommunication fonctionnant dans la bande de fréquences des 5 855-5 925 MHz; Norme harmonisée répondant aux exigences essentielles découlant de l'article 3.2 de la Directive 2014/53/UE

ETSI EN 302 663

Systèmes de transport intelligents (ITS); Spécification de la couche commande d'accès au support des systèmes de transport intelligents fonctionnant dans la bande de fréquences des 5 GHz

ETSI EN 302 665

Systèmes de transport intelligents (ITS); Architecture des communications

ETSI EN 302 686

Systèmes de transport intelligents (ITS); Équipements de radiocommunication fonctionnant dans la bande de fréquences entre 63 GHz et 64 GHz; Norme EN harmonisée répondant aux exigences essentielles découlant de l'article 3.2 de la Directive 3 R&TTE

ETSI TS 102 687

Systèmes de transport intelligents (ITS); Mécanismes de limitation décentralisée des encombrements pour les systèmes de transport intelligents fonctionnant dans la gamme des 5 GHz; Partie concernant la couche d'accès

ETSI TS 102 792

Systèmes de transport intelligents (ITS); Techniques d'affaiblissement pour éviter les brouillages entre les équipements de télépéage utilisant les communications spécialisées à courte portée (DSRC) du Comité européen de normalisation (CEN) et les systèmes de transport intelligents (ITS) fonctionnant dans la bande de fréquence des 5 GHz

ETSI TS 102 724

Systèmes de transport intelligents (ITS); Spécifications de canal harmonisées pour les systèmes de transport intelligents (ITS) fonctionnant dans la bande de fréquences des 5 GHz

ETSI TS 103 175

Systèmes de transport intelligents (ITS); Entité de gestion de la limitation décentralisée des encombrements (DCC) transcouche aux fins d'exploitation dans les systèmes ITS G5A et ITS G5B

IEEE 1609.0™-2013

Guide de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Architecture

IEEE 1609.2™-2016

Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules – Services de sécurité pour les messages d'applications et de gestion

IEEE 1609.3™-2016

Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Services de réseau

IEEE 1609.4™-2016

Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Fonctionnement multicanal

IEEE 1609.11™-2010

Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Protocole d'échange de données de paiement électronique par voie hertzienne pour les systèmes de transport intelligents (ITS)

IEEE 1609.12™-2016

Norme de l'IEEE pour l'accès hertzien dans l'environnement des véhicules (WAVE) – Attributions des identifiants

SAE J2735 Mars 2016

Dictionnaire des séries de messages pour les communications spécialisées à courte portée (DSRC)

SAE J2945/1 Mars 2016

Exigences des systèmes embarqués dans les communications de sécurité V2V

TTAK.KO-06.0175/R1

Système de communication entre véhicules; Étape 1: Exigences

TTAK.KO-06.0193/R1

Système de communication entre véhicules; Étape 2: Architecture

TTAK.KO-06.0216/R1

Système de communication entre véhicules; Étape 3: PHY/MAC

TTAK.KO-06.0234/R1

Système de communication entre véhicules; Étape 3: Réseau

CCSA 2015-1616T-YD

Exigences techniques générales de la communication entre véhicules fondée sur la LTE

CCSA 2016-1853T-YD

Exigences techniques générales de l'interface hertzienne destinée à la communication entre véhicules fondée sur la LTE

---

Union internationale des  
télécommunications  
Place des Nations  
CH-1211 Genève 20  
Suisse

ISBN: 978-92-61-32742-2

SAP id



Publié en Suisse  
Genève, 2021  
Crédits photos: Shutterstock